

- установлено, что для уменьшения гидравлических сопротивлений на гравий-гильзу во время спуска, но в тоже время без сильной потери эффективного объема гравий-гильзы, отношение ее диаметра к диаметру скважины должно быть в пределах 0,8-0,9.

- произведены выбор и обоснование возможных вариантов основы склеивающих реагентов и удерживающей оболочки;

- разработана методика проведения экспериментальных исследований;

- разработаны способы увеличения времени растворения гравий-гильзы.

### **Литература**

1. Брылин В.И. Технология бурения и оборудование эксплуатационных скважин при отработке месторождений урана методом подземного выщелачивания. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 218 с.
2. Методы и средства исследования: учебное пособие / Н. Г. Квеско, П. С. Чубик; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 124 с.
3. Бер А.А., Ковалев А.В., Минаев К.М., Морев А.А., Исаев Е.Д., Епихин А.В., Пахарев А.В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка технических средств и технологий гравийной обсыпки (гравий-гильза) прифилтровой зоны технологических скважин»//научный отчет по х/д № 1-52/14к, Томск. – 2014, 64 с.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОГО ДАВЛЕНИЯ НА КОМПРЕССОРЕ ПРИ БУРЕНИИ ИНТЕРВАЛОВ ПОД НАПРАВЛЕНИЕ С ОЧИСТКОЙ ЗАБОЯ ВОЗДУХОМ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДУЛИСЬМИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

К.В. Бузанов, Ю.Л. Боярко, Л.Н. Нечаева

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

**Аннотация.** В статье представлен анализ детальный расчет параметров бурения с промывкой ГЖС в геологических условиях Дулисьминского нефтегазоконденсатного месторождения с обоснованием выбора комплекса оборудования для реализации пневмоударного бурения «с опережением». В основе расчета лежит признанная методика, разработанная и апробированная Б.Б. Кудряшовым. Авторами проведен анализ геологического строения месторождения, оценка условий работы выбранного комплекса оборудования в результате чего построена математическая модель аэродинамической ситуации при бурении интервалов под направление с применением погружного пневмоударника и ГЖС на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении.

**Abstract.** The article discusses calculations and substantiation on equipment parameters to drill when difficult lost circulation. Pilot works and mathematical model tasting will arrange to consider unaccounted factor effects. It will provide for choosing optimum drilling and compressing practices assess the reasonableness of choice for air flow, upward current velocity and rate of penetration required.

Одной из главных и наиболее остро стоящих задач, касающейся развития нефтяной и газовой промышленности в России на сегодняшний день, является внедрение в производственный процесс ресурсоэффективных технологий, позволяющих минимизировать затраты материальных и людских ресурсов, снизить производственные риски, тем самым способствуя снижению себестоимости российского углеводородного сырья.

При освоении нефтегазовых месторождений Восточной Сибири процесс бурения скважин протекает в сложных горно-геологических условиях. Наибольшие трудности для реализации стандартных решений при бурении представляют катастрофические поглощения промывочной жидкости в интервалах бурения Верхоленской, Литвинцевской и Ангарской свит на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении Иркутской области.

Дулисьминское нефтегазоконденсатное месторождение было открыто в 1983 году по результатам бурения параметрической скважины №191 50 км севернее Аякского месторождения. По состоянию на 01.01.2004 г. с учетом новых данных, полученных при ОПЭ, произведен пересчет запасов углеводородного сырья Дулисьминского нефтегазоконденсатного месторождения (ДНГКМ). Геологические запасы составили по сумме категорий 81.5 млн. тонн нефти и конденсата и 80 млн. м<sup>3</sup> газа. По запасам месторождение является одним из крупных в Иркутской области [2].

Проанализировав горно-геологические условия бурения, геологические осложнения, технологию ведения текущих буровых работ, изучив практику бурения на нефтегазоносных месторождения за рубежом и опыт бурения на отдельных месторождения в РФ и Республике Казахстан, считаем целесообразным применение бурения проблемных интервалов Дулисьминского месторождения с применением ГЖС и ППУ.

Идея бурения проблемных интервалов с применением ГЖС и погружным пневмоударником, как возможного решения задачи предотвращения поглощений промывочной жидкости, предложена к рассмотрению в [1], и нашла свое подтверждение в расчетах экономической эффективности от реализации предлагаемой технологии и решениях научно-технического совета ЗАО «Русь-Ойл», осуществляющем в настоящее время работы на Дулисьминском месторождении.

Реализация предложенной технологии основана на научном подходе к обоснованию выбора бурового оборудования, инструмента и составлению технико-технологической карты бурения. При этом авторами проведен анализ перспектив применения современных методик по расчету параметров ГЖС и работы пневмоударника для бурения сложных интервалов.

Одним из важнейших аспектов успешной реализации пневмоударного бурения является расчет оптимальных параметров продувки воздухом с целью прогнозирования необходимого развиваемого давления и надлежащего выбора компрессора.

Основываясь на анализе литературных источников [1,4,5,7] наиболее адаптируемой методикой расчета параметров продувки можно считать предложенную в работе Б.Б. Кудряшова [4].

Однако, методика расчета Б.Б. Кудряшова не предусматривает условия бурения с продувкой воздухом при высоком водопритоке. Тогда как согласно производственным данным при прохождении Ордовикских отложений и Верхоленской свиты в интервале от 0 до 300 метров величина водопритока составляет до 15 м<sup>3</sup>/ч и до 32 м<sup>3</sup>/ч соответственно.

Для расчета предварительно выбираются бурильные трубы производства компании СЕТКО с типом резьбового соединения 3 1/2" IF по API 7, что соответствует отечественной замковой резьбе 3-102 [10].

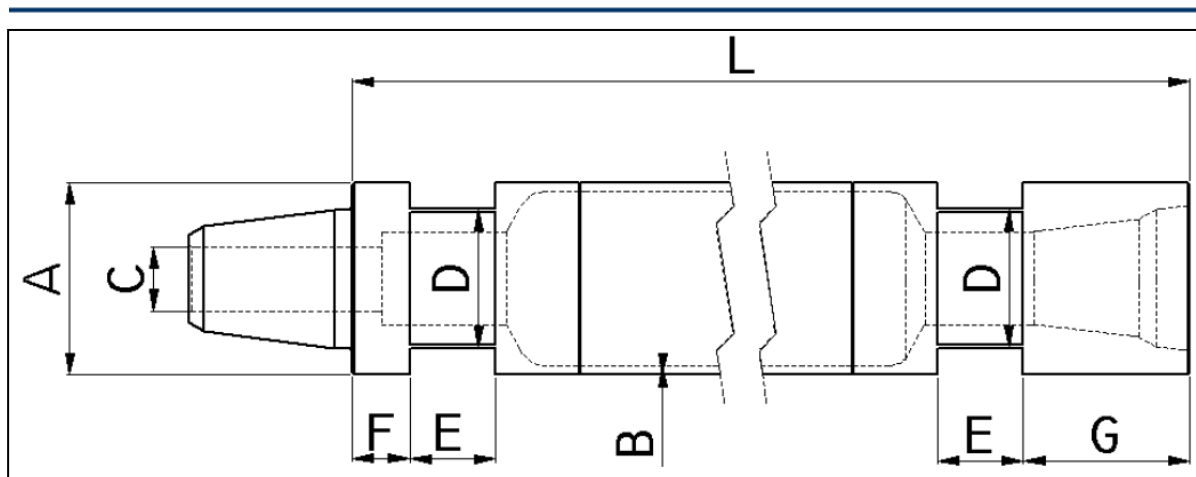


Рис. 2. Бурильная труба для реализации пневмударного способа бурения

Исходные данные для расчета продувки воздухом, отражающие ситуацию бурения на ДНГКМ, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для расчета технологии продувки воздухом на ДНГКМ

<b>Конструкция скважины</b>		
<b>Первое направление</b>		
Диаметр обсадной трубы	$D_{н1}$ (мм)	426,00
Толщина стенки	$Z_{н1}$ (мм)	11,00
Глубина спуска	$L_{н1}$ (м)	10,00
Зенитный угол	$\beta$ (град)	0,00
<b>Второе направление</b>		
Диаметр бурения	$D_{бк}$ (мм)	381,00
Диаметр обсадной трубы	Продолжение таблицы 2	
Толщина стенки	$Z_{н2}$ (мм)	11,00
Глубина спуска	$L_{н2}$ (м)	300,00
Зенитный угол	$\beta$ (град)	2,50
<b>Параметры бурильного инструмента, необходимые для расчета</b>		
Длина (L)	$l_u$ (м)	6
Наружный диаметр инструмента (A)	$d_u$ (мм)	127,00
Толщина стенки инструмента (B)	$z_u$ (мм)	8,8
Проходной диаметр замка (C)	$d_z$ (мм)	58,00
Наружный диаметр замка	$d_{нз}$ (мм)	127,00
<b>Параметры нагнетательной линии</b>		
Внутренний диаметр нагнетательной линии	$D_{вк}$ (мм)	90,00
Общая длина нагнетательной линии	$l_{вк}$ (м)	20,00
<b>Параметры выкидной линии</b>		
Внутренний диаметр выкидной линии	$D_{вык}$ (мм)	200,00
Общая длина выкидной линии	$l_{вык}$ (м)	30,00
<b>Технологические параметры</b>		
Зенитный угол скважины при забое 300 м.	$\beta$ (град)	2,5

Средняя температура воздуха в скважине	$T$ (°C)	20,00
Атмосферное давление	$p_0$ (атм)	1,00
Скорость восходящего потока	$V$ (м/с)	15,25
Скорость проходки при бурении под направление (механическая)	$V_{мех.к}$ (м/ч)	30,00
Перепад давления на пневмоударнике	$P_n$ (атм)	17,00
<b>Константы</b>		
Коэффициент неравномерности скорости воздуха из-за наличия каверн	$K$ (1,3÷1,5)	1,50
Коэффициент уменьшения подъёмной силы из-за потерь давления в кольцевом пространстве	$K_1$ (1,05÷1,2)	1,20
Газовая постоянная воздуха	$R$ (Дж/кг×°К)	287,00
Средняя плотность горных пород	$\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	1 900,00
Ускорение свободного падения	$g$ (м/с <sup>2</sup> )	9,81
Коэффициент Гастерштадта	$Kz$ (1,2)	2,00
Опытный коэффициент местного сопротивления в соединении	$a'$ (1,5÷2)	2,00
<b>Параметры водопритоков</b>		
<b>Первый горизонт водопритока</b>		
Глубина начала водопритока	$h$ (м)	42
Плотность воды	$\rho_в$ (кг/м <sup>3</sup> )	1 000
Объём	$V$ (м <sup>3</sup> /час)	15
Масса водопритока	$m$ (кг/час)	15000
Удельная масса водопритока	$m$ (кг/с)	4
Нарастающий итог массы по водопритоку	$m$ (кг/час)	15000
Нарастающий итог удельной массы по водопритоку	$m$ (кг/с)	4
<b>Второй горизонт водопритока</b>		
Глубина начала водопритока	$h$ (м)	240
Плотность воды кг/м <sup>3</sup>	$\rho_в$ (кг/м <sup>3</sup> )	1 000
Объём (м <sup>3</sup> /час)	$V$ (м <sup>3</sup> /час)	32
Масса водопритока	$m$ (кг/час)	32000
Удельная масса водопритока	$m$ (кг/с)	9
Нарастающий итог массы по водопритоку	$m$ (кг/час)	47000
Нарастающий итог удельной массы по водопритоку	$m$ (кг/с)	13

Расход воздуха определяется по формуле [4]:

$$Q = \left( K \cdot K_1 \cdot \frac{\pi(D_{бк}^2 - d_u^2)}{4} \right) \cdot V, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий уменьшение подъёмной силы воздуха вследствие потерь давления в кольцевом пространстве;  $K_1$  – коэффициент неравномерности скорости из-за наличия каверн;  $V$  – скорость восходящего потока воздуха, м/с;  $D_{бк}$  – диаметр скважины с учетом его увеличения вследствие разработки, м;  $d_u$  – диаметр бурильных труб, м.

$$Q = \left( 1,5 \cdot 1,2 \cdot \frac{3,14(0,381^2 - 0,127^2)}{4} \right) \cdot 15,25 = 2,78 \text{ м}^3/\text{с} = 166 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Далее находится массовый расход воздуха [4]:

$$G = \frac{Q \cdot p_0}{R \cdot T}, \text{кг/с} \quad (5)$$

где  $Q$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/с;  $p_0$  – атмосферное давление, Па;  $R$  – газовая постоянная воздуха, Дж/кг×°К;  $T$  – средняя температура воздуха в скважине, К.

$$G = \frac{2,78 \cdot 101325}{278 \cdot 293} = 3,35 \text{ кг/с.}$$

Удельную массу выносимой породы можно оценить по формуле [4]:

$$G_{\Pi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{БК}}^2 \cdot \rho \cdot V_{\text{меч.к}}}{4}, \text{кг/с} \quad (6)$$

где  $D_{\text{БК}}$  – диаметр скважины с учетом его увеличения вследствие разработки, м;  $\rho$  – средняя плотность горных пород, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{\text{меч.н}}$  – планируемая механическая скорость бурения интервала под направление, м/ч.

$$G_{\Pi} = \frac{3,14 \cdot 0,381^2 \cdot 1900 \cdot 30}{4} = 1,8 \text{ кг/с.}$$

Определяется расходная концентрация шлама [4]:

$$\mu = G_{\Pi} / G \quad (7)$$

$$\mu = \frac{1,8}{3,35} = 0,53$$

Далее по методике Б.Б. Кудряшова производится расчет давления в выкидной линии.

Для этого площадь сечения канала выкидной линии находится [4]:

$$F = \pi \cdot D_{\text{ВЫХ}}^2 / 4, \text{ м}^2 \quad (8)$$

где  $D_{\text{ВЫХ}}$  – внутренний диаметр выкидной линии, м.

$$F = 3,14 \cdot 0,2^2 / 4 = 0,031 \text{ м.}$$

Коэффициент «а» [4]:

$$a = \frac{G^2 \cdot R \cdot T}{D_{\text{ВЫХ}} \cdot F^2} \quad (9)$$

где  $D_{\text{ВЫХ}}$  – внутренний диаметр выкидной линии, м;  $G$  – массовый расход воздуха, кг/с;  $R$  – газовая постоянная воздуха, Дж/кг×°К;  $F$  – площадь сечения канала, м<sup>2</sup>;

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,2 \cdot 0,031^2} = 4\,786\,447\,335,45$$

Коэффициент «б» [4]:

$$b = \frac{g \cdot \sin \beta}{2 \cdot R \cdot T} \quad (10)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\beta$  – зенитный угол скважины, в данном случае, град;

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 90^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0,0000583$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления рассчитывается по формуле Веймаута [4]:

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{D_{\text{ВЫХ}}} \quad (11)$$

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,2} = 0,0161$$

Для горизонтального участка выкидной линии потери давления составят:

$$p_{k1} = \sqrt{p_0^2 + \lambda \cdot a \cdot l_{\text{ВЫХ}}} \quad (12)$$

$$p_{k1} = \sqrt{101325^2 + 0,0161 \cdot 4\,786\,447\,335,45 \cdot 30} = 112145,3 \text{ Па} = 0,11 \text{ МПа.}$$

где  $p_0$  – атмосферное давление, Па;  $l_{\text{ВЫХ}}$  – длина выкидной линии, м.

Для обвязки устья и соблюдения надлежащей технологической схемы бурения с продувкой воздухом необходимо крепление ствола скважины одной обсадной трубой ОК-426 мм.

**Расчет давления на башмаке в первом направлении, диаметром 426 мм.**

Эффективное сечение обсадных труб ОК-426 мм находится по формуле[4]:

$$D_{эф} = \sqrt{(D_n - 2 \cdot z_u)^2 - d_u^2} \quad (13)$$

$$D_{эф} = \sqrt{(0,426 - 2 \cdot 0,01)^2 - 0,127^2} = 0,384 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала первого направления определяется по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,384^2 / 4 = 0,12 \text{ м.}$$

Коэффициент «а» для расчета давления в первом направлении рассчитывается по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,384 \cdot 0,12^2} = 184\,598\,232,223$$

Коэффициент «b» для расчета давления в первом направлении рассчитывается по формуле (10):

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 0^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления находится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,384} = 0,0132$$

Давление на башмаке первого направления рассчитывается по формуле (14), с условием восходящего потока в кольцевом пространстве, приняв за начальное давление на выходе выкидной линии  $p_{k1}$ .

$$p_{k2} = \frac{\sqrt{p_{k1}^2 + \lambda \cdot (1 + K_r \cdot \mu) \cdot a \cdot l + p_{k1} \cdot (1 + \mu) \cdot b \cdot l}}{1 - (1 - \mu) \cdot b \cdot l} \quad (14)$$

где  $K_r$  – безразмерный коэффициент Гастерштадта (для алмазного ПРИ и буровых коронок  $K_r = 1 \div 1,5$ );  $l$  – текущая координата для восходящего потока от устья к забюю, м (для условий настоящего расчета принимается  $l = 10$  м).

$p_{k2}$

$$= \frac{\sqrt{112145,3^2 + 0,0161 \cdot (1 + 1,5 \cdot 0,53) \cdot 184\,598\,232,2 \cdot 10 + 112145,3 \cdot (1 + 0,53) \cdot 0 \cdot 10}}{1 - (1 - 0,53) \cdot 0 \cdot 10}$$

$$= 112366 \text{ Па} = 0,113 \text{ МПа}$$

**Расчет давления во втором направлении диаметром 324 мм.**

Эффективное сечение при бурении под обсадную колонну 324 мм. находится по формуле (13):

$$D_{эф} = \sqrt{0,381^2 - 0,127^2} = 0,359 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала при бурении под второе направление найдем по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,359^2 / 4 = 0,101 \text{ м.}$$

Коэффициент  $a$  для расчета давления на забое при бурении под ОК-324 мм. найдем по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,359 \cdot 0,101^2} = 256\,105\,963,27$$

Коэффициент  $b$  для расчета давления на забое при бурении под ОК-324 м найдется по формуле (10).

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 2,5^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0,0000025$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления определится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,359} = 0,0132$$

Давление на финальном забое при бурении под второе направление рассчитывается по формуле (14), с условием восходящего потока в кольцевом пространстве, приняв за начальное давление на башмаке первого направления  $p_{k2}$ .

$$p_{k3} = \frac{\sqrt{112366^2 + 0,0132 \cdot (1 + 1,5 \cdot 0,53) \cdot 256 \cdot 105 \cdot 963,27 \cdot 300 + 112366 \cdot (1 + 0,53) \cdot 0,0000025 \cdot 300}}{1 - (1 - 0,53) \cdot 0,0000025 \cdot 300} = 121394,5 \text{ Па} = 0,121 \text{ МПа}$$

**Расчет давления в бурильных трубах.**

Эффективное сечение инструмента:

$$D_{\text{эф}} = d_u - 2 \cdot z_u \quad (15)$$

где  $d_u$  – наружный диаметр бурильных труб, м;  $z_u$  – толщина стенки бурильных труб, м.

$$D_{\text{эф}} = 0,127 - 2 \cdot 0,0088 = 0,1094 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала инструмента находится по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,1094^2 / 4 = 0,0094 \text{ м}^2.$$

Коэффициент а инструмента находится по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,1094 \cdot 0,0094^2} = 97 \, 740 \, 971 \, 889,93$$

Коэффициент b инструмента вычисляется по формуле (10):

$$b = 0,0000025$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления инструмента находится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,1094} = 0,0198$$

Коэффициент местного сопротивления в соединении инструмента определится по формуле Б.С. Филатова:

$$\xi = a' \cdot \left[ \left( \frac{D_{\text{эф}}}{d_3} \right)^2 - 1 \right]^2 \quad (16)$$

где  $a'$  – опытный коэффициент, для муфтово-замковых соединений принимается равным 2;  $d_3$  – наименьший диаметр суженной части соединения, м. Таким образом, для случая использования бурильных труб с наружным диаметром 127 мм, коэффициент местного сопротивления составит:

$$\xi = 2 \cdot \left[ \left( \frac{0,1094}{0,058} \right)^2 - 1 \right]^2 = 13,085$$

Далее необходимо рассчитать давление воздуха на входе в бурильную колонну:

$$p_{k4} = \frac{\sqrt{p_{n1}^2 + \lambda \cdot a \cdot \left( l + \frac{D_{\text{эф}} \cdot \xi \cdot n}{\lambda} \right) - p_{n1} \cdot b \cdot l}}{1 + b \cdot l} \quad (17)$$

где  $n$  – количество замковых соединений в бурильной колонне; с учетом глубины забоя 300 м принимается равным 33.

За начальное давление для нисходящего потока воздуха в бурильной колонне принимается известное давление на забое  $p_{k3}$  с учетом перепада давления на пневмоударнике.

$$p_{n1} = p_{k3} + p_n = 121394 + 17 \cdot 101325 = 1843919,5 \text{ Па} = 1,8 \text{ МПа.}$$

$$p_{k4} = \frac{\sqrt{1843919,5^2 + 0,0198 \cdot 97\,740\,971\,889,93 \cdot \left(300 + \frac{0,1094 \cdot 13,085 \cdot 33}{0,0198}\right)} - 1843919,5 \cdot 0,0000025 \cdot 300}{1 + 0,0000025 \cdot 300}$$

$$= 2937060,14 \text{ Па.} = 2,93 \text{ МПа.}$$

Расчет давления на штуцере ресивера:

Площадь сечения нагнетательной линии канала аналогии с предыдущими расчетами:

$$F = 3,14 \cdot 0,09^2 / 4 = 0,0064 \text{ м.}$$

Коэффициент а инструмента находится по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,09 \cdot 0,0064^2} = 259\,388\,498\,932$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления инструмента определится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,09} = 0,021$$

Давление на штуцере ресивера вычисляется по аналогии с расчетом давления на выкидной линии, приняв за начальное давление на входе в бурильную колонну и длину нагнетательной линии 20 м:

$$p_{кр} = \sqrt{2937060,14^2 + 0,021 \cdot 259\,388\,498\,932 \cdot 20} = 2955540,38 \text{ Па} = 2,95 \text{ МПа.}$$

Для обоснования выбора параметров бурильного инструмента, а также компрессорного хозяйства необходима модель, наглядным образом демонстрирующая зависимость давления на штуцере ресивера от конкретных условий бурения Дулисьминского месторождения.

Находится давление на штуцере ресивера в условиях вскрытия водяных горизонтов на глубинах 42 метра и 240 метров. Величина водопритока составляет 15 м<sup>3</sup>/час и 32 м<sup>3</sup>/час соответственно. Данная ситуация является моделированием процесса бурения интервала под направление с продувкой воздухом на скважинах кустовой площадки №4 Дулисьминского месторождения.

Согласно производственным данным, средний суммарный водоприток на скважинах кустовой площадки №4 на глубине 300 метров составляет 47000 кг/час. Удельная масса суммарного водопритока ( $G_B$ ) в таком случае составит 13,05 кг/с. Полученную величину удельного суммарного водопритока необходимо прибавить к удельной массе выносимой породы, найденной в (6). В результате получается удельная масса выносимой горной породы с водопритоком.

$$G_{пв} = G_{п} + G_{B} \quad (18)$$

$$G_{пв} = 1,8 + 13,05 = 14,85 \text{ кг/с.}$$

Проводя аналогию расчета по формуле (7), определяется расходная концентрация шлама для случая бурения в присутствии водопритока.

$$\mu = \frac{14,85}{3,35} = 4,43$$

Далее необходимо рассчитать давление на входе в бурильную колонну, по формуле (17).

За начальное давление для нисходящего потока воздуха в бурильной колонне принимается давление на забое  $p_{квз}$  с учетом перепада давления на пневмоударнике.



$$p_{кв3} = \frac{\sqrt{112366^2 + 0,0132 \cdot (1 + 1,5 \cdot 4,43) \cdot 256\,105\,963,27 \cdot 300 + 112366 \cdot (1 + 4,43) \cdot 0,0000025 \cdot 300}}{1 - (1 - 4,43) \cdot 0,0000025 \cdot 300}$$

$$= 151412,5 \text{ Па} = 0,15 \text{ МПа}$$

$$P_{кв3} = p_{кв3} + p_n = 151412,5 + 17 \cdot 101325 = 1873937,5 \text{ атм.} = 1,87 \text{ МПа.}$$

$$p_{кв4} = \frac{\sqrt{1873937,5^2 + 0,0197 \cdot 97\,740\,971\,889,93 \cdot \left(300 + \frac{0,1094 \cdot 0,286 \cdot 33}{0,0197}\right) - 1873937,5 \cdot 0,0000025 \cdot 300}}{1 + 0,0000025 \cdot 300}$$

$$= 2955466,6 \text{ Па.} = 2,96 \text{ МПа.}$$

Тогда давление на штуцере ресивера в случае использования бурильного инструмента с выбранными параметрами в условиях водопритока составит:

$$p_k = \sqrt{2955466,6^2 + 0,021 \cdot 259\,388\,498\,932 \cdot 20} = 2973832,6 \text{ Па} = 2,97 \text{ МПа.}$$

Таким образом, основываясь на полученном результате, можно сделать вывод о том, что наложение условий водопритока незначительно влияет на величину требуемого развиваемого давления на компрессоре. Выбранная скорость обратного потока 15,25 м/с при заданной механической скорости бурения 30 м/ч будут обеспечивать вынос породы при бурении в условиях водопритока.

С учетом глубины бурения, и, принимая во внимание полученное значение расхода воздуха 167 м<sup>3</sup>/мин, выбранную установку T130XD необходимо будет доукомплектовать четырьмя компрессорами SullairCombo 1150/1350 с развиваемым расходом воздуха 38 м<sup>3</sup>/мин при давлении 35 атмосфер.

Моделируя процесс пневмоударного бурения математическими методами, невозможно оценить степень влияния образования сальников на механическую скорость бурения при прохождении пропластков аргиллитов и ангидридов интервала Верхоленской свиты. Опыт компаний ООО «Интес» и ООО «Белон-геология» показывает, что в случае образования сальников снижается скорость проходки, возрастают потери давления, снижается скорость восходящего потока и, как следствие, требуется дополнительный цикл продувки скважины с увеличенным расходом воздуха.

Для условий Дулисьминского месторождения принята скорость восходящего потока, рекомендуемая на основе проведенных опытов для соответствующих категорий пород [4].

Проведение опытно-промышленных работ и апробация полученной математической модели позволит оценить влияние неучтенных факторов, подобрать оптимальные параметры режима бурения и компрессования и сделать вывод о правильности и соответствии выбора расхода воздуха, величины скорости восходящего потока и требуемой механической скорости проходки.

### Литература

1. Бронзов А.С. Бурение скважин с использованием газообразных агентов. – М.: Недра, 1989. – С. 56-75.
2. Бузанов К.В., Борисов К.И. Технология бурения пневмоударником как способ предупреждения катастрофических поглощений на Дулисьминском месторождении // Научно-технический журнал Инженер-Нефтяник. – Москва, 2014. – №4. – С. 28 – 31.
3. Иогансен К.В. Спутник буровика. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

4. Кудряшов Б.Б., Кирсанов А.И. Бурение разведочных скважин с применением воздуха. – М.: Недра, 1990 г. – 263 с.
5. Мехтиев Э.Х. Бурение скважин с очисткой забоя аэрированными жидкостями. – М.: Недра, 1980. – С. 78-93.
6. Самохвалов М.А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования: учебное пособие. – Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 312 с.
7. Шамшев Ф.А., Тараканов С.Н., Кудряшов Б.Б. Технология и техника разведочного бурения. – М.: Недра, 1983 г. – 565 с.
8. ГОСТ 632-80 «Трубы обсадные и муфты к ним» // Государственный комитет по стандартам СССР. – М.: 1980.
9. Инструкция по эксплуатации МБУ Т130ХД // ООО «КоралайнаДриллинг». – Москва 2010. – 17 с.
10. Каталог изделий – оборудование для бурения с погружным пневмоударником // Компания Atlas Copco Secoroc AB. – Швеция, 2007.
11. Проект на проведение комплекса гидрогеологических поисково-разведочных работ на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении // Иркутск 2012. – С. 45-50.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ ДОБАВОК В БУРОВОМ РАСТВОРЕ

Е.В. Виноградов  
Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** Научная работа посвящена изучению опыта применения смазочных добавок в буровых растворах. Рассмотрено несколько рецептур смазок, их лабораторные испытания, а также результаты применения в полевых условиях. Доказано, что большая концентрация ионов одно- и двухвалентных металлов в буровом растворе приводит к значительному снижению эффективности традиционных смазочных добавок

**Abstract.** The scientific work is devoted to studying the experience of the application of lubricant additives in the drilling fluids. Considered more of the formulations of lubricants, their laboratory tests, and the results of field applications. It is proved that a large concentration of ions of monovalent and divalent metals in the drilling mud results in a significant reduction in the effectiveness of traditional lubricant additives

При бурении нефтяных и газовых скважин, как правило, возникают большие крутящие моменты и высокие силы трения бурового инструмента о стенки скважины. Для их снижения применяются специальные смазочные добавки для буровых растворов с улучшенными антиприхватными и поверхностно-активными свойствами. Многие из существующих смазочных добавок, как показывает опыт промышленного применения, теряют свою эффективность как при бурении солевых отложений с использованием соленасыщенного бурового раствора, так и при загрязнении бурового раствора вследствие разбуривания пород, слагаемых солями двухвалентных металлов, и в частности солями кальция.

Актуальной задачей является разработка смазочных добавок на основе производных растительных масел как доступного и дешевого сырья. Данные продукты олеохимии сохраняют свою эффективность в растворах с большой концентрацией солей одно- и двухвалентных металлов, а также выдерживают воздействие высоких температур вплоть до 160°C. Обладая высокой способностью к эмульгированию в водной фазе буровых растворов, такие реагенты образуют плотные смазочные слои, устойчивые в условиях тангенциальных и нормальных нагрузок и тем самым способствуют существенному снижению коэффициента трения [1].