

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАР-
СТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей и неорганической химии

**Техника безопасности при приготовлении буровых растворов на ультра-
звуковых установках гомогенизации**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Института химии

Амирова Рамазана Раиловича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

С.А. Пиденко

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

профессор, д.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

И.Ю. Горячева

инициалы, фамилия

Саратов 2024

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная промышленность считается потенциально опасной как для человека, так и для окружающей среды. Это обусловлено токсичностью добываемых веществ, используемых в технологических процессах и технологически сложным и опасным оборудованием. Одним из самых существенных источников опасности является халатность и непрофессиональное поведение персонала.

В связи с постоянно растущими требованиями к охране окружающей среды вопрос безопасной эксплуатации технических установок из года в год приобретает все наибольшую актуальность.

Целью бакалаврской квалификационной работы является рассмотрение вопросов обеспечения безопасной эксплуатации ультразвукового оборудования для производства буровых растворов.

Структура и объем работы. Бакалаврская работа изложена на 50 страницах, состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Список использованных источников включает 31 наименование. Текст сопровождается 2 таблицами и 6 рисунками.

Основное содержание работы

Буровые растворы представляют собой системы, состоящие из одной или нескольких фаз и приготовленные путем диспергирования жидких, твердых и газообразных веществ в воде или углеводородной жидкости.

Технология бурения заключается в разрушении горных пород и удалении продуктов разрушения с забоя скважины. Наиболее распространенным методом удаления продуктов является гидравлический. Он осуществляется путем циркуляции бурового раствора в скважине.

В зависимости от назначения бурового раствора они могут различаться по составу, свойствам и способу приготовления.

При бурении скважины буровые растворы выполняют множество задач, подразделяющихся на 5 основных категорий:

1. Гидродинамические – обусловлены такими качествами раствора, как вязкость, инерция и другие, характеризующие движущуюся жидкость;
2. Гидростатические, обусловленные весом бурового раствора, прочностью на сдвиг;
3. Функции коркообразования, обусловленные способностью растворов образовывать в поровом пространстве стенок скважины и на их поверхности фильтрационную корку, которая обладает пониженной проницаемостью и некоторой прочностью;
4. Физико-химические, обусловленные взаимодействием компонентов бурового раствора с породами, из которых состоят стенки скважины, пластовыми водами, бурильным инструментом;
5. Прочие задачи, такие как, сохранение теплового режима при бурении многомерзловых пород; обеспечение пожарной и взрывной безопасности; обеспечение охраны недр и окружающей среды и другие.

К основным методам оценки свойств бурового раствора относят: плотность, условную вязкость, реологические параметры, показатель фильтрацию, содержание углеводородной, водной и твердой фазы и водородный показатель.

Одним из важных показателей буровых растворов, являющихся дисперсной системой, является их устойчивость, характеризующая распределение частиц дисперсной фазы в объёме дисперсной среды, и их дисперсность. К основным способам диспергирования частиц дисперсной фазы в среде, которой в большинстве случаев производств буровых растворов является вода, можно отнести гидродинамическое, ультразвуковое, центробежное, вибрационное, пневматическое перемешивание.

Для усиления процесса диспергирования используют дополнительные эффекты, такие как наложение электрического или магнитного полей, применение ПАВ и др.

Буровые растворы на водной основе получают путем тщательного смешивания воды с глиной до желаемой консистенции.

Буровые растворы должны быть достаточно густыми (вязкими), чтобы вывести грунтовый шлам со дна скважины на поверхность, но не настолько вязкими, чтобы предотвратить их оседание в буровых ямах. Поэтому очень важно понимать свойства буровых растворов и их правильное использование.

Проблема улучшения качества бурового раствора, используемого при вскрытии водоносных пластов, обычно решалась путем введения в растворы таких химических реагентов целевого действия, как карбоксиметилцеллюлоза, гипан, перлит, лигнин, полиакриламид, хлорид калия, декстрин и др. Однако эти реагенты могут вызывать процессы, которые негативно влияют на геологические и технологические операции. Кроме того, расход большого количества различных реагентов из-за их высокой стоимости значительно снижает рентабельность скважин. Также остро стоит вопрос соответствия химических

реагентов требованиям экологической безопасности и безопасности буровых работ.

В связи с этим растет интерес к методам регулирования свойств бурового раствора посредством воздействия различных физических полей (электрических, магнитных, акустических и др.).

В настоящее время для повышения качественных характеристик раствора активно изучается использование УЗ излучения для производства буровых растворов.

Исследования также показали, что УЗ колебания могут изменять агрегатное состояние вещества, диспергировать, эмульгировать, изменять скорость диффузии, кристаллизации и растворения веществ, активизировать химические реакции и интенсифицировать технологические процессы. Воздействие УЗ колебаний на физико-химические процессы позволяет не только повысить производительность, снизить потребление энергии, улучшить качество готовой продукции, продлить срок годности, но и создавать новые изделия с новыми свойствами. При достаточной плотности УЗ влияет на физико-химические свойства продукта, поэтому производство устройств, обеспечивающих ультразвук, актуально для многих отраслей промышленности.

УЗ колебания обеспечивают сверхтонкое диспергирование (не реализуемое иными способами), увеличивая межфазную поверхность реагирующих элементов, приводя к интенсификации процессов в жидких средах. Кавитация, возникающая в результате колебаний в жидкости, и связанные с этим мощные микротоки, звуковое давление и звуковой ветер воздействуют на пограничный слой и «смывают» его. Таким образом, устраняется сопротивление переносу реагирующих веществ и интенсифицируется технологический процесс.

Производство буровых растворов разрешается только при соблюдении мероприятий по охране труда. Ультразвуковые установки относятся к электротехническим установкам, которые работают с использованием электрического

тока, механических движений деталей машин, моющих жидкостей, абразивных суспензий, химикатов и горячих припоев. Кроме того, работа на ультразвуковых устройствах связана с слышимыми и неслышимыми звуками, распространяющимися в воздухе. В связи с этим в выпускной квалификационной работе были предложены мероприятия по обеспечению безопасности на установках ультразвуковой гомогенизации.

Технологический процесс по приготовлению бурового раствора характеризуется следующими особенностями:

1. наличием большого количества нефтепродуктов;
2. наличием пожароопасных и взрывоопасных нефтепродуктов, углеродородных газов;
3. использованием насосов с давлением на нагнетании до 25 МПа, работа которых связана с применением электрооборудования;
4. вредным воздействием на организм человека паров и газов применяемых продуктов, которые могут вызвать отравления различной степени тяжести, при содержании их в воздухе рабочей зоны выше ПДК.

Опасными веществами являются компоненты бурового раствора, а именно гидроксид натрия, нефть, дизельное топливо и другие вещества.

Возможные причины аварийных ситуаций при приготовлении буровых растворов:

1. Причины, связанные с отказом оборудования;
2. Причины, связанные с ошибками персонала;
3. Причины, связанные с внешними воздействиями.

Абсолютное большинство известных аварий имеет начальной стадией высвобождение опасных веществ из закрытого (или герметичного) технологического оборудования или транспортных систем. Дальнейшее развитие аварийной ситуации может происходить по различным сценариям в зависимости

от характера разгерметизации (частичная разгерметизация или полное разрушение), природы и физических параметров высвобождающегося опасного вещества, наличия источника зажигания и т.д.

Таким образом, дальнейшие расчёты были проведены для наиболее опасных сценариев с полной разгерметизацией аппаратуры.

Расчет разгерметизации емкости с основой бурового раствора

Таблица 1 - Исходные данные для расчета

Параметры	Значения
Основа бурового раствора	Дизельное топливо "Л" (ГОСТ 305-82)
V_e – объем емкости с основой бурового раствора, м ³	30
$V_{ж}$ – объем жидкой фазы внутри емкости, м ³	20
M – молекулярная масса, кг·кмоль ⁻¹	203,6
T – продолжительность поступления паров, с	3600
t – температура в рабочей зоне, °С	23

Расчет площади пролива:

Площадь пролива $S_{\text{п}}$ (м^2) рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{п}} = \varphi_{\text{р}} \cdot V_{\text{ж}}, \quad (1)$$

где: $\varphi_{\text{р}}$ - коэффициент разлития, м^{-1} (при отсутствии данных допускается принимать равным 20 м^{-1} при проливе на грунтовое покрытие и 5 м^{-1} при проливе на неспланированную грунтовую поверхность);

$V_{\text{ж}}$ – объем жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации, м^3 .

$$S_{\text{п}} = 20 \cdot 20 = 400 \text{ м}^2$$

Расчет пожара пролива:

Интенсивность теплового излучения q ($\text{кВт}/\text{м}^2$) для пожара пролива легковоспламеняющихся (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ), сжиженного природного газа (СПГ) сжиженного углеводородного газа (СУГ) определяется по формуле:

$$q = E_{\text{ф}} \cdot F_{\text{q}} \cdot \tau, \quad (2)$$

где: $E_{\text{ф}}$ - среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, $\text{кВт}/\text{м}^2$;

F_{q} - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Так как расчетные данные для дизельного топлива отсутствуют величину $E_{\text{ф}}$ определяем по формуле:

$$E_{\text{ф}} = 140 \cdot e^{-0,12 \times d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \times d}), \quad (3)$$

где: d - эффективный диаметр пролива, м;

e - основание натурального логарифма, равное 2,7.

Эффективный диаметр пролива d (м) рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\Pi}}{\pi}}, \quad (4)$$

где: S_{Π} - площадь пролива, м².

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 400}{\pi}} \approx 23 \text{ м},$$

Тогда:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 23} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 23}) \approx 27,6 \text{ кВт/м}^2$$

Угловой коэффициент облученности F_q определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (5)$$

где: F_V, F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые с помощью выражений:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \arctg\left(\frac{h}{\sqrt{S^2-1}}\right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctg\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2-1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}}\right) \right\} \right], \quad (6)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{B-\frac{1}{S}}{\sqrt{B^2-1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}}\right) - \frac{A-\frac{1}{S}}{\sqrt{A^2-1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}}\right) \right], \quad (7)$$

где:

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S}, \quad (8)$$

$$B = \frac{1 + S^2}{2S}, \quad (9)$$

где:

$$S = \frac{2r}{d}, \quad (10)$$

$$h = \frac{2H}{d}, \quad (11)$$

где: r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, $r = 150$ м;

H - высота пламени, м.

Высота пламени вычисляется по формуле:

$$H = 42d \left[\frac{m}{\rho_a \sqrt{gd}} \right]^{0,61}, \quad (12)$$

где: m - удельная массовая скорость выгорания топлива, ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$),

для дизельного топлива $m = 0,043 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$;

$\rho_a = 1,204 \text{ кг/м}^3$ - плотность окружающего воздуха;

g - ускорение свободного падения, принимаемое равным $9,81 \text{ м/с}^2$.

$$H = 42 \cdot 23 \cdot \left[\frac{0,043}{1,204 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 23}} \right]^{0,61} = 23 \text{ м}$$

$$h = \frac{2 \cdot 23}{23} = 2$$

$$S = \frac{2 \cdot 150}{23} = 13,04$$

$$A = \frac{2^2 + 13,04^2 + 1}{2 \cdot 13,04} = 6,71$$

$$B = \frac{1 + 13,04^2}{2 \cdot 13,04} = 6,56$$

Находим F_V , F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{13,04} \arctg \left(\frac{2}{\sqrt{13,04^2 - 1}} \right) - \frac{2}{13,04} \cdot \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{13,04 - 1}{13,04 + 1}} \right) - \frac{6,71}{\sqrt{6,71^2 - 1}} \arctg \left(\sqrt{\frac{(6,71 + 1)(13,04 - 1)}{(6,71 - 1)(13,04 + 1)}} \right) \right\} \right] = 0,0078$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{6,56 - \frac{1}{13,04}}{\sqrt{6,56^2 - 1}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(6,56+1)(13,04-1)}{(6,56-1)(13,04+1)}} \right) - \frac{6,71 - \frac{1}{13,04}}{\sqrt{6,71^2 - 1}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(6,71+1)(13,04-1)}{(6,71-1)(13,04+1)}} \right) \right] = 0,00062$$

Находим угловой коэффициент облученности F_q :

$$F_q = \sqrt{0,0078^2 + 0,00062^2} = 0,0078$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = e^{[-7 \times 10^{-4} \times (r - 0,5d)]}, \quad (13)$$

где: r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, $r = 150$ м;

d - эффективный диаметр пролива, м;

$$\tau = e^{[-7 \times 10^{-4} \times (150 - 0,5 \times 23)]} = 0,9$$

Находим интенсивность теплового излучения q :

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau$$

$$q = 27,6 \cdot 0,0078 \cdot 0,9 = 0,19 \text{ кВт/м}^2$$

Расчет массы вторичного облака:

Масса паров нефтепродукта m (кг), поступивших в помещение при разливе рассчитывается по формуле:

$$m = W \times F_{и} \times T, \quad (14)$$

где: W — интенсивность испарения нефтепродукта, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

$F_{и}$ — площадь испарения нефтепродукта, м^2 ;

T — продолжительность поступления паров (испарения) нефтепродукта при аварийном разливе, с, $T = 3600$ с.

Интенсивность испарения нефтепродукта W ($\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$) рассчитывается по формуле:

$$W = 10^{-6} \mu \sqrt{M} \times P_{\text{н}}, \quad (15)$$

где: μ — коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения жидкости, определяемый по справочным данным. При отсутствии в помещении аварийной вентиляции значение коэффициента принимается равным 1,0;

M — молекулярная масса паров нефтепродукта, $\text{кг}\cdot\text{кмоль}^{-1}$, $M = 203,6$ $\text{кг}\cdot\text{кмоль}^{-1}$;

$P_{\text{н}}$ — давление насыщенных паров нефтепродукта, кПа;

При отсутствии справочных данных давление насыщенных паров нефтепродукта $P_{\text{н}}$ (кПа) рассчитывается по уравнению Антуана:

$$P_{\text{н}} = 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + Ca}\right)}, \quad (16)$$

где: A , B , C_A — константы уравнения Антуана, определяемые по справочным данным [Приложение А];

t_p — температура в рассматриваемом помещении, °С.

$$P_{\text{н}} = 10^{\left(5,00109 - \frac{1314,04}{23 + 192,473}\right)} = 0,08 \text{ кПа},$$

$$W = 10^{-6} \times 1 \times \sqrt{203,6} \times 0,08 = 1,14 \times 10^{-6} \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$$

$$F_{\text{и}} = S_{\text{п}} = 400 \text{ м}^2$$

где: $S_{\text{п}}$ — площадь пролива м^2 .

$$m = 1,14 \times 10^{-6} \times 400 \times 3600 = 1,64 \text{ кг}$$

По результатам расчетов было выяснено, что при полной разгерметизации емкости с дизельным топливом образуется пролив площадью 400 м^2 , который при контакте искрой или открытым огнем может загореться и стать причиной неконтролируемого пожара. Также при разливе дизельного топлива и

его испарении возникают облака газопаровоздушных смесей (ГПВС), которые могут при поджигании от искры быстро сгорать (дефлаграционный взрыв) с образованием высокотемпературного огненного шара или взрываться по детонационному механизму, или скапливаться внутри помещения и являться источником токсического поражения персонала. При взрывном разрушении образуются, поражающие персонал, осколки.

Для предотвращения разливов необходимы мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации разливов, которые были предложены в работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведена оценка существующих технологий производства буровых растворов и мероприятий по обеспечению безопасного функционирования соответствующих установок. Предложен дополнительный перечень мероприятий по технике безопасности и охране труда при эксплуатации УЗ оборудования для производства буровых растворов.

2. Проанализированы возможные аварийные ситуации в блоке приготовления растворов и их причины и источники.

3. Проведен расчет возможной аварийной ситуации разгерметизации емкости с углеводородным компонентом (дизельным топливом). Предложены мероприятия по предупреждению, предотвращению и ликвидации последствий возможной аварийной ситуации.