

В результате данной работы исследованы модельные водонефтяные эмульсии с различными условиями получения. Анализ полученных данных показал, что самые неустойчивые эмульсии образуются при скорости вращения ротора 3000 об/мин. Средний размер глобул, определенный по кумулятивной кривой, изменяется от 27 до 180 мкм. При увеличении скорости вращения средние диаметры капель растут в результате коалесценции и достигают максимума при 3000 об/мин. (142 мкм и 180 мкм при 1 и 3 минутах соответственно), но при частоте вращения 3400 об/мин. средние диаметры капель уменьшаются в результате пептизации (73 мкм и 90 мкм при 1 и 3 минутах соответственно).

Анализируя значения коэффициента  $Sk$ , можно утверждать, что в процессе перемешивания эмульсии в течение одной минуты наибольшее количество частиц скапливается в начальной части размерного интервала, тогда как после 3 минут - в конечной части интервала. Значение коэффициентов сортировки  $So < 2,5$ , что указывает на однородность глобул воды в составе эмульсии.

#### Литература

1. Щербак К. О. Анализ проблемы высокой обводненности добываемой продукции горизонтальных скважин // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2023. – № 6. – С. 29-38.
2. Справочное руководство по петрографии осадочных пород/ под ред. Л.Б. Рухина. Ленинград: Государственное НТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1958 г. – 385 с.

### ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК КАК ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕТОД ДОБЫЧИ НИЗКОДАВЛЯЮЩЕГО ГАЗА

Селиванов Н.А.

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

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

Основным вопросом при разработке газовых месторождений на стадии падающей добычи является низкое устьевое давление, по причине которого образуется ряд осложнений, влияющих на бесперебойную добычу газа: самозадавливание скважин, льдообразование, замерзание шлейфов в связи с большим количеством пластовой воды, возникновение помпажа газоперекачивающих агрегатов ДКС. Все это непосредственно влияет на непрерывную и безаварийную работу оборудования в целевом диапазоне, а также на достижение КИГ [3].

При истощении энергии пласта транспорт сырого газа по шлейфам сопровождается значительными потерями давления и появлением конденсационной воды. При понижении температуры ниже, чем температура гидратообразования, происходит образование кристаллогидратов, в связи с чем падает производительность скважин, что влечет за собой вероятность закупоривания прохода шлейфа.

Объем и концентрация метанола, необходимого для предотвращения гидратообразования, варьируется относительно давлений и температур в шлейфах. Данный метод борьбы с гидратообразованием применяется повсеместно на месторождениях Западной Сибири, но само по себе использование метанола дорогостоящее и требует значительных вложений. Помимо этого, необходима установка регенерации метанола рядом с УКПГ, которая позволит возвращать большую часть метанола с рефлюкса после осушки газа и, как следствие, использовать метанол для повторной закачки. В связи с малой скоростью потока при добыче низконапорного газа образуется скопление воды в пониженных участках коллектора, что препятствует движению ингибитора гидратообразования и снижает его эффективность.

Альтернативным вариантом при добыче низконапорного газа является применение модульных компрессорных установок (МКУ). МКУ предназначена для повышения давления газа на входе в газосборный коллектор до давления, необходимого для стабильной и непрерывной транспортировки газа до УКПГ (УППГ) и дальнейшего компримирования на дожимной компрессорной станции (ДКС) с последующей осушкой газа и направлением к потребителям.

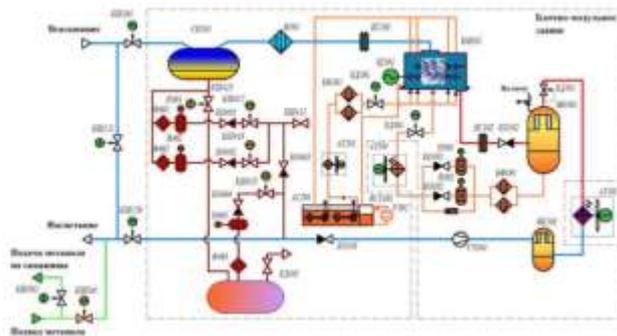


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема МКУ-500 ТАКАТ 52.3-7 М4а ХЛ1 [5]

Компримирование газа на принципиальной схеме МКУ (рис. 1) осуществляется в одну ступень сжатием на компрессорном агрегате. Перед компримированием сырой газ проходит стадию очистки от механических примесей

## СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ, УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

и пластовой воды в сепараторе-пробкоуловителе. Тонкость очистки газа достигается до 10 мкм. Для обеспечения оптимальной температуры газа на выходе с МКУ, необходимой для безаварийной транспортировки по газосборной системе, в составе МКУ предусматривается аппарат воздушного охлаждения.

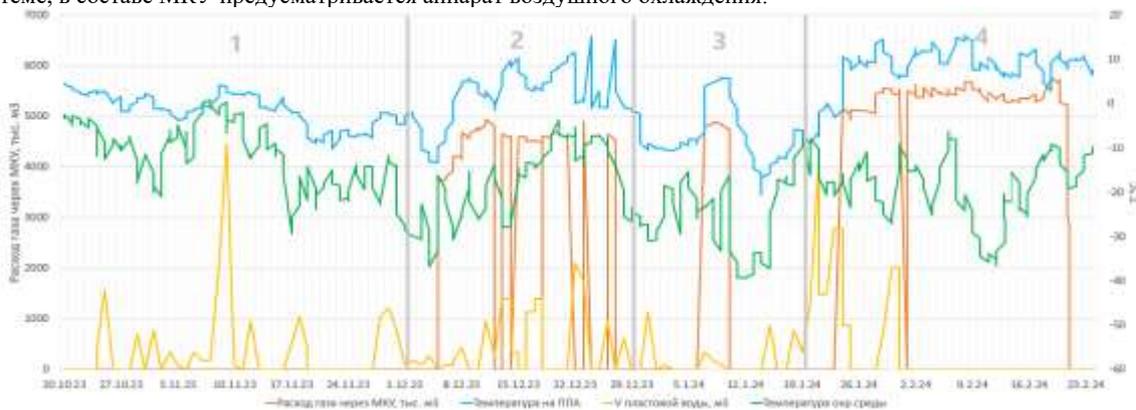


Рис. 2. Параметры работы МКУ

На рисунке 2 представлена выборка параметров работы МКУ, из которой можно сделать следующие выводы:

1. При неработающей МКУ прослеживается корреляция падения температуры шлейфа с температурой окружающего воздуха, сопровождающаяся порционными выбросами воды. Это происходит из-за скопления воды в застойных зонах шлейфа.

2. При включении МКУ происходит повышение температуры в шлейфе, влияние температуры окружающего воздуха снижается, и наблюдается более стабильный приток воды из шлейфа.

3. При остановке МКУ отчетливо прослеживается резкое падение температуры шлейфа.

4. Включение МКУ на более продолжительный период позволило нивелировать влияние температуры окружающей среды и установить постоянную температуру в шлейфе выше 0°C.

Зачастую, из-за удаленности ДКС от кустов газовых скважин при добыче низконапорного газа и истощении энергии пласта возникает недостаток давления газа на приеме газоперекачивающих агрегатов на ДКС. Происходит помпаж компрессоров и нарушение технологического режима. Нарращивание мощностей ДКС не рентабельно на поздней стадии разработки, а монтаж и ввод МКУ на кустовых площадках газовых скважин позволит повысить КИГ за счет эксплуатации скважин до устьевого давления 0,12 – 0,63 МПа. Компримирование на МКУ обеспечит выходное давление, исходя из паспорта, равное 0,4–0,7 атм. Также это обеспечит прогрев шлейфов, что благоприятно повлияет на обеспечение безгидратного режима вплоть до установки ДКС. В связи с этим значительно снизится подача метанола в газосборную систему [1,2,4].

Применение МКУ позволит эффективно регулировать термодинамический режим добычи газа со скважин по шлейфам до УКПГ (УППГ) путем регулирования режима работы компрессора, что благоприятно повлияет на антипомпажный режим при эксплуатации МКУ в комплексе с ДКС.

Технологические решения по компримированию газа обеспечивают снижение трудоемкости строительства за счет применения блочного оборудования полной заводской готовности.

В настоящее время происходят пуско-наладочные работы по внедрению МКУ на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении.

По конструктивной особенности МКУ имеется несколько вариантов способов утилизации отсепарированной пластовой воды на кустах газовых скважин (КГС):

1. Закачка в поглощающую скважину на площадке КГС. Возможность реализации данного метода исходит из наличия поглощающих скважин на кустовой площадке, а также возможности перевода низкодебитной скважины в поглощающую, за счет установки взрывных пакеров и проведения ГРП. Давление пластовой воды после сепаратора не будет хватать для закачки в пласт, по причине чего данный вариант нуждается в дополнительном оборудовании в качестве насосной установки. Преимуществом данного варианта является отделение воды перед шлейфом на КГС, что в значительной мере повлияет на образование гидратов и обеспечит стабильный термодинамический режим.

2. Реконструкция газопроводов-шлейфов и подача жидкости в нагнетательный коллектор на выходе с МКУ. Данный вариант имеет меньшие капитальные вложения, чем другие, но не обеспечивает безгидратный режим транспортировки газа в шлейфах. Вода отбивается в сепараторе пробкоуловителе СП101 (рис. 1) и возвращается в шлейф, что влечет к образованию гидратных пробок при нарушении термодинамического режима. Необходима подача метанола.

3. Сжигание пластовой воды на горизонтальных факельных установках (ГФУ). Большинство кустовых площадок имеют ГФУ для освоения скважин и «продувки» при образовании гидратов. Имеется возможность обвязки выхода с сепаратора на ГФУ для сжигания пластовой воды до входа ее в шлейф. Данный метод является эффективным, но приводит к выделению в атмосферу парниковых газов, а также нуждается в большем контроле со стороны обслуживающего персонала и больших затрат газа для сжигания воды.

Таким образом, для поддержания стабильной работы шлейфов, посредством регулирования давления и расхода сырого газа, для безаварийной работы ДКС, рекомендуется осуществлять разработку месторождений с низконапорным газом с вводом модульных компрессорных установок. При этом необходимо рационально

рассчитать температуру выхода газа из МКУ с целью минимизации передачи тепла свайному основанию. Это необходимо для предотвращения растепления многолетнемерзлых грунтов.

#### Литература

1. Patel, S., & Williams, K. Optimization of Modular Compressor Units in Oil and Gas Industry. *Journal of Energy Engineering*, 24(4), – 2019. – P. 321–335.
2. Smith, J., & Jones, R. Design and Performance Evaluation of Modular Compressor Units. *International Journal of Mechanical Engineering*, 15(2), – 2020. – P. 112–125.
3. Баймухаметов Д. С. и др. Подготовка продукции скважин к отделению воды в системах нефтесбора // Эксплуатация нефтяных месторождений на поздних стадиях разработки: сб. науч. тр. Уфа: БашНИПИ-нефть. – 2003. – № 112. – С. 177-182.
4. Паранин Ю. А., Биктимеров Ш. Ш., Налимов В. Н., Минязев Л. Б., Сидоров А. И., Ефимов А. Н. Создание винтовой модульной компрессорной установки ТАКАТ для систем компримирования на малодебитных скважинах ПАО «Газпром» // Газотурбинные технологии, – №1. – 2018. – С. 10–14.
5. Паранин Ю. А., Биктимеров Ш. Ш., Налимов В. Н., Сидоров А. И. Создание винтовой модульной компрессорной установки ТАКАТ для применения в системах компримирования на малодебитных скважинах ПАО «ГАЗПРОМ» // Труды XVII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы геологии и освоения недр»: сборник тезисов докладов. – 2017. – С. 56-56.

### МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА БОКОВЫХ СТВОЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКВАЖИН ИЗ БЕЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАПАДНО-КАТЫЛЬГИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Соколов А.А.

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

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

В настоящее время разработка Западно-Катыльгинского месторождения относится к четвертой стадии, порядка 80 % скважин находится в бездействии, а средняя обводненность месторождения достигает около 83 %. Юрская залежь Западно-Катыльгинского месторождения отличается достаточно неоднородной добычей запасов. Стоит отметить, что на текущий момент оцененные остаточные запасы насчитывают 3,9 млн т при расчетных начальных значениях – 8,5 млн т. В целом по месторождению наблюдается значительная неопределенность в зонах освоения недр. Для повторного определения пространственного положения ствола скважины было задействовано 19 гироскопов, при этом общий фонд месторождения составляет 112 скважин. Было выявлено, что максимальный отход от вертикали точки входа в продуктивный пласт составляет 100 м, кроме того, наблюдается снижение структуры на 12 м. Исходя из этого, структурные построения обладают высокой неопределенностью в геологической модели. Таким образом, для проектирования мероприятий на Западно-Катыльгинском месторождении необходима разработка программы исследований, которая бы позволяла снижать неопределенности в области строительства бокового ствола. На этапах моделирования можно идентифицировать скважины, которые нуждаются в определении инклинометрии. На стадии адаптации работы скважины подтверждаются структурные неопределенности, такие как резкие перепады структуры и наличие куполов вокруг скважины, которые были ранее выявлены при геологическом моделировании.

С. Н. Бузинов, А. И. Ермолаев, З. С. Алиев, И. В. Серебрянников и В. Р. Хачатуров проводили различные исследования и разбирали проблемы по строительству и резке боковых стволов. Множество работ было посвящено изучению эксплуатации боковых стволов, разработке и применению технологий для оптимизации внедрения строительства боковых стволов на различных месторождениях.

Особенности проектирования по резке боковых стволов заключаются в ключевых этапах:

- забурение окна в обсадной колонне;
- ликвидация части эксплуатационной колонны в скважине;
- крепление хвостовика в пробуренный боковой ствол с последующим проведением гидроразрыва пласта.

К основным достоинствам резки бокового ствола можно отнести [1]:

- строительство бокового ствола в бездействующей скважине для восстановления её в эксплуатацию;
- уплотнение плотности фонда скважин благодаря протяженности горизонтальных стволов;
- строительство скважины проходит со снижением затрат из-за использования ранее пробуренного ствола.

Основной целью по вводу строительства боковых стволов на Западно-Катыльгинском месторождении было решение следующих проблем:

- вывод бездействующих скважин и их эффективная эксплуатация, а также эксплуатация аварийных скважин;
- адаптация выработки остаточных запасов нефти из высокообводненных залежей;
- внедрение результативной технологии разработки низкопродуктивных залежей благодаря значительному увеличению продуктивности скважин.

Немаловажными на сегодняшний день являются критерии, определяющие эффективность строительства бокового ствола [2]:

- геолого-промысловые критерии: фильтрационно-емкостные свойства пласта, длина продуктивных отложений, термобарические условия пласта;
- экономически-организационные: минимальный расчетный дебит, при котором скважина будет рентабельна, стоимость остаточных запасов газа;