

Д. Прищеп¹, Е. Хрулева¹, А. Пономарев², Д. Мартюшев³, М. Сидоров³

¹ ПАО «Газпром нефть» (Санкт-Петербург, Россия).

² ООО «Газпром нефть шельф» (Санкт-Петербург, Россия).

³ АО «Новомет-Пермь» (Пермь, Россия).

Развитие отечественных технологий в области эксплуатации морских скважин Арктического шельфа России

В настоящее время в Российской Федерации реализуется первый проект в области промышленной добычи углеводородов на Арктическом шельфе – разработка Приразломного нефтяного месторождения. Природно-климатические условия региона, в котором осуществляется операционная деятельность ООО «Газпром нефть шельф», сложность применяемых технологий, а также уникальность условий, в которых функционирует морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) «Приразломная», делают данный проект одним из наиболее сложных в мировой нефтегазовой отрасли. Первая добывающая скважина МЛСП «Приразломная» была введена в эксплуатацию в декабре 2013 г., а уже в 2016 г. произошло знаменательное событие в истории российской нефтегазодобычи – на МЛСП «Приразломная» началась добыча нефти с помощью насосного оборудования производства российской компании «Новомет-Пермь».

ПРИРАЗЛОМНОЕ НЕФТЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Месторождение Приразломное, открытое в 1989 г., содержит около 70 млн т извлекаемых запасов нефти. Месторождение расположено в юго-восточной части шельфа Печорского моря в 60 км к северу от пос. Варандей, в 320 км к северо-востоку от г. Нарьян-Мар и в 980 км от г. Мурманска. Глубина моря в районе месторождения составляет 19–20 м. Все технологические операции, связанные с организацией процесса добычи углеводородов, подготовки нефти до товарной кондиции, ее хранения и отгрузки на танкеры, реализуются на МЛСП «Приразломная», расположенной в центральной части месторождения.

В апреле 2014 г. была отгружена первая партия арктической нефти сорта ARCO, добытой на месторождении. Команду на отгрузку дал Президент РФ Владимир Путин.

На сегодняшний день на месторождении из недр извлечено уже более 9 млн т нефти, введено в эксплуатацию 16 скважин. В рамках развития МЛСП «Приразломная» планируется строительство 32 скважин, причем проект разработки месторождения предусматривает:

- строительство многозабойных скважин;
- строительство скважин с большим отходом от вертикали;
- строительство скважин со сложным профилем.

Стоит отметить, что эксплуатация морских скважин имеет ряд особенностей, к числу которых, в частности, относятся:

- необходимость обеспечения высокого уровня безопасности объекта в процессе эксплуатации скважины и при проведении внутрискважинных работ (ВСР);
- значительные потери в объеме добычи при каждой остановке скважины и при отказах внутрискважинного оборудования (ВСО);
- высокая стоимость ремонта скважин и проведения внутрискважинных работ;
- высокая стоимость подъема пластовой газожидкостной смеси на поверхность;
- необходимость обеспечения требуемой функциональности системы верхнего и нижнего заканчивания скважин;
- необходимость минимизации капитальных и операционных затрат проекта на всех этапах цикла эксплуатации скважин.

Таким образом, технические решения, применяемые на МЛСП «Приразломная», должны в максимальной степени соответствовать самым высоким требованиям к безопасной и эффективной организации процесса морской добычи нефти и газа.

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В последние годы активно развиваются отечественные нефтесервисные компании, участвующие в проекте: разрабатываемое ими оборудование соответствует самым высоким стандартам морской нефтегазовой индустрии и учитывает уникальный опыт реализации проекта на Арктическом шельфе РФ. Важно проанализировать опыт, полученный в развитии отечественных технологий в области эксплуатации морских скважин, в частности касающийся разработки, производства и эксплуатации оборудования системы верхнего заканчивания (рис. 1). Система верхнего заканчивания включает:

- насосное оборудование, обеспечивающее процесс подъема газожидкостной смеси на поверхность;



Рис. 1. Система верхнего заканчивания добывающей скважины платформы «Приразломная»

- дополнительное оборудование, обеспечивающее эффективное внедрение и эксплуатацию ВСО;
- защитное оборудование, исключающее любую возможность возникновения угрозы безопасности окружающей среде и персоналу.

Основными особенностями применяемого оборудования являются:

- наличие не менее двух надежных барьеров безопасности, функционирующих на протяжении всего цикла внедрения и эксплуатации ВСО в целях обеспечения целостности конструкции скважины;
- газогерметичное исполнение;
- износостойкость;
- стойкость к коррозии и эрозии;
- высокая производительность системы;
- возможность работы с высоким процентом свободного газа на приеме погружного насоса;

- возможность измерения расширенного перечня параметров с помощью высокоточной системы погружной телеметрии;
- обеспечение доступа к забою скважины при эксплуатации системы для выполнения различных внутрискважинных операций.

Компания «Газпром нефть шельф» ставит перед собой самые масштабные задачи в части достижения максимальной эффективности при эксплуатации ВСО, соответствующие целям мировых лидеров в области морской нефтегазодобычи. Так, участникам проекта выдвигаются требования обеспечить гарантию минимальной наработки на отказ для добывающих скважин не менее 850 сут, для нагнетательных скважин – 1095 сут. При этом целевая наработка на отказ, закладываемая в конструктив ВСО, должна составить не менее 1850 сут. Кроме того, сервисные компании должны обладать всеми необходимыми тех-

нологическими возможностями для реализации совместного проекта, включая наличие:

- производственных центров для изготовления, испытаний, ревизии всего перечня внутрискважинного и поверхностного оборудования, а также дальнейшей технической поддержки проекта;
- требуемого количества квалифицированного и аттестованного персонала;
- полного перечня специализированного программного обеспечения, необходимого инструментального и нормативно-технического обеспечения,

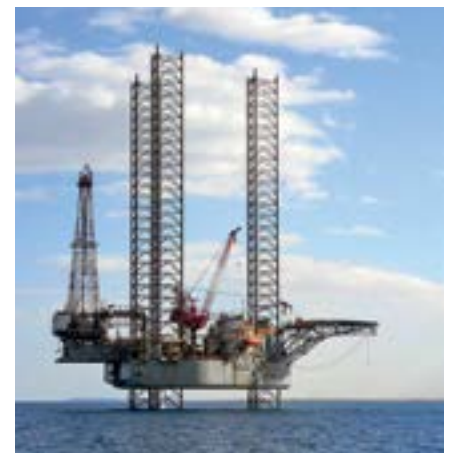


Рис. 2. Платформа Admarine III (Египет)

оснащенного сервисного центра для обслуживания и тестирования;

- набора необходимых сертификатов/лицензий, в том числе в области обеспечения охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ» ДЛЯ МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ «ПРИРАЗЛОМНАЯ»

Компания «Новомет» на момент начала работы над проектом разработки оборудования для МЛСП «Приразломная» уже имела успешный опыт производства и сервисного обслуживания установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) для эксплуатации морских скважин. Первый монтаж полнокомплектной УЭЦН производства АО «Новомет-Пермь» был произведен в августе 2013 г. на платформе Admarine III (рис. 2) египетской нефтегазодобывающей компании General Petroleum Company.



Рис. 3. Тестовая скважина многофункционального стендового комплекса



Рис. 4. Комплексные испытания системы верхнего заканчивания в тестовой скважине ОКБ БН «КОННАС»

На сегодняшний день в обслуживании компании «Новомет» находятся 11 скважин на объектах данной компании в Красном море. Максимальная наработка на отказ УЭЦН, находящихся в сервисном обслуживании компании «Новомет», превышает 1000 сут. С октября 2015 г. компания осуществляет поставки оборудования в компанию Petroleos de Venezuela. Предоставляемые технические решения применяются на платформах, расположенных в акватории озера Маракайбо, при этом достигнутый показатель максимальной наработки на отказ УЭЦН на данных проектах составляет более 1000 сут. В начале 2016 г. компания «Новомет» присоединилась к проекту по созданию отечественных решений в области систем верхнего заканчивания для эксплуатации морских месторождений

на Арктическом шельфе Российской Федерации. Пермская компания прошла предквалификацию и подтвердила соответствие высоким стандартам ООО «Газпром нефть шельф» в области промышленной и экологической безопасности, а также в части обеспечения требуемого качества и надежности оборудования для эффективной реализации проекта МЛСП «Приразломная». Работы над проектом начались в мае 2016 г., причем первые поставки оборудования на морскую платформу должны были состояться уже в октябре, а монтаж – в ноябре того же года. Подход к разработке, анализу и испытаниям оборудования соответствовал лучшим мировым практикам в области реализации морских проектов. В рамках совместной работы специалистами компаний были произведены расчеты всех

возможных нагрузок на отдельные узлы системы верхнего заканчивания в ходе эксплуатации, смоделированы процессы внедрения оборудования в скважину и проведения дополнительных внутрискважинных операций, проведена комплексная оценка рисков процессов монтажа и эксплуатации оборудования на платформе.

В ходе подготовки оборудования к монтажу на МЛСП «Приразломная» все узлы компоновки прошли комплексные испытания в тестовой скважине многофункционального стендового комплекса Особого конструкторского бюро бесштанговых насосов (ОКБ БН) «КОННАС» – подразделения компании «Новомет» (рис. 3–4). Технические характеристики данного комплекса позволяют проводить испытания УЭЦН в условиях, максимально приближенных к параметрам эксплуатации скважин МЛСП «Приразломная».

Целями испытаний являлись:

- проверка механической целостности всей системы: удобство монтажа/демонтажа всех элементов, входящих в комплект оборудования;
- проверка соответствия заявленных характеристик УЭЦН при эксплуатации в составе компоновки системы верхнего заканчивания;
- проверка работоспособности пакерного оборудования и клапана-отсекателя.

Испытания позволили выявить имеющиеся несовершенства оборудования и устранить их до момента монтажа на морской платформе, значительно снизив риски при эксплуатации оборудования в реальной скважине.

В настоящее время каждый комплект оборудования, готовящийся к отправке на объекты ООО «Газпром нефть шельф», проходит комплексные испытания в тестовой скважине. Тем самым гарантируется его работоспособность в реальных морских скважинах и минимальные риски при внедрении и эксплуатации.

ПЕРВЫЕ ПСТАВКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Первый монтаж оборудования системы верхнего заканчивания производства компании «Новомет-Пермь» состоялся на МЛСП «Приразломная» в ноябре 2016 г., когда установка была успешно запущена в работу. Примечательно, что

с помощью данной установки достигнут рекорд суточной добычи нефти для того этапа реализации проекта.

Внутрискважинное оборудование, внедренное в 2016 г., включает УЭЦН 7А габарита с байпасной системой Y-Tool и системой высокоточной погружной телеметрии, обеспечивающей контроль расширенного перечня параметров в процессе эксплуатации погружного оборудования, в том числе давления и температуры на выкиде ЭЦН.

Система верхнего заканчивания включает также гидравлически управляемый трубный клапан-отсекатель, циркуляционный клапан, гидравлически активируемый пакер, линию подачи ингибиторов на прием ЭЦН в составе нефтепогружного кабеля и другое дополнительное оборудование, обеспечивающее эффективный процесс внедрения и эксплуатации оборудования в скважине. Конструктивные особенности оборудования предусматривают возможность применения различных конфигураций системы верхнего заканчивания в случае необходимости.

Помимо поставки внутрискважинного оборудования компания «Новомет» предоставляет ООО «Газпром нефть шельф» услуги по подготовке комплекса оборудования к монтажу на МЛСП «Приразломная», специалисты проводят работы по монтажу комплекса ВСО и УЭЦН, а также дальнейшему техническому обслуживанию ВСО и статических преобразователей частоты на морской платформе.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЕКТА

Взаимодействие ООО «Газпром нефть шельф» и АО «Новомет-Пермь» продолжается. Проведены комплексные расчеты и определены требуемые конфигурации систем ВСО и УЭЦН для всех групп скважин Приразломного нефтяного месторождения. Специально для данного проекта были разработаны два новых типоразмера мультифазного насоса, ранее отсутствовавшие в производственной линейке «Новомет», – МФОН7А-1600 и МФОН7А-2250, оптимизирован дизайн электрической части системы УЭЦН, а также конструкции ВСО.

Стоит отметить, что развитие отечественных технологий происходит в рамках

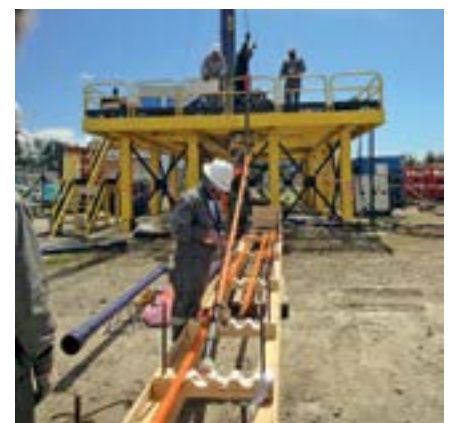
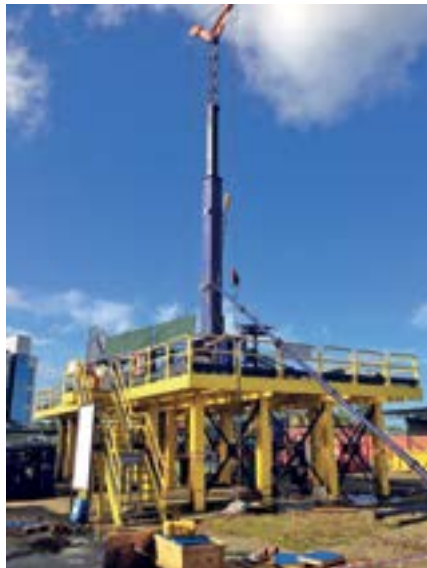


Рис. 5. Проведение комплексных испытаний УЭЦН Colibri ESP в тестовой скважине на полигоне Petronas

адаптации системы верхнего заканчивания к все более усложняющимся условиям эксплуатации фонда скважин МЛСП «Приразломная». Изменение характеристик системы произошло по таким направлениям, как:

- усиление конструкции;
- снижение жесткости компоновки;
- работа с высоким уровнем свободного газа на приеме ЭЦН;
- повышение температурного рейтинга оборудования;
- обеспечение сокращения времени монтажа.

По состоянию на 12.02.2019 на МЛСП «Приразломная» внедрено пять ком-

плектов оборудования поставки АО «Новомет-Пермь»:

а) добывающие скважины:

- первая установка – в работе с 14.11.2016, наработка на отказ – 820 сут;

- вторая установка – в работе с 26.03.2018, наработка на отказ – 323 сут;

б) нагнетательные скважины:

- первый комплект – в работе с 02.01.2017, наработка на отказ – 771 сут;

- второй комплект – в работе с 09.06.2018, наработка на отказ – 248 сут;

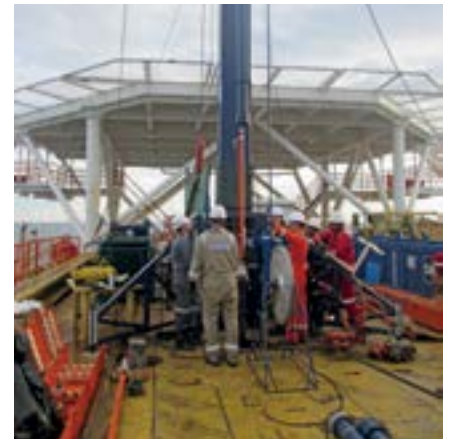


Рис. 6. Монтаж УЭЦН Colibri ESP на грузонесущем кабеле на платформе BODP-C компании Petronas (Малайзия), месторождение Bokok

• третий комплект – в работе с 08.12.2018, наработка на отказ – 66 сут. Важно отметить, что ООО «Газпром нефть шельф» постоянно развивает систему комплексного анализа процессов подбора и эксплуатации оборудования, а также контроля качества продукции. С 2015 г. в значительной степени усилены следующие направления:

- система комплексного анализа внутрискважинного оборудования на предмет соответствия всем потенциальным нагрузкам при внедрении и эксплуатации в скважине;
- требования к контролю качества как комплектующих, так и конечной продукции, организация безопасной транспортировки оборудования;
- перечень и порядок проведения специализированных испытаний внутрискважинного оборудования;
- подготовка к выполнению работ на МЛСП «Приразломная».

Компания «Новомет», в свою очередь, развивает компетенции персонала, а также технологические площадки компании в России в целях соответствия самым высоким требованиям в области производства и сервисного обслуживания оборудования, предназначенного для эксплуатации морских скважин.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В настоящий момент специалисты ООО «Газпром нефть шельф» и АО «Новомет» оценивают возможности дальнейшего развития отечественных высокотехнологичных разработок в области эксплуатации механизированного фонда скважин. Одним из направлений являются возможности применения технологии Colibri ESP в новых типоразмерах и модификациях, адаптированных для высокопроизводительных морских скважин. Напомним, что Colibri ESP – технология освоения и эксплуатации скважин уста-

новкой сверхмалого габарита, монтаж и спуск которой осуществляется без подъема колонны насосно-компрессорных труб – установка помещается прямо внутрь колонны, а спуск в скважину осуществляется на грузонесущем кабеле. Данная технология может позволить упростить и удешевить процесс монтажа УЭЦН ввиду его осуществления без привлечения бурового комплекса, а значит, без изменения графика строительства новых скважин, что в условиях эксплуатации морских месторождений может дать дополнительные преимущества компаниям-операторам. Скорость спуска/подъема УЭЦН при проведении операций установки/извлечения оборудования на грузонесущем кабеле может достигать 1,5 м/с, тогда как срок монтажа, демонтажа УЭЦН составляет несколько часов.

Данная технология уже успешно испытана на нефтяной платформе компании



Рис. 7. Стендовые испытания УЭЦН Colibri ESP УКЭЦН81 в стенде-скважине ОКБ БН «КОННАС» (Москва)



Рис. 8. Стендовые испытания УЭЦН Colibri ESP на стенде-скважине ОКБ БН «КОННАС» (Москва)

Petronas в Малайзии, текущая наработка УЭЦН 2-го габарита на грузонесущем кабеле превысила 600 сут.

Монтаж УЭЦН осуществлен на стационарной платформе BODP-C компании Petronas. Оборудование внедрено в скважину, ранее эксплуатировавшуюся с помощью системы «газлифт». Фонтанная арматура оборудована автоматическими гидравлическими превенторами дистанционного управления, в скважине предусмотрен механически управляемый клапан-отсекатель с пакером, обеспечивающий безопасность морской платформы при замене ЭЦН. Монтаж установки осуществлен через лубрикатор: в силу его достаточной длины, составляющей 25 м, монтаж компоновки проведен за один подход (вся установка в сборе помещалась в лубрикатор).

В то же время, если морская платформа не оснащена подъемником достаточной длины, есть возможность монтажа Colibri ESP за несколько подходов, посекционно.

Применение технологии Colibri ESP позволило компании Petronas увеличить дебит скважины путем ее перевода на эксплуатацию с помощью УЭЦН в условиях платформы, не оснащенной оборудованием для проведения спуско-подъемных операций, т. е. обойтись без дорогостоящей модернизации инфраструктуры.

В октябре 2018 г. в присутствии специалистов компании «Газпром нефть шельф» на стенде-скважине многофункционального стендового комплекса компании «Новомет» на базе ОКБ БН «КОННАС» в г. Москве прове-

дены успешные стендовые испытания установки Colibri ESP с маркировкой УКЭЦН81-500Э-2000. В качестве электропривода насоса ЭЦН 3-го габарита был использован многосекционный вентильный электродвигатель (ПВЭД) 81-го габарита. В ходе испытаний проведена проверка монтажа УКЭЦН81 на грузонесущем кабеле в колонну НКТ 102 мм, определены номинальные рабочие характеристики и их соответствие номинальным значениям. Подтверждена работоспособность установки при частоте вращения 6000–12 000 об/мин, что обеспечивает перекрытие диапазона подач 400–1200 м³/сут.

В настоящее время АО «Новомет-Пермь» разрабатывает ВСО системы верхнего заканчивания и УЭЦН 3-го габарита в соответствии с требованиями ООО «Газпром нефть шельф» в области обеспечения максимального уровня безопасности и эффективности процесса внедрения и эксплуатации оборудования на морских месторождениях в целях дальнейшего внедрения на МЛСП «Приразломная».

 **NOVOMET**

АО «Новомет-Пермь»
614065, РФ, г. Пермь,
ш. Космонавтов, д. 395
Тел.: +7 (342) 296-27-56/59
Факс: +7 (342) 296-23-02
e-mail: post@novomet.ru
www.novomet.ru