



ПОДВОДНАЯ
СТАНЦИЯ ППД

РЕЗИДЕНТНАЯ
РОБОТОТЕХНИКА

ЗАЩИТА МОРСКОЙ
АРКТИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

Neftegaz.RU

ISSN 2410-3837

OFFSHORE

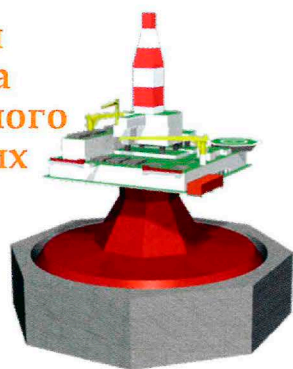
11 [119] 2021

ПОТЕНЦИАЛ
АРКТИЧЕСКОГО
ШЕЛЬФА



Входит в перечень ВАК

Погружная
комбинированная
буровая установка
для круглогодичного
бурения в условиях
Арктики



14

Подводная станция ППД



20

Резидентная робототехника
как эффективный инструмент
обеспечения подводной газо-
и нефтедобычи



24

Арктические острова –
основные реперы для
изучения геологического
строения



38

Эпохи НГК

4

РОССИЯ *Главное*

Потенциал арктического
шельфа

6

Технологическое оживление
нефтедобычи

8

События

10

Первой строчкой

12

БУРЕНИЕ

Погружная комбинированная
буровая установка
для круглогодичного бурения
в условиях Арктики

14

СОДЕРЖАНИЕ

ДОБЫЧА

Подводная станция ППД

20

Резидентная робототехника
как эффективный инструмент
обеспечения подводной газо-
и нефтедобычи

24

Выделение лития
на газоконденсатных
месторождениях

32

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

«Трест Коксохиммонтаж»:
более 90 лет в промышленном
строительстве

36

АРКТИКА

Арктические острова –
основные реперы для изучения
геологического строения

38

Высокопрочные стали
для Арктики

46

Защита морской арктической техники



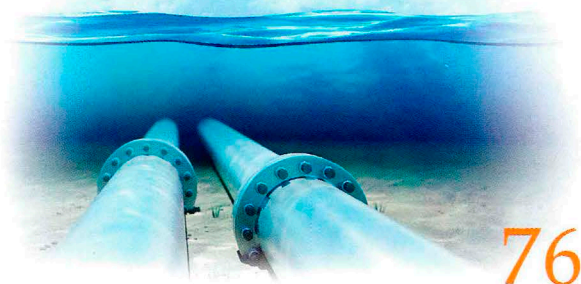
56

Гидрометеорологическое сопровождение работ в северных широтах



68

Анализ техногенного риска на морской стационарной платформе на шельфе Охотского моря



76

Рывок в развитии российского судостроения



82

АРКТИКА

Минеральные малоклинкерные вяжущие для развития инфраструктуры Арктики 52

Защита морской арктической техники 56

Космическая погода и Арктика: воздействие космических лучей на водную среду 64

Гидрометеорологическое сопровождение работ в северных широтах 68

Метрологическое обеспечение навигационно-гидрографических исследований арктического бассейна 72

ТРАНСПОРТИРОВКА

Надежность и риски подводного многофазного трубопровода 76

СУДОСТРОЕНИЕ

Рывок в развитии российского судостроения 82

РЫНОК

Международная торговля энергоресурсами в условиях пандемии 86

Календарь событий 91

ОБОРУДОВАНИЕ

Дисперсность газовой фазы по длине электроприводного многоступенчатого центробежного насоса при его работе на водовоздушной смеси 92

Новости науки 100

Россия в заголовках 102

Хронограф 103

Нефтегаз Life 104

Классификатор 106

Цитаты 112

БУРЕНИЕ В АРКТИКЕ

Погружная комбинированная буровая установка для круглогодичного разведочного бурения в арктических условиях

Амосова Надежда Викторовна

главный инженер проекта,
АО «ЦКБ «Коралл»

Благовидова Ирина Львовна

зам. начальника отдела,
АО «ЦКБ «Коралл»,
доцент,
Севастопольский государственный
университет

Пьянов Андрей Владимирович

начальник сектора,
АО «ЦКБ «Коралл»

**Тертышникова
Александра Сергеевна**

начальник сектора,
АО «ЦКБ «Коралл»



ПОСТАНОВЛЕНИЕМ ПРАВИТЕЛЬСТВА № 374 ОТ 31 МАРТА 2017 ГОДА БЫЛА УТВЕРЖДЕНА ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «РАЗВИТИЕ СУДОСТРОЕНИЯ И ТЕХНИКИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА 2013–2030 ГОДЫ», ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ КОТОРОЙ НАПРАВЛЕНЫ НА СОЗДАНИЕ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ЗАДЕЛА И ТЕХНОЛОГИЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНИКИ, А ТАКЖЕ УКРЕПЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО ПОТЕНЦИАЛОВ ОТРАСЛИ, РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НАУЧНЫХ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ. КАКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВОПЛОЩЕНИЯ ЭТОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДЛАГАЮТ РОССИЙСКИЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ?

GOVERNMENT DECREE № 374 OF MARCH 31, 2017 APPROVED THE STATE PROGRAM OF THE RUSSIAN FEDERATION "DEVELOPMENT OF SHIPBUILDING AND EQUIPMENT FOR THE DEVELOPMENT OF OFFSHORE FIELDS FOR 2013–2030", THE MAIN GOALS OF WHICH ARE AIMED AT CREATING AN ADVANCED RESERVE AND TECHNOLOGIES NECESSARY TO CREATE PROMISING EQUIPMENT, AS WELL AS STRENGTHENING AND DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND DESIGN POTENTIAL OF THE INDUSTRY, DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES OF SCIENTIFIC AND DESIGN ORGANIZATIONS OF THE SHIPBUILDING INDUSTRY. WHAT SOLUTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF THIS PROGRAM ARE OFFERED BY RUSSIAN DESIGN ORGANIZATIONS?

Ключевые слова: *буровая установка, геологоразведка, шельфовое месторождение, ледовые условия, разведочное бурение.*

АО «ЦКБ «Коралл» за более чем пятидесятилетний период деятельности накоплен уникальный опыт проектирования самоподъемных, полупогружных, погружных и стационарных платформ, морских плавучих кранов, крановых и трубоукладочных судов, других средств обустройства морских нефтяных и газовых месторождений.

В «ЦКБ «Коралл» не только постоянно отслеживаются последние тенденции и достижения в области развития технологий и средств освоения шельфа, но и ведутся собственные работы в области создания перспективной техники, в частности для расширения сезона поисково-разведочного бурения в суровых климатических условиях. Для этих целей выполняется анализ существующих концепций буровых установок, способных продлить сезон бурения в ледовых условиях; разрабатываются архитектурно-конструктивные и технические решения в отношении буровой установки для выполнения поисково-разведочного бурения в акваториях с коротким безледовым сезоном или неполным очищением ото льда.

На сегодняшний день для бурения разведочных и эксплуатационных скважин на арктическом шельфе России применяются самоподъемные буровые установки (далее СПБУ), полупогружные буровые установки (далее ППБУ) и буровые суда, которые могут работать только в период «чистой» воды, то есть в безледовый период.

В мировой практике и в РФ накоплен большой опыт проектирования и строительства добычных морских ледостойких буровых установок на шельфе замерзающих морей, в том числе:

- создание гравитационных буровых установок с опорным основанием из железобетона (платформы «Беркут», «Пильтун-Астохская-Б», «Лунская-А») или стальным опорным основанием (платформа «Приразломная»);
- создание свайных платформ для освоения месторождений Северного Каспия (платформы для месторождений им. Ю. Корчагина, им. В. Филановского и им. В.И. Грайфера);

ФАКТЫ

Для бурения

разведочных и эксплуатационных скважин на арктическом шельфе России применяются СПБУ, ППБУ и буровые суда, которые могут работать только в период «чистой» воды

- создание ППБУ с усиленным ледовым корпусом (платформы «Полярная Звезда» и «Северное сияние») для возможности бурения добычных скважин в «легких» ледовых условиях.

Таким образом, вопрос технических решений, проектирования и строительства именно мобильных технических средств для обеспечения бурения в ледовых условиях остается открытым и требует своего решения.

В целом выбор принципиальных типов объектов обустройства нефтегазовых шельфовых месторождений зависит от глубины моря, глубины залегания нефтегазоносных пластов и ледовых условий.

Комплексный анализ лицензионных участков (ЛУ) в Арктике и на Дальнем Востоке, включая нераспределенный лицензионный фонд, показал следующее распределение площадей и глубин [1]:

- 1) Площадь ЛУ Баренцева и Карского морей 673 тыс. км², исключая Печорское море и Обскую и Тазовскую губы, на ЛУ преобладают глубины более 60 м – 78%; Печорское море, Обская и Тазовская губы, наоборот, относительно мелководны, площадь ЛУ на глубинах до 60 м составляет 84%.
- 2) На шельфе морей Восточной Арктики площадь ЛУ составляет 776 тыс. км².

Глубины от 0 до 40 м – 23%,
от 40 до 60 м – 45%, от 60 м – 32%.

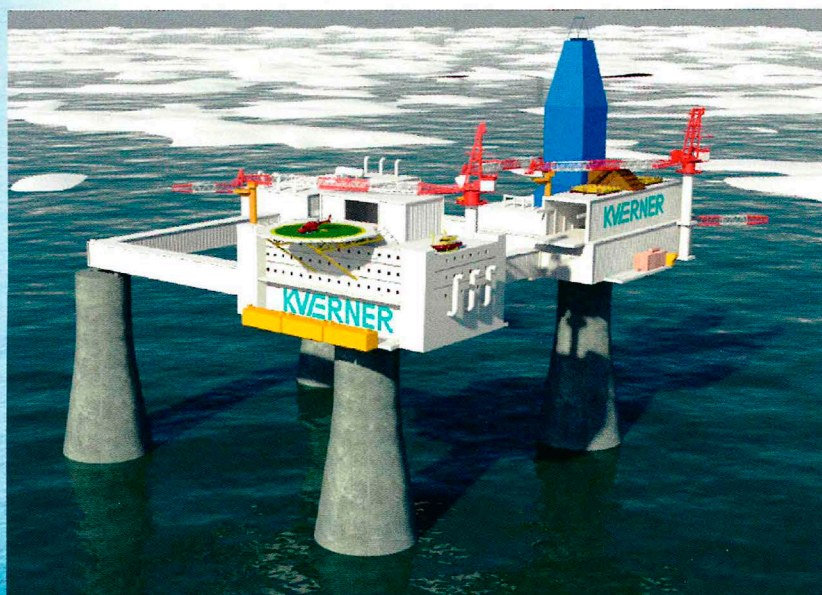
3) В пределах морей Дальнего Востока общая площадь ЛУ составляет 207 тыс. км², 84% из которых находятся на глубинах более 80 м.

Эффективность развития шельфа российского сектора Арктики в значительной мере зависит от возможности расширения диапазона глубин и сезона поисково-разведочного бурения в ледовых условиях [2]. Здесь следует отметить, что современные СПБУ, которые наиболее широко используются для разведочного бурения и позволяют охватить большой диапазон глубин, имеют ограничения по эксплуатации в ледовых условиях. Вопрос продления сезона бурения, в том числе за счет установки в точке эксплуатации до полного очищения акватории ото льда или снятия с нее в начале формирования ледового покрова для различных типов СПБУ может быть решен путем создания принципиально новых винтеризированных СПБУ и судна-носителя, способного доставлять их к месту установки и месту «отстоя» в ледовых условиях.

Первыми мобильными решениями для разведочного бурения в сложных климатических условиях были ледостойкие погружные буровые установки для шельфа Канады: SSDC, «Molikraq», «Glomar Beaufort sea I». Особенностью их применения является относительно небольшая рабочая глубина моря – до 20 м. Однако для диапазона глубин 40–60 м технические средства для разведочного бурения в сложных климатических условиях на сегодняшний день отсутствуют.

Норвежская компания Kvaerner разработала концепцию морской железобетонной передвижной буровой установки с многоколонным основанием для разведочного бурения в арктических условиях «Condriil» (рис. 1). По заявлению разработчика, платформа может обеспечивать круглогодичное

РИС. 1. Общий вид платформы «Condriil» фирмы Kvaerner



ФАКТЫ

Выбор

принципиальных типов объектов обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений шельфа зависит от глубины моря и ледовых условий

20_м

максимальная глубина моря, на которой могли быть установлены первые установки для разведочного бурения в сложных климатических условиях

«Condriil»

– передвижная установка с многоколонным основанием для разведочного бурения в арктических условиях круглый год на глубине 20–60 м

бурение и испытание скважин в районах арктического шельфа с глубинами 20–60 м.

Однако представленная концепция имеет ряд ограничений, связанных со значительной транспортной осадкой, затрудняющей буксировку в стесненных условиях и на мелководье, дефицитом остойчивости при погружении на предельные глубины. Отдельно следует отметить, что при установке на малых глубинах (20–30 м) палуба верхнего строения будет находиться на высоте порядка 55–65 м над уровнем моря. В таких условиях эвакуация персонала, особенно в ледовых условиях, будет крайне затруднена, а ветровые воздействия на такой высоте будут значительными, что негативно может сказаться на условиях обитаемости. Кроме того, определенные затруднения могут возникнуть и при организации доставки технологических и прочих запасов.

Тем не менее концепция использования гравитационных оснований для разведочного бурения в сложных климатических условиях заслуживает самого пристального внимания и, по всей видимости, наряду с расширением сезона бурения СПБУ, может стать одним из основных направлений развития технических средств освоения шельфа и обеспечения бурения в ледовых условиях на глубинах 20–60 м.

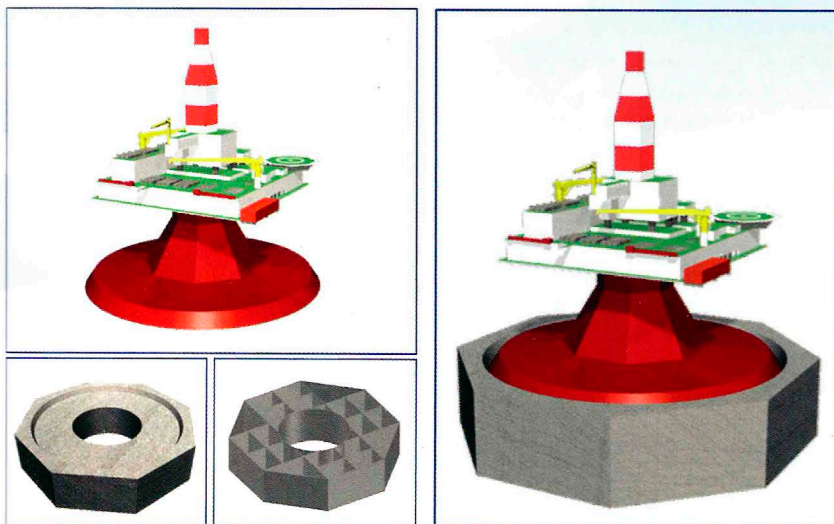
Для буровых установок гравитационного типа можно выделить следующие основные критичные вопросы и задачи проектирования:

- выбор формы корпуса опорного основания;
- обеспечение устойчивости на грунте под воздействием внешних нагрузок;
- обеспечение остойчивости при погружении и всплытии;
- контролируемый отрыв от грунта;
- способы транспортировки буровой установки (постановка, снятие, перемещение между точками постановки).

Таким образом, на выбор формы и габаритных размеров корпуса влияет ряд противоречащих друг другу факторов, и поиск оптимального решения является достаточно сложной задачей.



РИС. 2. Вариант комбинированной буровой установки



стальной платформы и, с учетом значительной площади опирания на морское дно, обеспечивает достаточно равномерную передачу горизонтальных и вертикальных усилий от воздействия внешних нагрузок на грунтовое основание.

Внутреннее пространство железобетонного основания разбито на простые прямостенные отсеки, предназначенные для приема жидкого балласта.

Стальная буровая платформа является самостоятельной частью комплекса и обеспечивается всем необходимым для функционирования на заданный период автономности.

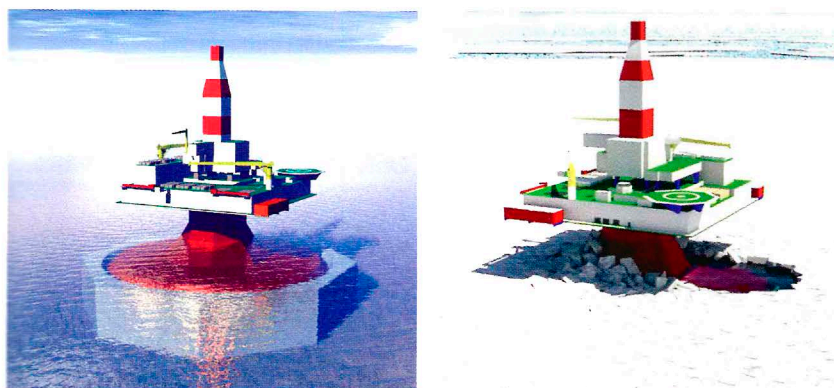
Стальная буровая платформа также обладает собственной плавучестью, а установка в эксплуатационное положение осуществляется за счет приема жидкого балласта. Погружение и всплытие осуществляется с созданием наклона (дифферента) на одну из оконечностей. Стальная буровая установка может выполнять разведочное бурение на глубинах до 20–30 м.

Железобетонное и стальное основания имеют простую осесимметричную форму, что значительно упрощает процесс балластировки, так как параметры устойчивости имеют одинаковую величину при наклонах в любом направлении.

Преимуществом концепции разделения сооружения на составные части является то, что железобетонное опорное основание, непосредственно взаимодействующее с грунтовым основанием, имеет минимальный набор систем, необходимых для погружения и всплытия, и простую форму. Для такого сооружения не будет ограничений по углу дифферента в процессе погружения или всплытия, что делает эти операции более контролируемыми.

Для концепции комбинированной буровой установки выполнен комплекс расчетов, подтверждающих ее жизнеспособность. Оценка плавучести и устойчивости при транспортировке, а также возможности позиционирования, балластировки и погружения на дно была выполнена при помощи

РИС. 3. Вариант комбинированной буровой установки при эксплуатации в безледовый и ледовый периоды



Одним из вариантов решения поставленной задачи является погружная комбинированная буровая установка гравитационного типа для круглогодичного разведочного бурения в условиях Арктики. Установка включает в себя кольцевое ледостойкое железобетонное опорное основание, позволяющее расширить диапазон эксплуатационных глубин, и установленное на нем верхнее строение в виде ледостойкой стальной буровой платформы, имеющей коническую наклонную поверхность в районе переменной ватерлинии для восприятия ледовых нагрузок (рис. 2 и 3).

В основе предлагаемой концепции лежит идея разделения сооружения на составные части с возможностью их независимой транспортировки и установки на точке эксплуатации.

Железобетонное опорное основание обладает собственной плавучестью для возможности транспортировки, а после погружения и балластировки обеспечивает надежный контакт с грунтом и создание необходимых гравитационных сил, обеспечивающих устойчивость сооружения при воздействии внешних нагрузок. В процессе разведочного бурения основание служит опорой для

ФАКТЫ

Патент
ЦКБ
«Коралл»

на погружную комбинированную установку получен в 2020 г.

РИС. 4. Блок-схема выбора архитектурно-конструктивного типа сооружения и сценарии его взаимодействия с ледовыми образованиями

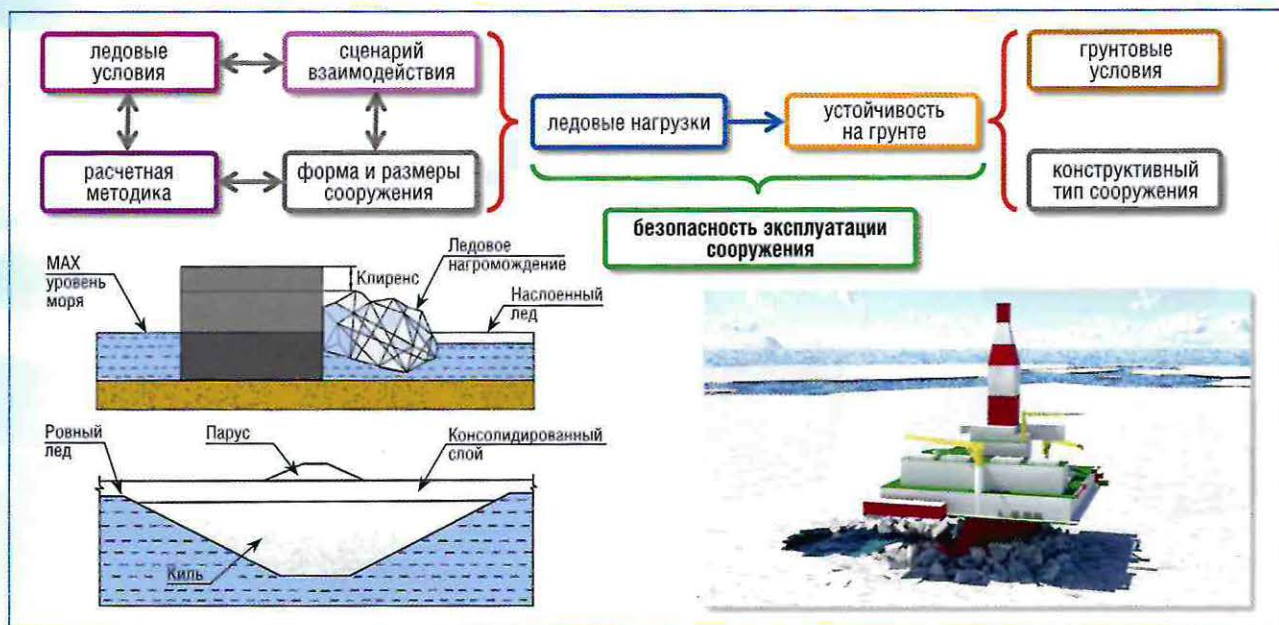


РИС. 5. Расчетные конечно-элементные модели для оценок устойчивости

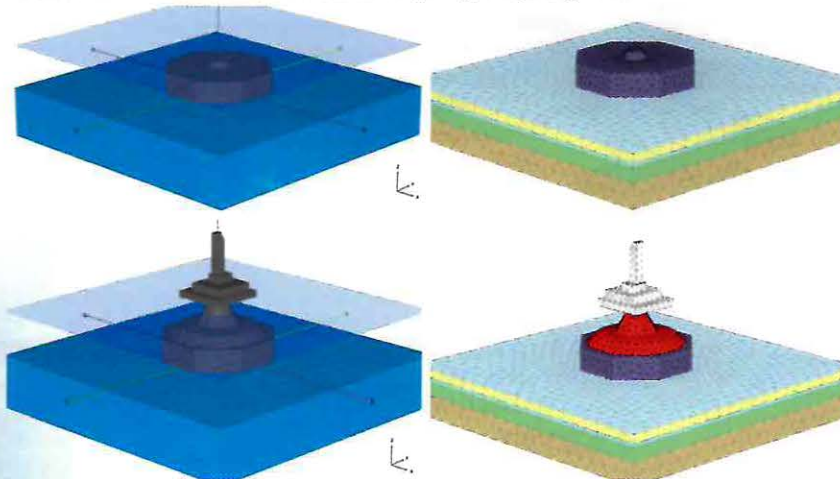
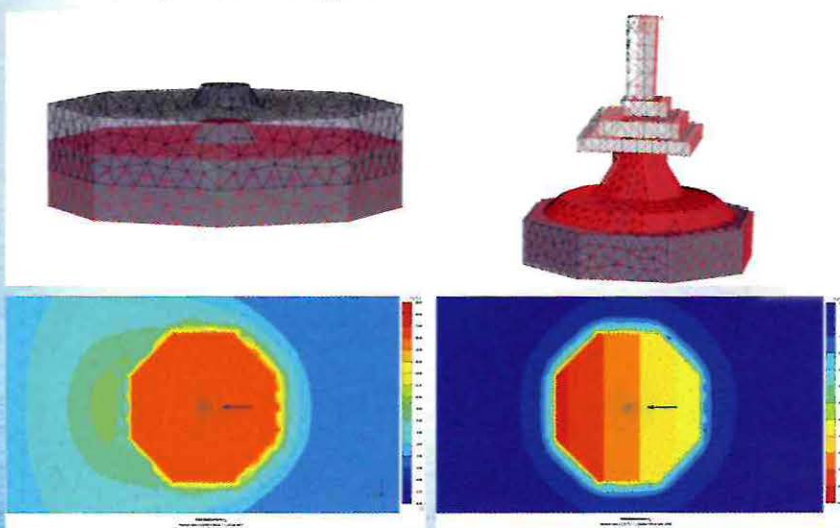


РИС. 6. Оценка устойчивости на грунте



математического моделирования. Кроме того, была выполнена проверка устойчивости на грунте при воздействии внешних нагрузок. Оптимальная форма с точки зрения восприятия ледовых нагрузок была выбрана на основании серии предварительных расчетов.

Особое внимание было уделено оценке ледовых нагрузок, величина которых значительно зависит от формы сооружения и сценария взаимодействия. Для оценок ледовых нагрузок рассмотрены два основных сценария взаимодействия: ровный наслоенный лед и торосы (рис. 4).

На основе полученных данных о величине ледовых нагрузок и данных об инженерно-геологических условиях в Арктическом регионе были выполнены расчеты устойчивости на грунте. Расчеты выполнены с учетом реальной последовательности установки сооружений на грунт (рис. 5).

Выполненные оценки позволили понять уровень напряженно-деформированного состояния грунтового основания и перемещений комбинированной буровой установки при эксплуатации в безледовый и ледовый периоды (рис. 6).

Отдельным блоком задач являются морские операции по установке и совмещению железобетонного опорного основания и стальной буровой платформы.



РИС. 7. Морские операции по установке железобетонного опорного основания

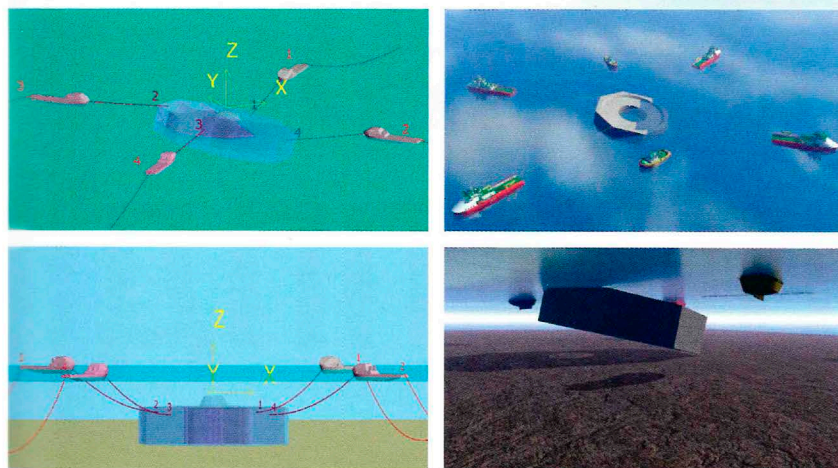


РИС. 8. Морские операции по установке стальной буровой платформы

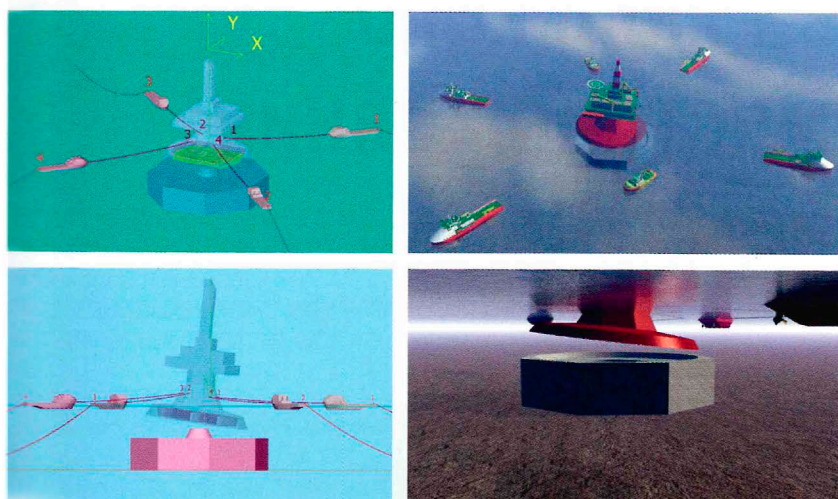
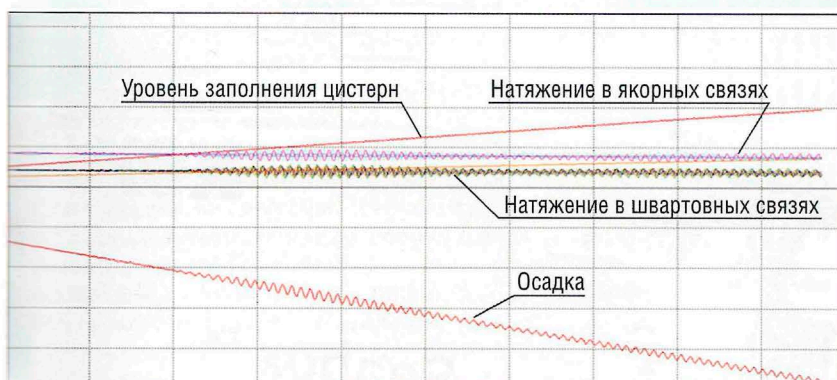


РИС. 9. Графики погружения



Морская операция по установке железобетонного опорного основания и стальной буровой платформы производится в два этапа, первый из которых включает в себя постановку на дно железобетонного опорного основания (рис. 7), и второй этап – это установка непосредственно стальной буровой платформы (рис. 8).

Для обоих этапов предусматривается одинаковый подход, заключающийся в реформировании буксирного ордера в районе постановки на грунт на удерживающий ордер, грубое позиционирование,

балластировку до момента нахождения сооружения за 1–2 м до касания грунта железобетонной подставкой или буровой установкой подставки, а далее точное позиционирование и окончательная балластировка для обеспечения необходимой прижимной нагрузки.

Выполненные расчетные оценки позволили получить данные о траектории погружения и колебаниях сооружений, необходимом количестве балласта, принимаемого при погружении, времени балластных операций, а также уровне натяжений в швартовых и буксирных связях при воздействии заданных погодных условий (рис. 9).

На основании выполненных проработок и анализа применимости рассматриваемой комбинированной буровой установки для круглогодичного разведочного бурения в условиях Арктики, можно отметить следующее:

- концепция позволяет выполнять разведочное бурение на глубинах до 60 м за счет применения железобетонного опорного основания;
- принятые архитектурно-конструктивные решения позволяют осуществлять транспортировку и постановку, а также снятие с точки бурения, что особенно актуально при проведении поисково-разведочных работ.

На конструкцию комбинированной буровой установки для освоения континентального шельфа в арктических условиях АО «ЦКБ «Коралл» в 2020 г. получен патент на изобретение [3]. ●

Литература

1. Аналитические материалы ЦКТР ТЭК ФГБУ «РЭА» Минэнерго России.
2. Мусабинова А.А. Разработка и исследование применимости новой конструкции ледостойких платформ на мелководном арктическом шельфе: дисс. канд. техн. наук. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013. – 119 с.
3. Патент № 2 745 457 Российская Федерация, МПК E02B 17/00 (2006.01). Морское гравитационное сооружение для арктических условий: № 2020127130: заявл. 12.02.2020; опубликовано 25.03.2021 / Амосова Н.В., Благовидова И.Л., Кобылин А.Е., Ленский В.Ф., Пьянов А.В.; патентообладатель АО «ЦКБ «Коралл». – 13 с.: ил.

KEYWORDS: drilling rig, geological exploration, offshore field, ice conditions, exploratory drilling.