

Гидротехника

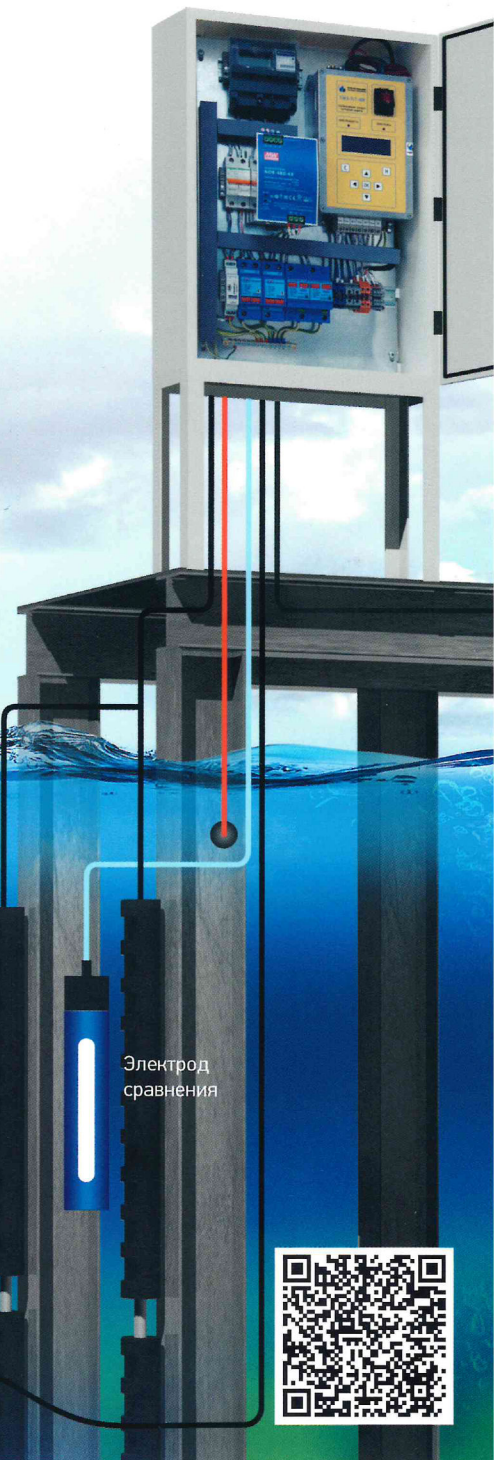
наука и технологии

ЦИФРОВИЗАЦИЯ
ГТС

ГЕОКОМПОЗИТНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

№1, 2022
март — май

СИСТЕМА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ
ПОДВОДНЫХ И ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ **СТР. 78**



Конструкция СКПМ-ТСТ
с MMO анодами АЗ-ТСТ

Электрод
сравнения

Конструкция СКП-ТСТ
с MMO анодами АЗ-ТСТ



Спонсор номера



**ТРУБОПРОВОДНЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

www.pipe-st.ru

www.prim9001.ru



Каталог материалов PRIM
по этому QR-коду

ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

ЗАЧЕМ НУЖНО ПРИМЕНЯТЬ АНТИКОРРОЗИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ PRIM?

Гидротехнические сооружения и конструкции подвергаются длительному или периодическому агрессивному воздействию морской, пресной и технической воды, абразивных веществ и промышленной атмосферы.

При правильном выборе защитных покрытий вы повысите надежность и длительность безремонтной эксплуатации гидротехнических сооружений и оборудования. Для этих целей мы предлагаем толстослойные антикоррозионные материалы PRIM.

Покрытия с их использованием отличаются высоким сроком службы и стойкостью к постоянному воздействию морской и пресной воды.

Более 12 лет материалы PRIM успешно применяются для защиты объектов различных отраслей промышленности. Компания ООО "Защитные Покрытия" предоставляет комплекс услуг, который включает подбор систем покрытий, оборудования, технический сервис и инспекторский контроль проведения АКЗ работ.



Решение любых
декоративных задач.
Колеровка по каталогу RAL



Качественный
российский продукт.
ISO 9001



Материалы PRIM
включены в РД ГМ-02-18



Более 300 объектов
гидротехнических
сооружений под защитой
материалов PRIM



Нанесение покрытий
толщиной более
500 мкм за 1 слой



Защита металла
и бетона от коррозии
более 25 лет

 **PRIM**
защита от коррозии

☎ 8 (800) 600-45-54

✉ info@prim9001.ru

📷 prim9001_official

СОДЕРЖАНИЕ

ГТС ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Гуткин Ю. М. О резервах несущей способности экранированных больверков.....	2
Макаров К. Н., Омельченко Ю. Б. Моделирование заносимости подходного канала и акватории порта Тамань.....	6
Канал имени Москвы ждет масштабная реконструкция	17

МОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ ГТС

Ковалев М. В., Амосова Н. В., Благовидов Л. Б., Тертышников А. С., Благовидова И. Л., Крамарь В. А. Особенности проектирования самоподъемной буровой установки для разведочного бурения в Арктической зоне РФ и Дальнего Востока	20
Звягин П. Н. Экспериментально измеренные нагрузки на поверхности модели цилиндрической опоры ледостойкого сооружения	27

ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ДНОУГЛУБЛЕНИЕ

Саетов А. Р., Тукан К. Н. Большие проблемы малой гидромеханизации.....	32
Целищев Д. С. Новая технология очистки дна и подводной разработки грунта в труднодоступных местах.....	36
Вострецов Г. Н., Левченко А. М., Паршин С. Г., Новожилов А. В., Лабкович Л. Г., Степанов Э. А. Развитие технологий подводной сварки для обеспечения качества подводно-технических работ и безопасности водолазов	38

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Российская гидроэнергетика в условиях глобальных вызовов и мировых трендов. Интервью О. Г. Лушников.....	45
Рыкунов И. В., Никулин А. Д., Цвелев Р. В. АО «ТЯЖМАШ»: большая работа для малых ГЭС Ставрополя.....	50
Георгиевская Е. В. О тенденциях и перспективах цифровизации на гидротехнических сооружениях и гидроэнергетических объектах	54

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Пассек В. В. Возможности использования вечномёрзлых грунтов для строительства в условиях глобального потепления	59
Косиченко Ю. М., Баев О. А., Яковлев В. А. Об эффективности применения бентонитовых геокомпозитов на объектах водохозяйственного комплекса	65
Тлявлиня Г. В., Тлявлин Р. М., Горгуца Р. Ю., Крекнин Д. В. Гексабиты в гидротехническом строительстве	70
Бочаров В. А. Защита металлоконструкций от коррозии методом цинкирования	74
Материалы PRIM — долговечная защита от коррозии.....	76

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ

УДК 622.242.42

DOI: 10.55326/22278400_2022_1_66_20

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ САМОПОДЪЕМНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКАКовалев М. В.¹, Амосова Н. В.², Благовидов Л. Б.³, Тертышникова А. С.⁴,
Благовидова И. Л.⁵, ✉, Крамарь В. А.⁶^{1, 2, 3, 4, 5} АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь, Россия, ✉ blagovidova@yandex.ru⁶ Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия, vakramar@sevsu.ru

Аннотация. Представлен концептуальный проект морской самоподъемной буровой установки (СПБУ) повышенной ледостойкости для выполнения разведочного и эксплуатационного бурения нефтяных и газовых скважин номинальной длиной по стволу не менее 10000 м. Обоснован архитектурно-конструктивный тип СПБУ для работы в арктических условиях. Рассматриваются факторы, влияющие на применение СПБУ в ледовых условиях: защита райзера и опорных колонн, способы транспортировки на точку, ограждающие защитные сооружения для СПБУ без ледового усиления, возможности зимнего отстоя. Показаны решения, позволяющие обеспечить работу СПБУ в ограниченных ледовых условиях.

Ключевые слова: морское нефтегазодобывающее сооружение, ледовые нагрузки, ледостойкость морской буровой установки

Для цитирования: Ковалев М. В., Амосова Н. В., Благовидов Л. Б., Тертышникова А. С., Благовидова И. Л., Крамарь В. А. Особенности проектирования самоподъемной буровой установки для разведочного бурения в Арктической зоне РФ и Дальнего Востока // Гидротехника. 2022. № 1. С. 20–26.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ARTICLE

DESIGN AND ENGINEERING OF A JACK-UP DRILLING RIG FOR EXPLORATION DRILLING
IN THE RUSSIAN ARCTIC AND THE FAR EAST REGIONSM. Kovalev¹, N. Amosova², L. Blagovidov³, A. Tertyshnikova⁴,
I. Blagovidova⁵, ✉, V. Kramar⁶^{1, 2, 3, 4, 5} Korall CDB, Sevastopol, Russia, ✉ blagovidova@yandex.ru⁶ Sevastopol State University, Sevastopol, Russia, vakramar@sevsu.ru

Abstract. The article presents the concept design of an ice resistance offshore jack-up drilling rig for development drilling of oil and gas wells with a nominal length of at least 10,000 m along the well bore. The team of engineers substantiated the architectural and structural type of jack-up rig for operation in the Arctic severe conditions, considered the factors that influence the use of the jack-up rig in ice conditions: protection of the riser and columns, methods of the rig deployment at the site, enclosing protective structures for the jack-up rig without ice reinforcement, and the possibility of the rig's lay-up for winter season. The authors show solutions to ensure the operation of jack-up rigs in limited ice conditions.

Keywords: offshore oil and gas production facility, ice impact, ice resistance of an offshore drilling rig

For citation: M. Kovalev, N. Amosova, L. Blagovidov, A. Tertyshnikova, I. Blagovidova, V. Kramar. Design and engineering of a jack-up drilling rig for exploration drilling in the Russian Arctic and the Far East regions // Hydrotechnika. 2022. № 1. Pp. 20–26.

Введение

В настоящее время нет реализованных проектов самоподъемных буровых установок (СПБУ), предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях. Создание концепции СПБУ для ледовых условий, безусловно, является в настоящее время актуальной задачей. Отечественные и зарубежные компании разрабатывают патенты и концептуальные решения, описывающие возможные конструкции СПБУ, способные воспринимать ледовые нагрузки. Однако действующего, эксплуатирующегося даже в легких ледовых условиях сооружения на данный момент не существует, тем более не идет речи о возможности круглогодичного применения СПБУ.

На основании анализа существующих установок можно отметить, что развитие СПБУ движется в основном в сторону увеличения глубины моря, нежели в сторону увеличения восприимчивости к более суровым внешним условиям. Тем не менее, учитывая условия Арктических морей [1], проработка возможности расширения сезона буровых работ СПБУ требует пристального внимания.

Факторы применения СПБУ в ледовых условиях

При проектировании СПБУ для эксплуатации в условиях ледовых воздействий особое внимание следует уделить следующим вопросам:

- защита райзера;
- защита опорных колонн;

- способы транспортировки СПБУ на точку бурения, ограничения по буксировке и постановке на судно-транспортировщик;

- ограждающие защитные сооружения для СПБУ без ледового усиления;
- возможности зимнего отстоя.

Защита райзера

При работах на арктическом шельфе в зимний период, вне зависимости от привлекаемых технических средств, обязательно должна быть предусмотрена система управления ледовой обстановкой (УЛО, ice management), призванная снизить частоту и уровень глобальных и локальных ледовых нагрузок. В общем случае система УЛО включает в себя обнаружение льда, наблюдение, прогнозирование, оценку опасности, действие ледоколов, очистку акватории ото льда, буксировку айсбергов. Однако система УЛО не позволяет полностью исключить контакт сооружения с ледовыми образованиями, поэтому все конструкции в районе переменной ватерлинии должны быть рассчитаны на восприятие ледовых нагрузок.

Пассивная защита райзеров СПБУ может осуществляться следующим образом:

- созданием специальных конструкций вокруг райзера, которые препятствуют или ограничивают опасное воздействие ледовых образований;
- созданием непосредственно ледостойкого райзера с соответствующим запасом прочности, способного противостоят ледовым нагрузкам.

На рис. 1 показаны различные виды пассивной защиты райзера:

1. Ферменная конструкция, разработанная фирмой Kerrel, обеспечивает защиту при воздействии ровного льда толщиной до 1,0 м. Конструкция закрепляется на корпусе после подъема понтона в рабочее положение с помощью собственного крана либо судном снабжения.

2. Колонна с шарнирным креплением, разработанная АО «ЦКБ «Коралл», обеспечивает защиту при воздействии ровного льда толщиной до 1,0 м. Шарнирное крепление на корме СПБУ позволяет поднимать колонну в положение по-ходному. Перевод в рабочее и походное положение выполняется кормовым краном СПБУ при помощи оттяжек и системы канифас-блоков.

3. Размещение райзера внутри составной опоры СПБУ. Решение разработано АО «ЦКБ МТ «Рубин». Носовая опора СПБУ состоит из двух отдельных, отнесенных друг от друга частей, завершающихся на едином основании [2]. При этом вся составная носовая опора имеет единую ледовую защиту. Буровая вышка располагается внутри носовой опоры.

В настоящее время отсутствуют реализованные на практике проектные решения по защите райзера от ледовых воздействий, все предлагаемые концепции являются исключительно теоретическими проработками и требуют дополнительных исследований.

Создание райзерных труб, способных воспринимать ледовое воздействие, рассматривается реже, поскольку такой подход несет в себе ряд технически трудноразрешимых задач,



Рис. 1
Варианты организации пассивной защиты райзера от ледовых воздействий

основные из которых: необходимость увеличения подъемной массы на крюке буровой установки и необходимость доработки бурового стола путем увеличения отверстия под райзер. Как первая, так и вторая проблемы оказывают столь значительное влияние на архитектурно-конструктивный тип буровой установки, что делают почти невозможным создание ледостойкого райзера на практике.

Защита опорных колонн

Пассивная защита колонн включает в себя (поэлементно либо в комплексе):

а) ледостойкие колонны с соответствующим запасом прочности, способные противостоять ледовым нагрузкам;

б) специальные противоледовые защитные конструкции (ледорезы) вокруг колонны;

в) использование материалов с пониженным коэффициентом трения лед — сталь (плакированных сталей).

В ледовых условиях более перспективными являются сплошные опорные колонны цилиндрической формы. В отличие от опор ферменной конструкции, сплошные опоры в меньшей степени подвержены обмерзанию и могут выдерживать значительную локальную ледовую нагрузку. Существует целый ряд концептуальных проектов СПБУ (как отечественных, так и зарубежных) с цилиндрическими опорами, спроектированных для эксплуатации в различных ледовых условиях.

Ледостойкость СПБУ может быть увеличена за счет установки на колон-

нах специальных защитных устройств (ледорезов), которые изменяют характер взаимодействия льда с конструкцией (разрушение льда дроблением сменяется на разрушение изгибом), что способствует снижению ледовых нагрузок.

Наиболее часто рассматриваются противоледовые защитные устройства, монтируемые на опорных колоннах в зонах воздействия льда. Само устройство обычно представляет собой стальную разделенную внутри на отсеки оболочку круговой или многогранной формы в плане и с наклонными (в том числе коническими) боковыми поверхностями для разрушения льда. В отсеки может подаваться горячий агент (воздух, пар, вода и пр.).

При этом разработанные конструкции ледорезов можно принципиально разделить на два основных вида:

- ледорезы, стационарно закрепляемые на уровне ледовой ватерлинии и обеспечивающие снижение ледовой нагрузки за счет изменения характера взаимодействия льда с опорами;

- ледорезы, перемещаемые вдоль опоры в рабочем положении (в некоторых вариантах с возможностью вращения) и обеспечивающие активное разрушение льда. Для перемещения ледорезов по вертикали могут применяться тросовая подвеска к лебедкам, гидроприводное устройство, балластировка и продувка отсеков.

В предложенной специалистами АО «ЦКБ МТ «Рубин» концепции СПБУ ледовая защита опорных колонн обеспечивается с помощью специальных «поясов», представляющих собой металлоконструкции из обшивки и на-

бора (рис. 1). По высоте ледозащитные пояса устанавливаются всегда на уровне предполагаемых ледовых воздействий в районе переменной ватерлинии.

Следует отметить, что все рассмотренные методы защиты опорных колонн СПБУ также являются концептуальными теоретическими разработками и требуют углубленного анализа их практической реализуемости и эффективности.

Способы транспортировки СПБУ на точку бурения, ограничения по буксировке и постановке на судно-транспортировщик

Сезон бурения может быть расширен за счет транспортировки СПБУ в ледовый период — установка доставляется на точку эксплуатации до полного очищения акватории ото льда или снимается с точки в начале формирования ледового покрова. При таком подходе весь период чистой воды отводится под строительство скважины. Операции по транспортировке и установке/снятию с точки занимают, как правило, 2–4 недели, в зависимости от условий участка.

При необходимости транспортировки и перемещения между точками бурения СПБУ в ледовый период требуется флот ледоусиленных буксиров с ледокольным эскортом. Скорость буксировки во льдах, как правило, не превышает 1–2 узла.

Следует отметить, что буксировка в ледовых условиях такого крупногабаритного объекта, как буровая установка, является сложной задачей. В настоящее время один из немногих тактических приемов, который может гарантировать относительно безопасную и эффективную проводку крупного объекта в ледовых условиях, — это использование двух ледоколов. Вариант организации буксировки СПБУ показан на рис. 2.

При прокладке широкого канала во льдах ледоколы двигаются уступом для снижения суммарных энергетических затрат. При такой организации каравана второй ледокол осуществляет скол и сдвигку относительно больших фрагментов ледяного покрова в образованный первым ледоколом канал.

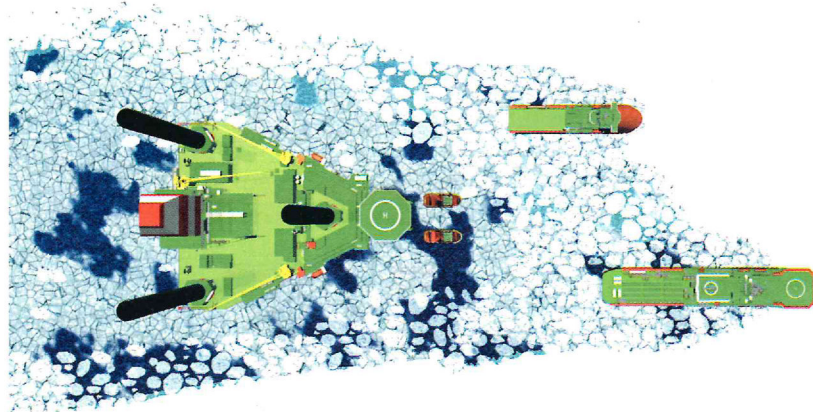


Рис. 2
Вариант организации буксировки СПБУ в ледовых условиях

Далее обломки крупнобитого льда будут разрушаться буксирами, и корпус СПБУ будет испытывать воздействие мелкобитого льда.

Сухая транспортировка на судне в ледовых условиях на данный момент не может быть осуществлена ввиду отсутствия судов-транспортировщиков ледового класса.

Суммируя вышеизложенное, можно отметить, что для организации надежной и безопасной транспортировки крупногабаритных объектов в ледовых условиях необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- анализ ледокольного и буксирного флота с точки зрения возможности обеспечения проводки СПБУ в условиях ровного однолетнего льда, при необходимости — проектирование и постройка специальных судов;
- создание судов-транспортировщиков высокой грузоподъемности, имеющих ледовый класс.

Ограждающие защитные сооружения для СПБУ без ледового усиления

Ограждающие конструкции для морских буровых установок без ледового усиления можно условно разделить на два подвида: потенциально проницаемые для льда и непроницаемые.

Первые преимущественно представлены ледовыми баржами и искусственными островами месторождения «Кашаган» в казахстанском секторе Северного Каспия. Вторые — не вышли из стадии концептуального проектирования и представляют собой различные конфигурации понтонов и блок-кондукторов с возможностью полной изоляции защищаемого объекта от ледовых воздействий.

В целом любые потенциально проницаемые для льда барьеры, помимо низкой эффективности, отличает высокая материалоемкость и высокая трудоемкость их установки. Помимо этого, защищаемый объект должен обладать определенной ледостойкостью для обеспечения его безаварийной работы в пространстве за барьером, в условиях битого льда или ледовых нагромождений. Таким образом, опираясь на опыт освоения месторожде-

ния «Кашаган», можно сделать вывод, что рассмотрение системы с частичным экранированием от ледовых воздействий бесперспективно.

Разработкой концепций непроницаемых для льда защитных сооружений занимались различные зарубежные и отечественные компании. Обобщая их опыт, можно отметить следующее:

- все варианты защитных сооружений предназначены для малых глубин установки (до 20–25 м);
- железобетонные сооружения имеют значительные массогабаритные характеристики, что отражается на стоимости их строительства и сложности транспортировки;
- учитывая значительную площадь опирания, постановка железобетонных сооружений требует предварительной подготовки грунта, а при отрыве от грунта будут наблюдаться эффекты присоса;
- устойчивость металлических защитных сооружений может быть обеспечена только при наличии свайного крепления, что негативно влияет на стоимость и трудоемкость работ по постановке и снятию с точки объекта.

Возможности зимнего отстоя

Круглогодичная эксплуатация СПБУ на замерзающих акваториях практически невозможна как с точки зрения обеспечения устойчивости СПБУ под воздействием экстремальных ледовых нагрузок, так и с точки зрения обеспечения работоспособности оборудования при экстремально низких температурах. Таким образом, при организации работ СПБУ в условиях Арктики должен быть тщательно рассмотрен вопрос обеспечения зимнего отстоя СПБУ, который может быть организован в порту или на защищенной акватории.

Следует отметить, что для сохранения работоспособности определенного оборудования СПБУ требуется поддержание в помещениях и пространствах определенных микроклиматических параметров (например, жидкокристаллические панели в распределительных устройствах и пускорегулирующей аппаратуре электро-

приводов, как правило, не рассчитаны на температуру ниже минус 20 °С). В отдельных случаях может производиться демонтаж некоторого оборудования, однако такое решение не всегда реализуемо и оптимально.

Возможность обеспечения требуемых температурных условий в помещениях и пространствах зависит от наличия энергетических ресурсов, доступных в конкретных условиях реализации зимнего отстоя, а также от уровня винтеризации СПБУ:

1) Отстой в порту:

- Для СПБУ, оборудование энергоустановки (ЭУ) и вспомогательных систем которых рассчитано на работу при экстремально низких температурах, требуемые климатические условия в помещениях и пространствах СПБУ обеспечиваются штатными устройствами и системами, получающими питание с берега. Практически все СПБУ штатно оснащаются щитами питания с берега, на которые установка принимает напряжение от берегового источника.

- Для СПБУ, оборудование которых не обладает необходимой степенью винтеризации, есть возможность обеспечить обогрев помещений и пространств за счет дополнительно установленного электрического нагревательного оборудования, получающего питание от берегового источника электроэнергии. Проект подготовки к зимнему отстоя в таком случае включает расчет требуемых затрат тепловой энергии по помещениям и пространствам и выбор соответствующего оборудования.

2) Отстой в защищенной необорудованной акватории. В таком случае обогрев помещений и пространств возможен только за счет собственных энергетических ресурсов. При этом внешние условия, при которых может быть обеспечен зимний отстой, ограничены рабочим диапазоном температур ЭУ и вспомогательных систем СПБУ. Необходимость поддержания заданных минимальных температур возможна при полноценной работе всего комплекса ЭУ и основных вспомогательных систем.

При этом необходимо провести определенные мероприятия по под-

готовке к отстою для минимизации последствий вредного воздействия низких температур — например, консервацию оборудования, удаление рабочих сред из выведенных из эксплуатации систем и др.

Перспективный архитектурно-конструктивный тип СПБУ для работы в арктических условиях

Основными вопросами, определяющими архитектурно-конструктивный тип установки при работе в замерзающих акваториях, являются:

- защита опорных колонн;
- защита райзера;
- возможность зимнего отстоя (степень винтеризации).

С точки зрения защиты опорных колонн от ледовых воздействий наиболее перспективным является вариант сплошных цилиндрических опор. СПБУ с цилиндрическими опорами были построены — это реализованное техническое решение, пусть и требующее некоторой доработки с точки зрения восприятия ледовых нагрузок (выбор материала и толщин). Важно отметить, что сплошные цилиндрические опоры предпочтительнее сплошных квадратных за счет меньших величин глобальных нагрузок (как ледовых, так и волновых) при прочих равных условиях.

Применение защитных средств любой конфигурации (ледовые пояса, ледорезы) на ферменных опорах имеет ряд существенных недостатков:

- ни одно из предлагаемых теоретических решений не было реализовано на практике или хотя бы подтверждено серьезными модельными испытаниями;
- ледовая защита сама по себе является сложным узлом, а необходимость

ее закрепления на опоре усложняет конструкцию опоры;

- есть высокая вероятность заклинивания ледореза на опоре в процессе эксплуатации или в корпусе СПБУ при передислокации, что может привести к серьезным аварийным ситуациям;
- ниши под ледовую защиту, которые должны быть предусмотрены в корпусе СПБУ, уменьшают полезные объемы понтона, необходимые для размещения запасов или балластировки, соответственно, требуется увеличение габаритных размеров понтона, что, в свою очередь, усложняет конструкцию опорно-подъемного устройства;
- обледенение ледорезов и их креплений снизит эффект от их применения, а также вызовет дополнительные локальные нагрузки на опоры, оценить которые будет достаточно проблематично;
- при колебаниях уровня моря ледорезы теряют свою эффективность.

Принципиальным отличием рассмотренных выше методов защиты райзера является способ крепления этой защиты на корпусе СПБУ. С этой точки зрения преимущество имеет конструкция, не требующая привлечения дополнительных средств для ее транспортировки и установки (шарнирно закрепляемая на корме СПБУ).

Как показывают оценочные расчеты, применение сплошных опор позволяет расширить буровой сезон и обеспечить устойчивость СПБУ при воздействии льда определенной толщины. Тем не менее круглогодичная эксплуатация СПБУ в замерзающих акваториях невозможна. Также следует отметить, что при продлении сроков бурения до ледового периода возникнут существенные затрудне-

ния с передислокацией СПБУ. Ввиду отсутствия судов-транспортировщиков ледового класса уход СПБУ с точки может быть осуществлен только с помощью буксиров, при этом наличие льда на акватории потребует привлечения ледоколов (в зависимости от ледовых условий — одного или нескольких), а также усиления буксирного ордера за счет увеличения количества ТБС или их мощности.

На рис. 3 показаны решения, позволяющие обеспечить работу самоподъемных плавучих буровых установок в ограниченных ледовых условиях.

Концептуальный проект СПБУ повышенной ледостойкости

Специалистами ЦКБ «Коралл» в 2018 г. разработан проект СПБУ повышенной ледостойкости для выполнения разведочного и эксплуатационного бурения нефтяных и газовых скважин номинальной длиной по стволу не менее 10000 м.

Установка представляет собой несамоходную трехопорную СПБУ с цилиндрическими опорами и корпусом треугольной в плане формы. Буровая вышка размещена на кантилевере (выдвижной консоли) в кормовой части установки (рис. 4).

Основные характеристики СПБУ:

- рабочий диапазон глубин — от 10 до 80 м;
- размеры понтона (L×B×H) — 93,6×95,2×12,0 м;
- минимальные температуры: эксплуатация — минус 45 °С, отстой — минус 50 °С;
- масса — около 22 430 т.

Корпус СПБУ имеет ледовые усиления, соответствующие классу РС Arc6, т. е. буксировка установки может осуществляться в однолетнем льду толщиной до 1,2 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,5 м в летне-осеннюю навигацию. При этом конструкция корпуса оптимизирована с учетом ограничений подъемного веса, накладываемых конструкцией опорно-подъемного устройства.

Защита райзера от воздействия плавучих льдов осуществляется с помощью специальной конструкции, шарнирно закрепленной на корпусе СПБУ.

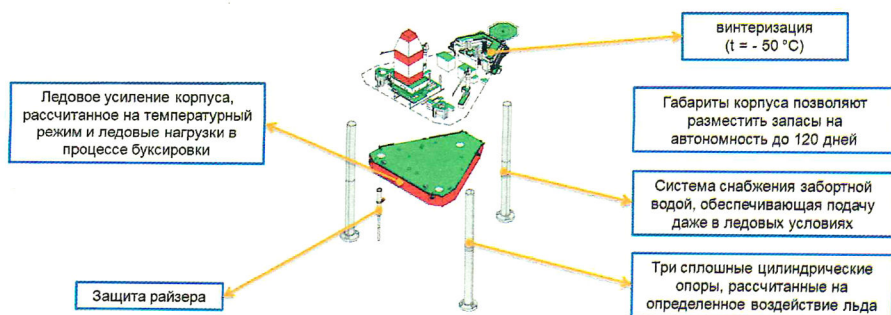


Рис. 3
Решения, позволяющие обеспечить работу СПБУ в ограниченных ледовых условиях

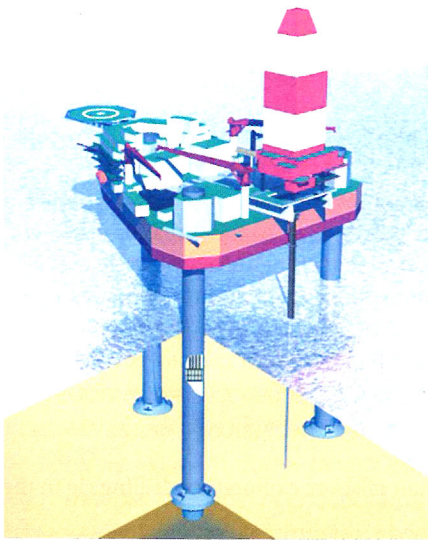


Рис. 4
Ледостойкая СПБУ проекта ЦКБ «Коралл»

На основании анализа перспективности проекта СПБУ с точки зрения возможности продления бурового сезона можно отметить следующее:

Применение в проекте ледостойких опор, специальной конструкции для защиты райзера и корпуса с ледовыми усилениями (Arc6) позволит расширить буровой сезон и обеспечить безопасную работу при наличии определенных ледовых условий:

- глубина моря 30 м — толщина ровного льда до 1,0 м;
- глубина моря 60 м — толщина ровного льда до 0,8 м;
- глубина моря 80 м — толщина ровного льда до 0,6 м, битый лед толщиной не более 1,2 м.

Проектом предусмотрена винтеризация установки на условия расчетной температуры до минус 50 °С.

В проекте предусматривается эксплуатация СПБУ с системой управления ледовой обстановкой (УЛО).

Наличие системы УЛО не обеспечивает круглогодичную эксплуатацию, поэтому при ухудшении ледовой обстановки платформа должна быть снята с точки бурения и передислоцирована в порт-убежище.

Учитывая отсутствие прямых указаний о методах определения глобальной ледовой нагрузки на СПБУ в нормативной документации, а также отсутствие результатов испытаний такого типа платформ, для более достоверной оценки сценария взаи-

модействия льда с трехколонной конструкцией и определения величины глобальной ледовой нагрузки требуется проведение модельных испытаний в ледовом опытовом бассейне.

Компоновочные решения установки позволяют разместить необходимое количество запасов для бурения одной разведочной или эксплуатационной скважины — следовательно, не требуется организация дополнительного снабжения технологическими запасами при бурении разведочной скважины, а при бурении эксплуатационных скважин доставка снабжения осуществляется в зависимости от числа разбуриваемых скважин. Следует отметить, что постановка на точку эксплуатации платформы осуществляется без запасов, необходимые запасы на платформу загружаются после окончания процесса установки на грунт.

Конструкция кантилевера предполагает возможность двух рабочих положений — с минимальным вылетом при бурении через ледовую защиту райзера и с максимальным вылетом при бурении через блок-кондуктор.

Конструкция опор позволяет осуществлять снабжение потребителей забортной водой в рабочем положении СПБУ вне зависимости от погодных условий (волнение, наличие льда на акватории) — за счет размещения насосов для подачи забортной воды внутри опор.

Выбор способа транспортировки определяется экономической целесообразностью, с учетом технических характеристик СПБУ, техническими и экономическими характеристиками судов-транспортировщиков, текущими гидрометеороусловиями района транспортировки.

При выборе транспортировки СПБУ с помощью доковых судов-транспортировщиков необходимо учитывать ряд обстоятельств:

- технические характеристики доковых судов-перевозчиков, особенно осадку при проходе через проливы и каналы (Северный морской путь 11 м);
- наличие ограниченного количества судов-перевозчиков и их занятость;

- высокую арендную стоимость судов-перевозчиков;
- морскую практику.

Заключение

В среднем на подготовку месторождения и эксплуатации на шельфе Арктики и Дальнего Востока тратится от 9 до 12 лет [1]. Строительство СПБУ возможно осуществить на действующих верфях РФ в течение 3,5–4 лет, проектирование займет 1,5–2 года.

Трехопорная ледостойкая СПБУ, предназначенная для глубин моря 10–80 м, обеспечивает операционный сезон от 21 недели в сложных ледовых условиях восточной Арктики до 40 недель в акваториях сезонно замерзающих морей западной Арктики и Дальнего Востока. Предельные ледовые нагрузки на глубине 30 м соответствуют ровному ледовому полю толщиной до 1 м и сформированным из него торошенным полям, при глубине 60 м — до 0,8 м, при глубине 80 м — до 0,6 м, соответственно.

Для наиболее эффективного расширения сезона морского бурения должна быть обеспечена круглогодичная транспортировка СПБУ в покрытых льдом акваториях. Для этих целей потребуются особая организация каравана ледокольной проводки (два ледокола и буксиры).

Перспективным решением будет также применение транспортного судна ледового класса Arc7 (heavy lift vessel), которое может использоваться как самостоятельное решение, применимое для транспортировки по Севморпути любых крупногабаритных грузов и буровых платформ других типов. Дальнейшие предпроектные работы предполагают уточнение технологического облика и проработку процедур погрузки и разгрузки в ледовых условиях.

Предварительная оценочная стоимость строительства ледостойкой СПБУ составляет от 400 до 500 млн долл. США, для эффективной работы СПБУ в ограниченной ледовой обстановке целесообразно создать полупогружное ледостойкое транспортное судно грузоподъемностью от 50 000 тыс. т.

Список источников

1. Амосова Н. В., Благовидова И. Л., Тертышникова А. С., Иванова Н. С. Анализ исходных данных для проектирования морской буровой установки для разведочно-поискового бурения на Арктическом шельфе // Гидротехника. 2021. № 4. С. 70–72.
2. http://ckb-rubin.ru/proekty/morskie_sooruzhenija_dlja_osvoenija_shelfa/ledostoikaja_samopodemnaja_burovaja_ustanovka/.
3. Исчерпывающий перечень документов, сведений, материалов, согласований, предусмотренных нормативными правовыми актами РФ и необходимых для выполнения предусмотренных частями 3–7 статьи 5.2 Градостроительного кодекса РФ мероприятий при реализации проекта по строительству объекта капитального строительства.
4. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ: НД № 2-020201-015 / РС. — СПб., 2018.
5. ГОСТ Р 58212-2018 Нефтяная и газовая промышленность. Арктические операции. Производственно-технологическая зона верхнего строения морской платформы.

References

1. N. Amosova, I. Blagovidova, A. Tertyshnikova, N. Ivanova. Analysis of initial data for an offshore exploratory drilling rig in the Arctic // The Hydrotechnika. 4 (65). 2021. Pp. 70-72.
2. http://ckb-rubin.ru/proekty/morskie_sooruzhenija_dlja_osvoenija_shelfa/ledostoikaja_samopodemnaja_burovaja_ustanovka/.
3. A complete package of documents, information, documentary materials, approvals and permits provided for by the laws and regulations of the Russian Federation necessary for the implementation of the measures provided for in Parts 3-7, Article 5.2 of the Urban Development Code of the Russian Federation when executing a project of capital construction facility.
4. Rules and Regulations for the Classification, Construction and Outfitting of Floating Drilling Rigs and Offshore Fixed Platforms: ND No. 2-020201-015 / RS - St. Petersburg, 2018.
5. GOST R 58212-2018 "Oil and gas industry. Operations in the Arctic. Operating process zone of the upper structure of the offshore platform".

Информация об авторах

Ковалев М. В. — заместитель генерального директора по проектированию, АО «ЦКБ «Коралл»

Амосова Н. В. — главный инженер проектов, АО «ЦКБ «Коралл»

Благовидов Л. Б. — к. т. н., ведущий конструктор, АО «ЦКБ Коралл». Author ID (SCOPUS): 6506598739

Тертышникова А. С. — начальник сектора АО «ЦКБ «Коралл»

Благовидова И. Л. — зам. начальника общепроектного отдела, АО «ЦКБ «Коралл», доцент Севастопольского государственного университета. ORCID: 0000-0003-2340-9821. Author ID (SCOPUS): 55356037600

Крамарь В. А. — д. т. н., профессор, Севастопольский государственный университет. ORCID: 0000-0002-0528-1978. Author ID (РИНЦ): 757861. Author ID (SCOPUS): 36925266700. Researcher ID (Web of Science): S-4698-2018

Information about the authors

M. Kovalev — Deputy General Director for Design, Korall Central Design

N. Amosova — Chief Project Engineer, Korall CDB

L. Blagovidov — Ph.D in Engineering, Lead designer, Korall CDB. Author ID (SCOPUS): 6506598739

A. Tertyshnikova — Head of Sector, Korall CDB

I. Blagovidova — Deputy Head of the General Design Department, Korall CDB, Associate Professor, Sevastopol State University. ORCID: 0000-0003-2340-9821. Author ID (SCOPUS): 55356037600

V. Kramar — D.Eng.Sc, Professor, Sevastopol State University. ORCID: 0000-0002-0528-1978. Author ID (RINC): 757861. Author ID (SCOPUS): 36925266700. Researcher ID (Web of Science): S-4698-2018

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 6.02.2022; одобрена после рецензирования 2.03.2022; принята к публикации 2.03.2022.

Article info

The article was submitted 6.02.2022; approved after reviewing 2.03.2022; accepted for publication 2.03.2022.