

Гидротехника

наука и технологии

ОБОРУДОВАНИЕ
ГЭС

ПРОГРАММНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ГЭС

№ 1, 2023
март — май



Стр. 66



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ
И МОНИТОРИНГ
на СУШЕ и под ВОДОЙ

www.pipe-st.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ

УДК 622.242.42

DOI: 10.55326/22278400_2023_1_24

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ШТОКМАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Виктор Федорович Ленский¹, Максим Васильевич Ковалев²,

Ирина Львовна Благовидова³ ✉

^{1, 2, 3} АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь, Россия, blagovidova@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен опыт создания технических средств для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море. Представлены результаты разработки основных технических решений АО «ЦКБ «Коралл» по концептуальным проектам для разведочного и эксплуатационного бурения, обозначены направления и перспективные концепции для освоения газовых месторождений.

Ключевые слова: плавучая производственная система, поворотный стыковочный комплекс, водометный движитель, производство СПГ

Для цитирования: Ленский В. Ф., Ковалев М. В., Благовидова И. Л. Проектирование технических средств для Штокмановского месторождения // Гидротехника. 2023. № 1. С. 24–28.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ARTICLE

ENGINEERING OF TECHNICAL FACILITIES FOR THE SHTOKMAN FIELD

Viktor F. Lensky¹, Maxim V. Kovalev², I. L. Blagovidova³ ✉

^{1, 2, 3} CDB «Corall» JSC, Sevastopol, Russia, blagovidova@yandex.ru

Abstract. The article considers the experience of creating technical means for the development of the Shtokman gas condensate field in the Barents Sea; presents the results of the development of the main technical solutions of the Coral CDB JSC on conceptual designs for exploration and production drilling; indicates directions and promising concepts for the development of gas fields.

Keywords: floating production system, rotary docking facility, water-jet propulsion, LNG production

For citation: Lensky V. F., Kovalev M. V., Blagovidova I. L. Engineering of technical facilities for the Shtokman field // Hydrotechnika. 2023. № 1. Pp. 24–28.

Исторический аспект

В начале 1990-х гг. становится актуальным вопрос освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ), для чего были разработаны более ста научно-технических проектов с участием нескольких десятков ведущих отечественных и зарубежных научных, конструкторских, проектных и производственных нефтегазовых компаний. Следует отметить, что процесс выбора технических средств и технологий для осво-

ения этого месторождения в разные годы отражал изменения в мировых трендах, характерных для каждого из рассматриваемых временных этапов. Так, например, в начале разработки проекта освоение планировалось с помощью железобетонных гравитационных платформ (аналог технических решений для месторождения Troll в Норвежском море). Затем фокус сместился в сторону применения платформ типа SPAR, с учетом успешного опыта использования платформ

такого типа в Мексиканском заливе. Позднее началось рассмотрение возможности применения подводных добычных комплексов, причем как в сочетании с платформами, так и вариант полностью подводной добычи. Далее для освоения ШГКМ предполагалось использование FPU и FPSO.

После предварительных проработок вариант с плавучей производственной системой был признан наиболее экономичным решением. Поэтому по заказу ПАО «Газпром»

Основные технические характеристики спроектированного судна
 Главные размерения: длина габаритная — 236,0 м; ширина габаритная — 57,5 м; ширина по КВЛ — 37,0 м; высота борта — 20,3 м; осадка по КВЛ — 11,0 м. Водоизмещение: по-

Кроме турели судно добычи включат жилой комплекс, помещения энергетической установки, помещения оборудования претурбуэной подтовки газа, стабилизации конденсата, производства и регенерации метанола, притопления и подачи химводов, а также оборудование компримирования газа и дутья скважин.

Помимо концевой понтона в турели ното в верхней части турели. Поворотного коллатора, размещенного в верхней части турели.

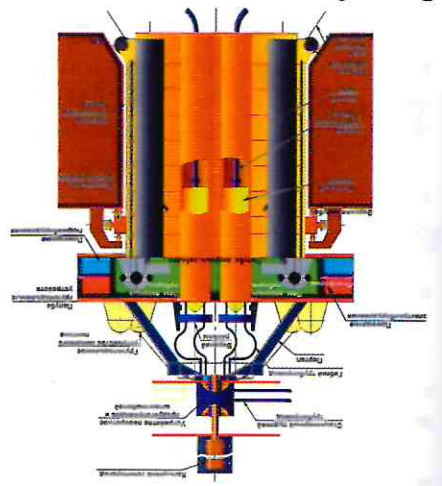
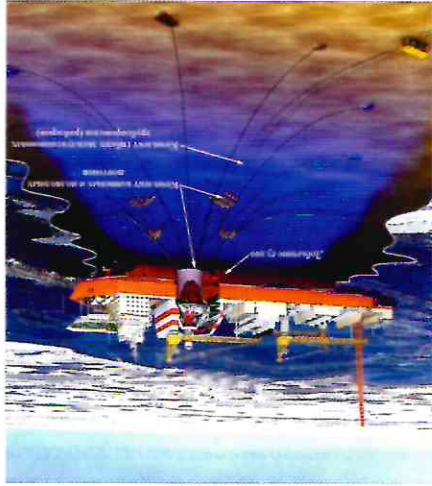
Наружные и внутренние системы судна объединены с использованием гидравлического и электрического оборудования.

Для разрушения льда по бортам в корпусе судна предусматривались восемь водометных устройств общей мощностью 6400 кВт (рис. 3). Их использование полностью предотвращает скопление у корпуса ледовых образований, которые могут препятствовать повороту судна.

В качестве бортовых средств борьбы с крупными ледовыми образованиями было применено оборудование бортов с турельными установками, позволяющими осуществлять поворот судна на 180°.

Современное решение по расдействию ледового поля. Грузок при увеличении толщин льда значительно снижается ледовых насовой части судна, могут обеспечить суда типа Aziprod, установленные в носовых танкерах. Два движительных устройства до этого на ряде ледокольных технических решение, успешно вне-

Общий вид плавучей эксплуатационной системы и поворотного стьюкового комплекса



Для разрушения льда по бортам в корпусе судна предусматривались восемь водометных устройств общей мощностью 6400 кВт (рис. 3). Их использование полностью предотвращает скопление у корпуса ледовых образований, которые могут препятствовать повороту судна.

В качестве бортовых средств борьбы с крупными ледовыми образованиями было применено оборудование бортов с турельными установками, позволяющими осуществлять поворот судна на 180°.



информации, имеющейся в открытых источниках. При этом надо было учитывать, что ледовые условия на Штокмановском месторождении предъявляли более строгие требования к ледостойкости судна, поэтому были необходимы новые решения по защите от ледового воздействия.

Работа над эскизным проектом заключалась не только в создании плавучего объекта (судна), но и в разработке технологической схемы эксплуатации комплекса по портировке; по проектированию воротного стьюкового комплекса, системы подвески гибких эксплуатационных стоек (разверов), связывающих плавучее судно с донными объектами месторождения (рис. 2). В то время все эти вопросы российской промышленности приходилось решать впервые, основываясь только на опыте проектирования подобных объектов.

Проектирование судна

Рисунки 1 и 2

В 1994 г. ПКБ «Корали» выполнило разработку технического предложения, а в 1996–1999 гг. разработано эскизный проект судна «Добыча» (проект 16720, рис. 1).

Рисунки 1 и 2



Рисунок 3
Комплекс средств борьбы со льдом

рожем, т—44250; с полными судовыми и технологическими запасами, т—64900. Якорное устройство позиционирования: якорные лебедки, шт.—12; якорные цепи (1800 м каждая, калибром 100 мм), шт.—12. Автономность: по провизии и пресной воде, сут.—30; по топливу и технологическим запасам, сут.—120. Судовые запасы, т—4695, технологические запасы, т—2050. Количество жилых мест—210.

Главные размерения, конструкция корпуса и расположение оборудования судна были выбраны таким образом, чтобы его можно было построить на ПО «Севмаш» с применением традиционных методов судостроения. Предполагалось, что на заводе будет произведен полный объем испытаний всех узлов и механизмов, и судно уйдет на точку эксплуатации в практически готовом для работы виде.

Испытания судна

Большую помощь при проектировании судна оказали специалисты

ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова (в настоящее время Крыловский государственный научный центр), в ледовом бассейне которого были проведены испытания для подтверждения эффективности принятых решений. Одним из проблематичных вопросов является обеспечение поворота судна при изменениях направления дрейфа льда. Для подтверждения этой способности в ледовом бассейне центра были выполнены экспериментальные исследования модели турельного судна.

Якорное позиционирование судна, оборудованного турелью, может быть активным и пассивным. При активном позиционировании судна в ледовых условиях оно поворачивается вокруг турели с помощью установленных активных средств управления, например двигательных устройств типа Azipod или Aquamaster, а также различных типов подруливающих устройств. Режим активного позиционирования может быть выбран для выполнения некоторых технологических операций, необходимость в ко-

торых может возникнуть в различных условиях, включая самую суровую ледовую обстановку. Так, перед проведением предварительных модельных испытаний этот способ позиционирования был отработан посредством специально разработанной математической модели поворота судов на участках сплошного льда.

Анализ результатов расчета позволил разработать рекомендации по выбору обводов судна, оборудованного турелью, с учетом взаимодействия корпуса со льдом. Было показано, что ожидаемый уровень ледовых нагрузок позволяет выбрать упрощенные обводы, допускающие снижение затрат на строительство. Поэтому было решено выполнить предварительную экспериментальную проработку, применяя модель судна именно с такой формой корпуса.

Режим пассивного позиционирования судна представляет наибольший интерес, поскольку он является основным эксплуатационным режимом. При разработке концепции применения турельного судна для разработки ШГКМ априори предполагалось, что судно, находящееся в ледовых условиях, будет флюгировать в основном направлении дрейфа льда в случае изменения ледовых условий. Однако это допущение не имело никакого экспериментального подтверждения, т. к. на тот момент суда, оборудованные турелью, не эксплуатировались в ледовых условиях. Это обстоятельство определило объем и характер предварительного экспериментального исследования поведения модели судна, оборудованного турелью.

В качестве ледовых условий было выбрано наиболее характерное ледовое образование: дрейфующее сплошное поле битого льда. Исследования были проведены для изучения влияния скорости дрейфа, расположения турели по длине носовой оконечности и толщины ледового покрова на разворот судна.

Результаты испытаний показали, что увеличение скорости дрейфа не оказывает значительного влияния на взаимодействие такого судна с дрейфующим льдом. Оно приводит только к повышению скорости вращения мо-

Многотетный опыт ЦКБ «Корапи» по созданию различных типов технических средств, а также нарабатываемая база в виде проектных, конструкторских, технических и рабочих актов позволяют создавать проект судна «Добыча», предназначенного для эксплуатации в арктических условиях. При этом ряд конструктивных решений, обеспечивающих работу судна во льду, практически полностью совпадает с решениями, разработанными для судна «Добыча».

Эскизный проект судна «Добыча» рассматривается на различных этапах: от определения их выделенными организациями и экспертно-оценочными организациями. Результаты проектных исследований и экспериментальных работ выполняются в соответствии с требованиями ЦКБ «Корапи» с привлечением Крыловского научно-исследовательского центра, который, что проект судна является перспективным, технически и технологически реализуемым и имеет хорошие перспективы на разработку не только ШПКМ, но и других месторождений с глубиной от 100 до 400 м.

С учетом того, что в настоящее время в прессе появилась информация о том, что ЦАО «Газпром» планирует вернуться к ШПКМ в 2029 г. разработанный проект турбинного оборудования для создания в настоящее время может послужить хорошим прототипом для создания в настоящее время.

Также важно отметить, что к началу времени разработки судна «Добыча» уже не только спроектированы, но и построены суда типа FPSO для эксплуатации в ледовых условиях (например, для месторождения Тетра Nova, Канада). При этом ряд конструктивных решений, обеспечивающих работу судна во льду, практически полностью совпадает с решениями, разработанными для судна «Добыча».

В продолжение темы освоения ШПКМ можно отметить выполнение опытно-конструкторскую работу «ОКР по изучению возможности производства сжиженного природного газа на базе FPSO «Добыча» и транспортировки его газозавозами на рынок потребления». Был разработан вариант оборудования с размещением на FPSO завода по сжижению газа хранения СПГ, а также вариант использования СПГ в танкамах для хранения СПГ объемом 130 тыс. млн 85 тыс. м³.

Кроме того, для ШПКМ ЦКБ «Корапи» совместно с ЦКБ МТ «Рубин» разработали проект морской промежуточной вертолетной платформы полупогружного типа (рис. 5). Для данной платформы «Корапи» проектировал опорное основание МВП, предназначенная для взлета и посадки вертолетов, базирования и размещения вертолетов в ангаре и проведения необходимых технических обслуживания, временного проживания, обеспечения питания и обогрева экипажей на платформе.

В продолжение темы освоения ШПКМ можно отметить выполнение опытно-конструкторскую работу «ОКР по изучению возможности производства сжиженного природного газа на базе FPSO «Добыча» и транспортировки его газозавозами на рынок потребления». Был разработан вариант оборудования с размещением на FPSO завода по сжижению газа хранения СПГ, а также вариант использования СПГ в танкамах для хранения СПГ объемом 130 тыс. млн 85 тыс. м³.

Результаты, полученные в процессе исследований, позволяют сделать вывод о том, что создание различных типов технических средств, а также нарабатываемая база в виде проектных, конструкторских, технических и рабочих актов позволяют создавать проект судна «Добыча», предназначенного для эксплуатации в арктических условиях.

Также важно отметить, что к началу времени разработки судна «Добыча» уже не только спроектированы, но и построены суда типа FPSO для эксплуатации в ледовых условиях (например, для месторождения Тетра Nova, Канада). При этом ряд конструктивных решений, обеспечивающих работу судна во льду, практически полностью совпадает с решениями, разработанными для судна «Добыча».

Закончен

Варианты освоения ШПКМ

Рисунок 5
Общий вид МВП



более интересным было изучение влияния ударного воздействия на корпус. Дели, что объясняется более высоким значением силового ударного воздействия на корпус.

Более интересным было изучение влияния расположения турели по линии носовой оконечности. Испытания производились для трех положений оси вращения (в носу, в середине носовой оконечности и на миделе). Результаты экспериментов показывают, что, при прочих равных условиях, перемещение оси вращения носового привода к более быстрому повороту судна. То есть с переносом турели ближе к носовой оконечности судно становится более чувствительным к внешним воздействиям, и разворот начинается при меньшем изменении направления дрейфа. Эксперимент показал, что для выбранной формы корпуса внезапный поворот судна под воздействием дрейфующего льда не возможен, если турель установлена в миделе. Зависимость скорости поворота от положения оси поворота по длине судна нелинейная — ввиду сложного характера изменений в распределении гидродинамических и ледовых нагрузок.

Исследования показали, что изменение толшины льда оказывает влияние только на скорость разворота судна.

Рисунок 4
Варианты освоения ШПКМ



них условиях обновленного проекта судна с учетом всех требований по принятому сценарию разработки месторождения. При этом необходимо дополнительно более глубоко проработать вопросы по защите райзера от плавучих льдов; системе удержания на точке; ограничению флюгирования; системе аварийного отсоединения

и повторного присоединения к системе удержания.

За последнее двадцатилетие по проектам АО «ЦКБ «Коралл» построено 10 ледостойких платформ, одна платформа находится в стадии строительства. Также сформирована обширная база данных на основании разработки концептуальных

проектов для освоения арктического шельфа. Приобретенный опыт при проектировании и строительстве различных типов платформ дает уверенность в возможности успешной реализации технических средств, необходимых для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения. §

Список источников

1. Potapov V. M., Blagovidov L. B., Minin V. V., Beliashov V. A. Floating Production Storage and Offloading System for Shtokmanovskoye Gas / Condensate Field // Proc 4th Int Conf «Development of Russian Arctic Offshore» (RAO), 1999. St. Petersburg. Part II, pp. 417–421.
2. «Газпром» ожидает ввод в разработку Штокмановского месторождения в 2029 году. URL: <https://www.finam.ru/analysis/newsitem/gazprom-ozhidaet-vvod-v-razrabotku-shtokmanovskogo-mestorozhd>.
3. Мирзоев Ф. Д., Архипова О. Л. Штокмановское ГМКМ. Технико-технологические предложения по освоению месторождения силами отечественных научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, промышленно-производственных заводов оборонной промышленности и машиностроения // Neftegaz. 2022. № 9. С. 74–80.
4. Blagovidov L., Blagovidova I., Kovalyov M., Kolchenko L. Ice-resistant turret-based mobile drilling unit with the wedge-shaped hull approximating ship form (wedge-shaped ship) // Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE, 2013, Nantes, France. OMAE2013–10721.
5. Kovalyov M., Blagovidova I., Kolchenko L., Dobrodeyev A., Sazonov K., Klementyeva N. Model testing of turret-based drill ship in ice conditions // Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE, 2013, Nantes, France. DETC2013–10632.

References

1. Potapov V. M., Blagovidov L. B., Minin V. V., Beliashov V. A. Floating Production Storage and Offloading System for Shtokmanovskoye Gas / Condensate Field // Proc 4th Int Conf «Development of Russian Arctic Offshore» (RAO), 1999. St. Petersburg. Part II, pp. 417–421.
2. Gazprom expects the development of the Shtokman field in 2029. URL: <https://www.finam.ru/analysis/newsitem/gazprom-ozhidaet-vvod-v-razrabotku-shtokmanovskogo-mestorozhd>.
3. F. D. Mirzoev, O. L. Arkhipova. Shtokmanovskoye GCF. Technical and technological proposals for the development of the field by domestic research and design institutes, industrial and production plants of the defense industry and mechanical engineering // Neftegaz. 2022. № 9. Pp. 74–80.
4. Blagovidov L., Blagovidova I., Kovalyov M., Kolchenko L. Ice-resistant turret-based mobile drilling unit with the wedge-shaped hull approximating ship form (wedge-shaped ship) // Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE, 2013, Nantes, France. OMAE2013–10721.
5. Kovalyov M., Blagovidova I., Kolchenko L., Dobrodeyev A., Sazonov K., Klementyeva N. Model testing of turret-based drill ship in ice conditions // Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE, 2013, Nantes, France. DETC2013–10632.

Информация об авторах

Виктор Федорович Ленский — главный конструктор, АО «ЦКБ «Коралл»

Максим Васильевич Ковалев — временно исполняющий обязанности генерального директора, АО «ЦКБ «Коралл»

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

Information about the authors

Viktor F. Lensky — Chief Designer, CDB «Corall» JSC
Maksim V. Kovalev — Interim General Director, CDB «Corall» JSC

Irina L. Blagovidova — Deputy Head of the General Design Department, CDB «Corall» JSC, Associate Professor, Sevastopol State University. ORCID: 0000–0003–2340–9821. Author ID (SCOPUS): 55356037600

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; одобрена после рецензирования 17.02.2023; принята к публикации 24.02.2023.

Article info

The article was submitted 10.02.2023; approved after reviewing 17.02.2023; accepted for publication 24.02.2023.