

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЛЕДОСТОЙКИХ ШЕЛЬФОВЫХ ПЛАТФОРМ ОТ ЛЕДОВОЙ АБРАЗИИ

Косырев Андрей Владиславович

Дальневосточный федеральный университет, РФ, г. Владивосток

Беккер Александр Тевьевич

научный руководитель,

Введение

Российский арктический регион вместе с морской экономической зоной и континентальным шельфом, прилегающими к его побережью, превышает 30% территории Российской Федерации. Этот регион занимает исключительно важное место в обеспечении ведущих отраслей промышленности страны разнообразными видами ресурсов. Перспективы дальнейшего резкого повышения роли Арктики для дальнейшего экономического развития и обеспечения безопасности России в новых условиях современного мира обуславливают исключительную актуальность существенного развития арктических исследований.

Дальневосточные территории России также играют важную роль в экономике нашей страны.

Бурное развитие хозяйственной деятельности в прибрежных районах, освоение океанского шельфа и его минеральных ресурсов было характерным для последних десятилетий прошлого века. Можно ожидать сохранения этой тенденции и в будущем, причем помимо рыболовства и рыбоперерабатывающей промышленности, а также морского транспорта, все большее значение в мировой экономике приобретает развитие индустрии по добыче углеводородного сырья на морских месторождениях.

Формирование ресурсной базы углеводородов и другого стратегического сырья в пределах континентального шельфа и в прибрежной зоне российской Арктики и Дальнего Востока на долгосрочную перспективу предполагает разработку новых технологий добычи углеводородных ресурсов, учитывающих усложнение их извлечения и переработки, а также работу в сложных природно-климатических условиях, особенно на шельфе. Многие из открытых месторождений и неразбуренных структур арктического и дальневосточного шельфа находятся в крайне сложных ледовых условиях.

Ледовая обстановка в дальневосточных и арктических морях, представляет большую опасность для гидротехнических сооружений занимающиеся добычей углеводородов. Механические воздействия льда на ГТС сооружение может привести к повреждению отдельных элементов сооружения, которые могут вывести сооружение из строя на долгий срок, что недопустимо с экономических соображений. Поэтому в мире создаются различные методы для защиты гидротехнических сооружений от воздействия льда.

Методы защиты ледостойких шельфовых платформ от ледовой абразии

На современном уровне развития науки и техники для снижения уровня действия ледовых нагрузок или для их предотвращения используются следующие методы защиты, которые можно разделить на две основные категории: активные и пассивные.

Активные методы защиты ледостойких платформ от ледовых нагрузок

К активным методам защиты относятся оперативные мероприятия, предпринимаемые в целях уменьшения частоты и силы действия ледовой нагрузки путем прямого воздействия на особо опасные ледовые образования, это может быть:

изменение траектории движения льда при помощи буксировки;

разрушение ледяных полей взрывным путем или другими способами.

Для усиления эффективности данного метода необходима разработка и внедрение надежной системы мониторинга в акватории опасных ледовых образований, при столкновении которых с сооружением могут произойти недопустимые разрушения, а также системы быстрого оповещения и реагирования со стороны служб, ответственных за противоледовые мероприятия.

Пассивные методы защиты ледостойких платформ от ледовых нагрузок

К пассивным методам защиты платформ относятся:

строительство защитных барьеров, искусственных островов и ледовых барьеров на подходе к сооружению. В этом случае защитный барьер воспринимает основную ледовую нагрузку, а дрейфующий лед при взаимодействии с барьером разрушается на изгиб;

конструктивные решения в зоне контакта льда с сооружением, способные уменьшить ледовую нагрузку.

В качестве защитных барьеров могут применяться различного рода конструкции из стали, бетона, каменной насыпи или искусственного ледового нагромождения. Местоположение и форма защитных барьеров должны определяться путем численного или физического моделирования на основании исходных данных о ледовых условиях акватории.

ледовый мониторинг (наблюдение за ледовым режимом и процессом взаимодействия ледяного покрова с сооружением).

смягчение последствий вторжения льда (проектирование инфраструктуры островов; строительство буровых установок кессонного типа с достаточным надводным бортом; строительство бетонных сооружений гравитационного типа; проектирование откосов и граней буровых островов);

В качестве направленных на уменьшение величины ледового воздействия конструктивных решений в зоне контакта льда с сооружением можно выделить следующие:

уменьшение площади контакта льда с сооружением путем выбора оптимального количества опор и сужения опоры в зоне потенциального ледового воздействия;

выбор наиболее оптимальной формы опоры с передней гранью в виде трех-, четырехугольника, многогранника или полуциркульного очертания;

применение опор, имеющих конический профиль на уровне потенциальных ледовых воздействий, вызывающих у ледяных полей процесс разрушения на изгиб;

использование материалов с небольшим коэффициентом трения со льдом;

применение материалов с низким уровнем адгезии со льдом для предотвращения возможности смерзания ледового поля с опорой сооружения.

использование специальных защитных поясов из нержавеющей стали.

Применимость того или иного метода, направленного на снижение ледовых нагрузок, должна быть подтверждена путем численного, физического моделирования либо путем натурных испытаний.

Применяемые на практике методы защиты платформ от ледовых нагрузок

Способ защиты ГТС от ледовых нагрузок с помощью волновых дефлекторов на примере платформы «Приразломная». «Приразломная» сконструирована так, чтобы обеспечить максимальную безопасность нефтедобычи. Параметры внешней среды заложены с большим запасом — например, высота волны 10 м, которая по статистике бывает раз в 100 лет.

Специально разработанная нижняя часть платформы (кессон) способна успешно противостоять арктическому климату. Трехметровые бетонные стенки кессона покрыты четырёхсантиметровым слоем плакированной стали, устойчивой к коррозии и износу. Запас прочности нижней части платформы многократно превосходит реально существующие нагрузки.

Верхняя часть МЛСП защищена от воздействия льда и волн специальными ледовым и волновым дефлекторами, установленными по периметру платформы. Ледовый дефлектор — это стена высотой 16,4 м, наклонённая верхняя часть которой предотвращает переливание набегающих волн.[6] Ледовый дефлектор представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Ледовый дефлектор платформы «Приразломная»

Использование ледозащитного пояса на примере платформы Беркут. Данный способ защиты включает в себя использование металлического либо бетонного пояса на основании нефтяной платформы в зоне перепада уровня воды. Ледозащитный пояс защищает основание платформы от ледовых нагрузок и истирающих свойств льда. Примером использования ледозащитного пояса может служить ледостойкая нефтяная платформа «Беркут». Для реализации этого проекта была разработана новая методика защиты с использованием бетонного ледозащитного пояса, представленного на рисунке 2. Данная технология была применена впервые, обеспечив проекту качественно новую защиту от воздействия льда, а также позволив сократить издержки от производства металлических поясов.



Рисунок 2 . Бетонный ледозащитный пояс платформы «Беркут»

Применение легких бетонов для защиты плавучих шельфовых платформ от ледовых нагрузок. В зарубежной практике с 1995 г. стали отказываться от применения в конструктивном каркасе нефтяных платформ коррозионностойких, но тяжелых и дорогостоящих металлоконструкций, а так же отказались от применения армированного тяжелого бетона в связи с необходимостью снижения массы корпуса платформы для обеспечения требуемой его плавучести, и, главным образом, в связи с изложенными ниже недостаточными показателями долговечности тяжелого бетона в соответствующих условиях эксплуатации.

Началось строительство платформ из конструкционного легкого бетона, который хорошо себя показывает в суровых условиях северных морей. Примером платформы, выполненной из КЛБ, может служить нефтедобывающая платформа Heidun, представленная на рисунке 3, созданная для эксплуатации в суровых климатических условиях приливного моря. Она заякорена на глубине 300 м и успешно эксплуатируется в последние 10 лет в норвежском секторе Северного моря. Все элементы корпуса этой платформы выполнены из высокопрочного легкого бетона класса по прочности LC-60 марки по средней плотности D1950 при использовании в качестве активной минеральной добавки – порошкообразного silica fume (Микрокремнезем) в количестве 7-9% от расхода цемента.



Рисунок 3 . Нефтедобывающая платформа «Heidun»

На сегодняшний день подобные легкобетонные платформы в настоящее время строятся и успешно эксплуатируются кроме Северного моря (норвежский, датский и британский сектора) в приливных морях Японии, Южной Кореи, Шотландии и актуальны для строительства в морях Дальнего Востока и северных морях России.

Как показывают исследования, наиболее эффективно применять КЛБ именно в конструкциях морских нефтедобывающих платформ, эксплуатирующихся в суровых климатических условиях . При этом КЛБ имеют главное преимущество – это более высокая морозостойкость и стойкость к проникновению в него морской воды с ее солями, что практически исключает развитие в таком бетоне процессов внутренней коррозии и разрушения пескобетонной смеси, и такой бетон способен противостоять сильным ледовым нагрузкам. [3]

Методы защиты от ледовых нагрузок на примере платформ ПА - Б и Лунская - А . Железобетонные основания гравитационного типа для Пильтун-Астохского и Луньского месторождений изготовлены из предварительно напряженного железобетона нового поколения, имеющего физико-механические и прочие характеристики, соответствующие условиям эксплуатации в особо суровых природно-климатических условиях. Особенностью конструкций является ледозащитный стальной пояс с эпоксидной прослойкой в зоне переменного уровня, который принимает на себя ледовую нагрузку и защищает железобетонные основания от повреждений. На рисунке 4 представлена Пильтун-Астохская-Б нефтедобывающая платформа.



Рисунок 4 . Нефтедобывающая платформа «Пильтун-Астохская-Б»

Применение специальной формы гравитационного основания для защиты от айсбергов на примере норвежской платформы Hibernia. Шельфовая платформа Hibernia имеет опорную часть гравитационного типа с заостренными частями по кругу, которые прорезают наплывающий на платформу лед и айсберги . Платформа рассчитана на навал айсберга массой 1 млн т (иными словами, навал такого айсберга не должен вызывать даже повреждений конструкции), а при воздействии айсберга массой 6 млн т сооружение может получить не критические повреждения с возможной остановкой добычи, но без ущерба жизни и здоровью персонала, а также экологии. Опорная часть платформы Hibernia представлена на рисунке 5



Рисунок 5 . Опорная часть платформы «Hibernia»

ВЫВОД

На сегодняшний день известны различные методы защиты ледостойких платформ от разрушающего воздействия льда на основание ГТС. Одни методы активно применяются для защиты ГТС от ледовых нагрузок, другие только разработаны в проекте и ожидают подтверждения своей эффективности на практике. Современное гидротехническое строительство, требует поиска наиболее оптимального решения проблемы воздействия ледовых нагрузок на ГТС. Необходимо такое защитное устройство или материал, который сможет сочетать в себе долговечность эксплуатации, иметь минимальные затраты на установку и производство данного защитного устройства, а также обладать универсальностью использования на различных типах ледостойких шельфовых платформах.

Список литературы:

1. Дзюбло А.Д., Никитин Б.А.. Перспективы освоения газовых ресурсов шельфа арктических морей России. Научная статья - 2017.
2. Политько В.А., Кантаржи И.Г., Мордвинцев К.П. Ледовые нагрузки на морские гидротехнические сооружения: учебное пособие. М.: Издательство МГСУ- 2017.88 с.
3. Н.И. Карпенко, В.Н. Ярмаковский. Конструкционные легкие бетоны для нефтедобывающих платформ в северных приливных морях и морях Дальнего Востока. Вестник инженерной школы ДВФУ № 2 (23) - 2015.
4. Г.Р. Шамсутдинова, С.Д. Ким. Методы защиты морских ледостойких платформ от ледовых воздействий. Морская техника и транспорт – 2012.
5. Проект “Приразломное”. Ресурс: <https://www.gazprom-neft.ru/company/major-projects/prirazlomnoe/>
6. Федеральный институт промышленной собственности. Ресурс : <https://www1.fips.ru/>
7. Онищенко Д.А., Сафонов В.С. . О необходимости учета айсберговой опасности при обосновании концепции освоения арктических месторождений углеводородов. Научно-технический сборник · Вести газовой науки №1 (29) - 2017
8. Ким Л.В. Подводный мониторинг железобетонных оснований платформ на месторождениях Пильтун-Астосское и Луньское. Технические проблемы освоения мирового океана – 2009. 143-146 с.
9. Некипелов А.Д., Макоско А.А.. Перспективы фундаментальных научных исследований в Арктике. Арктика: экология и экономика № 4 – 2011. 14-21 с.