

## **СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

### **SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP**

УДК 629.563.2

DOI: 10.37890/jwt.vi74.332

#### **Аспекты проектирования ледостойкой буровой платформы для условий Обско-Тазовской губы**

**И.Л. Благовидова**<sup>1,2</sup>

*ORCID: 0000-0003-2474-7371*

**О.А. Иванова**<sup>1,2</sup>

*ORCID: 0000-0002-3034-0968*

**А.С. Бабак**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0003-3003-3770*

**А.В. Родькина**<sup>2</sup>

*ORCID: 0000-0002-4593-4259*

<sup>1</sup>*АО «ЦКБ «Коралл», г. Севастополь, Россия*

<sup>2</sup>*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия*

**Аннотация.** Авторами статьи определена перспективность Обско-Тазовской губы по наличию районов газодобычи. Рассмотрены подходы к определению оптимальной ледостойкой формы опорного основания платформы. Определены сценарии экстремальных ледовых воздействий на сооружения, эксплуатирующиеся в Обской губе. Дана оценка глобальных нагрузок, возникающих при взаимодействии платформ с ледовыми образованиями, непосредственно влияющая на выбор конструкции платформы и способ ее удержания на грунте. Выполнен расчет глобальных ледовых нагрузок по отечественным и зарубежным методикам. Выполнен анализ полученных глобальных ледовых нагрузок, определенных по нескольким методикам, представленным в основных нормативных документах при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями. Рассмотрены перспективы дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** анализ, ледовые воздействия, буровая платформа, глубина моря, параметры дрейфа, определение сценариев.

#### **Aspects of designing the ice-resistant drilling platform to be operated in the Ob-Taz Bay**

**Irina L. Blagovidova**<sup>1,2</sup>

*ORCID: 0000-0003-2474-7371*

**Olga A. Ivanova**<sup>1,2</sup>

*ORCID: 0000-0002-3034-0968*

**Aleksandra S. Babak**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0003-3003-3770*

**Anna V. Rodkina**<sup>2</sup>

*ORCID: 0000-0002-4593-4259*

<sup>1</sup>*«Corall JSC», Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

**Abstract.** Prospects for presence of gas production areas of the Ob-Taz Bay have been determined by the authors of the article. Approaches to determining the optimal ice-resistant shape of the platform support base are considered. Extreme ice impacts scenarios on structures operated in the Gulf of Ob have been determined. An assessment of global actions to occur during interaction of platforms with ice features was given, which directly affects the choice of the platform design and the way of securing it on the seabed. The calculation of global ice loads was carried out using domestic and foreign methods. An analysis was made of the obtained global ice loads determined by several methods presented in the main regulatory documents for various scenarios of platform interaction with ice formations. The prospects for further research are considered.

**Keywords:** analysis, ice actions, drilling platform, sea depth, drift parameters, determination of scenarios.

### **Введение**

Перспективы развития Арктической зоны непосредственно связаны с открытием значительных запасов нефти и газа и требуют применения новых технологий и технических средств для ее освоения. Основные цели и задачи по освоению Арктики изложены в «Стратегии развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 г. [1].

В настоящее время в мире и в РФ накоплен определенный опыт проектирования, постройки и эксплуатации сооружений, осуществляющих бурение в арктических условиях. Следует отметить, что на данный момент наибольший опыт накоплен в части добычных стационарных платформ, которые были установлены в замерзающих морях в относительно мелководных районах. В случае очень малых глубин, порядка нескольких метров, в основном используются искусственные острова. На глубинах более 10 метров установлены платформы разнообразных типов, как стальные, так и железобетонные, на глубинах более 50 метров применяются подводно-добычные комплексы.

В области проектирования сооружений для эксплуатации на шельфе Арктики значительный практический опыт имеет «Центральное конструкторское бюро «Коралл» (ЦКБ «Коралл»). По проектам ЦКБ «Коралл» для арктических условий построен и успешно эксплуатируется с 2008 г. в Печорском море ледостойкий отгрузочный терминал Варандей, который в процессе эксплуатации неоднократно подвергался воздействию экстремальных ледовых нагрузок. Данный объект внесен в Книгу рекордов Гиннеса как самый северный круглогодично действующий нефтяной терминал в мире. Также по проектам ЦКБ «Коралл» построены и эксплуатируются платформы обустройства месторождений им. Ю. Корчагия и В. Филановского в Каспийском море. В настоящее время идет завершающий этап обустройства месторождения им. В.И. Грайфера, для которого ЦКБ «Коралл» спроектировало и сопровождало строительство ледостойкой стационарной платформы и жилого модуля с переходной галереей. Разрабатывается рабочая документация с параллельным строительством по типу «распределенной верфи» для ледостойкой стационарной платформы для освоения месторождения Каменномыское-море в Обской губе.

Обская и Тазовская губы являются перспективными районами газодобычи в условиях Арктики. Расположение лицензионных участков на акватории Обской и Тазовской губ представлено на рис. 1. На большей части участков разведочные работы запланированы на ближайшее время.

В акватории Обской и Тазовской губ открыты месторождения: Каменномыское-море, Северо-Каменномыское, Обское, Чугорьяхинское, Семаковское, Тота-Яхинское, Антипаютинское.



Рис. 1. Расположение ЛУ на акватории Обской и Тазовской губ: 1 – Антипаютинский ЛУ; 2 – Бухаринский ЛУ; 3 – Восточно-Тамбейский ЛУ; 4 – ЛУ Каменномыское-море; 5 – ЛУ, включающий Геофизическое м/р; 6 – ЛУ, включающий Ичидейское м/р; 7 – ЛУ, включающий Салмановское (Утреннее) м/р; 8 – ЛУ, включающий Штормовое м/р; 9 – Няхартинский ЛУ; 10 – Обский ЛУ; 11 – Салепкапский ЛУ; 12 – Северо-Каменномысский ЛУ; 13 – Северо-Обский ЛУ; 14 – Семаковский ЛУ; 15 – Тасийский ЛУ; 16 – Тота-Яхинский ЛУ; 17 – Чугорьяхинский ЛУ; 18 – Южно-Обский ЛУ; 19 – Южно-Тамбейский ЛУ

### Постановка задачи

Первые платформы из железобетона и стали для континентального арктического шельфа начали проектироваться и строиться с конца 60-х годов.

При проектировании технических сооружений для условий Арктики должны учитываться такие факторы, как возможное воздействие льда, вибрация конструкции при его воздействии, ледовое пропахивание, обмерзание надводных конструкций, воздействие экстремально низких температур, последствия механических повреждений и аварий, размыв грунтового оснований, сейсмические нагрузки, коррозия, эрозия.

Анализ реализованных проектов показал, что для Арктических условий применимы как гравитационные железобетонные, так и стальные платформы.

В выборе оптимального варианта освоения месторождения определяющую роль играют исходные данные по глубине моря, геологическим, гидрометеорологическим, в том числе ледовым условиям. Одним из сложнейших вопросов является определение величин глобальной нагрузки и ее учет при проектировании шельфовых сооружений для суровых климатических условий.

Одним из наиболее важных аспектов при проектировании ледостойких платформ является определение величины глобальной ледовой нагрузки, т.к. именно от нее зависит обеспечение устойчивости и соответственно безопасность платформы при ее эксплуатации.

Поэтому основной задачей данной работы является оценка ледовых условий – определение глобальных ледовых нагрузок на стальную стационарную платформу на свайном фундаменте с целью обеспечения ее ледостойкости при эксплуатации в условиях Обско-Тазовской губы.

### **Определение конструктивной формы**

Архитектурно-конструктивные решения по форме корпуса должны препятствовать накоплению ледяного и снежного покрова на конструкциях и палубах объекта.

С точки зрения формирования нагромождений льда вертикальная стенка (вертикальный борт) дает меньшее нагромождение, что улучшает возможность подхода обслуживающих судов к платформе, но при этом на вертикальных бортах лед будет ломаться путем его сжатия (смятия). На наклонных бортах ледовые образования ломаются изгибом. С учетом того, что изгибная прочность льда в 4–5 раз меньше, чем его прочность на сжатие, то и ледовые нагрузки на наклонных бортах значительно меньше, что обеспечивает безопасность эксплуатации платформы исходя из условий ее устойчивости. Следовательно, для дальнейших расчетов в качестве приоритетного принят вариант с наклонными бортами как наиболее безопасный.

С целью снижения ледовых нагрузок на техническое сооружение должна быть выполнена оптимизация формы корпуса в части угла наклонов граней. Оптимизация угла наклона внешних стенок опорного основания существенно снижает нагрузки от дрейфующего ровного и торосистого льда. На основании анализа серий предварительных расчетов для различных сооружений с различными углами наклона грани и имеемых результатов модельных испытаний сделан вывод о том, что оптимальный угол наклона грани с точки зрения снижения нагрузок от ледовых воздействий составляет 50–60 градусов. Меньшие углы наклона могут привести к увеличению ледовых нагромождений, а использование угла наклона граней, превышающего 70 градусов, практически не приводит к снижению глобальной ледовой нагрузки. На основании вышесказанного в качестве оптимального угла для рассматриваемых ледовых условий для данной платформы, исходя из ее обводов, принят угол наклона граней 51 градус. Для предотвращения наползания льда на верхнюю палубу опорного основания предусматривается дефлектор.

Опорное основание платформы ЛСП «А» представляет собой протяженное сооружение с наклонными боковыми гранями в ледорезной части платформы. На рис. 2 приведена схема опорного основания буровой платформы.

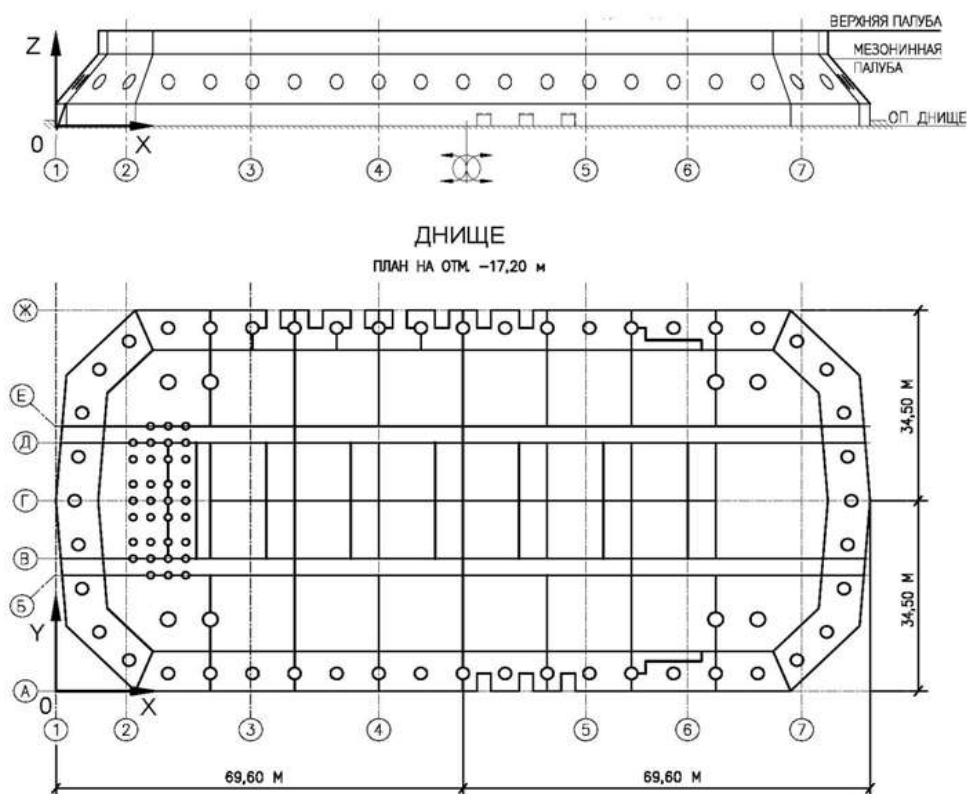


Рис. 2. Схема опорного основания буровой платформы

### Определение сценариев экстремальных ледовых воздействий на морские сооружения в условиях Обской губы

В работе расчеты выполнялись для стационарной ледостойкой буровой платформы ЛСП «А», установленной на месторождении Каменномысское-море. Для возможности определения расчетных сценариев ледовых воздействий на морскую платформу ЛСП «А» проанализированы данные по природно-климатическим условиям, представленные в отчете ААНИИ [2].

По результатам ледовых исследований выявлены специфические особенности ледового режима акватории:

- резкая смена направления дрейфа льда с северного на южное (против течения) при изменении направления ветра;
- смещение припая вместе с торосами с очень медленной скоростью (0,02–0,05 м/с) – также попеременно в северном и южном направлениях.

В южной части Обской губы в районе мыса Каменный можно отметить следующие периоды присутствия ледяного покрова и характерные для них явления.

Первый (осенний) период – от начала льдообразования до установления припая. Он характеризуется в первую очередь осенним дрейфом льда с возможностью образования навалов, торосов, стамух и набивного льда у стенки платформы.

Второй (зимний) период – зимний ледостав, т.е. время наличия устойчивого припая от берега до берега в Обской губе на траверзе платформы. Этот период характеризуется сочетанием высоких прочностных показателей и толщин льда. Вероятные сценарии ледового воздействия на платформу в это время: вертикальные нагрузки от примерзшего припая при колебаниях уровня воды или термических

расширениях из-за быстрой смены температуры воздуха. Наличие в районе системы вдольбереговых приливных трещин, образование приливных трещин в районе расположения объектов, сидящих на грунте (например, вокруг терминала «Ворота Арктики») образует систему радиальных трещин), минимизируют нагрузки от указанных воздействий.

Третий (весенний) период – от взлома припая до очищения акватории в районе платформы. Первый взлом припая в рассматриваемом районе в среднем происходит 08/VI, окончательное разрушение припая – 13/VI, окончательное очищение акватории ото льда – 20/VI. Таким образом, дрейф льда в весенне-летний период происходит в среднем в течение 44 дней. Как и для осеннего периода, здесь характерен весь спектр нагрузок от дрейфующего льда, включая торосы. Также перед первым взломом припая происходит воздействие на замороженное сооружение при подвижках льда. Отличительной чертой, по сравнению с осенним периодом, является более высокие значения толщины и прочности льда, особенно сразу после взлома припая, когда лед еще не успел достаточно прогреться и стать под действием весенних процессов. Соответственно, повышаются и нагрузки на платформу при воздействии ледяных полей или торосистых образований. По мере разрушения ледяного покрова из-за прогрева и таяния будут снижаться и нагрузки, т.е. тяжесть воздействия.

Таким образом, из перечисленных сценариев можно выделить, как наиболее тяжелые, следующие:

сценарий 1 – для осеннего периода – воздействие дрейфующих полей и торосистых образований перед становлением припая (ноябрь);

сценарий 2 – для осеннего периода – воздействие от припая в начальный период льдообразования, когда возможен его взлом (ноябрь);

сценарий 3 – для весенне-летнего периода – воздействие от дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май-июнь);

сценарий 4 – для весенне-летнего периода – воздействие от припая перед его взломом (май-июнь) [2].

### **Определение ледовых нагрузок. Методика расчета**

Сложность характера взаимодействия ледяных полей с сооружениями, большой разброс физико-механических характеристик льда, связанный с различными условиями его образования, недостаточная изученность характеристик ледовых образований шельфовой зоны, обосновывают применение расчетных методик, базирующихся на полуэмпирических методах нахождения ледовых нагрузок. Устойчивость платформы на грунте под действием внешних нагрузок является фактором, определяющим ее работоспособность и безопасность.

Методики определения глобальных ледовых нагрузок при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями представлены в следующих основных нормативных документах Российской Федерации:

- СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» [3,4];
- «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства [5].

Также методики расчета ледовых нагрузок представлены в международном стандарте ISO/FDIS 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structures [6]. В Российской Федерации данный стандарт, как ГОСТ ИСО 19906, проходит в настоящее время согласование и утверждение с целью принятия в качестве национального. Международный стандарт ISO 19906 основывается на современном представлении о характере взаимодействия ледовых образований с

конструкциями и проверен экспериментальными исследованиями в опытовых ледовых бассейнах и натурными исследованиями.

Трудность выбора конкретной расчетной методики заключается в том, что приведенные в вышеуказанных нормативных документах формулы дают различные результаты, причем при определенных условиях разница достигает 100 % и более. Поэтому для анализа полученных величин глобальной ледовой нагрузки применяются все методики для верификации результатов и определения наиболее «физичной» методики в каждом конкретном случае и для исключения консервативной или заниженной оценки нагрузки.

Анализ расчетных параметров льда и серии предварительных расчетов показали, что максимальные ледовые нагрузки соответствуют физико-механическим характеристикам льда, характерным для «сценария 3» – воздействия дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май, июнь). Для дальнейших расчетов принят «сценарий 3», как наиболее тяжелый. Расчетные параметры льда приняты на основании Технического отчета по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий [2] и приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Расчетные параметры ледовых условий**

Сценарий взаимодействия	Параметр	Значение
Воздействие от дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май, июнь)	Толщина ровного льда обеспеченностью 1 % в июне, м	2,12
	Пределы прочности ровного льда на одноосное сжатие обеспеченностью 1 % ( $R_c$ ) в июне, МПа	1,31
	Пределы прочности ровного льда на изгиб обеспеченностью 1 % ( $R_f$ ) в июне, МПа	0,42
	Размер ледяного поля, км	5,9
	Толщина консолидированного слоя тороса обеспеченностью 1 % при протяженности 70 м ( $h_c$ ) в мае-июне, м	2,54
	Толщина консолидированного слоя тороса обеспеченностью, 1 % при протяженности 140 м ( $h_c$ ) в мае-июне, м	1,80
	Пределы прочности консолидированного слоя на одноосное сжатие обеспеченностью 1 % ( $R_c$ ) в мае-июне, МПа	1,05
	Пределы прочности консолидированного слоя на изгиб обеспеченностью 1 % ( $R_f$ ) в мае-июне, МПа	0,67
	Пористость киля	0,15
	Угол внутреннего трения киля, град.	30
	Расчетная высота паруса ( $h_p$ ), м	1,6
	Пористость паруса	0,1
	Угол внутреннего трения паруса, град.	16
	Плотность льда, кг/м <sup>3</sup>	870
	Скорость дрейфа льда, максимальная, м/с	0,81
Скорость дрейфа льда, минимальная, м/с	0,15	

Расчеты ледовых нагрузок выполнены для направлений воздействия ледовых образований: в нос и в борт. На рис. 3 показаны направления воздействия ледовой нагрузки.

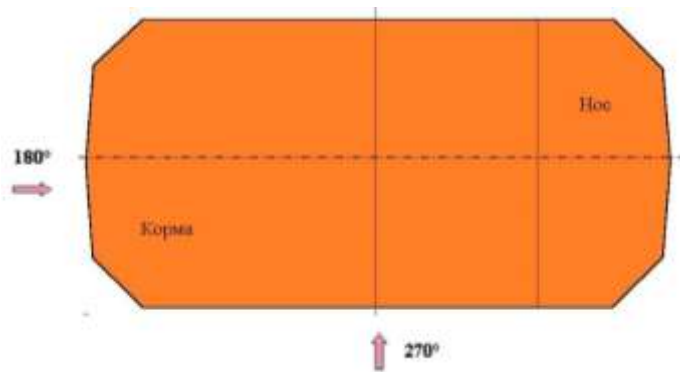


Рис. 3. Направления воздействия ледовой нагрузки на опорное основание ледостойкой буровой платформы ЛСП «А»

Следует отметить, что в Правилах ПБУ/МСП отсутствует методика для определения нагрузок от воздействия ледовых нагрузок на сооружения с плоской наклонной гранью. Методика предназначена для конусных конструкций. Поэтому полученные предварительные результаты ледовых нагрузок по данной методике значительно занижены и, следовательно, для таких сооружений расчет по «Правилам классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства является некорректным.

Результаты расчета ледовых нагрузок от торося по методикам, описанным в СП 38.13330.2018 г. и СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., Правилах ISO 19906:2019 приведены в табл. 2. Сравнительная характеристика результатов расчетов ледовых нагрузок в графической форме представлена на рис. 4.

Таблица 2

Результаты расчета ледовых нагрузок

Направление воздействия льда	Ширина конструкции, м	Толщина консолидированного слоя торося обеспеченностью 1 % $h_c$ , м	Скорость дрейфа льда, максимальная /минимальная $V$ , м/с	Расчет СП 38.13330.2018		Расчет СП 38.13330.2018 изм. 1		Расчет ISO 19906:2019	
				Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$	Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$	Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$
борт	132,9	1,80	0,81	102,2	56,3	218,1	124,4	128,9	75,8
борт	132,9	1,80	0,15	143,4	80,5	218,1	124,4		
нос	62,9	2,54	0,81	72,5	40,8	138,2	79,5	89,1	52,4
нос	62,9	2,54	0,15	119,0	68,7	138,2	79,5		



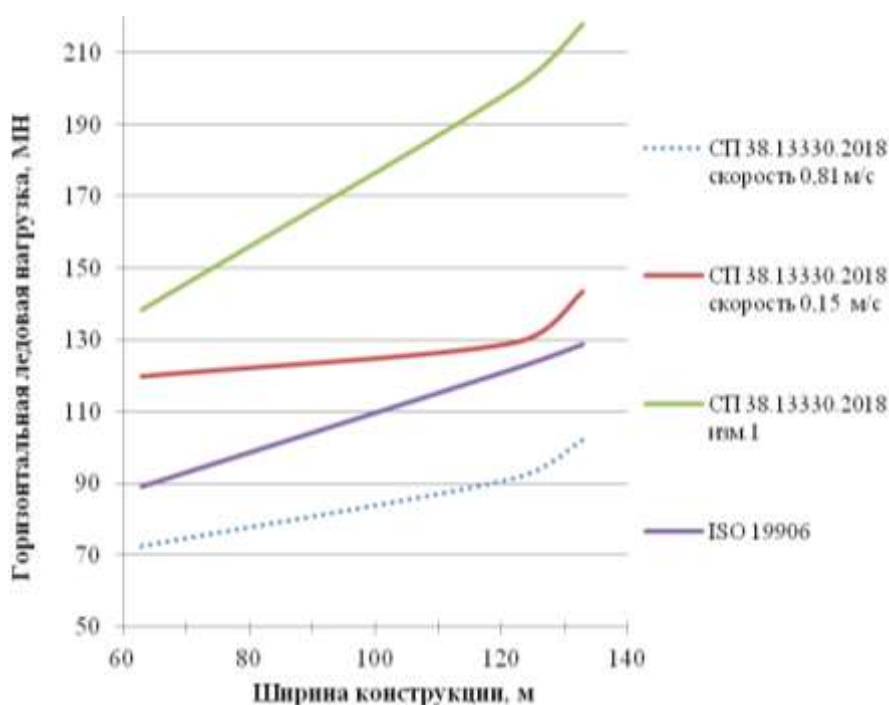


Рис. 4. Сравнительная характеристика расчетных значений ледовых нагрузок

Анализ полученных результатов показывает, что нагрузка по методикам СП 38.13330.2018 г. находится в диапазоне 102–143 и 72,5–119 МН для воздействия в борт и в нос соответственно, а по методике ISO 19906:2019 – 129–89 МН. Такая разница в результатах связана с тем, что в сценарии ледовых воздействий на морскую платформу ЛСП «А» скорость дрейфа ледовой нагрузки изменяется и нагрузка определенная по методикам СП 38.13330 зависит от скорости дрейфа льда, а по ISO 19906:2019 не зависит и принимается среднее значение. Следовательно, значения ледовой нагрузки, полученные по методике ISO 19906:2019 являются заниженными. При средних скоростях дрейфа льда результаты расчетов по данным методикам очень близки.

Основным нормативным документом до сентября 2022 г., входящим в перечень «Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых, на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» являлась методика СП 38.13330, но при этом в данный документ были внесены изменения. Авторы работы уделили большое внимание анализу полученных результатов расчета ледовых нагрузок от тороса по методикам, описанным в СП 38.13330.2018 г. (до внесения изменений) и СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. (после внесения изменений).

Ранее в методике СП 38.13330.2018 нагрузка от консолидированного слоя тороса определялась по формуле, в которой не учитывался угол наклона грани сооружения. Нагрузка определялась как на вертикальную стенку.

В обновленной версии СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. при определении нагрузки от консолидированного слоя тороса на наклонную стенку учитывается прочность на изгиб, при этом полученная нагрузка оказывается большей, чем определенная на вертикальную стенку, что противоречит основным постулатам ледотехники. Следовательно, методика расчета нагрузки на наклонную грань,

изложенная в Изменении № 1 к СП 38.13330.2018 (с 16 января 2022 г.) требует обстоятельной верификации.

Нагрузка от кия тороса, определенная по методике СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., превышает аналогичную нагрузку, определенную по СП 38.13330.2018, и в соответствии с методикой ISO 19906:2019, после сравнения с формулой для зазора льда, в качестве расчетной нагрузки от кия принята нагрузка от зазора при всех рассмотренных сценариях.

Принятая нагрузка от кия в 3–5 раз выше рассчитанной по СП 38.13330.2018 до изменений, внесенных в методику.

Таким образом, суммарная нагрузка от тороса по СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. в два и более раз выше, чем определенная по СП 38.13330.2018. Имеющиеся модельные испытания на других сооружениях также не подтверждают подход, изложенный в методике СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., что требует дополнительных исследований в данном направлении.

### **Заключение**

Оценка глобальных нагрузок, возникающих при взаимодействии платформ с ледовыми образованиями критически важна для выбора наиболее оптимальной конструкции платформы и способа ее удержания на грунте. Различные теоретические методы определения ледовых нагрузок на инженерные сооружения дают значительно отличающиеся результаты. Поэтому при выборе расчетной методики необходимо понимание, какая методика наиболее «физична» для соответствующего сценария воздействия льда на опору. Наиболее достоверным способом верификации полученных результатов будут являться модельные испытания в ледовом опытовом бассейне.

В настоящее время глобальные ледовые нагрузки при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями определены по методикам СП 38.13330 и по ISO 19906:2019. Разница результатов расчетов по СП 38.13330 до изменения и по ISO 19906:2019 объяснима, а оценка результатов по СП 38.13330 после внесения изменений является консервативной и требует проведения дальнейших исследований.

Для рассматриваемой платформы ЛСП «А» выбранная форма опорного основания для условий Арктики является наиболее оптимальной с точки зрения восприятия ледовых нагрузок. Форма опорного основания является симметричной с носовой и кормовой оконечностей, имеет наклонные борта в районе воздействия льда и дефлектор на уровне верхней палубы опорного основания, который служит для защиты установленного на палубе оборудования от ударов волн и попадания ледовых обломков. Следует отметить, что глобальные ледовые нагрузки являются определяющими для устойчивости платформы, учитывая разницу результатов расчетов по данным методикам для верификации полученных расчетов необходимо проводить модельные испытания в ледовых опытовых бассейнах.

Перспективой дальнейших исследований является постановка эксперимента для модельных испытаний и верификация. Ряд научных результатов, которые планируется получить в работе, будут иметь самостоятельное значение, а именно теоретические и экспериментальные исследования по определению физической картины взаимодействия морского льда с корпусом ледостойкой платформы ЛСП «А» и оценки уровня глобальных ледовых нагрузок на проектируемые объекты. По результатам исследований будет выполнена оптимизация формы корпуса платформы для снижения глобальных ледовых нагрузок и соответственно повышения ледостойкости платформы.

**Список литературы:**

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г., Указ № 645 от 26.10.2020 г.
2. Технический отчет «Определение сценариев наиболее тяжелых ледовых воздействий и параметров дрейфа льда для расчета размеров величин негативных ледовых воздействий, необходимых для проектирования объектов обустройства газового месторождения Камennomысское-море на акватории Обской губы Карского моря». ФГБУ ААНИИ, 2022 г.
3. СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». М.: Минстрой России. 2018.
4. СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». М.: Минстрой России, с изм. 1 2022 г.
5. «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ». Российский морской регистр судоходства, 2018.
6. ISO 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structure. International Organization for Standardization. 2019.
7. Karulin E., Karulina M., Toropov E., Yemelyanov D. Influence of Ice Parameters on Managed Ice Interaction with Multi-legged Structure. Proceedings of the 21st IAHR International Symposium on Ice, June 11-15, Dalian, China, 2012.
8. Jefferies M.G. and Wright W.H. Dynamic response of Molikpaq to ice-structure interaction. Proc. of 7th Conference OMAE, Houston, 1988, pp.201-220.
9. Lengkeek H.J., Besseling F. Combined translational and rotational sliding of gravity based structures loaded by ice. Proceedings of the 22nd International POAC Conference, June 9-13, Espoo, Finland, 2013.

**References:**

1. Strategy for the development of Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035, Indicated № 645 from 26.10.2020.
2. Project Technical Report: “Determination of scenarios of the most severe ice actions and ice drift parameters for calculating the amount of detrimental ice actions required for designing facilities for the construction of the Kamennomyskoye-Sea gas field to be operated in waters of the Ob Bay of the Kara Sea”, for the development of the design documentation for the Object titled “Facilities Construction for the Kamennomyskoye-Sea Gas Field”, 2022.
3. SP 38.13330.2018 “SN and P 2.06.04-82\*. “Loads and impacts on hydraulic structures (from wave, ice and ships)”. М.: Minsroy Russian. 2018.
4. SP 38.13330.2018 “SN and P 2.06.04-82\*. “Loads and impacts on hydraulic structures (from wave, ice and ships)”. М.: Minsroy Russian., with rev. 1 2022.
5. Pravila klassifikatsii, postroyki i oborudovaniya plavuchikh burovnykh ustanovok i morskikh statsionarnykh platform. – SPb.: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva, 2018. – 460 s.
6. ISO 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structure. International Organization for Standardization. 2019.
7. Karulin E., Karulina M., Toropov E., Yemelyanov D. Influence of Ice Parameters on Managed Ice Interaction with Multi-legged Structure. Proceedings of the 21st IAHR International Symposium on Ice, June 11-15, Dalian, China, 2012.
8. Jefferies M.G. and Wright W.H. Dynamic response of Molikpaq to ice-structure interaction. Proc. of 7th Conference OMAE, Houston, 1988, pp.201-220.
9. Lengkeek H.J., Besseling F. Combined translational and rotational sliding of gravity based structures loaded by ice. Proceedings of the 22nd International POAC Conference, June 9-13, Espoo, Finland, 2013.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Благовидова Ирина Львовна**,  
заместитель начальника отдела  
АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь,  
ул. Репина, 1,

**Irina L. Blagovidova**, Deputy Manager of  
General Engineering No. 11, «Corall» JSC  
Central Design Bureau, 1, Repina st.,  
Sevastopol; 299045,

доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: blagovidova@yandex.ru

**Иванова Ольга Александровна**, канд. техн. наук, инженер-конструктор 1-й категории АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь, ул. Репина, 1,

доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

**Бабак Александра Сергеевна**, инженер-конструктор 2-й категории АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь, ул. Репина, 1, e-mail: babak.corall@gmail.com

**Родкина Анна Владимировна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инновационное судостроение и технологии освоения шельфа» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: a.v.rodkina@mail.ru

Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

**Olga A. Ivanova**, Ph.D. in Engineering Science, Design Engineer of 1st Category of General Engineering and Naval Architecture Department 11, General Engineering Office 111 «Corall» JSC Central Design Bureau, 1, Repina st., Sevastopol; 299045,

Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

**Aleksandra S. Babak**, Design Engineer of 2nd Category of General Engineering and Naval Architecture Department 11, General Engineering Office 111 «Corall» JSC Central Design Bureau, 1, Repina st., Sevastopol; 299045

**Anna V. Rodkina** Ph.D. in Engineering Science, Assistant Professor of the Department of Innovative shipbuilding and shelf development technologies Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

Статья поступила в редакцию 08.10.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.  
Received 08.10.2022; published online 20.03.2023.