

УДК 629.5.021.18.001

**В.С. Игнатович, доцент, канд. техн. наук,****О.И. Калинина, магистр***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053**E-mail: OlgaKalinina13@mail.ru***АНАЛИЗ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА ПОЛУПОГРУЖНУЮ ПЛАВУЧУЮ УСТАНОВКУ***Дан анализ современных методов определения ледовой нагрузки на стабилизирующие колонны полупогружной плавучей установки при воздействии различных типов льда.***Ключевые слова:** *полупогружная плавучая установка, параметры льда, ледовая нагрузка.***Введение**

Освоение морского шельфа с целью добычи нефти и газа в настоящее время смещается на север, где условия эксплуатации помимо ветра, волнения, течения осложняются еще и взаимодействием стабилизирующих колонн морских сооружений со льдом. Для предупреждения аварийных ситуаций необходимо обеспечить достаточную прочность конструкции морских сооружений, а для этого требуется знание ледовых нагрузок, играющих основную роль при эксплуатации в северных районах.

Цель статьи – определение ледовой нагрузки по современным методикам, принятым в отечественном судостроении для различных состояний льда, действующей на полупогружную плавучую установку (ППУ).

Морские льды классифицируются по происхождению, формам и размерам, состоянию поверхности льда (ровный, торосистый и т. п.), возрасту (стадии развития и разрушения различных видов льда), навигационному (проходимость льдов судами) и динамическому (неподвижные и плавучие льды) признакам. По происхождению наблюдаемые в море льды делятся на морские, речные и глетчерные (лед материкового происхождения – айсберги, ледяные острова).

По возрасту различают начальные образования льда (ледяные иглы, ледяное сало, снежуру, шугу, блинчатый лед, склянку, темный нилас); молодой лед (светлый нилас, серый лед) толщиной 5–15 см; зимний лед (серобелый, белый лед) толщиной 15–200 см.

По форме лед подразделяют на неподвижный (ледяной заберег, припай, подошва припая, стояк, стамуха) и дрейфующий, или плавучий (обширные большие и малые ледяные поля, крупнобитый и мелкобитый лед, куски льда, ледяная каша).

По строению льда и состоянию его поверхности различают ровный лед, наслоенный, торосистый, бесснежный, заснеженный лед и сморозь. Ровный лёд – молодой лёд, который не подвергался деформации. Наслоенный лёд – деформированный лёд, образующийся в результате наслоения части одного ледяного поля на другое. Торос – любое отдельное нагромождение льда, образующееся в результате сжатия.

Ледовые нагрузки делятся на глобальные и локальные. Глобальные нагрузки определяются от ровного льда, наслоенного льда и торосов. Определение глобальных нагрузок является основой экстремальных и усталостных оценок [1].

В настоящей статье проводится определение и анализ глобальных нагрузок от ровного и наслоенного льда как преобладающих типов льда для исследуемого района эксплуатации полупогружной плавучей установки. Расчет таких ледовых нагрузок осуществлен на примере морской полупогружной платформы, предназначенной для эксплуатации в Баренцевом море. В ее состав входят верхний корпус, два понтона и четыре колонны, в сечении представляющие собой квадрат со стороной 13,8 м.

На рисунке 1 показан общий вид опорного основания с габаритными размерами.

Анализ ледовой нагрузки производится для рабочего положения полупогружной плавучей

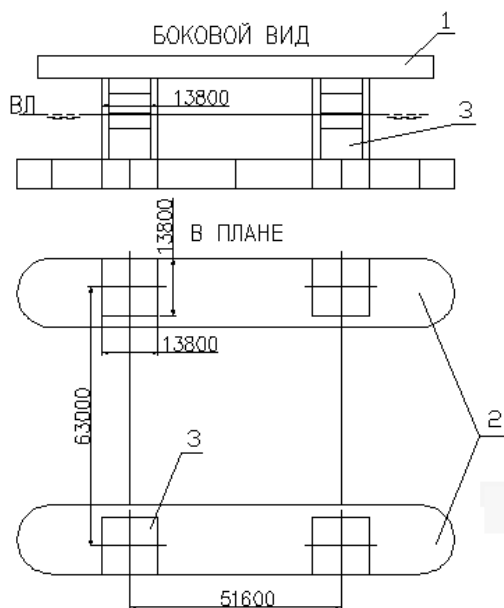


Рисунок 1 – Общий вид полупогружной плавучей установки в рабочем состоянии:

1 – верхний корпус, 2 – понтоны, 3 – колонны

установки, когда нижние понтоны находятся под водой, а контакт льда происходит со стабилизирующими колоннами. Поэтому для безаварийной работы морской установки необходимо обеспечить достаточную местную и общую прочность стабилизирующих колонн. Для этого необходимо определить величину действующих на полупогружную плавучую установку ледовых нагрузок.

В таблице 1 представлены параметры ровного и наслоенного льда, принятые в качестве расчетных.

Таблица 1 – Расчетные параметры льда

Наименование	Величина		
<b>Ровный лед</b>			
Толщина $h_d$ , м	0,5	0,8	1,0
Прочность на сжатие ровного льда $R_c$ , МПа	2,0	1,8	1,6
Прочность на изгиб ровного льда $R_f$ , МПа	0,6	0,5	
<b>Наслоенный лед</b>			
Толщина наслоенного льда $h_d$ , м	1,2	1,5	2,0
Прочность на сжатие наслоенного льда $R_c$ , МПа	1,4	1,2	1,0
Прочность на изгиб наслоенного льда $R_f$ , МПа	0,5		

При расчете ледовых нагрузок были использованы отечественные и зарубежные методики: а) в СНиП 2.06.04-82\* рассмотрен случай воздействия льда на сооружение, состоящее из системы вертикальных колонн [3]; б) Правила морского регистра судоходства (МРС) предусматривают расчет ледовой нагрузки на многоопорную конструкцию независимо от формы опор [1]; в) Правила ISO-19906 регламентируют расчет воздействия ледовой нагрузки на многоопорное сооружение и вертикальное сооружение [2].

Результаты расчета по данным методикам для ППУ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Глобальные ледовые нагрузки на ППУ

Ледовая нагрузка, МН				
<b>ровный лед</b>				
Скорость дрейфа льда, м/с	Толщина/прочность льда, (м/МПа)	Расчетные методики		
		СНиП 2.06.04-82*	Правила МРС	Правила ISO-19906
0,1	0,5/2,0	Формулы СНиП применимы для скоростей дрейфа льда от 0,5 м/с	44,1	28,85
	0,8/1,8		64,2	42,1
	1,0/1,6		76,8	50,56
0,5	0,5/2,0	14,36	44,1	28,85
	0,8/1,8	22,75	64,2	42,1
	1,0/1,6	30,12	76,8	50,56
0,8	0,5/2,0	14,36	44,1	28,85
	0,8/1,8	22,75	64,2	42,1
	1,0/1,6	26,76	76,8	50,56
<b>наслоенный лед</b>				
Скорость дрейфа льда, м/с	Толщина/прочность льда, (м/МПа)	Расчетные методики		
		СНиП 2.06.04-82*	Правила МРС	Правила ISO-19906
0,1	1,2/1,4	Формулы СНиП применимы для скоростей дрейфа льда от 0,5 м/с	88,8	59,14
	1,5/1,2		106,2	71,65
	2,0/1,0		133,7	91,76
0,5	1,2/1,4	34,35	88,8	59,14
	1,5/1,2	42,08	106,2	71,65
	2,0/1,0	56,51	133,7	91,76
0,8	1,2/1,4	30,52	88,8	59,14
	1,5/1,2	37,38	106,2	71,65
	2,0/1,0	50,21	133,7	91,76

**Выводы**

Анализ результатов расчетов для данной полупогружной установки показал следующее:

1. При малой скорости движения ледового поля (0,1 м/с) результаты расчетов по различным методикам существенно разнятся, например от 7,6 МН до 44,1 МН для ровного льда и от 14,4 МН до 88,8 МН для наслоенного льда (соответственно для толщин льда 0,5 м и 1,2 м); наиболее консервативные нагрузки получены по Правилам МРС.

2. С учетом того обстоятельства, что методика, приведенная в правилах ISO-19906, разработана в настоящее время и основывается на многочисленных лабораторных экспериментах, использовании натуральных исследований и современном представлении о характере взаимодействия ледовых образований с конструкциями, целесообразно ориентироваться на нагрузки, полученные по данной методике.

3. Разница в глобальных нагрузках, определенных по методикам СНИП и ISO-19906 заключается в отличии значений коэффициентов, которые применяются для определения нагрузки на многоколонное сооружение.

Таким образом, существующие методики для определения глобальной ледовой нагрузки дают различные результаты. В первом приближении для расчета ледовых нагрузок на полупогружную плавучую установку можно рекомендовать методику ISO-19906, которая основывается на использовании натуральных исследований.

В настоящее время все большее количество нефтяных и газовых месторождений осваиваются в северных районах. Это обуславливает необходимость создания сооружений, способных выдерживать нагрузки, большую угрозу из которых для плавучих сооружений в северных морях представляют плавучие льды.

Существуют различные методики определения ледовых нагрузок, однако результаты расчета разными способами отличаются. Исходя из вышеизложенного, целесообразно рекомендовать теоретические расчеты, подтвержденные лабораторными исследованиями и натурными испытаниями, а именно – ISO-19906. Вместе с тем, задача определения ледовых нагрузок на морские сооружения продолжает оставаться актуальной и требует дальнейших исследований.

**Библиографический список использованной литературы**

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). — СПб.: Российский Морской Регистр Судоходства, 2014. — 484 с.
2. Международные правила ISO 19906 «Arctic offshore structures» [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (28304 bytes). — Режим доступа: <http://iso-files.ru> Sunday, 11 May 2014.
3. СНИП 2.06.04-82\* «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые, и от судов)» / Госстрой СССР. — Москва, 1995. — 75 с.

*Поступила в редакцию 17.01.2014 г.*

**Ігнатів В.С., Калініна О.І. Аналіз льодових навантажень на напівзаглибну плавучу установку**

Дан аналіз сучасних методів визначення льодового навантаження на стабілізуючі колони напівзаглибної плавучої установки при впливі різних типів льоду.

**Ключові слова:** напівзаглибна плавуча установка, параметри льоду, льодове навантаження.

**Ignatovich V.S., Kalinina O.I. The analysis of ice loads on self-elevating floating unit**

Modern methods of determination of ice loads on stabilizing columns of self-elevating floating unit, when the different types of ice effect, are considered and analyzed.

**Keywords:** self-elevating floating unit, characteristics of ice, ice loads.