

УДК 629.5.011

И.Л. Благовидова, начальник сектора динамики корабля,

А.И. Мемет, инженер-конструктор 3 категории

ПАО «ЦКБ «Коралл»

ул. Ретина, 1, г. Севастополь, 299028

E-mail: office@cdbc corall.com

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ОСТОЙЧИВОСТИ ЗАЯКОРЕННЫХ ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ПРАВИЛАМ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА

Выполнен анализ влияния якорной системы позиционирования на остойчивость в неповрежденном состоянии по Правилам РС ледостойких плавучих буровых установок.

Ключевые слова: плавучие ледостойкие платформы, якорная система позиционирования, обеспечение достаточной остойчивости, системы удержания, якорные связи, расчеты остойчивости.

Постановка проблемы. Открытие значительных запасов углеводородов в глубоководной зоне Арктики требует применения новых технологий и технических средств для освоения месторождений и стимулирует разработки новых проектов морских оснований, платформ и эксплуатационного оборудования, предназначенных для работы в суровых климатических условиях.

Для проведения поисково-разведочного и добычного бурения в глубоководных арктических районах преимущественно используются плавучие буровые установки с якорной или динамической системой позиционирования, позволяющей проводить работы в широком диапазоне глубин [1,2]: якорная система позиционирования от 100 до 800 м; динамическая система позиционирования – до 3000 м и более.

Одним из важнейших требований при проектировании плавучих сооружений для освоения глубоководных морских месторождений, особенно предполагающих наличие сложных ледовых условий, является обеспечение достаточной остойчивости.

При выполнении расчетов остойчивости в соответствии с требованиями части IV «Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства (далее Правил ПБУ/МСП) объект предполагается свободно плавающим телом. Однако, в случае наличия системы удержания, должно быть оценено ее возможное негативное влияние на остойчивость, особенно в случае, если якорные линии крепятся ниже центра гидродинамического сопротивления [3]. Возникает необходимость выполнения расчетов, позволяющих объективно оценить обеспечение критериев остойчивости объектов находящихся в заякоренном состоянии.

Цель работы – определение возможного негативного влияния системы удержания на остойчивость заякоренного объекта, находящегося под воздействием внешних нагрузок, вызванных ветром, течением, волнением или льдом.

Изложение основного материала. По требованиям Правил ПБУ/МСП критерии остойчивости определяются в соответствии с диаграммой статической остойчивости, представленной кривыми восстанавливающего и наклоняющего моментов.

Кривые восстанавливающих моментов M_ϕ должны быть вычислены по методике, одобренной Регистром:

$$M_\phi = \rho_l \nabla l_\phi, \quad (1)$$

где ρ_l — плотность забортной воды; ∇ — объемное водоизмещение объекта; l_ϕ — остойчивости формы, в зависимости от угла наклона.

При определении объемного водоизмещения объекта ∇ с якорной системой позиционирования учитывается влияние натяжения системы удержания:

$$\nabla = \frac{1}{\rho_l} \left(\Delta + \frac{\sum_{i=1}^n P p_i}{g} \right), \quad (2)$$

где Δ — масса объекта; $P p_i$ — вертикальная составляющая усилия от i -го элемента системы удержания ($i = 1 \dots n$); g — ускорение силы тяжести.

Кривые наклоняющих моментов M_h должны быть вычислены по методике, одобренной Регистром, с учетом суммарного наклоняющего момента от ветра M_V , течения M_S , льда M_I и системы удержания M_P в соответствии с эксплуатационным состоянием объекта.

Схема воздействия на объект внешних сил приведена на рисунке 1.

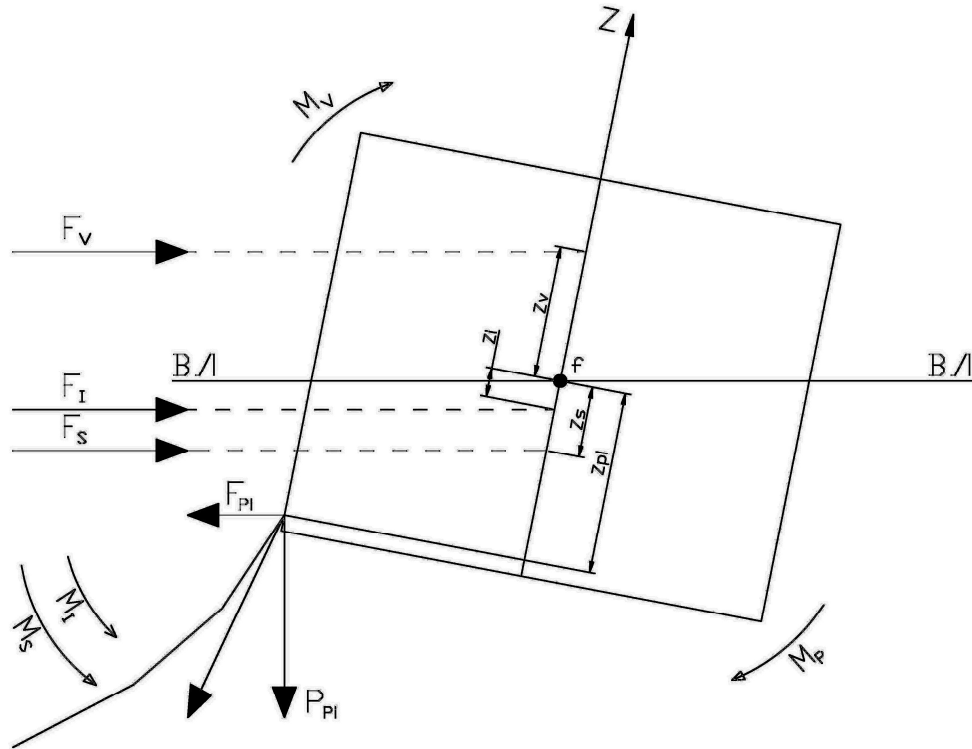


Рисунок 1 – Схема воздействия внешних сил в плоскости наклонения объекта

Наклоняющие моменты от приложенных сил определяются по формулам:

– момент от ветра

$$M_V = F_V \cdot Z_V ; \quad (3)$$

– момент от течения

$$M_S = F_S \cdot Z_S ; \quad (4)$$

– момент от льда

$$M_I = F_I \cdot Z_I ; \quad (5)$$

– момент от системы удержания

$$M_P = \sum F_{Pi} \cdot Z_{Pi} - \sum P_{Pi} \cdot l_{Pi} . \quad (6)$$

В формулах (3)–(6) приняты следующие обозначения: F_V и Z_V — нагрузка от ветра и плечо ее приложения; F_S и Z_S — нагрузка от течения и плечо ее приложения; F_I и Z_I — нагрузка от льда и плечо ее приложения; F_{Pi} и Z_{Pi} — горизонтальная составляющая нагрузки от системы удержания и плечо ее приложения; P_{Pi} и l_{Pi} — вертикальная составляющая нагрузки от системы удержания и плечо ее приложения.

При определении суммарного наклоняющего момента считается, что нагрузки от ветра F_V , течения F_S и льда F_I приложены в одном направлении, нагрузка от системы удержания P_P равна сумме этих нагрузок и противоположна им по направлению [3].

Таким образом, суммарный наклоняющий момент M_h :

– при эксплуатации в безледовый период

$$M_h = M_V + M_P - M_S ; \quad (7)$$

– при эксплуатации в ледовый период

$$M_h = M_V + M_P - M_S - M_I. \quad (8)$$

В последнее время, ПАО «ЦКБ «Коралл» были разработаны следующие проекты морских плавучих сооружений с якорной системой позиционирования: морская вертолетная платформа (МВП); ледостойкая плавучая буровая установка (ЛПБУ).

Схематическое изображение плавучего основания МВП показано на рисунке 2.

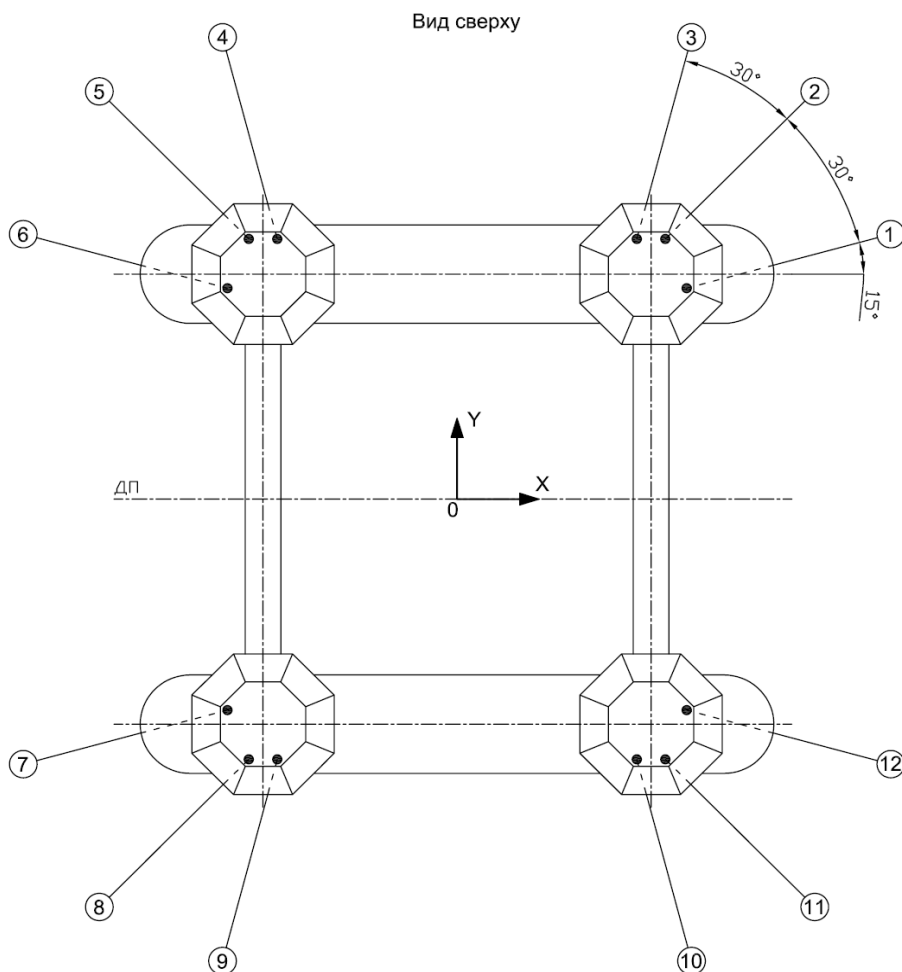


Рисунок 2 – Схема расположения якорных связей системы удержания МВП

МВП предназначена для эксплуатации в северных и дальневосточных морях Российской Федерации (РФ). Опорное основание представляет собой конструкцию полупогружного типа. Платформа используется как база для дозаправки вертолетов, временного нахождения вертолетов и их экипажей, а также перевозимых пассажиров и грузов. Удержание МВП в заданной точке морской акватории обеспечивается якорной системой позиционирования с двенадцатью связями.

ЛПБУ предназначена для бурения разведочных и эксплуатационных скважин в особо сложных условиях глубоководного арктического шельфа. Корпус объекта имеет специальную клиновидную форму с ледокольным форштевнем и наклонными бортами. Удержание ЛПБУ в заданной точке морской акватории обеспечивается якорной системой позиционирования турельного типа с двенадцатью связями. Схематическое изображение плавучего основания ЛПБУ показано на рисунке 3.

Расчеты устойчивости МВП и ЛПБУ выполнены в соответствии с требованиями Правил ПБУ/МСП [3] с учетом влияния системы удержания. Результаты расчетов позволили сделать вывод, что система удержания может оказывать как отрицательное влияние на устойчивость объекта, так и положительное. При этом следует отметить, что при эксплуатации объекта в безледовый период вертикальная составляющая нагрузки от системы удержания превышает горизонтальную составляющую, в ледовый период – наоборот.

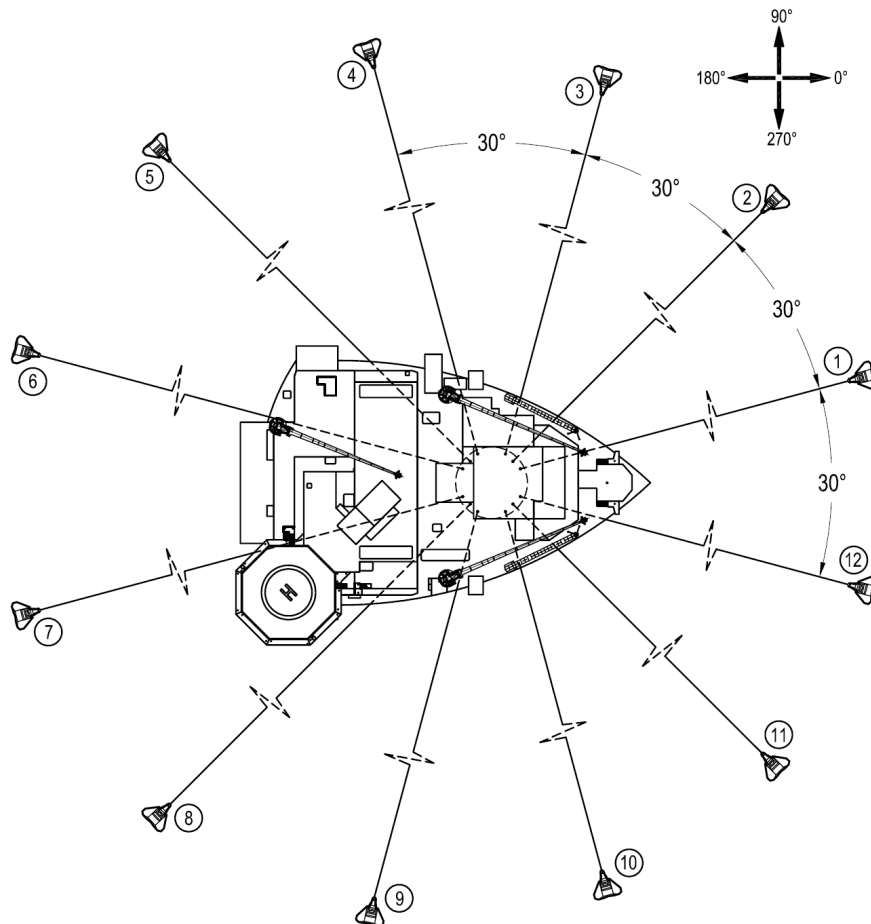


Рисунок 3 – Схема расположения связей якорной системы удержания ЛПБУ

Краткие сведения о влиянии системы удержания на расчеты устойчивости приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние системы удержания на расчеты устойчивости

Объект	Расчетная величина	Период эксплуатации	
		безледовый	ледовый
МВП	Нагрузка, т	$F_P < P_P$	$F_P > P_P$
	Наклоняющий момент, тм	$MF_P > MP_P$ (негативное влияние)	$MF_P > MP_P$ (негативное влияние)
ЛПБУ	Нагрузка, т	$F_P < P_P$	$F_P > P_P$
	Наклоняющий момент, тм	$MF_P > MP_P$ (негативное влияние)	$MF_P < MP_P$ (положительное влияние)

Выводы. Выполнение расчетов устойчивости заякоренных сооружений по Правилам ПБУ/МСП требует обязательной оценки влияния системы удержания на результаты расчета. Особое внимание на влияние системы удержания следует обращать в случае малых запасов по критерию погоды.

Расчеты подобного характера являются достаточно сложными и объемными, их выполнение требует больших временных затрат. В связи с этим становится актуальным разработка моделей расчета и программного обеспечения, которое позволит ускорить и упростить процесс проектирования в части расчетов устойчивости заякоренных сооружений.

Перспективой дальнейшего исследования является разработка программного комплекса для расчетов устойчивости заякоренных сооружений.

Библиографический список использованной литературы

1. Гусейнов Ч.С. Обустройство морских нефтегазовых месторождений / Ч.С. Гусейнов, В.К. Иванец, Д.В. Иванец. — М.: ФГУП «Нефть и газ», 2003. — 608 с.

2. Construction Vessels of the World incorporating Diving Support Vessels of the World — Led bury — England: OPL (Oilfield Publication Limited), 96/7 edition. — 548 p., ill.

3. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. — СПб.: Российский Морской Регистр Судоходства, 2012. — 480 с.

Поступила в редакцию 16.12.2013 г.

Благовидова І.Л., Мемет А.І., Особливості розрахунків остійності заякорених шельфових споруд за Правилами Російського Морського Регістра Судноплавства

Виконано аналіз впливу якорної системи позиціонування на остійність у непошкоджену стані за Правилами РС лідостійких плавучих бурових установок.

Ключові слова: плавучі лідостійкі платформи, якорна система позиціонування, забезпечення достатньої остійності, системи утримання, якорні зв'язку, розрахунки остійності.

Blagovidova I. L., Memet A. I. Features of calculations stability of the anchored offshore structures on the rules of the Russian Maritime Register of Shipping

The analysis influence of positioning anchor system on intact stability by Rules RS of ice-resistant floating drilling rigs is made.

Keywords: floating ice-resistant platforms, anchor system of positioning, ensuring sufficient stability, keeping system, anchor wires, stability calculations.