

УДК 553.98

А.И. Василенко, студент

Севастопольский Национальный технический университет

Ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: ryba-asya@mail.ru

С.В. Федоров, канд. техн. наук, науч. сотрудник

Морской гидрофизический институт

ул. Капитанская 2, г. Севастополь, Украина, 99011

E-mail: s.fedorov.mhi@gmail.com

ВЕТРО-ВОЛНОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ОПОРНЫЕ КОЛОННЫ БУРОВЫХ УСТАНОВОК НА ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Выполнены расчеты параметров поверхностного волнения и суммарных нагрузок на опорные колонны самоподъемных буровых установок для условий северо-западного шельфа Черного моря.

***Ключевые слова:** освоение ресурсов шельфа, поверхностные волны, волновые нагрузки, самоподъемные буровые установки.*

Начальные добываемые запасы углеводородов на украинской части Азово-Черноморского бассейна оцениваются в 1,53 млрд. тонн условного топлива. На северо-западный шельф Черного моря приходится 604,1 млн. тонн и еще 346 млн. тонн приходится на континентальный склон и глубоководную впадину. В настоящий момент на северо-западном шельфе открыто 8 газовых и газоконденсатных месторождений, из которых разрабатываются пять.

Увеличение объемов добычи своего газа имеет огромное экономическое значение для Украины. В связи с этим ГАО «Черноморнефтегаз» в 2011 г. начала осваивать Одесское и Безымянное газовые месторождения, суммарные запасы газа в которых составляют 22 млрд. м³. С начала разработки месторождения были построены два блок-кондуктора (БК) и еще два находятся на стадии установки,

83-километровый подводный газопровод, соединяющий БК-1 на Одесском месторождении с морской стационарной платформой МСП-4 на Голицынском месторождении, а также куплены две самоподъемные установки «Незалежність» и «Петр Годованец».

Приобретенные СПБУ являются самыми современными и высокотехнологическими установками, которые эксплуатируются в Азово-Черноморском бассейне. Они способны работать на глубинах до 120 м при штормах с высотами волн до 15 метров и скоростью ветра до 36 м/с.

Основным видом воздействий в незамерзающих морях, оказывающих влияние на прочность и устойчивость буровых установок, являются волновые нагрузки. Мировой опыт добычи углеводородов на континентальном шельфе показывает, что аварийные ситуации возникают при параметрах внешних воздействий значительно ниже допустимых на проектной стадии. В связи с этим особую важность представляют расчеты волновых нагрузок и способы их прогноза. В данной статье на основе прогностических оценок гидрометеорологических параметров в 2012 г. и численных расчетов ветрового волнения выполнены оценки и анализ ветрового и волнового режима, а также нагрузок на опорные колонны СПБУ, работающих на северо-западном шельфе Черного моря.

Цель исследований – определение нагрузок и воздействий на колонны самоподъемной буровой установки.

Для анализа штормовых ситуаций использованы поля скоростей ветра, полученные в результате регионального климатического прогноза над Черным морем [1]. Временной ход скорости ветра в 2012 г. в районе газовых месторождений Одесское и Безымянное показан на рисунке 1.

В целом ветровой режим на северо-западном шельфе в 2012 г. хорошо согласуется с режимными характеристиками Азово-Черноморского бассейна [2]. Осенне-зимний период характеризуется возникновением сильных штормов (7 и более баллов), когда в весенне-летний период сила ветра в среднем составляет 3 балла по шкале Бофорта.

Отличительной особенностью ветрового режима в 2012 г. было возникновение штормовой ситуации 25 мая. Скорости ветра в это время достигали 16 м/с (рисунок 2, б). Для дальнейших расчетов ветрового волнения и нагрузок на опоры самоподъемных буровых установок (СПБУ) были выбраны штормовые ситуации, возникшие 7 февраля и 28 августа 2012 г. Пространственная структура поля скорости ветра для этих штормовых ситуаций показана на рисунке 2.

7 февраля 2012 г. (рисунок 2, а) скорости ветра достигали 23,5 м/с, направление ветра – западное. Общая продолжительность шторма составляла 58 часов, из которых 32 часа скорость ветра превышала 20 м/с, а в остальное время – 18 м/с. Продолжительность шторма 28 августа (рисунок 2, в) составляла 17 часов. Направление ветра – южное, скорости ветра достигали значений 24,5 м/с.

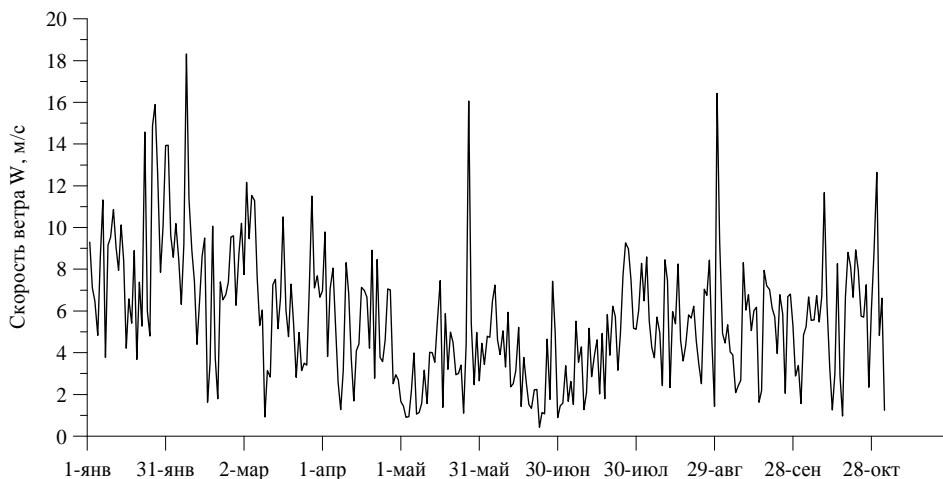


Рисунок 1 – Временной ход скорости ветра в районе Одесского месторождения в 2012 г.

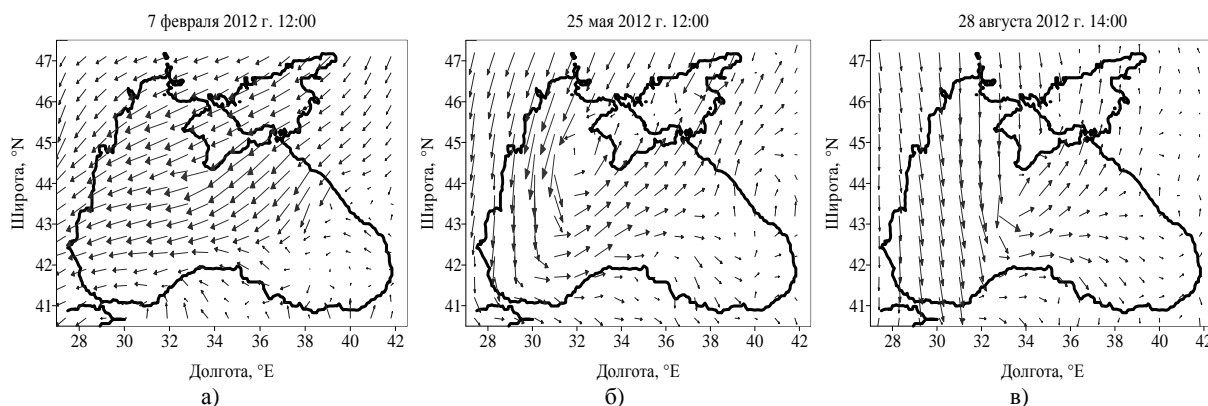


Рисунок 2 – Поле скорости ветра для штормовых ситуаций: а) 7 февраля 2012 г.; б) 25 мая 2012 г.; в) 28 августа 2012 г.

Для расчета параметров ветрового волнения использовалась спектральная волновая модель SWAN [3]. Расчет производился методом вложенных сеток: первая сетка включала в себя весь Азово-Черноморский бассейн, а вторая сетка – северо-западный шельф Черного моря. На рисунке 3 приведено поле значительных высот волн и их направление. Звездочками обозначены места расположения СПБУ и блок-кондукторов, с которых производится добыча и транспортировка газа.

Во время штормовой ситуации 6-8 февраля 2012 г. максимальные высоты волн наблюдались в 21 час 7 февраля. Их величины в месте расположения буровых установок и газодобывающих платформ составляли 4,0...4,6 м. При этом длины и периоды волн составляли 40 м и 5,5...6 с, соответственно.

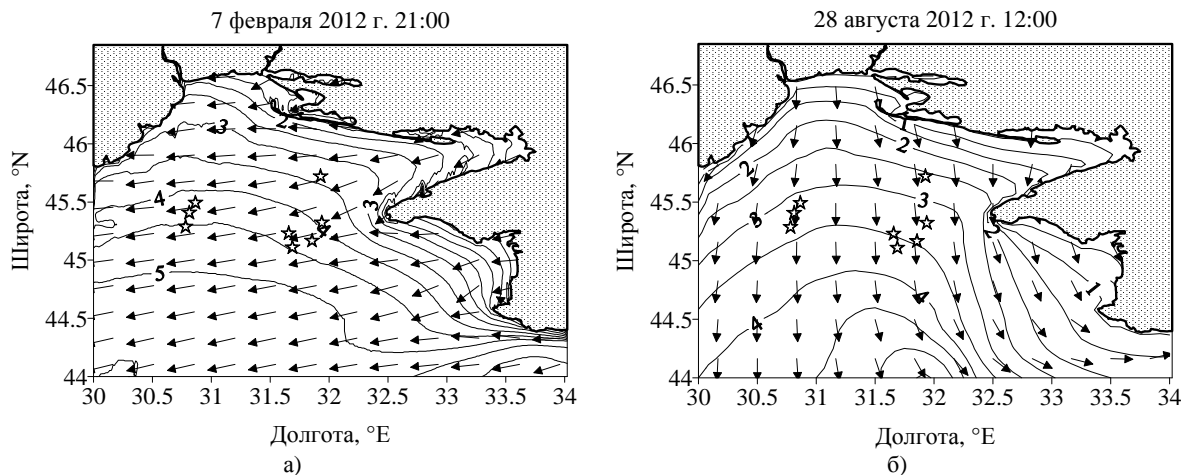


Рисунок 3 – Поле значительных высот волн для штормовых ситуаций: а) 7 февраля 2012 г.; б) 28 августа 2012 г.

Максимальные параметры волнения шторма 28 августа 2012 г. наблюдались в 12 часов дня и составляли: значительные высоты волн 3,2...3,7 м, длины волн 30 м, периоды волн 4,5-5,5 с. Т.к. значительная высота волны $h_s \approx \sqrt{2}h$, реально наблюдаемые величины высот волн могут достигать до 6,5 м и 5,2 м для рассматриваемых штормовых ситуаций.

Волны определяют проектные нагрузки на сооружения шельфа и влияют на их прочность и устойчивость. Расчет величин ветро-волновых нагрузок на опоры СПБУ и точек их приложения для штормовых ситуаций 2012 года выполнен по стандартной методике [4], включающей в себя: расчет гидродинамических (скоростных) волновых нагрузок; расчет инерционных волновых нагрузок; расчет нагрузок от воздействия ветровых течений; расчет суммарных нагрузок и точки приложения результирующих сил.

Результаты расчетов нагрузок на опорные колонны СПБУ «Незалежність» и «Петр Годованец» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета величин ветро-волновых нагрузок, действующих на опоры СПБУ, и точек их приложения

	7 февраля 2012 г.			28 августа 2012 г.						
	Q, МН	M, МН·м	z, м	Q, МН	M, МН·м	z, м				
Гидродинамические волновые нагрузки	0,4	0,1	16,1	10,6	36,8	0,4	0,3	16,7	0,83	37,8
Инерционные волновые нагрузки	2,4	2,3	79,3	77,7	33,6	2,2	2,1	77,3	75,7	35,5
Нагрузки от воздействия ветровых течений	0,07		0,5		7,1	0,07		0,5		7,1
Суммарные нагрузки и положение точки приложения результирующих сил	9,9		177		17,4	7,6		175		17,6

Примечание: в таблице 1 использованы следующие обозначения: Q – суммарная нагрузка на опоры СПБУ; M – суммарный момент, действующий на опоры СПБУ; z – расстояние от дна до точки приложения результирующих усилий.

Выводы

1. Выполнены расчеты поверхностного волнения для Одесского газового месторождения в Черном море для условий зимнего и летнего штормов. Максимальные величины значительных высот волн в месте установки СПБУ составили 4,0...4,6 м и 3,2...3,7 м соответственно для зимних и летних условий.

2. На основании полученных параметров ветрового волнения были произведены оценочные расчеты суммарных нагрузок на опорные колонны СПБУ «Петр Годованец» и «Незалежність». Их величины составили 9,9 МН и 7,6 МН (7600...9900 т.с.) соответственно для зимних и летних штормов. Эти оценки позволяют определить устойчивость платформы на грунте как отношение сил ее опрокидывания и удержания.

Библиографический список использованной литературы

1. Морской Гидрофизический Институт, Отдел взаимодействия атмосферы и океана, Севастополь [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (28304 bytes). — Режим доступа: <http://vao.hydrophys.org/> Wednesday, 05 June 2013 15:08:10.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IV. Черное море. — СПб: Гидрометеоздат, 1991. — С. 354–366.
3. SWAN. Technical documentation. — Delft University of Technology, Faculty of Civil Eng. and Geosciences, Environmental Fluid Mechanics Section. — 2006. — 88 p.
4. Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике: учебное пособие / А.Б. Золотухин [и др.]. — М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. — 770 с.

Поступила в редакцию 29.05.2013 г.

Василенко А.І., Федоров С.В. Вітро-хвильові навантаження на опорні колони бурових установок на шельфі Чорного моря

Виконано розрахунки параметрів поверхневого хвилювання і сумарних навантажень на опорні колони самопідйомних бурових установок для умов північно-західного шельфу Чорного моря.

Ключові слова: освоєння ресурсів шельфу, поверхневі хвилі, хвильові навантаження, самопідйомні бурові установки.

Vasilenko A.I., Fedorov S.V. Wind and wave loads on the columns of the drilling rigs on the Black sea shelf

The calculations of surface waves parameters and the total loads on the columns of jack up rigs for the north-western shelf of the Black Sea are made.

Keywords: development of the shelf resources, surface waves, wave loads, jack-up rig.