

**НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ
ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОЙ СТОЙКИ МОРСКОЙ
СТАЛЬНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ В
ЗОНЕ КОНТАКТА СО ЛЬДОМ.**

доцент В.П. Синцов, аспирант А.Ю. Фурсов,
*Национальная академия природоохранного и курортного
строительства*

Аннотация

Рассмотрена работа опорной стойки морской стальной платформы на основе компьютерной расчетной модели.

Annotation

Considered the column element work of the off-shore steel platform based on computer computational model.

Ключевые слова

Морская стальная стационарная платформа, опорная стойка, металлическая оболочка усиленная бетоном, НДС.

Постановка задачи.

Поскольку месторождения суши доступны и относительно недороги в эксплуатации, как в Украине, так и в мире, они постепенно исчерпываются, нефтегазовые предприятия обращают большее внимание на разработку морских месторождений, которые характеризуются большими запасами углеводородов. Несмотря на то, что самые большие запасы нефти сосредоточены в акваториях незамерзающих морей (Персидский и Мексиканский заливы, юго-восточные моря Азии, залив Маракайбо, Гвинейский залив), следует учитывать разделение частей Мирового океана между различными странами. Поэтому актуальными остаются вопросы разработки месторождений в акваториях северных и арктических морей, таких как Северное, Баренцево, Чукотское и Азовское моря, моря Бофорта, Баффина и другие.

Для разработки данных месторождений используют различные конструкции, при разработке которых используют ряд факторов, влияющих на эффективность бурения и эксплуатации морских скважин с использованием морских нефтегазовых сооружений, а именно: технические, технологические и природные. Среди

природных особенно выделяют ледовые условия.

Геологическими и геофизическими исследованиями на шельфе морей Украины выявлены огромные потенциальные ресурсы нефти и газа. В Украине, как указывалось, морские месторождения углеводородов размещены под дном обоих морей - Черного и Азовского (рис. 1). Одно из них, а именно Азовское, опасно учитывая возможные ледовые нагрузки (рис 2) и может быть классифицировано как северное. Это обстоятельство дало новый импульс проектированию и строительству морских ледостойких нефтегазопромысловых сооружений (далее - морских стальных платформ - МСП), предназначенных для разведки, добычи и хранения продукции скважин.



Рис.1 Карта месторождений углеводородов Азовского моря

Цель работы:

Оптимизировать конструктивную форму опорной стойки морской стационарной платформы с учетом ледового воздействия в условиях Азовского моря. Исследовать ее НДС по сравнению с существующей технологической платформой (МСП) на Восточно-Казантипском месторождении.

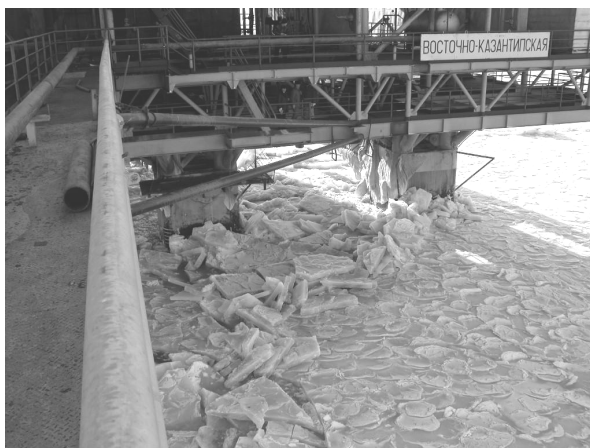


Рис.2 Ледовые условия Азовского моря.

Решение задачи.

Для решения задачи был использован аппарат программного комплекса Лира.

При создании расчетной модели использовались рабочие чертежи КМ существующей технологической платформы ТП Восточно-Казантипская.

Моделирование имитировало возможное нагружение от ледового поля в естественных условиях, заданное согласно рекомендациям по определению ледовых нагрузок - разработчика СНиП 2.06.04-82*, института им. Б.Е. Веденеева.

Суммарная расчетная ледовая нагрузка (для случая одновременного действия на две опоры) составляет 1110 тс.

Численные исследования.

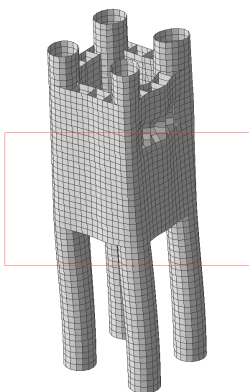
Были разработаны две расчетные модели опорных стоек МСП.

Первая - базовая модель с конструктивным решением опорной стойки, примененным в МСП, установленной в Азовском море на Восточно-Казантипском месторождении. Опорная стойка представлена пространственной конструкцией, состоящей из четырех композитных труб-стоек, объединенных между собой металлическим кожухом. Кожух установлен в зоне переменного смачивания, которая совпадает с зоной ледового воздействия. Композитная труба-стойка состоит из двух труб: внутренней, сечением - 1020x25, внешней, сечением - 1420x20, межтрубное пространство заполнено бетоном. Бетонное заполнение повышает местной устойчивости стенок труб и

увеличивает сопротивление внешней трубы смятию в зоне контакта со льдом. Трубы-стойки объединены между собой листовым кожухом, который подкреплён внутри металлическими ребрами, установленными с определённым шагом.

Вторая - усовершенствованная модель. Конструктивно усовершенствованная модель повторяет во многом базовую модель, то есть. Усовершенствование заключалось в установке наклонных (конусных) конструкций в зоне контакта со льдом. Внутреннее пространство конусных конструкций заполнено бетоном, что позволяет подкрепить металлический листовой конический кожух по всей плоскости, а не дискретно как это было в базовой модели. Результаты других исследователей показывают, что при контакте льда с такой конической защитной конструкцией опорной стойки разрушение ледового поля происходит от изгиба, а не от сжатия. Что в первую очередь к разрушению льда при более низких значениях напряжений, и во вторых, как следствие такое ледовое воздействие приводит к снижению контактного давления на опору.

а)



б)

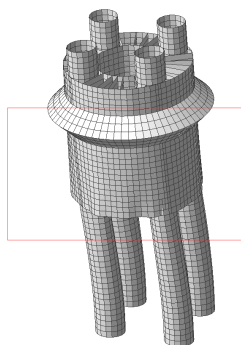


Рис. 3. Расчетная модель опорной стойки МСП.

а - базовая (существующая);

б - усовершенствованная.

Результаты исследований на компьютерных моделях.

Результаты численных экспериментов представлены в виде изополей перемещений узлов сопряжения элементов опорных стоек, изополей нормальных и касательных напряжений в элементах опорных стоек.

Представленные на рисунке 4 перемещения узлов обеих моделей

показывают, что максимальные перемещения в узлов базовой модели (рис. 4а) в районе воздействия льда составляют 11 см, в то время как в усовершенствованной конструкции вследствие увеличения цилиндрической жесткости опорной стойки в зоне ледового воздействия благодаря конусной конструкции перемещения составляют 6 см (рис 4. б). Таким образом перемещения снизились почти в 2 раза.

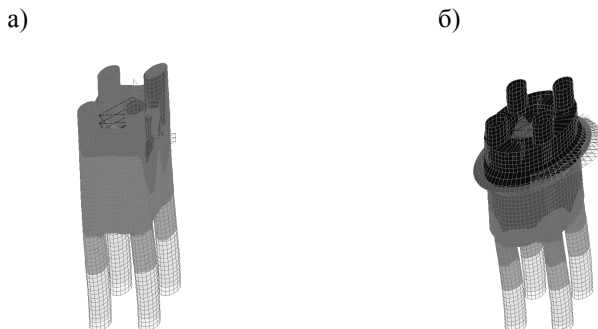


Рис 4. Изополя нормальных перемещений узлов модели опорной стойки МСП: а - базовая (существующая); б - усовершенствованная.

На рис.5.а представлены изополя продольных нормальных напряжений в элементах базовой модели. Продольные напряжения в элементах базовой модели изменяются в пределах $\sigma_x = -113..... + 30 \text{ МПа}$, что ниже уровню расчетного сопротивления металла элементов.

На рис.5.б представлены изополя продольных нормальных напряжений в элементах усовершенствованной модели. Продольные напряжения в элементах усовершенствованной модели изменяются в пределах $\sigma_x = -42..... + 24 \text{ МПа}$, что ниже уровню расчетного сопротивления металла элементов и в 1,5...2 раза ниже уровня напряжений в аналогичных элементах базовой модели.

На рис.6 представлены изополя поперечных продольных нормальных напряжений в элементах базовой и усовершенствованной моделях. Поперечные напряжения в усиливающих элементах - ребрах базовой модели изменяются в пределах $\sigma_x = -87..... + 93 \text{ МПа}$, что ниже уровню расчетного сопротивления металла элементов.

Поперечные напряжения в бетонных подкрепляющих элементах усовершенствованной модели изменяются в пределах

$\sigma_x = -26 \dots +1 \text{ МПа}$, что для высокопрочного бетона класса В60 близко к расчетному сопротивлению на сжатие (призмочной прочности) и в 1,5 раза ниже расчетного сопротивления осевому растяжению.

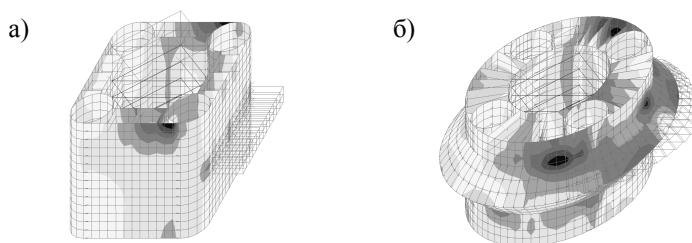


Рис 5. Изополя продольных нормальных напряжений в элементах фрагмента модели опорной стойки МСП: а - базовая (существующая); б - усовершенствованная.

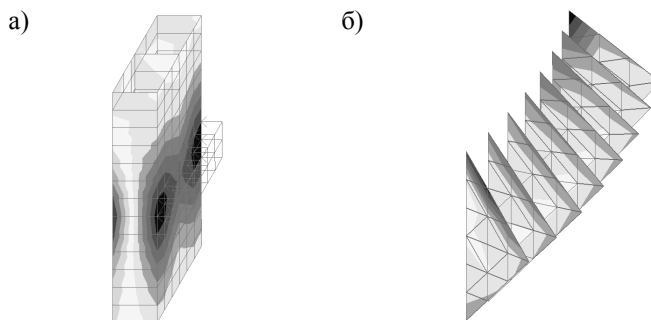


Рис 6. Изополя поперечных напряжений: а - в ребрах жесткости металлического кожуха базовой модели; б - в бетонных элементах подкрепления металлического кожух усовершенствованной модели.

Заключение

Проведенные исследования позволили определить уровень напряжений в элементах опорной стойки и деформативность опорной конструкции МСП.

Выводы

Усовершенствование опорной стойки МСП путем установки конусных конструкций, усиленных бетоном в зоне контакта, приводит

к разрушению ледового поля от изгиба, а не от сжатия. При этом горизонтальное давление льда на опору снижается. Вследствие этого снижается уровень напряжений в элементах опорной стойки МСП.

Уровень напряжений в элементах усовершенствованной опорной стойки МСП в 1,5...2 раза ниже уровня напряжений в аналогичных элементах базовой модели опорной стойки МСП.

Деформации элементов в направлении силового ледового воздействия снизились с 11 см в базовой модели до 6 см в усовершенствованной модели опорной стойки МСП/, т.е. почти в 2 раза.

Применение композитной конструкции ведет к удешевлению строительства, при увеличении жесткости и прочности опорных конструкций МСП.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. - К.: Минстрой Украины. 2006г. – 78 с.
2. ДБН В.2.6- 163:2010 Стальные конструкции. Нормы проектирования. -К.: Минрегионбуд Украины, 2011 – 132 с.
3. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП): по состоянию на 30.06.2008/ Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС).- НД№2-020201-008. Санкт-Петербург, 2008.- 502 с. (библиотека официальных изданий).- ISBN 5-89331-116-7.
4. Барабанов Н. В. Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение, 1981. 551 с.
5. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения. Часть 1. Конструирование: Недра-Бизнесцентр; 2006 г. - 560 стр.
6. Ефремкин И.М., Холмянский М. А., Геоэкологическое сопровождение освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа. М.: Недра, 2008 г. - 250 стр.
7. Мирзоев Д.А., Нефтегазопромысловые ледостойкие сооружения мелководного шельфа. М.: Недра, 1992 г. - 225 стр.
8. Зонин М. С., Дзюбло А. Д., Коллекторы морского нефтегазозоносного комплекса Севера Западной Сибири", М.: Издательство Академии горных наук, 1990 г.

9. Никитин Б.А., Мирзоев Д.А., Богатырева Е.В., "Методика Выбора основного варианта конструкции морских ледостойких платформ", М.: Издательство Академии горных наук 2005 г.
10. Суворова И. А. , "Основы безопасности при проектировании объектов обустройства месторождений углеводородов шельфа арктических морей" М.: Недра, 2001 г.
11. Сукач М. 2009. Проблемы добычи твердых полезных ископаемых со дна мирового дна. «MOTROL» сб.научных трудов. Вып. 11 А. Simferopol-Lublin. 116-123.
12. Г. Г. Матишов, Б. А. Никитин, О. Я. Сочнев. Экологическая безопасность и мониторинг при освоении месторождений углеводородов на арктическом шельфе. 2001 г.
13. Д. А. Мирзоев. "Основы морского нефтегазового дела", Том 1 "Обустройство морских нефтегазовых месторождений", 2009 г.
14. Типы морских стационарных платформ используемых ГАО "Черноморнефтегаз" на шельфе черного и азовского морей /Владимир Синцов, Александр Фурсов// MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. — Lublin, 2012. — Vol. 14, № 6. — P. 39—44.
15. Б. А. Никитин, Д. А. Мирзоев, Е. В. Богатырева. "Морские нефтегазовые промыслы", 2005 г