

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

Владимир Синцов, Александр Фурсов

Симферополь Национальная Академия природоохранного и курортного строительства

г. Симферополь, ул. Павленко, 5, корпус 2, к. 301.

E-mail: alexandr_pro@hotmail.com

Аннотация. В условиях замерзающих морей, морские стационарные платформы подвергаются значительным нагрузкам в области контакта со льдом, представлен вариант конструкции активной защиты опорного блока от ледовых нагрузок, и его сравнение с существующей конструкцией платформы, изучено напряженно деформированное состояние моделей в программном комплексе Ли́ра. Данное сравнение заключается в первую очередь в определении оптимума контактного взаимодействия, при которой ледовая нагрузка на конструкцию будет минимальной и не приведет к его разрушению, а противодействие этой нагрузки будет максимально разрушать лед.

Ключевые слова: ледовая нагрузка, морские стационарные платформы, металл, прочность.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Оптимизировать форму опорной стойки морской стационарной платформы за разработанными моделями ледовых нагрузок.

Основная задача заключалась в том, чтобы подобрать оптимальный угол наклона ледяной льдины, при котором будет происходить наиболее эффективное разрушение. Для этого на платформе представленной как пример на рис. 1, с помощью компьютерного моделирования устанавливаем ледоразрушающий элемент, разбитый на конечные элементы.

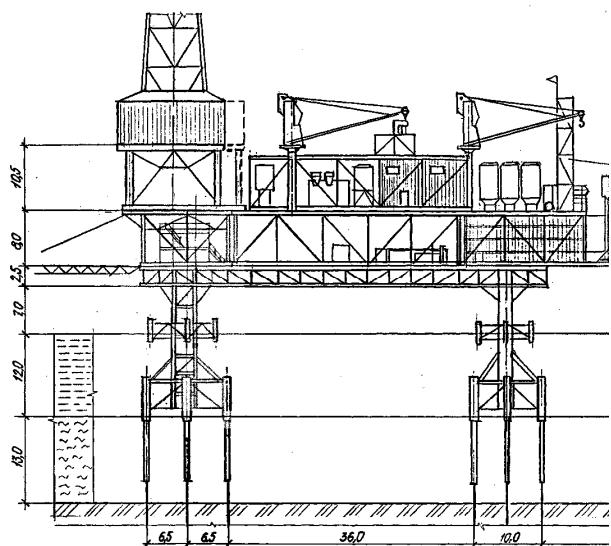


Рис.1. Внешний вид платформы Восточно-Казантипского месторождения.

Figure 1. Presence of the East-Kazantipsk field.

Для реализации построенной расчетной схемы (рис. 2) применим рекомендуемые с этой

целью программные продукты Ли́ра и Ansys.

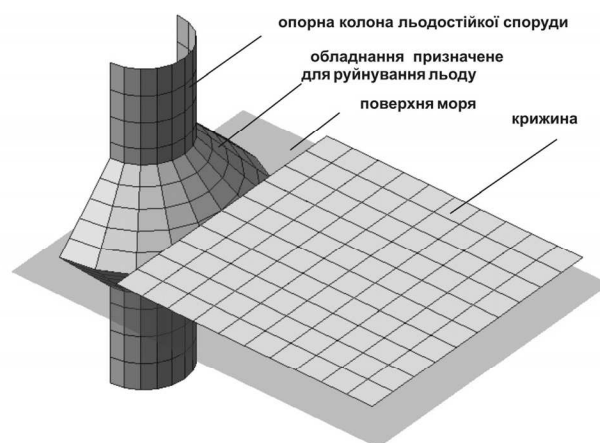


Рис. 2. Расчетная схема ледовой нагрузки
Figure 2. Design scheme of the ice load.

В системе «Ли́ра» используется прямой метод построения уравнений жесткости, который состоит из следующих шагов.

Поле перемещений элемента Δ выражается в терминах конечного числа параметров $\{a\}$. Желательно, чтобы ими были меры свободы в узлах $\{D\}$. Если выбранные параметры $\{a\}$, что не имеют физического смысла, то необходимо задать превращения, которые связывают указанные параметры с теми, что имеют физический смысл мерами свободы $\{D\}$. Поле деформаций ε выражается в терминах мер свободы $\{D\}$ с помощью дифференцирования поля перемещений согласно к соотношениям, которые связывают деформации с перемещениями. С учетом уравнений состояния устанавливается связь между полем напряжений и мерами свободы $\{D\}$. С помощью определения

усилий, статически эквивалентных напряжению, что действует на грани элемента, выводятся выражения для сил в узлах элемента $\{F\}$ в зависимости от вида поля напряжений β . Поскольку поле напряжений выражено в слагаемых $\{D\}$ (шаг 3), то на данном шаге можно связать $\{F\}$ и $\{\Delta\}$. Результирующие соотношения есть, по определению, уравнения жесткости элемента. При применении пакета Ansys используют метод взвешенных невязок. Использование метода конечных элементов для решения с помощью взвешенных невязок заключается в том, что выбрана для аппроксимации независимой переменной пробная функция изначально не удовлетворяет уравнению определения. При этом подстановка пробной функции в дифференциальные уравнения определения приводит к несовпадению («невязки»), которая описывается соответствующей функцией. Таким образом, решение заключается в минимизации интегралу «невязок». Применение этого метода дает возможность не только решать задачу механики твердого деформированного тела, но и учесть физико-химические свойства среды и тел контакта. Сформируем конечноэлементную модель контакта ледового поля с ледоразрушающим элементом (рис.3).

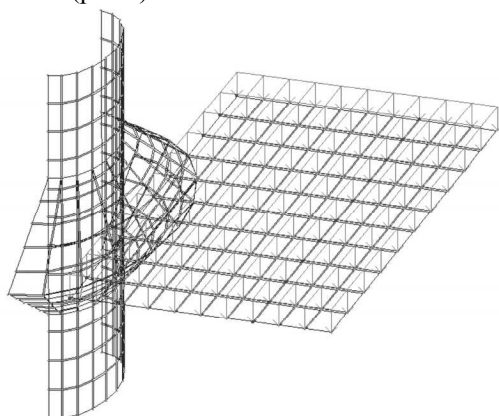
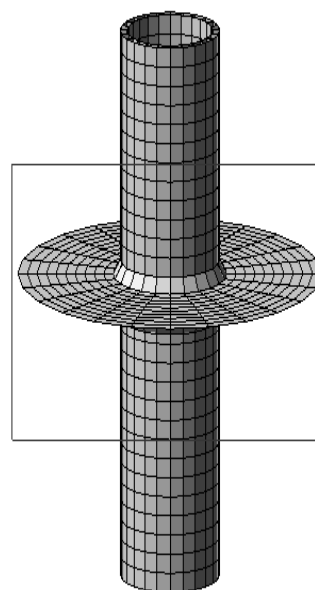


Рис. 3. Конечно-элементная модель разрушения льда.

Figure 3. Finite-element ice destruction model.

Задав исходные параметры льда (см. раздел 1), рассчитаем нагрузку на опорные узлы под действием собственного веса льдины (рис. 4).

Рассмотрим стойку ледостойкой морской стационарной платформы с конусным расширением в зоне контакта с льдом. Стойка представленная в виде двух труб: внутренней 1020x25., внешней 1420x20 межтрубное пространство заполнено



бетоном, что приводит к повышению местной стойкости стенок трубы, повышает сопротивление оболочки смятию в зонах соединений и при ударных действиях. Конусное расширение в зоне контакта с льдом уменьшает давление льда.

Рис. 4. Усовершенствованная стойка морской стационарной платформы.

Figure 4. Enhanced support column of marine stationary platform.

Учитывая все вышеизложенное, при создании расчетной модели ледовое поле строили из плоских элементов типа Ke51 с характеристиками для условий Азовского моря. Дополнение нагрузки к участку ледового поля имитировало возможное перемещение ледового поля в естественных условиях. Для получения картины напряжений – деформированного состояния элементов опорной стойки узлы элементов ледового поля в зоне контакта объединяли с узлами элементов опорной стойки.

Результаты расчета в виде распределения момента напряжений ледового поля и мозаики усилий напряжений представлены, соответственно, на рис. 5 та рис. 6.

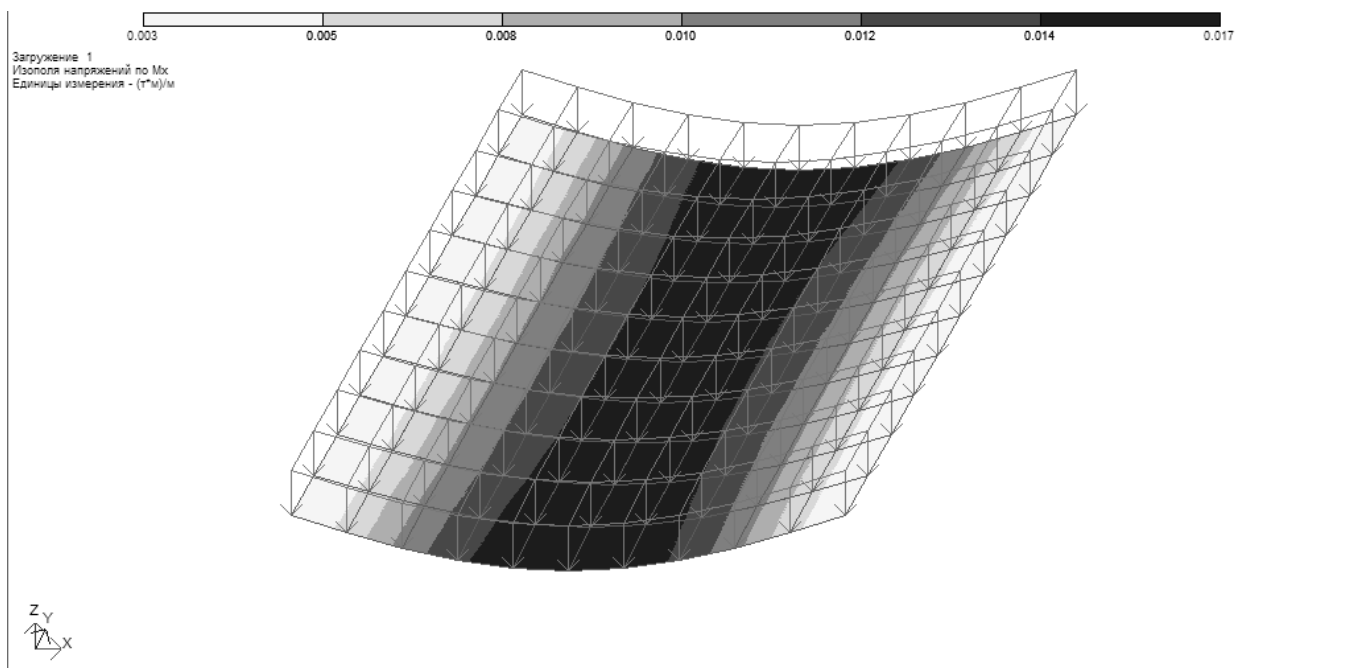


Рис. 5. Распределения момента напряжений ледового поля.
Figure 5. Stress distribution of the ice field.

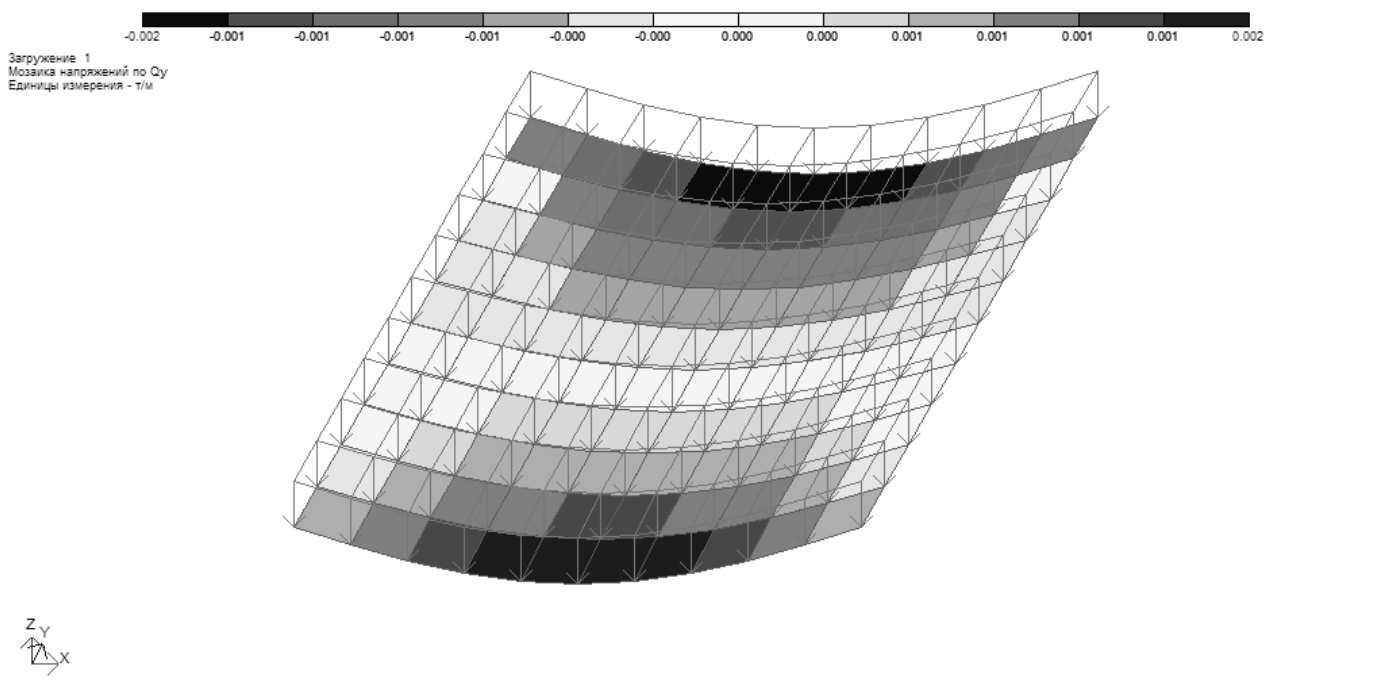


Рис.6. Мозаика усилий напряжений ледового поля.
Figure 6. Mosaic efforts of ice field stress.

Были также получены изополя напряжений (рис. 7) и перемещений (рис. 8) в зоне контакта со льдом.

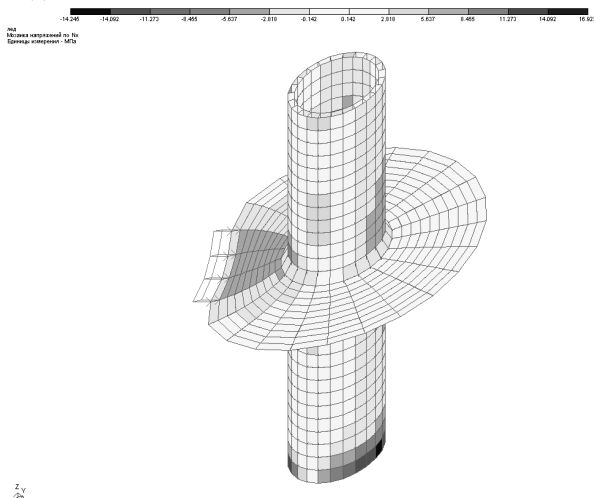


Рис.7. Изополя напряжений расчетной модели.
Figure 7. Stress iso-fields of design model.

Максимальное напряжение в элементах ледового поля составило 4 МПа за прямым методом (приложение А) и 3,75 МПа за методом взвешенных нев'язок (приложение Б). При взаимодействии льда с наклонными конструкциями ледовое поле разрушается от изгиба при напряжении от 0,5 (приложение А) к 1,5МПа (приложение Б) и возникновении трещин. Согласно с полученными результатами происходит разрушение льда в зоне контакта с опорной стойкой, что ведет к снижению нагрузки.

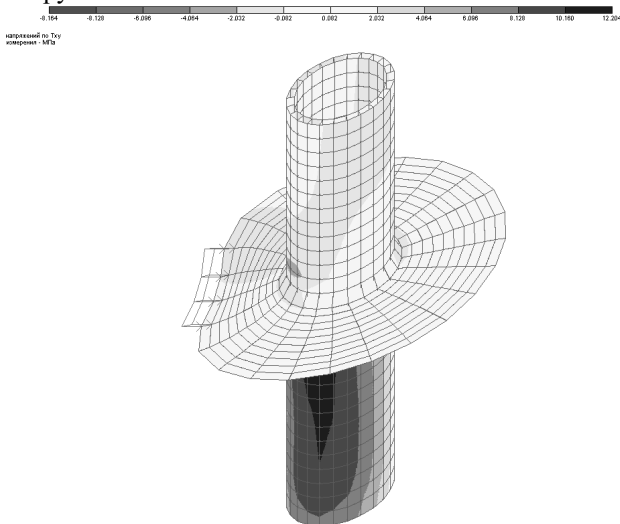


Рис.8. Изополя перемещений расчетной модели.
Figure 8. Movement iso-fields of design model.

Оптимальным углом для разрушения ледового поля игольчатого типа, который надвигается на сооружение 50° (по приложению А) и 54° (по приложению Б). Для разрушения старого, плавающего под поверхностью, льда угол нижнего

конуса определен, 38° (по приложению А) и 43° (по приложению Б). Для разрушения ледовых торосов необходимо оптимизировать прочность конструкции, принимая угол верхнего конуса 53° и нижнего конуса 41° .

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Оптимизация основных размеров опорной стойки морской стационарной платформы за разработанными моделями ледовых нагрузок.

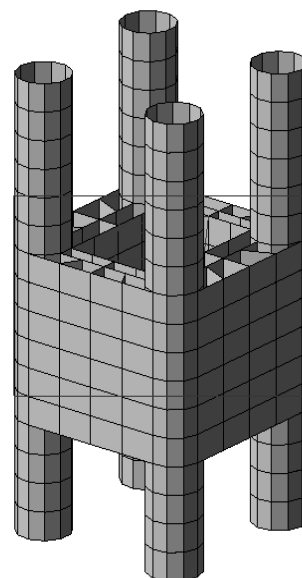
Большая эффективность разрушения льда разработанной конструкции сравнительно с базовыми конструкциями опор морских нефтегазовых сооружений не вызывает сомнения. Однако общая прочность такой конструкции, которая также связана с разрушением торосов, нуждается в обосновании. Поскольку, в предлагаемом варианте был конструктивно изменен опорный блок морской стационарной платформы в зоне контакта с льдом, предлагаем сравнить его с базовой конструкцией, как это рекомендует.

В разработанных моделях (Рис.9 а, б) с оптимизированной формой ледоразрушающего устройству изменим базовую конструкцию опорной колонны на самую сложную из применяемых в Азовском море (рис.9). На рис.10, 11 приведенных результата расчетов стойки и сравненного анализа работы существующего опорного блока и конструктивно измененной стойки опорного блока морской стационарной платформы с использованием рекомендаций относительно расчета контактных напряжений.

Рис.9 Опорная стойка ледостойкой морской стационарной платформы.

а) традиционной

Figure 9. Supporting column of the ice-resistant marine stationary platform. a) traditional



К элементам опорных стоек расчетной модели опорных блоков была приложена горизонтальная нагрузка, что моделирует собой ледовое влияние.

В результате расчетов полученные изополя напряжений в деформационной схеме расчетной базовой модели и конструктивно измененной (рис.10), а также изополя перемещений этих же моделей (рис.11)

ВЫВОДЫ:

Результаты исследований показали, что напряжение в элементах предложенного варианта опорных стоек снизилось на 35-40% по сравнению с напряжениями, которые возникают в аналогичных элементах базовой модели в точках контакта с льдом. Перемещение изменилось в элементах с 58

мм базовой модели до 5мм конструкции предложенного варианта в точках ледового действия. При взаимодействии льда с наклонными конструкциями ледяное поле разрушается от изгиба и возникновения трещин, а это в свою очередь ведет к снижению контактного напряжения, особенно при достаточно больших зонах контакта.

В предложенной конструкции модели опорного блока ледостойкой морской стационарной платформы напряжения и перемещения снизилась за счет изменения цилиндровой формы на конусное расширение, однако величина напряжений и деформаций также влияют на выбор материала и в итоге формируют геометрию конструкции.

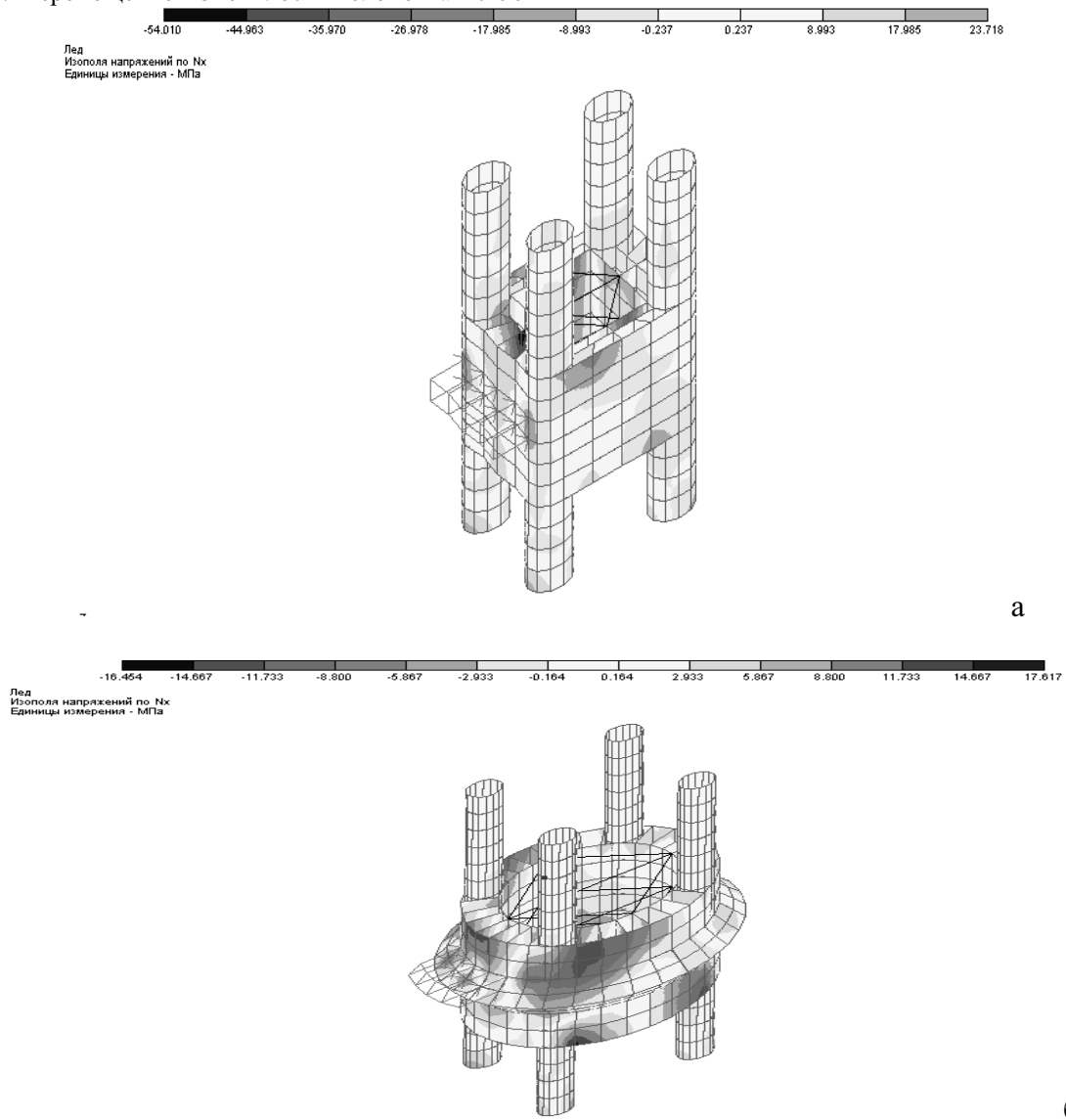


Рис. 10. Изополя напряжений в деформационной схеме расчетной базовой модели (а) и конструктивно измененной (б)

Figure 10. Stress iso-fields of strains scheme in calculated basic model (a) and (b) affirmatively changed

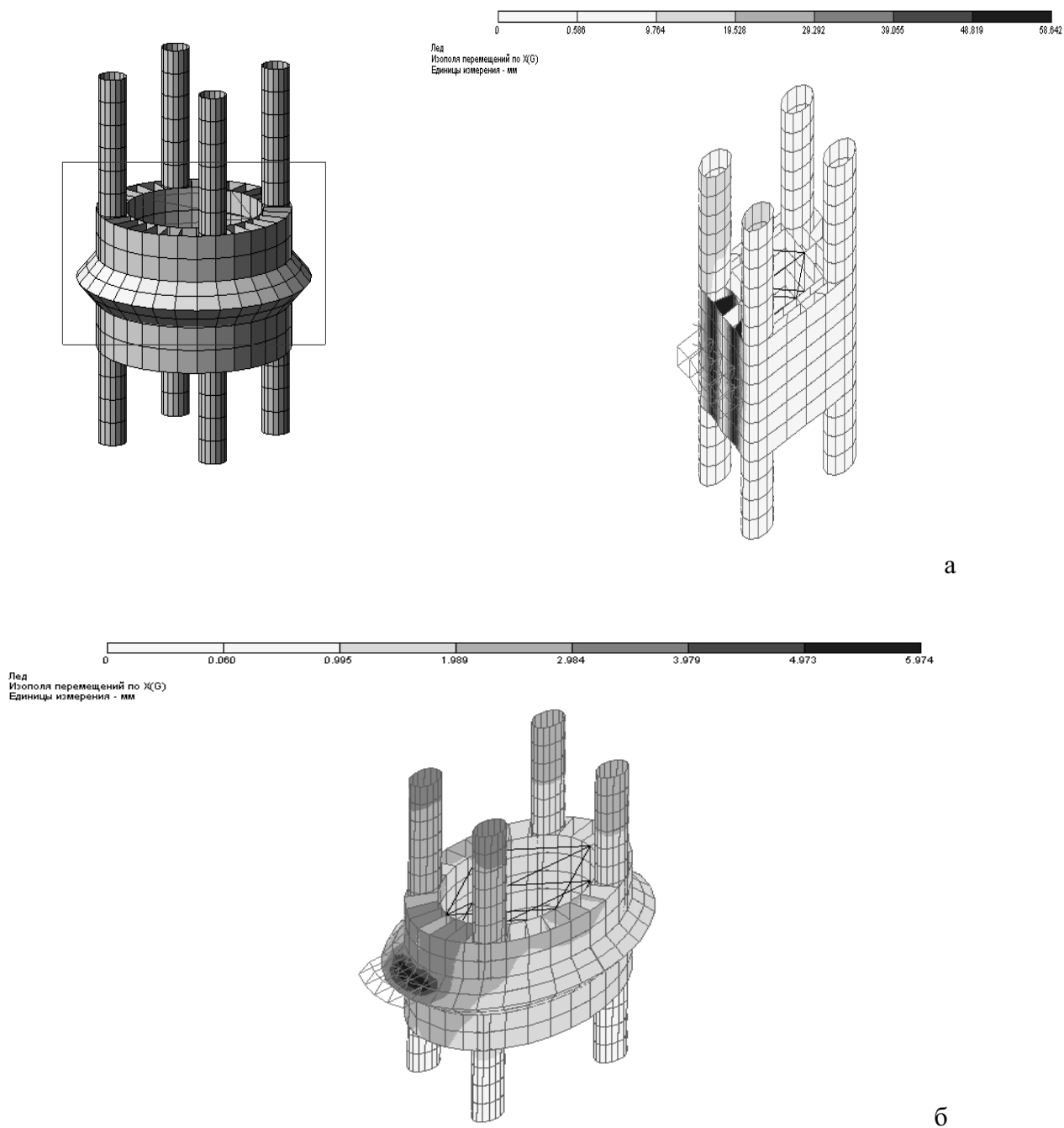


Рис. 11. Изополя перемещений в деформационной схеме расчетной базовой модели (а) и конструктивно измененной (б)

Figure 11. Movement iso-fields of strains scheme in calculated basic model (a) and (b) affirmatively changed

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 36 с.
2. СНиП П-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. Госстрой СССР - М.: ЦИТП, 1990.
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. 1981. Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение.551.
5. Бородавкин П.П. 2006. Морские нефтегазовые сооружения. Часть 1. Конструирование: Недра-Бизнесцентр; 560 .

6. Ефремкин И. М., Холмянский М.А. 2008. "Геоэкологическое сопровождение освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа".
7. Мирзоев Д.А. 1992. "Нефтегазопромысловые ледостойкие сооружения мелководного шельфа".
8. Зонин М.С., Дзюбло А.Д., 1990. "Коллекторы морского нефтегазоносного комплекса Севера Западной Сибири".
9. Никитин Б.А., Мирзоев Д.А. 2005. "Методика выбора основного варианта конструкции морских ледостойких платформ".
10. И.А. Суворова : "Основы безопасности при проектировании объектов обустройства месторождений углеводородов шельфа арктических морей", 2001 г.
11. Матишов Г.Г., Никитин Б.А., Сочнев О.Я. 2001: "Экологическая безопасность и мониторинг при освоении месторождений углеводородов на арктическом шельфе".
12. Мирзоев Д.А. 2009."Основы морского нефтегазового дела", Том 1 "Обустройство морских нефтегазовых месторождений".
13. Фурсов А.Ю. Типы морских стационарных Платформ используемые гао "Черноморнефтегаз" на шельфе черного и азовского морей /// MOTROL. — Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. — Lublin, 2012. — Vol. 14, № 6. — P. 39—44.
14. Мирзоев Д.А., Богатырева Е.В.2005. "Морские нефтегазовые промыслы".
15. Оганов А.С. 2001. "Многозабойное бурение скважин- развитие, проблемы и успехи".
16. Сукач М. 2009. Проблемы добычи твердых полезных ископаемых с мирового дна . «MOTROL» сб.научных трудов. Вып. 11 А. Simferopol-Lublin. 116-123.

STRESS STRAIN BEHAVIOR OF THE SUPPORTING COLUMN ELEMENTS OF OFF-SHORE STEEL FIXED PLATFORM IN THE ICE CONTACT AREA

Summary: In the freezing seas, offshore fixed platforms are at high loads at the ice contact zone, presented a variation of the design of jacket active protection from ice loads, and compared with the existing design of the platform, studied stress strain behavior of models in the software complex Lira. This comparison is the first to determine the optimum contact interaction, in which the design ice load will be minimal and will not lead to its destruction, and the opposition of the load will be possible to destroy the ice.

Key words: ice loads, off-shore steel stationary platform, metal, strength.