ISSN 1814-5566 print
ISSN 1993-3517 online
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS
2012, ТОМ 18, НОМЕР 4, 255–265
УДК 624.014:624.047.2

(12)-0276-1

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРАНСПОРТНОЇ РАМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПАЛУБИ ЛЬОДОСТІЙКОЇ СТАЛЕВОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ

В. П. Синцов, В. О. Митрофанов, О. В. Синцов, С. В. Митрофанов
Національна академія природоохоронного і курортного будівництва,
вул. Павленко, 5, м. Сімферополь, АР Крим, Україна, 95006.
E-mail: sin59@bk.ru

Отримана 30 листопада 2012; прийнята 21 грудня 2012.

Анотація. Стаття присвячена питанням облаштування морських родовищ. За результатами державної експертизи родовище імені В. Філановського є найбільшим за запасами нафти родовищем, відкритим у Росії за останні 10 років. 2013 року планується запустити першу чергу з чотирма гідротехнічними спорудами, почати буріння та ввести в експлуатацію. Однією з гідротехнічних споруд є льодостійка сталева платформа (ЛСП). Ця споруда представляє собою два сталевих опорних блоки, об'єднаних між собою багатоярусною сталевою палубою. Виготовлення палуби буде здійснюватися на спеціальній сталевій конструкції – транспортно-монтажній рамі, яка дозволить транспортувати багатоярусну сталеву палубу на точку облаштування на баржі. У роботі наведені дані досліджень напружено-деформованого стану (НДС) елементів транспортної рами під багатоярусну сталеву палубу льодостійкої сталевої платформи (ЛСП). Транспортна рама являє собою систему перехресних сталевих балок. Розроблена просторова модель системи «багатоярусна сталева палуба – транспортна рама». Досліджено ПДВ елементів просторової моделі при навантаженнях на період виготовлення палуби, закладу конструкцій палуби з транспортною рамою на баржу і період транспортування в море при рекомендованих нормованих хвильових навантаженнях. Представлені результати чисельних досліджень напружено-деформованого стану елементів транспортна рама.

Ключові слова: палуба, льодостійка сталева платформа (ЛСП), транспортна рама, кінцевий елемент, метод кінцевого елемента, розрахункова модель.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ РАМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПАЛУБЫ ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В. П. Синцов, В. А. Митрофанов, А. В. Синцов, С. В. Митрофанов
Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
ул. Павленко, 5, г. Симферополь, АР Крым, Украина, 95006.
E-mail: sin59@bk.ru

Получена 30 ноября 2012; принята 21 декабря 2012.

Аннотация. Статья посвящена вопросам обустройства морских месторождений. По результатам государственной экспертизы месторождение имени В. Филановского является самым крупным по запасам нефти месторождением, открытым в России за последние 10 лет. В 2013 году планируется запустить первую очередь с четырьмя гидротехническими сооружениями, начать бурение и ввести в эксплуатацию. Одним из гидротехнических сооружений является ледостойкая стальная платформа

(ЛСП). Данное сооружение представляет собой два стальных опорных блока, объединенных между собой многоярусной стальной палубой. Изготовление палубы будет осуществляться на специальной стальной конструкции – транспортно-монтажной раме, которая позволит транспортировать многоярусную стальную палубу на точку обустройства на барже. В работе приведены данные исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов транспортной рамы под многоярусную стальную палубу ледостойкой стальной платформы (ЛСП). Транспортная рама представляет собой систему перекрестных стальных балок. Разработана пространственная модель системы «многоярусная стальная палуба – транспортная рама». Исследовано НДС элементов пространственной модели при нагрузках на период изготовления палубы, заведения конструкций палубы с транспортной рамой на баржу и период транспортировки в море при рекомендованных нормированных волновых нагрузках. Представлены результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния элементов транспортная рама.

Ключевые слова: палуба, ледостойкая стальная платформа (ЛСП), транспортная рама, конечный элемент, метод конечного элемента, расчетная модель.

STRESSED-DEFORM STATE OF THE TRANSPORT FRAME FOR TRANSPORTING ICE-RESISTANT STEEL DECK PLATFORM TO THE CASPIAN SEA

Vladimir Sintsov, Vladimir Mitrofanov, Alexander Sintsov, Sergey Mitrofanov

National Academy of Environmental Protection and Resort Development,
5, Pavlenko Str., Simferopol, Crimea, Ukraine, 95006.
E-mail: sin59@bk.ru

Received 30 November 2012; accepted 21 December 2012.

Abstract. The article deals with offshore fields. According to the results of examination of state field name V.Filanovskogo the largest reserves of oil field discovered in Russia in the past 10 years. In 2013, plans to launch the first place with four hydraulic works, start drilling and put into operation. One of the waterworks is ice-resistant steel platform (LSP). This building is two steel bearing blocks connected together multi-tiered steel deck. Manufacturing will be on the deck of a special steel structure – transport and mounting frame, which will transport the multilayered steel deck at the point of settlement at the barge. The paper presents the research findings of the stress-strain state (SSS) of the elements of the transport frame under tiered steel deck steel ice-resistant platform (LSP). Transport frame is a system of cross steel beams. Developed a three-dimensional model of the «multi-layered steel deck – transport frame». Investigated the VAT element of the spatial model with loads for the period of manufacture decks, deck construction establishments with tranmportnoy frame on a barge and during transport and the sea at the recommended normalized wave loads. The results of numerical studies of the stress – strain state of the elements of the transport frame.

Keywords: deck, off-shore construction, transport frame, eventual element, method of eventual element, calculation model.

Постановка задачи

Запасы сырой нефти в бассейне Каспийского моря ориентировочно составляют от 4 до 8, а по некоторым западным данным – и до 18 процентов всех мировых запасов. Месторождение имени В. Филановского названо в честь известного нефтяника Владимира Филановского, внесшего большой вклад в развитие нефтяной отрасли страны. «Лукойл» объявил об открытии крупнейшего многопластового нефтегазоконденсатного месторождения на лицензионном участке Северный, на структуре Южно-Ракушечная, которое расположено в 220 км от Астрахани. Скважина-первооткрывательница дала фонтанный приток легкой безводной малосернистой нефти дебитом более 800 т/сут. при депрессии 0,2 МПа [1, 2].

По результатам международных экспертов данное месторождение является самым крупным по запасам нефти месторождением, открытым в России за последние 10 лет [3].

«Лукойл» планирует ввод в эксплуатацию это уникальное месторождение на Северном Каспии в 2013–2014 гг. Планируется запустить первую очередь с четырьмя гидротехническими сооружениями, на следующий год – проведение газо- и нефтепроводов к береговым сооружениям и далее на газоперерабатывающий комплекс [3].

Одним из гидротехнических сооружений является ледостойкая стальная платформа (ЛСП), представленная на рис. 1. Данное сооружение представляет собой два стальных опорных блока, объединенных между собой многоярусной стальной палубой. На палубе располагаются технологические кубрики, обсадные трубы, буровой станок [6, 13, 14].

Изготовление палубы будет осуществляться на специальной стальной конструкции – транспортно-монтажной раме, которая позволит транспортировать многоярусную стальную палубу на точку обустройства на барже [9–12].

Рисунок 1. Общий вид платформы.

Цель расчета

Проверка прочности элементов транспортно-монтажной рамы и соответствие их конструкций требованиям норм [4, 5, 8] в режиме изготовления многоярусной стальной палубы, перемещения всей транспортно-монтажной рамы (ТР) и многоярусной верхнего строения палубы (ВСП) по стройплощадке на специальных грузоподъемных устройствах – скидах фирмы «ALE» к причалу, перемещение по барже и транспортировка ТР с ВСП на барже морем с учётом ветра и качки [4, 13].

Транспортная рама (ТР) состоит из верхней и нижней части (ТРВ1 и ТРВ2 соответственно). Расчетная модель основана на исходных данных, предоставленных заказчиком, и выполнена для всех частей и конструкций платформы.

Транспортная рама представляет собой систему перекрестных балок, расположенных взаимно перпендикулярно между собой (рис. 2). Рама образована следующими элементами:

– продольные балки по цифровым осям;
– поперечные балки по буквенным осям;

По технологическим требованиям (техническим условиям заказчика) транспортная рама разделена на два строения:

– верхнее строение, которое включает в себя верхнюю часть (1/2 сечения) поперечных балок и опорные столики, установленные на верхние пояса поперечных балок в местах опирания на них верхнего строения ЦТП (палубных конструкций);
– нижнее строение, которое включает в себя нижнюю часть (1/2 сечения) поперечных

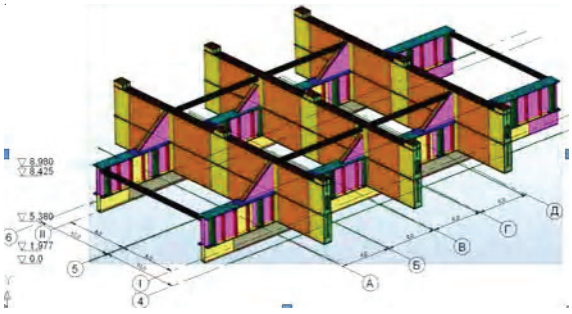

Рисунок 2. Общий вид пространственной модели ТМР.

балок и продольные балки, под которые согласно технологии устанавливают домкраты для последующей надвижки транспортной рамы с закрепленным на ней верхним строением ЦТП (с палубными конструкциями) на транспортную баржу.

Поперечные балки запроектированы в виде коробчатой балки с поясами из листов 65 × 1 000 мм и стенок 28 × 6 388 с вставками 40 × 6 388 мм. Распорки приняты из круглой трубы 530 × 36 по ГОСТ 8732-78, сталь марки С255, по ТУ14-3-829-79.

В местах примыкания верхней части поперечных балок верхнего строения транспортной рамы к продольным балкам нижнего строения транспортной рамы, по оси продольных балок запроектированы элементы усиления. Пояса элементов усиления приняты сечением 65 × 500 мм, стенки толщиной 32 мм, укрепленные поперечными ребрами толщиной 32 мм.

Расчетная модель соответствует требованиям РМРС (Приложение 2 Часть II. Корпус МСП).

Модели выполнены в программном комплексе «Лира 9.6» .Типы конечных элементов:

– тип 5 – пространственный стержень с осевой, сдвиговой, изгибной и крутильной жесткостью, соответствует одномерным стержневым элементам и балочным элементам;
– тип 42 – треугольный и 44 – четырехугольный конечный элемент оболочки с осевой, сдвиговой, изгибной и крутильной жесткостью, соответствует пластинам и оболочкам.

Количество для первой и второй модели: узлов 68 609; элементов 72 114. Количество для третьей модели: узлов 81 540; элементов 77 625.

Модели включают в себя основные и специальные элементы конструкции ТМР, жесткость которых задана (рис. 3–4).

Закрепления выполнены:

– для первого варианта (нагрузка на ТМР от МСП). Закрепление ТМР выполнены внизу в местах контакта ТР с домкратами. Они выполнены с ограничением перемещений по трем направлениям X, Y, Z, узлы крепления (рис. 4);
– для второго варианта (перемещение при помощи домкратов). Закрепление ТМР выполнены вверху в местах контакта ТМР с МСП. Они выполнены с ограничением перемещений по трем направлениям X, Y, Z;
– для третьего варианта (транспортирование на барже по морю). Закрепление ТР выполнены внизу.

По границе контакта балок и дополнительных опор с палубой баржи они выполнены с ограничением перемещений по трем направлениям X, Y, Z.

Нагрузки смоделированы приближенными к реальности и прикладывались в виде пакета сосредоточенных сил. Расчетная схема, назначение жесткостей, объединения перемещений, нагрузки задаются в редакторе «Расчетная схема Лира 9.6». Результаты расчета представляются визуально «Графический анализ Лира 9.6» и в виде таблиц «Печать таблиц и Документирование Лира 9.6».

Общий вид модели приведен на рис. 4.

Расчетные нагрузки

Нагрузки разделены на две категории: весовые и вызываемые воздействием окружающей среды (не весовые). Каждая категория включает постоянные и переменные нагрузки. К постоянным нагрузкам относятся [4, 5, 7]: собственный вес несущих и ограждающих конструкций. Переменные нагрузки разделяются на временные (длительные и кратковременные) и особые [5, 7]: ветровые нагрузки. Список загружений расчетной схемы приведены в таблице 1.

Нагрузки прикладываются в места установки домкратов. Пример разбивки на группы и

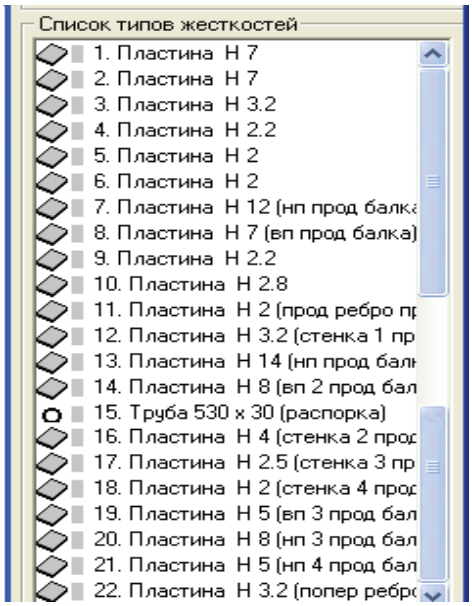

Рисунок 3. Перечень типов жесткости расчетной схемы ТМР.

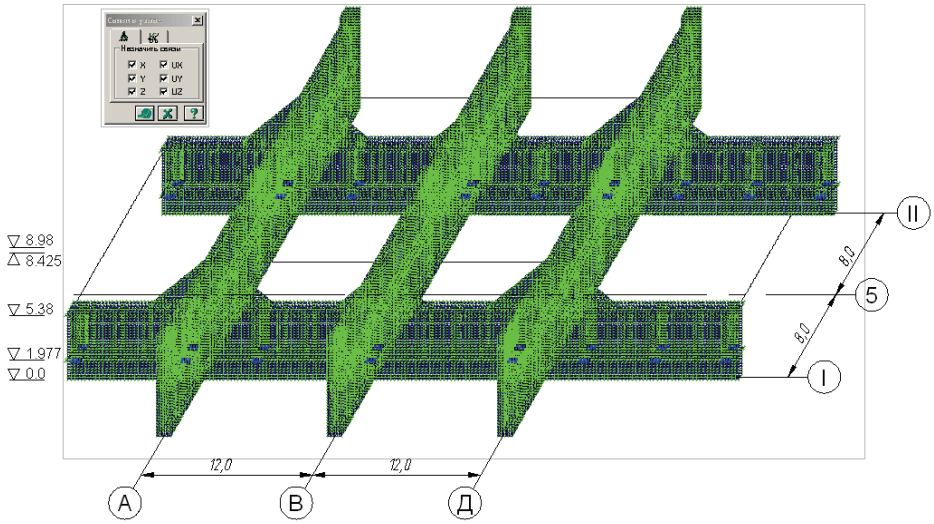

Рисунок 4. Общий вид расчетной схемы 1. Закрепление платформы для первого варианта.

Таблица 1. Список загружений расчетной схемы

Номер загружения	Наименование загружения
L1	Собственный вес транспортной рамы и её частей.
L2	Нагрузка от верхнего строения платформы (ВСП) на верхнюю часть транспортной рамы (ТР): при сборке ВСП на стройплощадке с основными восемью опорами
L3	Вес верхнего строения платформы ВСП без ветра
L4	Верхнего строения платформы с учётом ветра
L5	Горизонтальная нагрузка от ветра со скоростью 30 м/с на ВСП
L6	Горизонтальная инерционная нагрузка от ТР при перемещении скидами фирмы «ALE»
L7	Горизонтальная инерционная нагрузка от ВСП при перемещении ВСП+ТР скидами фирмы «ALE»
L8	Нагрузка на транспортную раму от ВСП при транспортировке на барже морем
L9	Нагрузки от групп домкратов (скидов) фирмы «ALE» при перемещении по стройплощадке (к причалу) – этап 1.
L10	Нагрузки от групп домкратов (скидов) фирмы «ALE» при перемещении на барже – этап 2.

места установки домкратов для первого этапа приведены на рис. 5.

Расчетные сочетания нагрузок

1. Сборка верхнего строения на верхней части транспортной рамы. (L1–1 + L2)
2. Перемещение нижней части рамы по стройплощадке скидами ALE для сборки с верхней частью (L1–2 + L6).
3. ВСП и ТР в сборе с ветром. (L1–3 + L4 + L5)
4. Перемещение всей транспортной рамы и ВСП по стройплощадке скидами «ALE» к причалу этап 1. (L1 + L3 + L6 + L7) схема с закреплением в местах установки скидов.
5. Перемещение всей транспортной рамы и ВСП по стройплощадке скидами ALE к причалу этап 1. (L9 (L9–1 ... L9–9)) схема с закреплением в местах опирания ВСП.

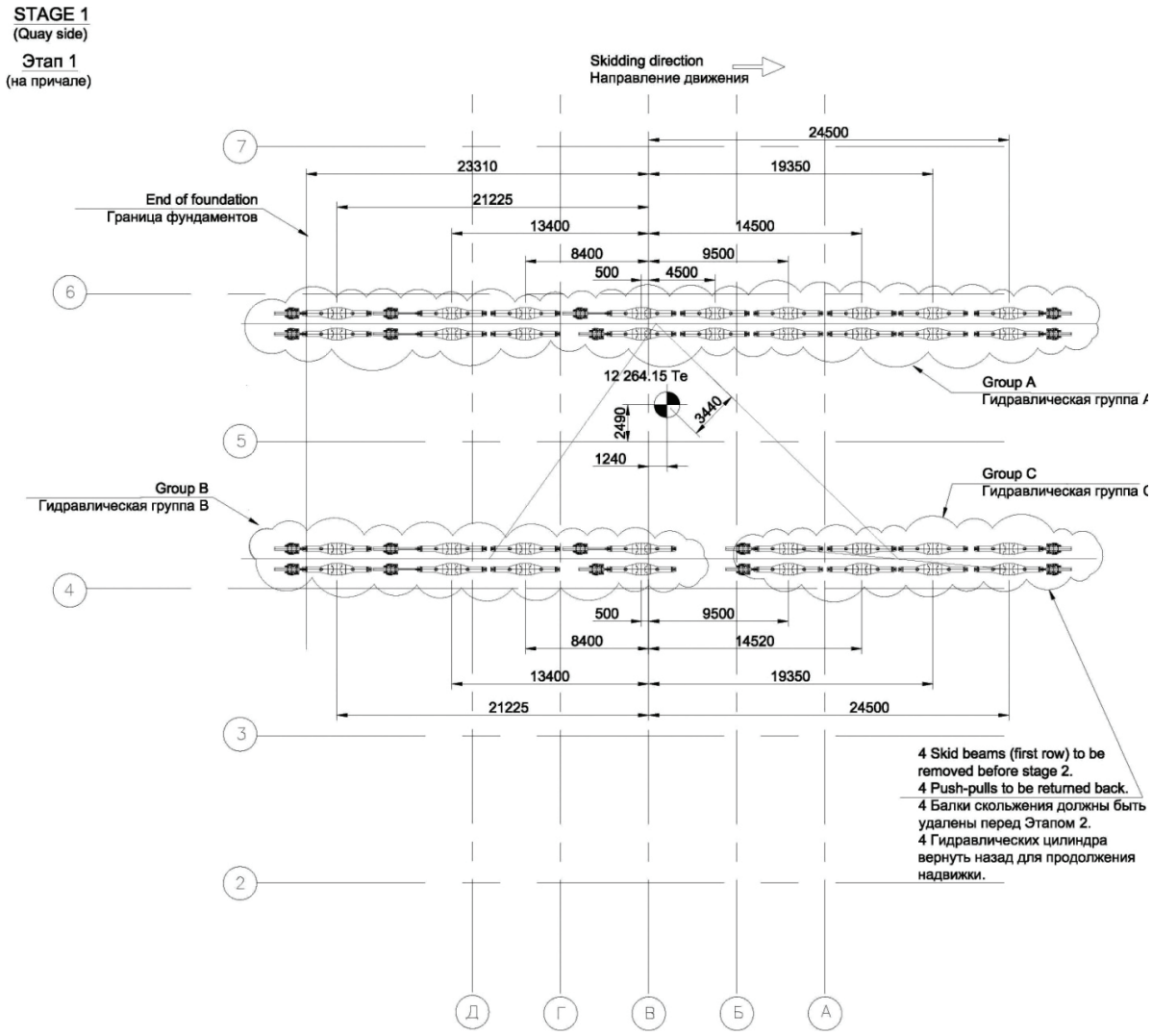

Рисунок 5. Разбивка на группы и места установки домкратов для первого этапа.

6. Перемещение всей транспортной рамы и ВСП по барже этап 2. (L1+L3+L6+L7) схема с закреплением в местах установки скидов.
7. Перемещение всей транспортной рамы и ВСП по барже этап 2. (L10 (L10–1 ... L10–9)) схема с закреплением в местах опирания ВСП.
8. Транспортировка транспортной рамы и ВСП на барже морем с учётом ветра и качки (L1–3 + L1–3 × az / g + L8). Где az – вертикальная составляющая ускорения во время качки az = 1,20 м/с^2 из расчёта транспортировки ВСП на барже для точки расположенной на удалении X = 16 м; Y = 12 м от центра вращения. Для точки расположенной в центре вращения acz = 1,125 м/с^2.

Критерии предельной прочности

Проверка элементов балок (поясов, стенки) по напряжениям выполнена по следующим формулам (п. 2.4.2.3; 2.4.2.4 [4]):

– при определении напряжений в расчетных сечениях балок набора и по середине поля пластины:

$$\sigma_d = \sigma_e;$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2},$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – компоненты напряжений в конструкции в рассматриваемой точке, каждый из которых учитывает совместное действие глобальных и локальных нагрузок;

– предельные критерии прочности в рабочем режиме и при транспортировке:

$$\sigma_x \le \eta_1 R_d;$$

$$\sigma_y \le \eta_1 R_d;$$

$$\tau_{xy} \le 0{,}57\eta_1 R_d;$$

$$\sigma_{pl} \le \eta_1 R_d;$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – комплекты напряжений в конструкции в рассматриваемой точке, каждый из которых учитывает совместное действие глобальных и локальных нагрузок;

σ_{pl} – максимальные изгибные напряжения в пластине, определенные на опорном контуре, при действии местных нагрузок;

η_1 – коэффициент безопасности (табл. 2.4.2.5 [4]);

R_d – расчетный предел текучести материала, согласно табл. 2.

Стали для транспортной рамы и расчетные характеристики п. 1.1.4.3 [4].

Критерий устойчивости определяется выражением 2.4.3.2 «Корпус» [4]:

$$\sigma_x \le \eta_2 \sigma_{кр},$$

где σ_x – расчетные напряжения в конструкции для заданного расчетного режима, МПа;

$\sigma_{кр}$ – критические напряжения, МПа;

η_2 – коэффициент безопасности.

Гибкость сжатых элементов, λ, должна удовлетворять условию 2.4.3.4 «Корпус» [4]:

$$\lambda = \frac{l_e}{\rho} \le \lambda_{\max},$$

где l_e – эффективная длина стержня, мм;

ρ – минимальный радиус инерции площади поперечного сечения, мм;

$\lambda_{\max}$ – максимальная допускаемая гибкость.

Коэффициент безопасности, η_{20}, при проверке устойчивости сжатых элементов 2.4.3.5 «Корпус» [4]:

$$\eta_{20} = 0{,}67, \text{ если } \lambda \ge \lambda_0,$$

$$\eta_{20} = 0{,}84\,(1 - 0{,}2\lambda / \lambda_0), \text{ если } \lambda < \lambda_0,$$

где $\lambda_0 = \sqrt{2\pi 2E}/R_p$;

R_p – расчетный предел текучести материала, МПа.

Коэффициент безопасности при проверке устойчивости сжато-изгибаемых элементов 2.4.3.6 «Корпус» [4] должен удовлетворять следующему условию:

$$\eta_2 / \eta_{20} + \sigma_{xu} / [\sigma] \le 1,$$

где σ_{xu} – действующее напряжение, вызванное изгибом, МПа;

[σ] – допускаемые напряжения, МПа.

Согласно требований РМРС [4], все расчетные факторы должны быть не более допускаемых напряжений.

Результаты расчета

Напряжения в элементах транспортной рамы представлены в виде изополей напряжений (рис. 6–7). В результатах расчета представлены наиболее нагруженные части транспортной рамы при различных схемах загружений для верхней и нижней части транспортной рамы.

При конструировании элементов транспортной рамы учтены результаты конструктивного

Таблица 2. Расчетные характеристики применяемых сталей

Марка стали	Толщина, мм	Временное сопротивление R_m, МПа	Расчетный предел текучести R_d, *МПа*	Коэффициент безопасности, η_1	Расчетные напряжения $\sigma_d = R_d\eta_1$, МПа	Расчетные напряжения $\tau = 0{,}58R_d\eta_1$, МПа
D32W	30	400–510	315	0,68	214,2	122,1
D32W	$30 \le t \le 50$	400–510	295	0,68	200,6	114,3
D32W	$50 \le t \le 70$	400–510	280	0,68	190,4	108,5
D40W	30	510–60	390	0,68	265,2	151,16
D40W	$30 \le t \le 50$	510–660	370	0,68	251,6	143,4
D40W	$50 \le t \le 70$	510–660	366	0,68	248,9	141,8

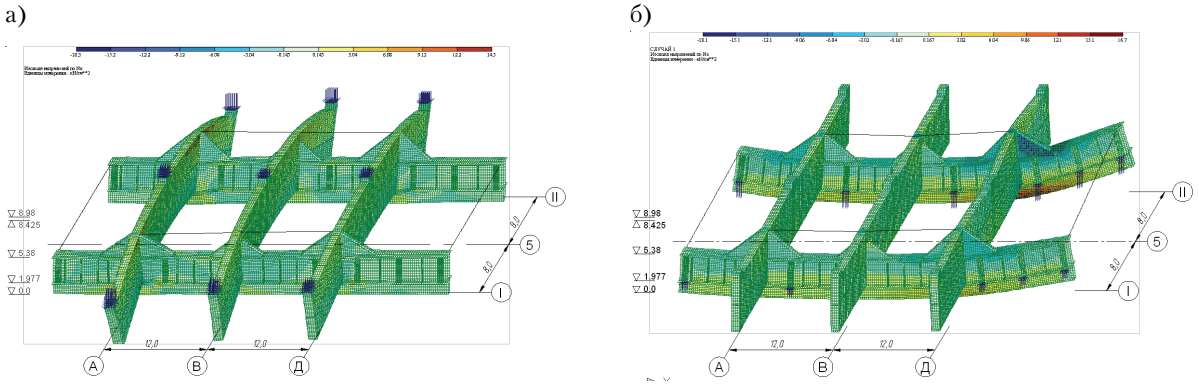

Рисунок 6. Напряжения по «X»: а) вариант нагружения I; б) вариант нагружения II.

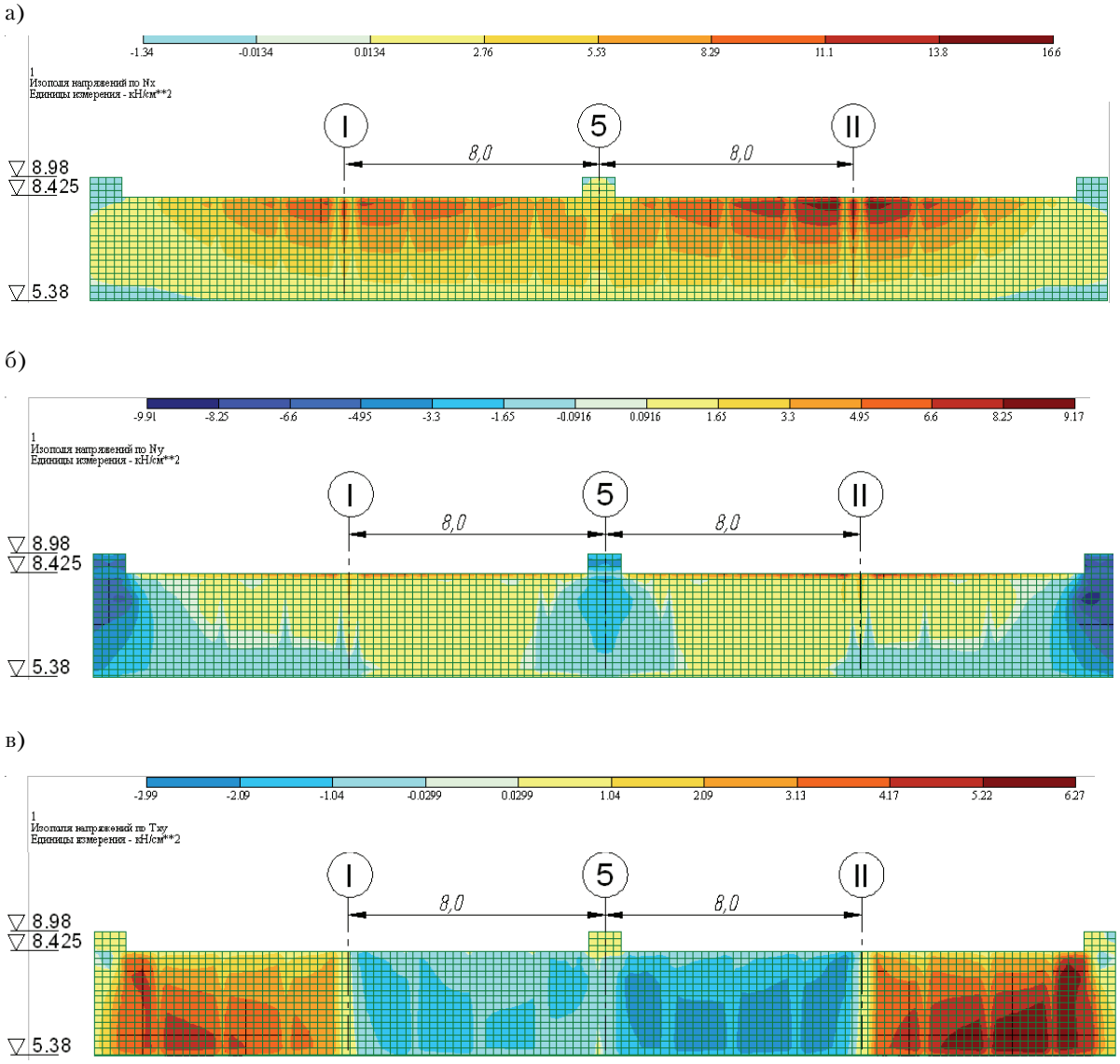

Рисунок 7. Изополя напряжений в стенке коробчатой балки: а) продольные напряжения σ_{max} = 166 МПа; б) поперечные напряжения σ_{max} = –99,1 МПа; в) касательные напряжения τ_{max} = 62,7 МПа.

расчета. В стенках и полках балок транспортной рамы на отдельных участках, где наблюдается превышение внутренних напряжений над расчетным сопротивлением стали, будут предусмотрены конструктивные мероприятия по снижению уровня напряжений.

Данные мероприятия предусматривают:

- установку дополнительных ребер;
- увеличение толщины листового проката в зоне высоких внутренних напряжений.

Вывод

Созданная пространственная модель транспортной рамы позволила определить сечения элементов составных балок коробчатого сечения и их напряженно-деформированное состояние. По результатам расчета была запроектирована конструкция транспортной рамы, необходимая при изготовлении верхнего строения (многоярусной палубы) ЛСП и ее транспортировке на точку установки.

Литература

1. Бочкарев, А. В. Катагенез и прогноз нефтегазоносности недр [Текст] / А. В. Бочкарев, В. А. Бочкарев. – М. : ОАО ВНИИОЭНГ, 2006. – 324 с.
2. Бочкарев, В. А. Направленные поиски нефтяных, нефтегазовых и газоконденсатных месторождений в российском секторе Каспия [Текст] / В. А. Бочкарев, Е. В. Сербина // Геология, бурение и разработка нефтяных месторождений Прикаспия и Каспийского моря и нефтегазоносности Волгоградского Поволжья. – Волгоград : ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть», 2003. – Вып. 61. – С. 12–21.
3. Бочкарев, В. А. Прогноз фазового состояния УВ в залежах Самурско-Центрально-Каспийской системы поднятий [Текст] / В. А. Бочкарев, П. А. Карпов, Е. В. Сербина // Вопросы геологии и нефтегазоносности Волгоградского Поволжья. – Волгоград : ООО «ЛУКОЙЛ – ВолгоградНИПИморнефть», 2002. – Вып. 59. – С. 12–21.
4. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП) [Текст] : по состоянию на 30.06.2008 / Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС). – НД № 2-020201-008. – Офиц. изд. – Санкт-Петербург, 2008. – 502 с. – ISBN 5-89331-116-7. – (Библиотека официальных изданий).
5. Правила классификации, постройки и оборудования морских судов [Текст] : по состоянию на 30.04.2008 / Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС). – НД № 2-020101-052. – Офиц. изд. – Санкт-Петербург, 2008. – 480 с. – ISBN 5-89331-120-5. – (Библиотека официальных изданий).
6. ВСН 51.3-85. Ведомственные строительные нормы. Проектирование морских стационарных платформ [Текст]. – М. : Мингазпром, 1985. – 66 с.
7. СНиП 2.01.07-85*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия [Текст]. – Взамен главы СНиП II-6-74 ; введ. 1987-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
8. СНиП II-23-81*. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции [Текст]. – Взамен

References

1. Bochkarev, A. V.; Bochkarev, V. A. Katagenesis and forecast of oil and goes content of resources. Moscow: VNIIOENG, 2006. 324 p. (in Russian)
2. Bochkarev, V. A.; Serbina, E. V. Directed search of oil, oil and goes and goes-condensate deposit in Caspian Sea Russian sector. In: *Geology, drilling and development of oil deposit of Caspian Sea region and oil and goes content of Volga region*. Volgograd: LUKOIL-VolgogradNIPImorneft, 2003, Vol. 61, p. 12–21. (in Russian)
3. Bochkarev, V. A.; Karpov, P. A.; Serbina, E. V. Forecast of phase state in deposit of Samursk Central Caspian System of lifting. In: *Problem of geology and oil and gas content of Volga region*. Volgograd: LUKOIL-VolgogradNIPImorneft, 2002, Vol. 59, p. 12–21. (in Russian)
4. Russian register of shipping of navigation, Rules of classifying, construction and equipment of floating drilling rig and offshore fixed platform in effect on 30.06.2008. ND № 2-020201-008. St. Petersburg, 2008. 502 p. ISBN 5-89331-116-7. (in Russian)
5. Russian register of shipping of navigation. Rules of classifying, construction and equipment of sea crafts in effect on 30.06.2008. ND № 2-020101-052. St. Petersburg, 2008. 480 p. ISBN 5-89331-120-5. (in Russian)
6. VSN 51.3-85. Departmental building norms, Design of the offshore fixed platform. Moscow: Mingazprom, 1985. 66 p. (in Russian)
7. SNiP 2.01.07-85*. Building Norms and Regulations. Loads and actions. Moscow: FGUP TsPP, 2005. 44 p. (in Russian)
8. SNiP II-23-81*. Structural Rules and Regulations. Steel structures. Moscow: FGUP TsPP, 2005. 90 p. (in Russian)
9. Kulagin, V. D. Analysis and arrangement of catching vessel. Textbook, the second edition, processing and add. Leningrad: Sudostroenie, 1986. 392 p. (in Russian)
10. Guralnik, B. S.; Meiler, L. E. Estimation of ship sitting, stiffness and movement during maintenance. Kaliningrad: BGA RF, 2003. 28 p. (in Russian)

СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 ; введ. 1982-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 90 с.
9. Кулагин, В. Д. Теория и устройство промысловых судов [Текст] : Учебник для вузов. / В. Д. Кулагин – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1986. – 392 с.
10. Гуральник, Б. С. Оценка посадки, остойчивости и поведения судна в процессе эксплуатации [Текст] / Б. С. Гуральник, Л. Е. Мейлер. – Калининград : БГА РФ, 2003. – 28 с.
11. Смирнов, Н. Г. Теория и устройство судна [Текст] : Учебник / Н. Г. Смирнов. – М. : Транспорт, 1992. – 248 с.
12. Барабанов, Н. В. Конструкция корпуса морских судов [Текст] / Н. В. Барабанов. – Л. : Судостроение, 1981. – 551 с.
13. Бородавкин, П. П. Морские нефтегазовые сооружения [Текст]. Часть 1. Конструирование / П. П. Бородавкин. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2006. – 560 с.
14. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе [Текст] : Учебник для вузов / Г. В. Симаков, К. Н. Шхинек, В. А. Смелов [и др.]. – Л. : Судостроение, 1989. – 328 с. – ISBN 5-7355-0071-6.

11. Smirnov, N. G. Analysis and arrangement of vessel. Textbook. Moscow: Transport, 1992. 248 p. (in Russian)
12. Barabanov, N. V. Body design of ships. Leningrad: Sudostroenie, 1981. 551 p. (in Russian)
13. Borodavkin, P. P. Sea oil and gas structures the first part. Design engineering. Moscow: Nedra-Biznestsentr, 2006. 560 p. ISBN 5-8365-0260-9. (in Russian)
14. Simakov, G. V.; Shhinek, K. N.; Smelov, V. A. et al. Sea hydraulic engineering structures on the continental shelf. Textbook. Leningrad: Sudostroenie, 1989. 328 p. ISBN 5-7355-0071-6. (in Russian)

Синцов Володимир Петрович – доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: металеві конструкції висотних споруд зв'язку та нетрадиційних джерел енергії (вежі і щогли), металеві каркаси багатоповерхових будівель при сейсмостійкому будівництві, опорні конструкції морських сталевих стаціонарних платформ.

Митрофанов Володимир Олексійович – доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: металеві конструкції висотних споруд зв'язку та нетрадиційних джерел енергії (вежі і щогли), металеві каркаси багатоповерхових будівель при сейсмостійкому будівництві, опорні конструкції морських сталевих стаціонарних платформ.

Синцов Олександр Володимирович – асистент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: складові балки, каркаси малоповерхових будівель при сейсмостійкому будівництві, опорні конструкції морських сталевих стаціонарних платформ.

Митрофанов Сергій Володимирович – асистент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: металеві конструкції структурних систем покриття, металеві каркаси багатоповерхових будівель при сейсмостійкому будівництві, опорні конструкції морських сталевих стаціонарних платформ.

Синцов Владимир Петрович – доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: металлические конструкции высотных сооружений связи и нетрадиционных источников энергии (башни и мачты); металлические каркасы многоэтажных зданий при сейсмостойком строительстве; опорные конструкции морских стальных стационарных платформ.

Митрофанов Владимир Алексеевич – доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: металлические конструкции высотных сооружений связи и нетрадиционных источников энергии (башни и мачты); металлические каркасы многоэтажных зданий при сейсмостойком строительстве; опорные конструкции морских стальных стационарных платформ.

Синцов Александр Владимирович – ассистент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: составные балки, каркасы малоэтажных зданий при сейсмостойком строительстве; опорные конструкции морских стальных стационарных платформ.

Митрофанов Сергей Владимирович – ассистент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: металлические конструкции структурных систем покрытия; металлические каркасы многоэтажных зданий при сейсмостойком строительстве; опорные конструкции морских стальных стационарных платформ.

Vladimir Sintsov – Associate Professor; Department of Metallic and Wooden Constructions of the National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: metallic constructions of high structures of connection and untraditional energy sources (towers and masts); metallic frameworks of multistory buildings at seismic resistant building; entablatures of marine steel stationary platforms.

Vladimir Mitrofanov – Associate Professor; Department of Metallic and Wooden Constructions of the National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: metallic constructions of high structures of connection and untraditional energy sources (towers and masts); metallic frameworks of multistory buildings at seismic resistant building; entablatures of marine steel stationary platforms.

Alexander Sintsov – assistant; Department of Metallic and Wooden Constructions of the National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: component beams; metallic frameworks of multistory buildings at seismic resistant building.

Sergey Mitrofanov – assistant; Metallic and Wooden Constructions Department, National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: metal structures of constructional coating system; metal frame of multistory buildings under antiseismic construction; supporting structures of offshore steel fixed platforms.