



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**

2014, ТОМ 20, НОМЕР 3, 139–149

УДК 624.014:624.047.2

(14)-0313-2

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ НЕРОЗРІЗНОЇ ТРАНСПОРТНО-МОНТАЖНОЇ РАМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПАЛУБИ ЛЬОДОСТІЙКОЇ СТАЛЕВОЇ ПЛАТФОРМИ**

**В. П. Синцов, В. А. Митрофанов, А. В. Синцов, С. В. Митрофанов**

*Національна академія природоохоронного та курортного будівництва,*

*5, вул. Павленко, м. Сімферополь, АР Крим, Україна, 95006.*

*E-mail: sin59@bk.ru*

*Отримана 14 квітня 2014; прийнята 24 жовтня 2014.*

**Анотація.** Стаття присвячена питанням напружено-деформованого стану (НДС) елементів нерозрізної транспортно-монтажної рами (НТМР) при транспортуванні окремих конструкцій морських платформ при облаштуванні морських родовищ. Родовище імені В. Філановського є найбільшим щодо запасів нафти родовищем, відкритим в Росії за останні 10 років. У 2013 році побудовано 77 км підводного нафтопроводу зовнішнього транспорту нафти і 61 км підводного газопроводу, а також 40 км міжпромислового нафтопроводу і 40 км газопроводу, які пов'язують родовища ім. Філановського та ім. Юрія Корчагіна. Одним з гідротехнічних споруд є льодостійка сталева платформа (ЛСП). Дана споруда являє собою два сталевих опорних блоки, об'єднаних між собою багатоярусною сталевією палубою. У 2014 р. на опорні основи будуть встановлені верхні будови платформ. Виготовлення палуби здійснюють на суднобудівному заводі в Астрахані, а подальше транспортування до місця облаштування вимагає спеціальної сталевієї конструкції – НТМР, яка дозволить транспортувати багатоярусну сталеву палубу на точку облаштування на баржі. У роботі наведені дані досліджень НДС елементів НТМР під багатоярусну сталеву палубу льодостійкої сталевієї платформи (ЛСП). НТМР являє собою систему перехресних сталевих важких ферм. Розроблено просторову модель системи «багатоярусна сталева палуба – нерозрізна транспортна – монтажна рама». Досліджено НДС елементів просторової моделі при навантаженнях на період підведення і установа палуби на НТМР, переміщення НТМР з палубою по будівельному майданчику до навантаження на баржу, усанова палуби на НТМР із закріпленою на ній палубою на баржу і період транспортування по річці і морю відповідно до рекомендованих нормованих хвильових навантажень. Надано результати чисельних досліджень НДС елементів НТМР.

**Ключові слова:** багатоярусна палуба, льодостійка сталева платформа (ЛСП), нерозрізна транспортно-монтажна рама (НТМР), кінцевий елемент, метод кінцевого елемента, розрахункова модель.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ НЕРАЗРЕЗНОЙ ТРАНСПОРТНО-МОНТАЖНОЙ РАМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПАЛУБЫ ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ**

**В. П. Синцов, В. А. Митрофанов, А. В. Синцов, С. В. Митрофанов**

*Национальная академия природоохоронного и курортного строительства,*

*5, ул. Павленко, г. Симферополь, АР Крым, Украина, 95006.*

*E-mail: sin59@bk.ru*

*Получена 14 апреля 2014; принята 24 октября 2014.*

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов неразрезной транспортно-монтажной рамы (НТМР) при транспортировке отдельных конструкций

морских платформ при обустройстве морских месторождений. Месторождение имени В. Филановского является самым крупным по запасам нефти месторождением, открытым в России за последние 10 лет. В 2013 году построено 77 км подводного нефтепровода внешнего транспорта нефти и 61 км подводного газопровода, а также 40 км межпромыслового нефтепровода и 40 км газопровода, которые связывают месторождения им. Филановского и им. Юрия Корчагина. Одним из гидротехнических сооружений является ледостойкая стальная платформа (ЛСП). Данное сооружение представляет два стальных опорных блока, объединенных между собой многоярусной стальной палубой. В 2014 г. на опорные основания будут установлены верхние строения платформ. Изготовление палубы осуществляется на судостроительном заводе в Астрахани, и дальнейшая транспортировка к месту установки требует специальной стальной конструкции – НТМР, которая позволит транспортировать многоярусную стальную палубу на точку обустройства на барже. В работе приведены данные исследований НДС элементов НТМР под многоярусную стальную палубу ледостойкой стальной платформы (ЛСП). НТМР представляет собой систему перекрестных стальных тяжелых ферм. Разработана пространственная модель системы «многоярусная стальная палуба – неразрезная транспортно – монтажная рама». Исследовано НДС элементов пространственной модели при нагрузках на период подводки и установки палубы на НТМР, перемещение НТМР с палубой по строительной площадке до погрузки на баржу, заведения НТМР с закрепленной на ней палубой на баржу и период транспортировки по реке и морю при рекомендованных нормированных волновых нагрузках. Представлены результаты численных исследований НДС элементов НТМР.

**Ключевые слова:** многоярусная палуба, ледостойкая стальная платформа (ЛСП), неразрезная транспортно-монтажная рама (НТМР), конечный элемент, метод конечного элемента, расчетная модель.

## RESEARCH OF A CONTINUOUS TRANSPORT-MOUNTING FRAME ELEMENTS BEHAVIOR WHILE TRANSPORTING FOR STEEL DECK OFFSHORE PLATFORM

Vladimir Sintsov, Vladimir Mitrofanov, Alexander Sintsov, Sergey Mitrofanov

*National Academy of Environmental Protection and Resort Construction,*

*24, Pershotrtavnevy Av., Poltava, Ukraine, 36011.*

*E-mail: sin59@bk.ru*

*Received 14 April 2014; accepted 24 October 2014.*

**Abstract.** The article deals with issues concerning the stress-strain state (SSS) of a continuous transport-mounting frame (CTMF) elements while transporting separate offshore platform structures in the process of offshore field development. The field, named after Vladimir Filanovsky is the largest oil reserve field discovered in Russia during the past 10 years. In 2013 77 km of submarine pipeline external oil transportation and 61 km of submarine pipeline and 40 km interfield pipeline and 40 kilometers of the pipeline were built, which bind them to the Filanovsky field and Yuri Korchagin field. One of the waterworks is ice-resistant steel platform (LSP). The given construction represents two steel support blocks of interconnected multi-tiered steel deck. Topsides will be installed on support bases in 2014. Deck construction is performed on the shipyard in Astrakhan and the further transportation to maintenance site demands specific steel construction – CTMF, which will allow transportation of multilayer steel deck on the barge point arrangement. SSS research data of CTMF elements for multilayer steel deck of ice-resistance steel offshore platform (ISOP) are given in the work. CTMF represents the system of cross heavy steel trusses. Dimensional model of the «multi-layer steel deck – Continuous cutting transport – mounting frame» has been developed. One has investigated element SSS of the dimensional model under load for a period liner and install deck on CTMF, removing of CTMF with the deck on the building site prior to loading onto the barge, CTMF placing with deck attached to it on a barge and during transport on the river and the sea under recommended normalized wave loads. The results of SSS numerical studies of CTMF elements are given.

**Keywords:** multilayer steel deck, ice-resistant steel offshore platform (ISOP), continuous transport-mounting frame (CTMF), finite element, finite-element method, design model.

### Problem statement

V. Filanovsky field is named after the famous oilman Vladimir Filanovsky, who made a great contribution to the development of oil branch of the country. Lukoil announced the opening of the largest multi-layer oil and gas field in the license area «North», on the structure «South-Rakushechnoje», which is located 220 km from Astrakhan [1, 2]. According to the results of international experts, this field is the largest oil reserves field discovered in Russia in the last 10 years [3].

«Lukoil» plans to install topsides on support bases of the platform in 2014. It is planned to start the first stage with four waterworks in 2014 – conducting gas and oil pipelines to shore facilities and further to the gas processing plant [3].

One of the main waterworks is ice-resistant steel offshore platform (ISOP) presented in Figure 1. This construction represents two steel support unit, united by the multi-tiered steel deck. Technological crew's accommodation, casing, drilling rigs are located on the deck [6, 13, 14].

Construction of the steel deck now is practically completed. For delivery of the deck with technological equipment has been designed continuous transport-mounting frame (CTMF).

The first variant of CTMF represents the space system of cross beams and has weight of 1 400 tons. The second variant of CTMF – the space system of cross heavy steel trusses.

The goal was maintaining the strength and stiffness characteristics of CTMF and the weight must not exceed – 1 000 tons. For calculations of weight steel deck with production equipment was set – 11 264 tonnes and accounting for all dynamic stresses resulting from the airborne and pitching transport barge [9–12].

### Purpose of calculating. Design model creation

While performing a design, one should provide resistance of CTMF elements and compliance of their constructions with the relevant regulations [4, 5, 8] in the transportation mode of CTMF with the installed-tiered superstructure deck (SD) on the construction site on special lifting devices – «Skid-shoes» of the company «MAMMOET» to the dock, moving on the barge and transportation of CTMF by means of SD on the barge on the river and the sea, taking into account wind and pitching.

CTMF has been created on the basis of initial data provided by the customer and takes into account all the geometrical parameters of the SD and «skid-shoes» location.

Continuous transport-mounting frame is a system of cross heavy trusses located mutually perpendicular to each other. CTMF is formed by the following elements (Fig. 1):

- longitudinal trusses on digital axes;
- transverse trusses on lattergram axes;
- braced trusses set by between the transverse trusses provide the perception of the load from the SD and CTMF geometric immutability.

According to technology requirements (technical conditions of the customer) there should be heavy-duty units of bottom chord in longitudinal trusses, under which, in compliance with the technology, jacks for subsequent sliding of transport frame on the transport barge with USP and CPP (deck constructions) based on it are installed.

Longitudinal and transverse trusses are designed as heavy-duty trusses with chords consisting from channels and lattice elements from jointed flange beam. At the same time, the requirements for acceptable element misalignment converging into a single node have been observed. Cross-sections of longitudinal and transverse trusses is shown in Fig. 2.

Technological requirements for longitudinal trusses have reinforced nodes of the lower belt. For lifting the SD under the reinforced nodes mounted jacks. Next is the sliding of the CTMF with the SD on a transport barge (TB), that is shown in Fig. 3.

High-strength steel sheet with special requirements for welding in terms of carbon dioxide was used while cross-section grouping of CTMF bearing and braced elements.

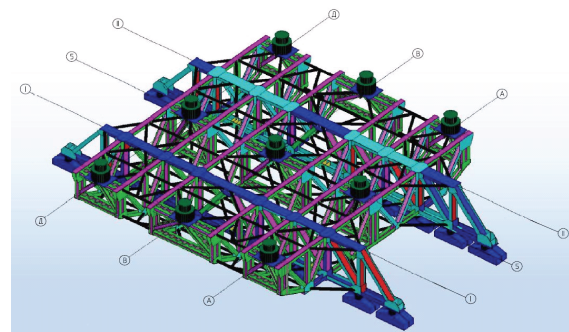
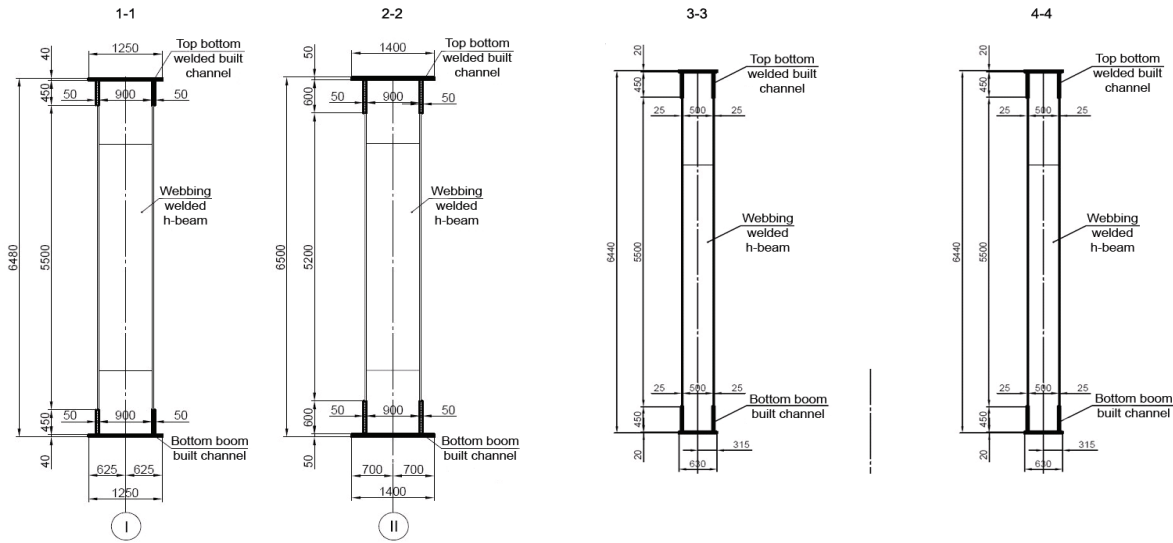
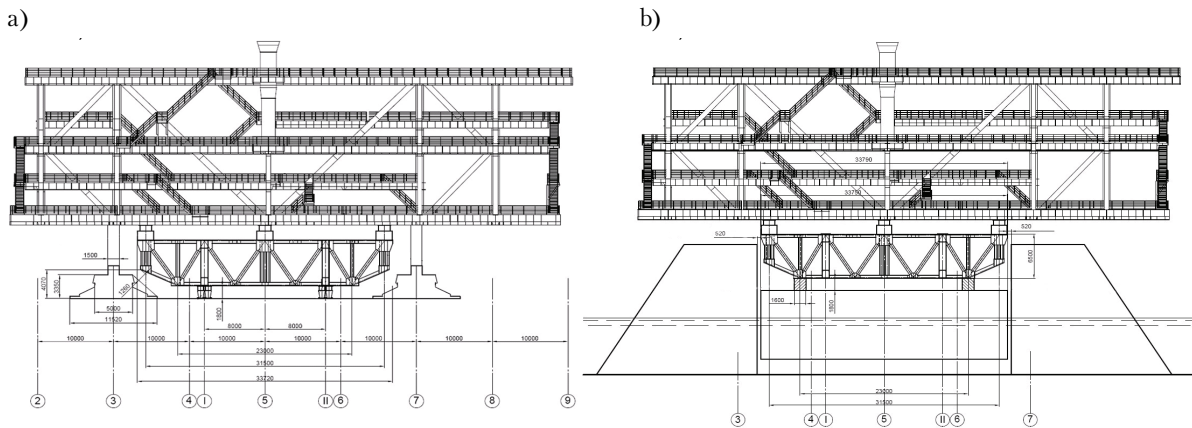


Figure 1. General view of dimensional model CTMF.



**Figure 2.** Cross-sections of bearing trusses: 1–1, 2–2 – longitudinal trusses; 3–3, 4–4 – transverse trusses.



**Figure 3.** CTMF location: a) during sliding of SD on CTMFi; b) during winding up of SD on the point installation of ISOP.

Design model complies with RMRS (Annex 2 Part II. Corps ISOP [4]).

Models are made in the software package «Lira 9.6.» Finite element types:

- spatial rod type 5 [15] with axial, shear, bending and torsional rigidity corresponds to a one-dimensional rod elements and beam elements [4];
- type 42 and 44 square triangular shell finite element [15] with axial, shear, bending and torsional stiffness, the respective plates and shells [4].

The number of first and second models: 273806 nodes; 270117 elements. Quantity for the third model: 275751 nodes; 274236 elements.

Models include the basic and special elements TMF construction.

Allocations are made:

- for the first variant (load on CTMF from SD) allocations of CTMF are made in the bottom. At the points of contact with CTMF jacks. They are made by means of limited movements in three directions X, Y, Z. The load is applied on top of the frame at the points of support on it of USP;
- for the second variant (moving by means of jacks) allocations of CTMF are made above at the points of contact of CTMF with CTP T. They are made by means of limited movements

in three directions X, Y, Z. The load is applied at of the bottom at the points of support on of CTMF on the jacks;

– for the third variant (load on CTMF from SD) allocations of CTMF are made in the bottom. The load on the frame applied in the points, where SD rests upon it, taking into consideration horizontal loads from pitching.

Loads are modeled close to reality and have been applied as a batch of concentrated forces. Design scheme, the appointment of rigidities, movement unions, load are set in the editing program «Design scheme. Lira 9.6». Calculation results are visually shown in «Graphical analysis. Lira 9.6» and in the form of tables «Printing tables and Documentation. Lira 9.6» [15].

**Design loads**

Loads are divided into two categories: weight and caused by environmental exposure (not by weight) [4, 5]. Each category includes fixed and variable load. Fixed loads include [4, 5, 7]: net weight bearing and enclosing structures.

Variable loads are divided into movable (long term and short term) – pressure from the jacks, wind, and special – dynamic caused by pitching [5, 7]. List loadings calculation scheme shown in Table.

Load variables included in up loading L5, 6, 9, 10 from action of jacks attached to the installation location of jacks.

**Design load combinations (DLC)**

1. Moving of SD with CTMF over the building site by means of skids «MAMOET» (L1–2+ L6).
2. SD and CTMF in assembly with (L1–3+ L4+L5).
3. Transporting of the whole CTMF with SD over the building site by means of «MAMOET» skids to the dock stage 1. (L1+L3+L6+L9) scheme with fixation in the points of skid installation.
4. Moving of the whole CTMF and SD around the building site by means of skids ALE to the dock stage 1 (L9) scheme with allocations at the points of UCT supporting.
5. Moving of the whole SD with CTMF by means of barge stage 2 (L1+L3+L6+L7) scheme with allocations at the points of skid installation.
6. Moving of the whole CTMF and SD around the barge stage 1 (L10) scheme with allocations at the points of SD supporting.
7. Transportation of SD and CTMF on the barge taking into consideration wind and pitching (L1–3+ L7). Pitching motions.
8. Transportation of SD and CTMF on the barge taking into consideration wind and rolling (L1–3+ L8). Rolling motions.

**Limit strength criteria**

Verification truss elements (of shelves, wall – cross sections) for stress made by the following formulas (p. 2.4.2.3; 2.4.2.4 [4]): in determining the stresses

**Table.** List of loaded design scheme

Load number	Load name	Remark
L1	CTMF empty weight – 1000 tones	Calculated
L2	SD weight without wind – 11264 tones	provided by customer
L3	SD weight with wind	provided by customer
L4	Horizontal force of the wind on SD	provided by customer
L5	Horizontal inertial loading on CTMF while moving by means of skid of the firm «MAMOET»	provided by customer
L6	Horizontal inertial loading on CTMF while moving by means of skid-shoes of the firm «MAMOET»	provided by customer
L7	Load on CTMF from SD while transporting by means of the barge on the sea (pitching)	provided by customer
L8	Load on CTMF from SD while transporting by means of the barge on the sea (rolling motions)	provided by customer
L9	Load from jack groups (skids) of Company «MAMMOET» at moving on the construction site (to the pier) Step 1.	provided by customer
L10	Load from jack groups (skids) of Company «MAMMOET» at moving on the barge Step 2.	provided by customer

in the rated cross section of truss elements limiting strength criteria TT and transportation:

$$\sigma_x \leq \eta_1 \cdot R_d = 252 - 265 \text{ MPa},$$

$$\sigma_y \leq \eta_1 \cdot R_d = 252 - 265 \text{ MPa},$$

$$\tau_{xy} \leq 0,57 \cdot \eta_1 \cdot R_d = 144 - 151 \text{ MPa},$$

where  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  – sets of stresses in structures at the point;

$\eta_1 = 0,68$  – safety factor (table 2.4.2.5 [4]);

$R_d = 390 - 370 \text{ MPa}$  – calculated yield strength of the steel used in the brand D40W steel thickness 30 and 30 to 50 mm.

### Calculation results

Due to the calculations one received normal and tangential stresses in the elements of the CTMF of displacement element node mosaic from the calculated load combinations.

The highest travel capacity on Z-axis is obtained with a combination of loads of DLC number 8, the maximum value was 33.6 mm in the nodes of the bearing plates of bond trusses along the axis II.

It is connected with the fact that the SD center of mass, which is based on CTMF is shifted towards the axis II of 2.0 m, the results are shown in Fig. 4.

Taking into consideration difficult conditions of CTMF bearing on the transport barge and further while sea transportation under conditions of pitching and rolling mode to analyze the level of stress in the elements CTMF and displacements of its sites was one of the worst load combinations – to DLC number 8.

Figure 5 shows the deformed circuits of the most loaded truss with mosaics transverse longitudinal, transverse normal and shear stresses and displacements along the Z axis from the RSN number 8.

Longitudinal and transverse normal and shear stresses in the most loaded elements have values

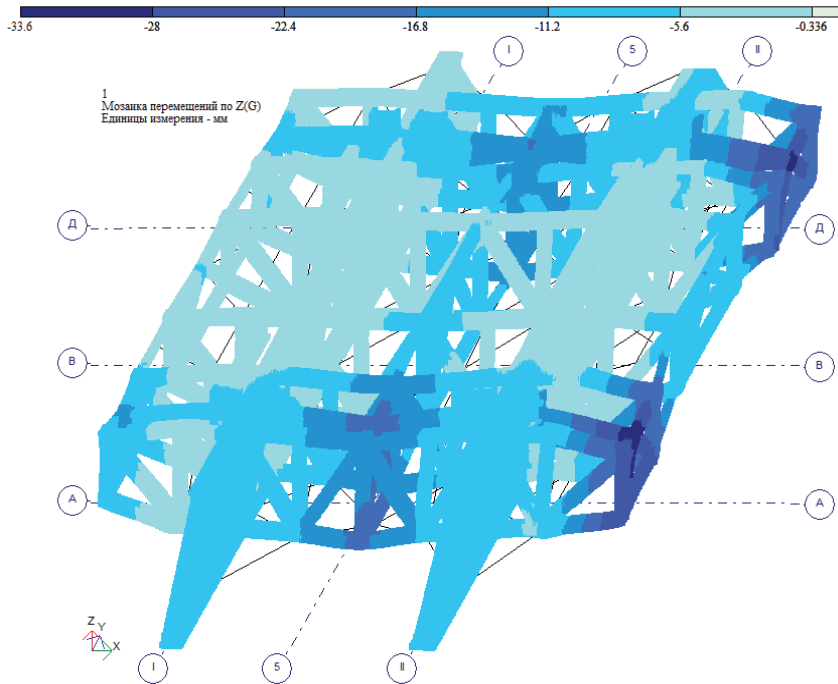
$$\sigma_x = -252... + 258 \text{ MPa},$$

$$\sigma_y = -238... + 231 \text{ MPa},$$

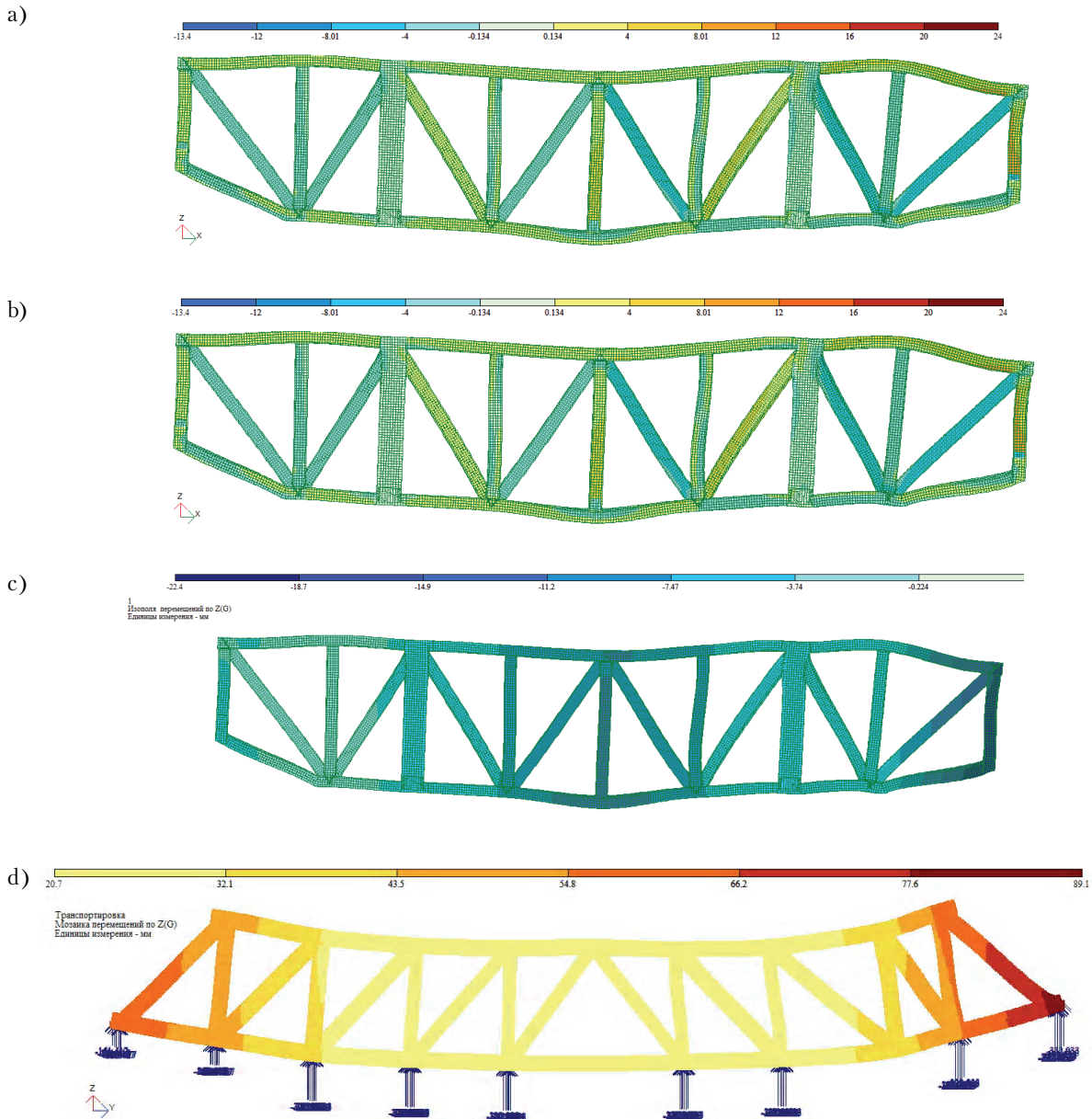
$$\tau_{xy} = -122... + 126 \text{ MPa},$$

which is below the calculated level of allowable stresses. A maximum deflection of the cantilever on the site was  $-22.4 \text{ mm}$ , which is less than  $1/400$  of elimination, and on the medial portion of the transverse truss midspan deflection was  $-14.62 \text{ mm}$ , it is less than  $1/1000$  of the span.

Fig. 6 shows the deformed circuits of the most loaded longitudinal truss with mosaics of longitudinal and transverse normal and shear stresses and displacements along the Z axis from the DLC number 4.



**Figure 4.** Displacements on Z-axis are obtained with a combination of loads of DLC number 8.



**Figure 5.** Calculation results: a) longitudinal normal stresses in the CTMF transverse element truss; b) transverse normal stress in the CTMF transverse elements truss; c) vertical displacement for interface elements of CTMF transverse truss; d) vertical displacement for interface elements of longitudinal CTMF truss.

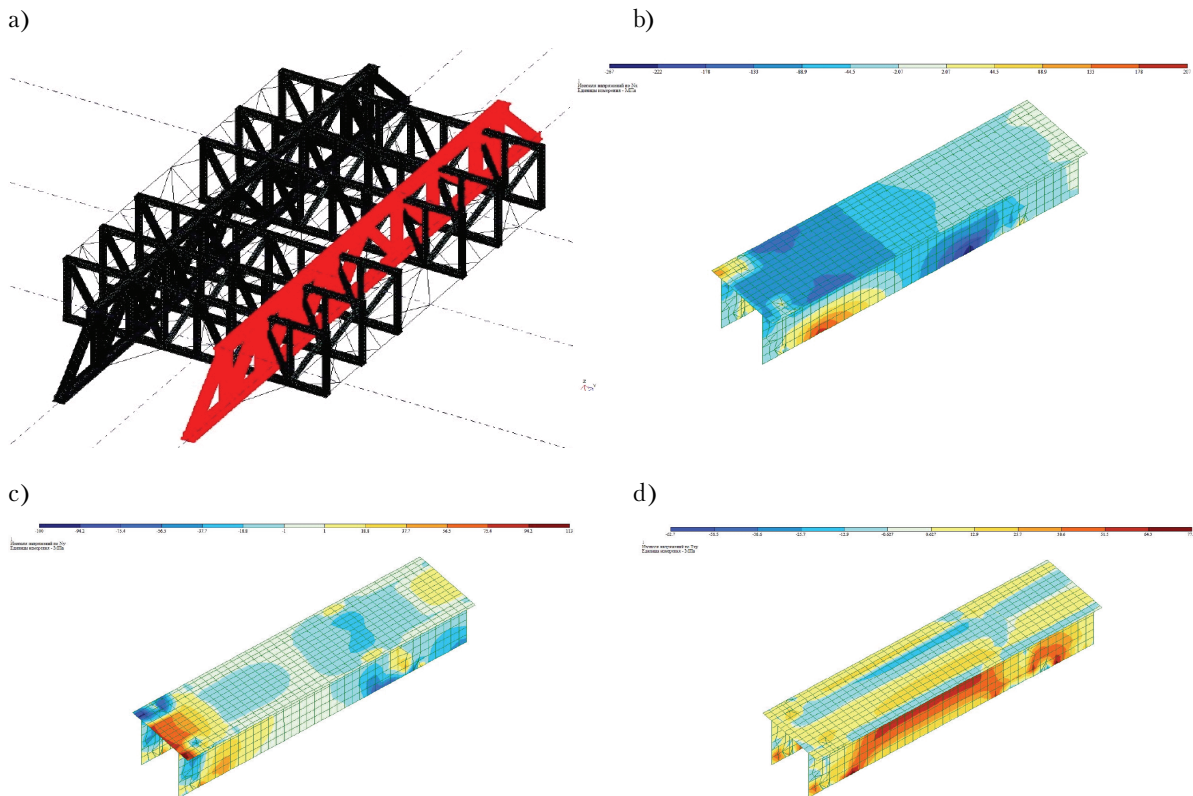
Longitudinal and transverse normal and shear stresses in the most loaded elements have values

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -242 \dots + 253 \text{ MPa}, \\ \sigma_y &= -233 \dots + 225 \text{ MPa}, \\ \tau_{xy} &= -142 \dots + 150 \text{ MPa}, \end{aligned}$$

which is below the calculated level of allowable stresses. A maximum flexure on the console division was +28.2 mm, which is less than 1/400 of the span, and on the medial portion of the transverse truss midspan deflection was +65.4 mm that is less than 1/600 of the

span. Stresses in the transport frame elements are presented as contour plots of stress, see Figure 6. In the results of the calculation the most loaded elements of transport frame from three loading variants are presented. Voltage elements in the computer model for different schemes of loading.

Construction of elements and nodes of CTMF, their pairing together was based on analysis of the calculation results of the dimensional model. In the walls and shelves of CTMF truss elements on separate sites and



**Figure 6.** Calculation results: a) design scheme with a dedicated – longitudinal bearing truss of CTMF; b) longitudinal normal stresses in the upper zone of the longitudinal truss; c) transverse normal stress in the upper zone of the longitudinal truss; d) shear stresses in the upper zone of the longitudinal truss.

places of interfaces and change in section, where surge was discovered, one provided constructive measures to reduce stress levels, which are as follows:

- a smooth transition in the change field cross sections at least 1 to 5, or on radius;
- Installation of additional edges in the junction of adjacent elements;
- an increase in the thickness of sheet metal in the zone of high stress.

## References

1. Бочкарев, А. В. Катагенез и прогноз нефтегазодности 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 нефтегазодности Волгоградского Поволжья. – Волгоград :

## Conclusion

CTMF developed design model allowed us to determine the cross section of bond and bearing truss elements and defined in the stresses from the rated load combinations and compare them with the calculated resistances. Also determine the maximum displacement nodes and compare them with admissible values.

Results of calculation allowed to project design CTMF to transport SD on the installation point.

## 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 goescondensate 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: LUKOILVolgogradNIPImorneft, 2003, Vol. 61, p. 12–21. (in Russian)



- ООО «ЛУКОЙЛ–ВолгоградНИПИморнефть», 2003. – Вып. 61. – С. 12–21.
3. Бочкарев, В. А. Прогноз фазового состояния УВ в залежах Самурско-Центрально-Каспийской системы поднятий [Text] / 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) [Text] : 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 [Text] : 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 [Text]. – М. : Мингазпром, 1985. – 66 с.
  7. СНиП 2.01.07-85\*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия [Text]. – 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 [Text]. – Взамен 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 [Text] : 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 [Text] / Б. С. Гуральник, Л. Е. Мейлер. – Калининград : БГА РФ, 2003. – 28 с.
  11. Смирнов, Н. Г. Теория и устройство судна [Text] : Учебник / Н. Г. Смирнов. – М. : Транспорт, 1992. – 248 с.
  12. Барабанов, Н. В. Конструкция корпуса морских судов [Text] / Н. В. Барабанов. – Л. : Судостроение, 1981. – 551 с.
  13. Бородавкин, П. П. Морские нефтегазовые сооружения [Text]. Часть 1. Конструирование / П. П. Бородавкин. – М. : Недра–Бизнесцентр, 2006. – 560 с.
  14. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе [Text] : Учебник для вузов / Г. В. Симаков, К. Н. Шхинек, В. А. Смелов [et al.] – Л. : Судостроение, 1989. – 328 с. – ISBN 5-7355-0071-6.
  15. Пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования конструкций [Text] / М. С. Барабаш, Ю. Д. Гераймович, А. Н. Кекух
  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: LUKOILVolgogradNIPImorneft, 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)
  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)
  15. Barabash, M. S.; Geraimovich, Yu. D.; Kekuh, A. N. et al. Ed. A. S. Gorodetskii. Application programs for automated engineering of constructions. Kyiv: Fakt, 2006. 112 p. (in Russian)
  16. GOST R 52927-2008. Rolled stock of normal, increased- and high-strength steel for shipbuilding. Specifications. Moscow: Standartinform, 2008. 46 p. (in Russian)
  17. GOST 8732-78. Seamless hot-deformed steel pipes. Range of sizes. Moscow: Standartinform, 2007. 10 p. (in Russian)
  18. GOST 19281-89. Rolled steel with increased strength. General specifications. Moscow: Publishing standards, 1991. 23 p. (in Russian)
  19. BS EN 10225:2009. Weldable structural steels for fixed offshore structures – Technical delivery conditions.

- [et al.]; Под ред. академика РААСН А. С. Горючего. – К.: Факт, 2006. – 112 с.
16. ГОСТ Р 52927-2008. Прокат для судостроения из стали нормальной, повышенной и высокой прочности. Технические условия [Text]. – Введен впервые; введ. 2009-07-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 46 с.
  17. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент [Text]. – Взамен ГОСТ 8732-70; введ. 1979-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
  18. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия [Text]. – Взамен ГОСТ 19281-73 и ГОСТ 19282-73; срок введ. с 01.01.91 до 01.01.96. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 23 с.
  19. BS EN 10225:2009. Weldable structural steels for fixed offshore structures – Technical delivery conditions [Text]. – Supersedes EN 10225:2001; Publication Date 01.09.2009. – Brussels: BSI, 2009. – 80 p.
  20. Синцов, В. П. Напряженно-деформированное состояние транспортной рамы для транспортировки палубы ледостойкой стальной платформы [Text] / В. А. Митрофанов, С. В. Митрофанов, А. В. Синцов // Металлические конструкции. – 2012. – Том 18, № 4. – С. 255–265.
- Supersedes EN 10225:2001; Publication Date 01.09.2009. Brussels: BSI, 2009. 80 p.
20. Sintsov, Vladimir; Mitrofanov, Vladimir; Sintsov, Alexander; Mitrofanov, Sergey. Stressed-deform state of the transport frame for transporting ice-resistant steel deck platform to the Caspian sea. In: *Metal Constructions*, 2012, Volume 18, Number 4, p. 255–265. (in Russian)

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

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

**Митрофанов Сергій Володимирович** – к. т. н., старший викладач кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: металеві конструкції висотних споруд зв'язку і нетрадиційних джерел енергії (вежі і щогли), металеві каркаси багатоповерхових будівель при сейсмостійкій будівництві, опорні конструкції морських сталевих стаціонарних платформ.

**Синцов Владимир Петрович** – к. т. н., доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохоронного и курортного строительства, член-корр. Академии строительства Украины. 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** – к. т. н., доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Национальной академии природоохоронного и курортного строительства, член-корр. Академии строительства Украины. 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: 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 Сергей Владимирович** – к. т. н., старший преподаватель 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.

**Sintsov Vladimir** – Ph.D., Associate Professor, Member-corr. Construction Academy of Ukraine; Metal and Wooden Constructions Department, National Academy of Environmental Protection and Resort Construction. Scientific interests: metal construction of high-rise structures of communication and non-traditional sources of energy (towers and poles), metal frames multi-storey buildings in earthquake-resistant construction, steel support structures offshore fixed platforms.

**Mitrofanov Vladimir** – Ph.D., Associate Professor, Member-corr. Construction Academy of Ukraine; Metal and Wooden Constructions Department, National Academy of Environmental Protection and Resort Construction. Scientific interests: metal construction of high-rise structures of communication and non-traditional sources of energy (towers and poles), metal frames multi-storey buildings in earthquake-resistant construction, steel support structures offshore fixed platforms.

**Sintsov Alexander** – Assistant Professor, Metal and Wooden Constructions Department, National Academy of Environmental Protection and Resort Construction. Scientific interests: metal construction of high-rise structures of communication and non-traditional sources of energy (towers and poles), metal frames multi-storey buildings in earthquake-resistant construction, steel support structures offshore fixed platforms.

**Mitrofanov Sergey** – Ph.D. Senior Lecturer, Metal and Wooden Constructions Department, National Academy of Environmental Protection and Resort Construction. Scientific interests: metal construction of high-rise structures of communication and non-traditional sources of energy (towers and poles), metal frames multi-storey buildings in earthquake-resistant construction, steel support structures offshore fixed platforms.