

УДК 629.5.02
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2022.2\(489\).1](https://doi.org/10.15589/znp2022.2(489).1)

TRANSPORT VESSELS CONSTRUCTION SIDE DEFENCE WHEN COLLISION

КОНСТРУКТИВНИЙ БОРТОВИЙ ЗАХИСТ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН ПРИ ЗІТКНЕННЯХ

Borys N. Mykhaylov
borys.mykhailov@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9087-9906

Б. М. Михайлов,
канд. техн. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. The shipbuilders all over the world try to increase water transport safety in all directions and spheres of activity. So the vessel safety when collision is one of them and is very important. This work is devoted to the problem of side construction safety when collision. There is presented a development of topside tank construction idea with an increased breadth in a top part of side assembly (in comparison with double side breadth at the waterline level). That gives not only an opportunity to increase the total destruction energy when collision for nearly all kind of vessels but for some of them as containerships to increase a deck cargo capacity (in the case of stability deficit absence) and the results of this construction calculations. Except it the results of energy consuming side rope device when collision computer preliminary calculations with the help of Finite Element Method program was presented.

Object of research – is an energy consuming topside tank with an increased breadth in a deck region and possibility of this new structure to suffer an additional 120 tons container load from additional row of containers both sides for containerships. In addition – is a rope side energy consuming device when collision that can be an element of construction defence too.

The actuality of this research direction – construction safety of ships when collision is conditioned by the numerous annual losses because of this kind of accidents.

Every year more than twenty significant size vessels are lost and dozens have the hard damages because of this kind of accidents that lead to tremendous moral, economic and ecology damages.

The suggested expended outside topside tank construction and offered rope side energy consuming device for transport vessels in collision accidents will be destroyed firstly and consume the certain amount of total strike energy when collision and increase vessels safety and decrease the probable damage.

That conceptions can be used to increase construction safety of nearly all kind of transport vessels when collision for new designed ones and for modernization of existing ones.

Purpose—is an increase of construction safety of transport vessels when collision on the base of using expended outside topside tank construction conception and an offered energy consuming rope side device.

Method— analytical, numerical.

Results. There were presented the analytical formula to evaluate the destruction energy of offered rope side device and its computer calculation results for a certain example and construction calculation of side assembly with additional row of containers.

Scientific novelty. There were offered the new directions of construction safety development when collision that can be used nearly for all kind of ships.

Practical importance. Application of the results in practice could increase construction safety of ships when collision and decrease the total damage for people, vessels, cargoes and environment.

Key words: ship; side; construction defense; collision; energy consuming device.

Анотація. Суднобудівники всього світу намагаються збільшити безпеку на водному транспорті у всіх напрямках та сферах діяльності, тому безпека суден при зіткненнях є одним з них і дуже важлива. Робота присвячена проблемі бортового конструктивного захисту при зіткненнях. Представлено розвиток ідеї конструкції підпалубної цистерни зі збільшеною шириною у верхній частині бортового перекриття (в порівнянні з шириною подвійного борту на рівні ватерлінії). Це дає можливість не тільки збільшити енергію руйнування під час зіткнення майже для всіх типів судів, але для деяких, як контейнеровози, збільшити палубну вантажомісткість

(у разі відсутності дефіциту стійкості) і результати розрахунків цієї конструкції. Також наведено результати розрахунків пропонованого бортового тросового енергопоглинаючого пристрою за спеціалізованою програмою на базі МКЕ.

Об'єкт дослідження – енергопоглинаюча конструкція підпалубної цистерни зі збільшеною шириною у верхній частині бортового перекриття та можливість цієї нової конструкції витримувати 120 тон питомого контейнерного навантаження від додаткового ряду контейнерів на кожен борт контейнеровоза. На додаток – бортовий тросовий енергопоглинаючий пристрій, який при зіткненнях також може бути елементом конструктивного захисту.

Актуальність даної тематики – безпеки суден при зіткненнях, обумовлена великими щорічними втратами при таких видах аварій. Щорічно гине при зіткненнях понад двадцять великих суден і десятки отримують серйозні пошкодження, завдаючи тим самим величезної моральної, економічної та екологічної шкоди.

Пропонована конструкція енергопоглинаючої підпалубної цистерни зі збільшеною шириною у верхній частині бортового перекриття та бортового тросового енергопоглинаючого пристрою при зіткненні руйнуватимуться в першу чергу, споживаючи певну кількість загальної енергії її удару, збільшуючи безпеку суден та зменшуючи ймовірні збитки.

Ці конструкції можуть бути використані для підвищення конструктивної безпеки суден при зіткненні як для нових проектованих, так і для модернізації існуючих.

Мета – збільшення конструктивної безпеки транспортних суден при зіткненнях на основі використання концепції конструкції з розширеною підпалубною цистерною та запропонованого енергопоглинаючого бортового тросового пристрою.

Методика – аналітична, чисельна.

Результати – запропоновані аналітична формула оцінки енергії руйнування бортового тросового пристрою та результати прикладу його розрахунку на ЕОМ, а також розрахунок конструкції бортового перекриття з додатковим рядом контейнерів.

Наукова новизна. Запропоновані нові напрямки розвитку конструктивної безпеки транспортних суден при зіткненнях.

Висновки. В результаті проведеної роботи була підтверджена можливість використання бортового тросового енергопоглинаючого пристрою та розміщення додаткових контейнерів на підпалубній цистерні зі збільшеною шириною у районі верхньої палуби.

Практична значимість. Використання результатів роботи на практиці може збільшувати конструктивну безпеку транспортних суден при зіткненнях та зменшити загальні збитки для людей, суден, вантажів та навколишнього середовища.

Ключові слова: судно; борт; конструктивний захист; зіткнення; енергопоглинаючий пристрій.

THE MAIN MATERIALS

During the last hundred years there was a great progress in construction safety of vessels especially in double hull conception. But it requires significant additional resources and building cost. That is a fact that this conception is not able to exclude completely the loss of vessels due to this kind of accidents because of possibility sometimes of tremendous collision energy and losses are inevitable because of 80% of all accidents are the result of sailors mistakes[1, p.5]. Collisions are one of the main kind of total damages so they are inevitable too. For this reason there are not only loss of people, vessels, cargoes but an environment is subjected to damage too. The collision energy spectrum is very wide and sometimes the hole depth reaches a half of rammed ship breadth or more but it is required to fight for any part of this spectrum. For this reason it is so important to develop all main directions of vessels construction safety when collision.

A history of double side conception has started in 19-th century but did not became popular because of a building cost increase in comparison with a single side

ones. A great attention and development of side construction defence when collision has practically started with the appearance of nuclear powered vessels[2] in 50-th of 20-century and the requirements of MARPOL 73/78 convention that has stated a double hull standard for oil tankers and other vessels intended to carry dangerous cargoes. Currently the double side structures are in a big demand [3] for many kind of vessels not only because of side defence but for ballast arrangement and improving the technology of cargo operations. The idea to increase a side construction safety when collision by breadth of double sides for the total depth of a hull is possible but in practice is limited by weight of additional construction and hull resistance that means a building cost and operation expenses increase. It is better to use suggested expended outside topside tank construction [4] that increase the breadth of hull not for all the depth but only for it top part. It gives an opportunity not to increase a hull resistance and weight of construction under tank top. First of all this construction is recommended for oil tankers especially if the bow rigidity and topology recommen-

dations [5] for all kind of vessels will be used. Except it the vessels like containerships will receive an additional deck cargo capacity because of the vessel breadth increment at the upper deck level. The breadth increment for one additional row of containers each side means the total increase of deck containers number n :

$$n = 2 m h$$

Where m – is a number of bays with additional containers h – is a tier number with additional containers

For sure it is possible to realize this idea only at a stability deficit absence.

Additional containers gives an additional loads and for this reason there was calculated a new type side assembly with a help of Finite Element Method computer program with maximum possible load 120 tons per one container area for 6 tiers of TEU additional containers.

The fact is that a leading classification societies such as British[7] and German[8] Lloyds Register of Shipping, French Bureau Veritas [9], Russian[10] and Ukrainian [11] Register of Shipping have no special requirements for such constructions and there computer calculations have a certain interest [12].

In fig. 1 there are presented thicknesses, load and fixing conditions of containership topside tank with an increased breadth in a deck region and in fig.2– offered computer modal of it.

In fig. 3 there is shown an example of Mises stresses calculation in the deck of containership and topside tank with increased breadth from the load of additional containers (120 tons of one six containers tier). In the contact areas of load transfer there were installed the additional plates 225x155x40 mm.

In fig. 4 there is shown an example of Mises stresses calculation in a web frame of side assembly with a breadth increased topside tank.

An analysis of the results confirmed the possibility of additional number of containers installation on the increased breadth topside tanks both sides of containership and identified the construction areas with maximum level of stresses and allowed to formulate a number of recommendations for the design of such tanks. In particular, the strength and stability of frame webs should be increased and in the lower part of the topside tank it should be installed additional knees or changed its geometry.

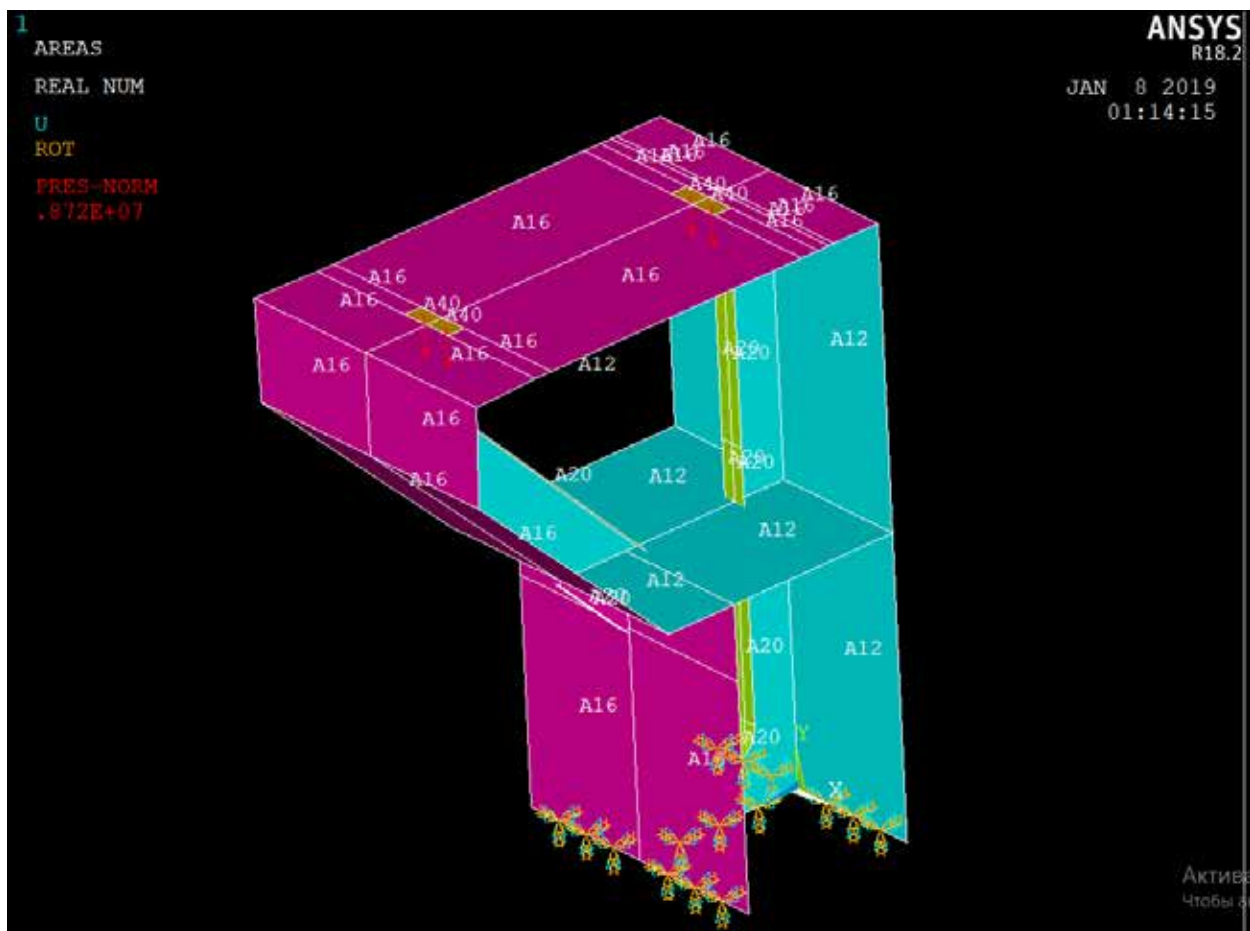


Fig. 1. Thicknesses, load and fixing of containership topside tank with an increased breadth in a deck region

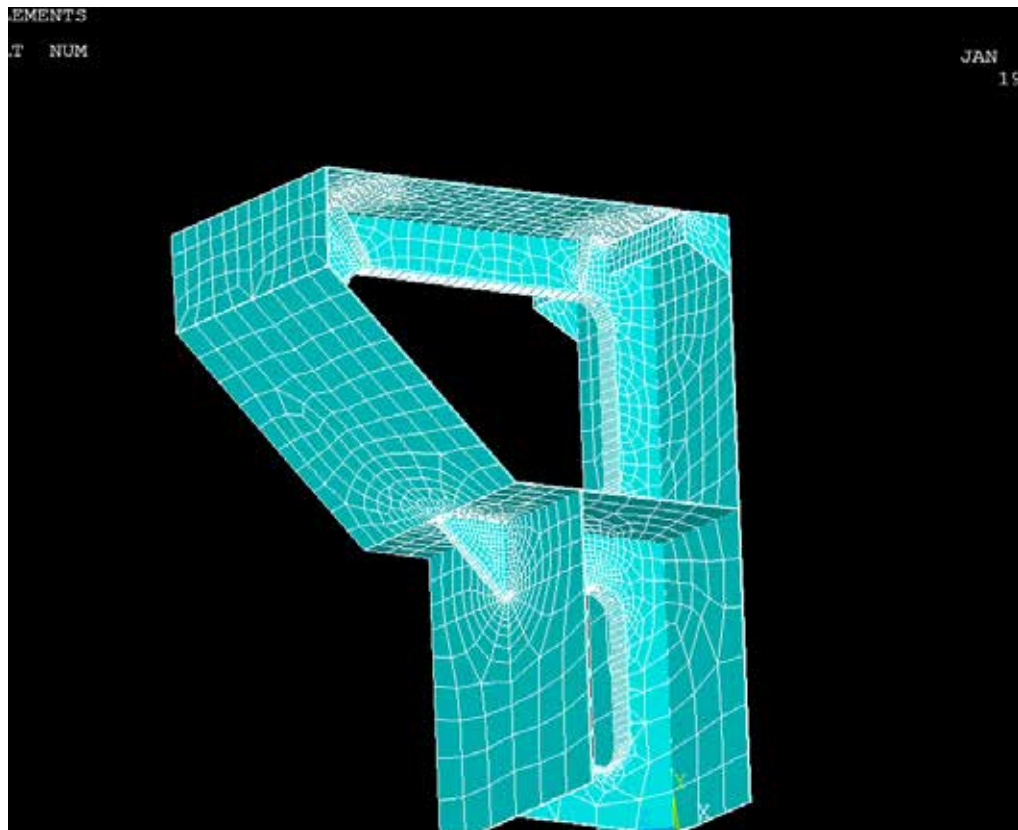


Fig. 2. A computer modal of containership topside tank structure with increased breadth in a deck region

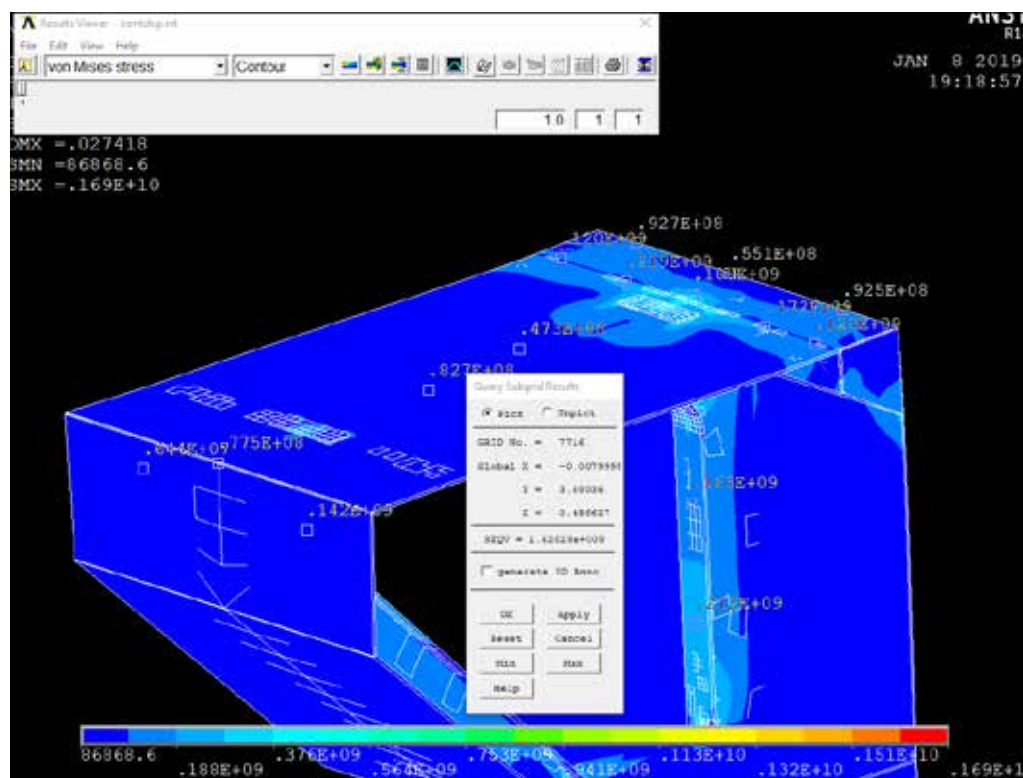


Fig. 3. Example of Mises stresses calculation in the deck of containership and topside tank with increased breadth from the load of additional containers

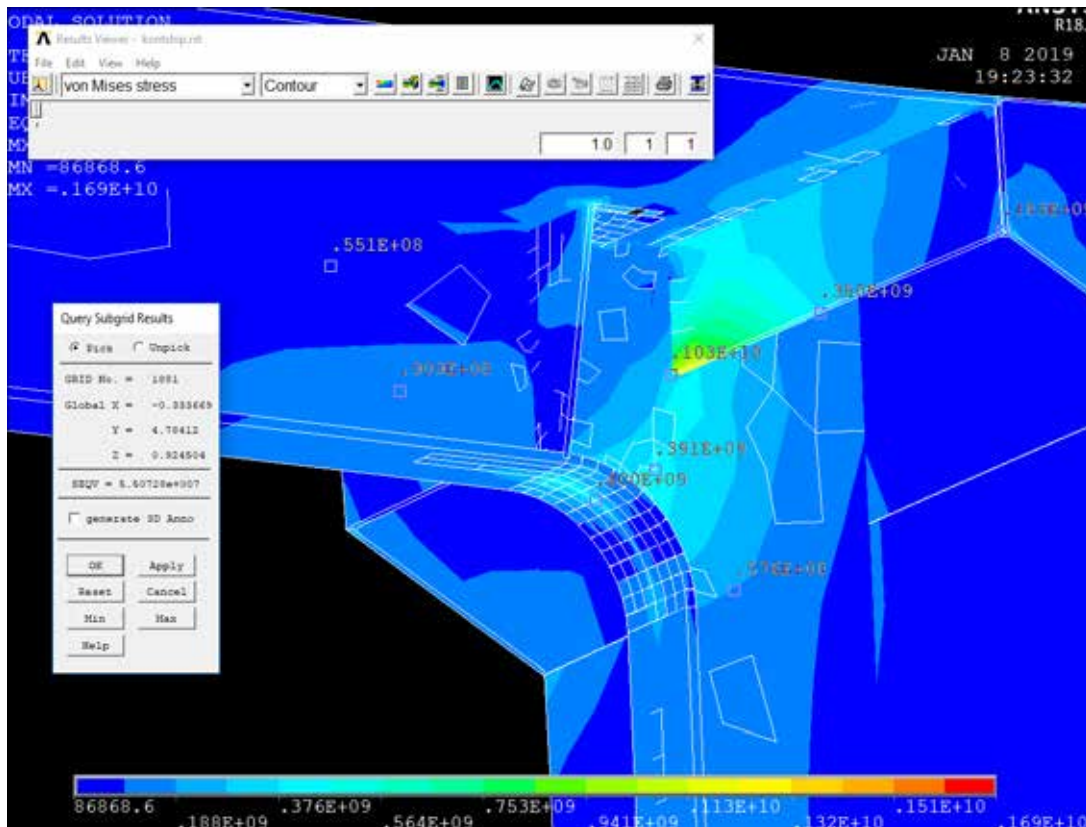


Fig. 4. Computer calculation results of stresses in the frame of topside tank of containership from the additional number of containers.

Another mean [4,13] to increase the safety of ships when collision can be rope device located on the boards along the length of the cargo zone, for example, for oil tankers, as for one of the most dangerous type of transport vessels.

In fig. 5 there is shown the model of located along the shearstrake rope energy consuming device and fix conditions of finit elements.

Rope devices are installed on the outside of the hull and there stays are on the transverse frame girders region, for example, diaphragms to ensure the rigidity of their incorporation. Spacing and height of the stays are determined from the conditions of the functionality and deformation ability of rope device. The gap of the place of contact with the outside shell plating of the rammed vessel and bow of the strike vessel is considered to be zero when the ropes will be broken. The conditions of rope fixing on stays are obtained constructively and guarantee to almost all elements of device to take part in collision energy consumption.

Figure 6 presents the results of the rope defence device computer calculations (3 steel ropes with a diameter 40 mm, load 98,1Kn).

The stresses in all elements of a rope system confirm that in the compensation of collision energy all

the elements of the system take an active part. Figure 7 presents the results of Mises stresses calculation in the structure of the ship in the area of contact when the collision.

A rope device consumed energy when collision can be evaluated by formula:

$$W = 0,5 n P_{\max} D \text{ (kj)}$$

Where n – is a number of ropes in device

$P_{\max}$ – is one rope breaking force projection to rammed vessel side perpendicular, kn

D – is a distance between device ropes and defended hull plates, m

Of course, such a system does not solve all problems of construction safety, however, as its consumption of collision energy and increase the time of contact of the strike and turning moment when non central strike can reduce the damage consequences in this type of accidents.

CONCLUSIONS

The analysis confirmed the possibility of topside tank with an increased breadth in a deck region not only to consume more energy when collision but to increase a deck cargo capacity as for containerships. The rope side defence device can be used to reduce the possible damage consequences when collision of ships.

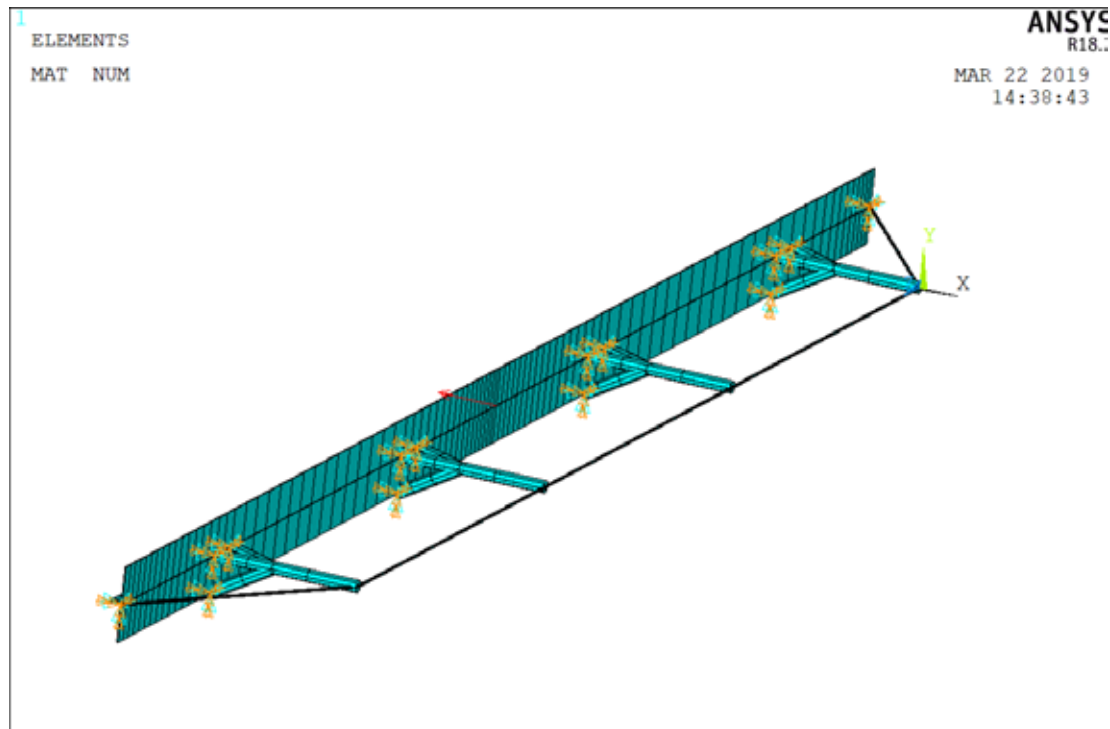


Fig. 5. Model of rope energy consuming device and fix conditions of finit elements

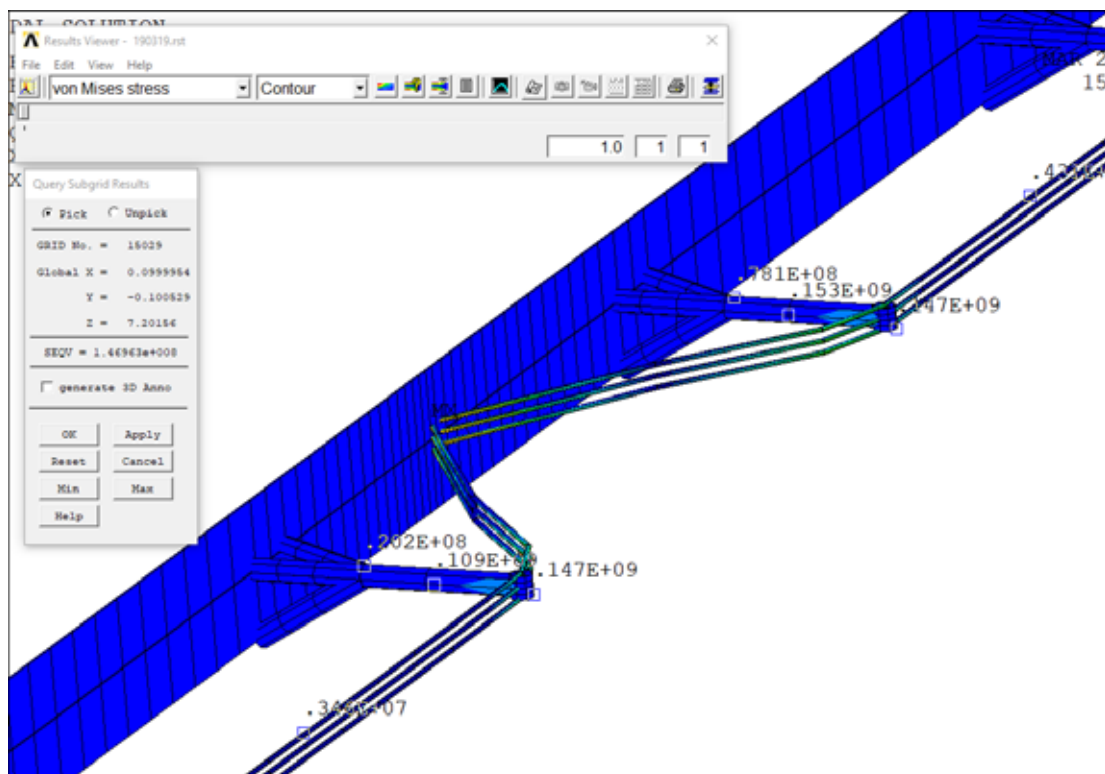


Fig. 6. The results of the computer program calculation of rope defence device for oil tanker.

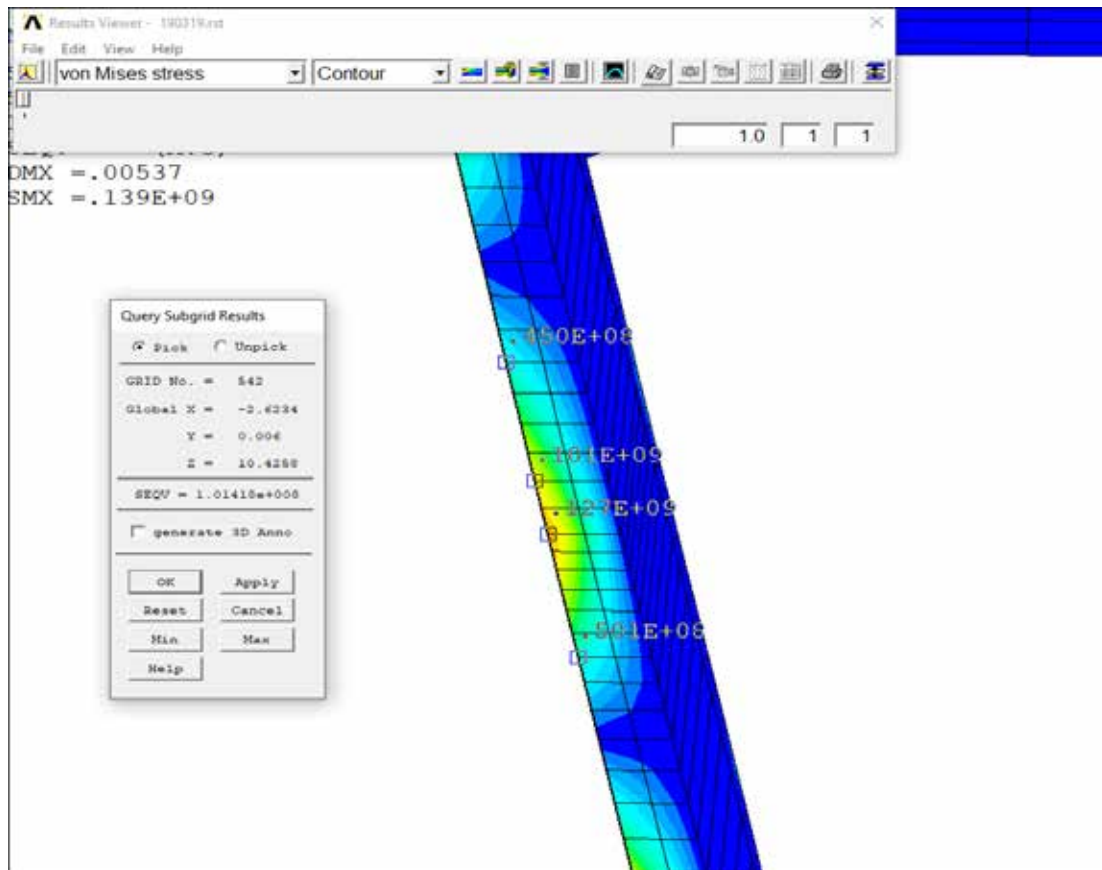


Fig. 7. Stress distribution in ship construction, in the area of the rope system

REFERENCES

- [1] Aleksandrov, M.N. (1983) Bezopasnost cheloveka na more. [Human Safety at Sea]. Leninrad.Sudostroenie.[in Russian]
- [2] Volkov, N.N., Kodatskyi, S.B. (1971) Konstruktivnye osobennosti atomnyh sudov. [Construction features of nuclear-powered ships]. Leningrad.Sudostroenie. [in Russian]
- [3] Barabanov, N.V., Turmov, G.P. Konstrukcija korpusa morskikh sudov. [Hull construction of sea-going vessels]. Saint Petersburg.Sudostroenie. [in Russian]
- [4] Mihajlov, B.N. (2007) Puti povisheniya energoemkosti bortovih i palubnih perekritiy sudov pri stolknoveniyah. [The ways of side and deck assemblies consuming energy increase when collision]. Nikolaev. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho morskoho tekhnichnoho universytetu. No. 6. (417) pp. 41-44. [in Russian]
- [5] Mihajlov, B.N. (2001) Trebovaniya konstruktivnoy bezopasnosti pri stolknoveniyah dlja nosovyh okonechnostey sudov. [Structural collision safety requirements for bow ends of ships]. Nikolaev. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho morskoho tekhnichnoho universytetu. no. 5.pp. 78-79. [in Russian]
- [6] Mihajlov, B.N. (2021). Konsepsiya vektornoj zhostkosti nosovyh okonechnostey sudov pri stolknoveniyah. [Bow vector rigidity conception for ships when collision]. Nikolaev. Zbirnyk naukovykh prats Nasionalnoho universytetu korablestroenija imeni admiral Makarova. no. 3.(486) pp. 3-7. [in English].
- [7] Lloyd's Register Marine and Shipping. (2012). Retrieved from: <https://www.lr.org/en/marine-shipping/>
- [8] Germanischer Lloyd. (2018). Retrieved from: <https://www.dnv.com/>
- [9] Bureau Veritas Certification. (2018). Retrieved from: <https://certification.bureauveritas.com/>
- [10] Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov. (2021). Rossijskij Morskij registr sudohodstva. [Russian Maritime Register of Shipping]. Chast II. Saint Petersburg.[in Russian]
- [11] Rehistr sudnoplavstva Ukrainy. (2020). Pravyla klasyfikatsii ta pobudovy morskyykh suden. Tom 2. Kyiv. [in Ukrainian]
- [12] Mykhailov. B.N., Lutsenko. A.A., Cai. Ziqing. (2019). Rezervi palubnih konstruksiy sudov s bolshim raskritiyem palub. [Deck construction reserves of large opening deck vessels]. Modern technologies of design, construction, operation and repair of ships, marine technical means and engineering structures. Mykolayiv. Admiral Makarov National University of Shipbuilding; materials of international conference on 23-24 of may, 2019, NUS, pp.104-107. [in Russian]

- [13] Mihajlov, B.N., Lutsenko, A.A., Ye. Chencun. (2019). Bortovoye zaschitnoye ustroystvo pri stolknoventiyah sydov. [Side defence device when ship collisions]. Modern technologies of design, construction, operation and repair of ships, marine technical means and engineering structures. Mykolayiv. Admiral Makarov National University of Shipbuilding; materials of international conference on 23-24 of may, 2019, NUS, pp.101-104. [in Russian]

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Александров, М.Н. (1983). Безопасность человека на море. Ленинград. Судостроение. 208 с.
- [2] Волков, Н.Н., Кодацкий, С.Б. (1971.) Конструктивные особенности атомных судов. Ленинград. Судостроение. 248с.
- [3] Барабанов, Н.В., Турмов, Г.П. (2002). Конструкция корпуса морских судов. СПб. Судостроение. Т. 2. 471с.
- [4] Михайлов Б.Н. (2007) Пути повышения энергоёмкости бортовых и палубных перекрытий судов при столкновениях. Николаев, НУК, сб. № 6. (417) с. 41-44.
- [5] Михайлов, Б.М. (2001). Требования конструктивной безопасности носовых оконечностей судов при столкновениях. Сборник научных работ Украинского государственного технического университета. Николаев. № 5. (377). с. 78–79.
- [6] Михайлов, Б.М. (2021). Концепція векторної жорсткості носових кінцевостей суден при зіткненнях. Сборник научных работ национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова. Николаев. № 3. с. 3-7.
- [7] Lloyd's Register Marine and Shipping. (2012). Вилучено із <https://www.lr.org/en/marine-shipping/>
- [8] Germanischer Lloyd. (2018). Вилучено із <https://www.dnv.com/>
- [9] Bureau Veritas Certification. (2018). Вилучено із <https://certification.bureauveritas.com/>
- [10] Правила классификации и постройки морских судов. (2021). Российский Морской регистр судоходства. Часть. II. С.Пб. 326 с.
- [11] Регістр судноплавства України. (2020). Правила класифікації та побудови морських суден. Том 2. Київ. 792с.
- [12] Михайлов, Б.М., Луценко, А.А., Цай, Цичін. (2019). Резервы палубных конструкций судов с большим раскрытием палуб. Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації та ремонту морських технічних засобів і інженерних споруд: матеріали Межд. науч.-техн. конф. 23-24 травня, 2019. Миколаїв, НУК. С. 104-107.
- [13] Михайлов, Б.М., Луценко, А.А., Йе, Ценьцун. (2019). Бортовое защитное устройство при столкновениях судов. Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації та ремонту морських технічних засобів і інженерних споруд: матеріали Межд. науч.-техн. конф. 23-24 травня, 2019. Миколаїв, НУК. с. 101-104.

© Б. М. Михайлов

Дата надходження статті до редакції: 19.07.2022

Дата затвердження статті до друку: 28.07.2022