

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

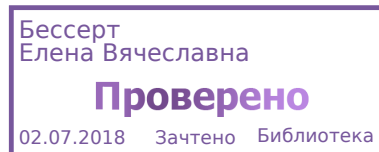
Сай Хейн Ту Аунг

**Исследование особенностей проектирования и анализа
судна для перевозки жидких грузов (танкер)
водоизмещением более 100000 т**

Направление подготовки
26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов
морской инфраструктуры»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2018



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент Чижумов Сергей Демидович

Рецензент: кандидат технических наук, доцент
Журбин Олег Владимирович ,
начальник отделения диагностики
искусственных сооружений
Дальневосточного филиала
ФАУ «РОСДОРНИИ»

Защита состоится 27 июня 2018 г. в 9 часов 00 мин. на заседании
Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских
диссертаций по направлению 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и
системотехника объектов морской инфраструктуры» в ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет» по адресу: г.
Комсомольск на Амуре, пр. Ленина, 27, ауд 222/3

Автореферат разослан 20 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Е.И. Селиванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Тема актуальна в связи с необходимостью проектирования судов для перевозки жидких грузов (танкеров) для государства «Республика Союз Мьянма».

В 2015 году в Мьянме построен крупный глубоководный нефтяной терминал Куаук Рхуи. В настоящее время от него через территорию Мьянмы строится нефтепровод мощностью 22 млн. т/год, по которому будет осуществляться транзит ближневосточной нефти в Китай.

В связи с растущими потребностями нефти в регионе, имеется необходимость в развитии танкерного флота и его инфраструктуры, в том числе строительстве судостроительных предприятий, подготовки инженерных кадров для судостроения и флота.

Объект исследования: танкер водоизмещением более 100000 тонн.

Предмет исследования: особенности проектирования и поддержки жизненного цикла судна на основе современных информационных технологий (CAD/CAE/CAM) по сравнению с традиционными подходами.

Цель исследования: Исследование особенностей проектирования и информационной поддержки жизненного цикла крупнотоннажных танкеров с использованием современных информационных технологий.

Методы исследования: анализ литературных источников, расчётное проектирование, конструирование, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ); методология CAD (трёхмерное объектное моделирование), методология CAE (численный компьютерный анализ модели судна в различных условиях его жизненного цикла); CAM (компьютерная подготовка и сопровождение технологических процессов); комплексная методология CALS (ИПИ - информационной поддержки изделия).

Задачи исследования.

1. Исследование условий эксплуатации и нормативных требований;
2. Анализ существующих современных прототипов и формирование на его

основе технического предложения судна;

3. Начальное проектирование судна;
4. Построение 3D модели корпуса и теоретического чертежа;
5. Анализ гидростатики судна;
6. Проектирование общего вида и архитектурной 3D модели;
7. Компьютерный анализ мореходных качеств (ходкость, остойчивость);
8. Описание конструкции судна и создание 3D моделей элементов корпуса;
9. Компьютерный анализ прочности и вибрации перекрытия корпуса;
10. Анализ вариантов и предложение общей технологии постройки судна.

Научная новизна: Предложения новых конструкций танкера, обеспечивающих повышение его эксплуатационной эффективности при обеспечении нормативных требований. В частности, одно из предложений направлено на существенное уменьшение объёмов чисто балластных цистерн при обеспечении экологической безопасности.

Практическая значимость: Переход от традиционных подходов проектирования и постройки судов (основанных на громоздких расчётных методиках, тиражировании плоских чертежей и бумажных документов и др., что приводит к ошибкам, несогласованности и затягиванию процессов) к компьютерным технологиям ИПИ на основе трёхмерной электронной модели судна.

Положения, выносимые на защиту:

1. Техническое предложение новой грузовой системы танкера с применением эластичных ёмкостей, обеспечивающее повышение экологичности и увеличение грузопместимости.
2. Результаты моделирования и анализа слошинга в грузовых танках.
3. Техническое предложение новой конструкции корпуса танкера.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях:

1. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Концепция обеспечения экологичности морского танкера на основе применения гибких резервуаров //

Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017, с. 949-951.

2. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Анализ слошинга в грузовом танке танкера // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018.

3. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Обеспечение экологической безопасности танкеров с применением гибких резервуаров // Дальневосточная весна-2018 : материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018 (в печати).

4. Лиин Тхет, Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Новая концепция танкеров // ТРИЗ технологии 2018: 8-я международная конференция школьников, студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018 (готовится к печати).

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в трёх научных работах.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Объём диссертации составляет 148 страниц (из них 28 страниц – приложения). Текст работы содержит 70 рисунков и 9 таблиц. Список литературы включает 17 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и основные задачи, определяются предмет, объект исследования, научная новизна и практическая ценность.

В первой главе рассмотрено обоснование проекта нефтяного танкера и его особенности с учётом гидрометеорологических и

навигационных условий плавания, качки и слошинга, обеспечения маневренности, экологичности и пожарной безопасности. Определены архитектурно-конструктивные особенности.

Для обеспечения транзита нефти по нефтепроводу мощностью 22 млн. т/год через территорию Мьянмы в Китай необходимы постоянные рейсы крупнотоннажных танкеров из Ближнего Востока. В связи с этим выполнен анализ возможных прототипов проекта, в частности танкеры «Крым» (проект 1551) и «Prisco Mizar», а также проекты танкеров «оптимального риска» (Optimum Risk Tanker - ORT) и «челночного типа» (Virginia Tech Shuttle Tanker – VTST). Далее определено техническое предложение танкера и его особенности.

Проектирование нефтяного танкера зависит от условий плавания. Рассмотрены и учтены гидрометеорологические и навигационные условия в районе плавания. Большие танкеры, имеют проблемы маневренности при движении в узкостях и на акваториях портов. Известны случаи аварий крупнотоннажных судов и разливов нефти в результате столкновений или посадки на мели и рифы в условиях шторма. Проблемы маневренности могут решаться с помощью современных подруливающих устройств.

Решение проблем экологичности и безопасности зависит от международных правил, опыта и исследований в этом направлении. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL) выдвигает ряд требований к корпусу танкеров: 1) обязательное наличие чисто балластных танков; 2) ограничение предельных размеров танков (с целью уменьшения разливов нефти при аварии); 3) создание конструктивной защиты в виде двойного дна и двойных бортов, высотой (шириной) не менее двух метров.

В результате двойной корпус экологически чистого танкера получается более дорогим, тяжёлым и менее вместительным по сравнению с однокорпусным. При этом опасность разливов при авариях

уменьшилась, но не исчезла. Осталась также проблема балластировки. Двойной корпус представляет собой удвоенную поверхность для коррозии и действует как термос, не давая морской воде охлаждать содержимое танков. А скорость коррозии увеличивается вдвое с повышением температуры на каждые семь градусов.

Решение указанных проблем выполнено с применением теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Оно состоит в том, чтобы использовать много эластичных, заменяемых и герметичных мешков, - отдельно для груза и для балласта, чередующихся в трюмах. Вверху и внизу эти ёмкости крепятся быстросъемными соединениями к горловинам (рис.1). Корпус судна имеет двойное дно, двойные борта палубу с набором над настилом, чтобы внутренние стенки танков были гладкие. С учётом дополнительной защиты от разливов высоту двойного дна и ширину двойных бортов можно сделать меньшими, чем у современных танкеров. Даже в случае прорыва эластичной оболочки при пробойне объём разлившейся нефти будет существенно меньшим объёма танка.

При решении проблемы экологичности путём применения эластичных мешков обостряется другая проблема: при качке судна происходит слошинг – смещение и удары жидкого груза. При слошинге эластичные мешки в местах соединений легко могут порваться. Вновь применяя методы ТРИЗ получены новые решения – путём удаления горловин на палубе, оставив входные/выходные горловины только в нижней части танка (рис. 2-3). При заполнении жидкостью одних мешков, другие могут надуваться воздухом под давлением, заполняя верхнее пространство танка и уменьшая слошинг.

Другой вариант решения проблемы слошинга: мешки для балласта разместить не во всех танках и заполнять их полностью, без образования свободного пространства в танке (рис.3).



Рисунок 1. - Концепция применения эластичных ёмкостей

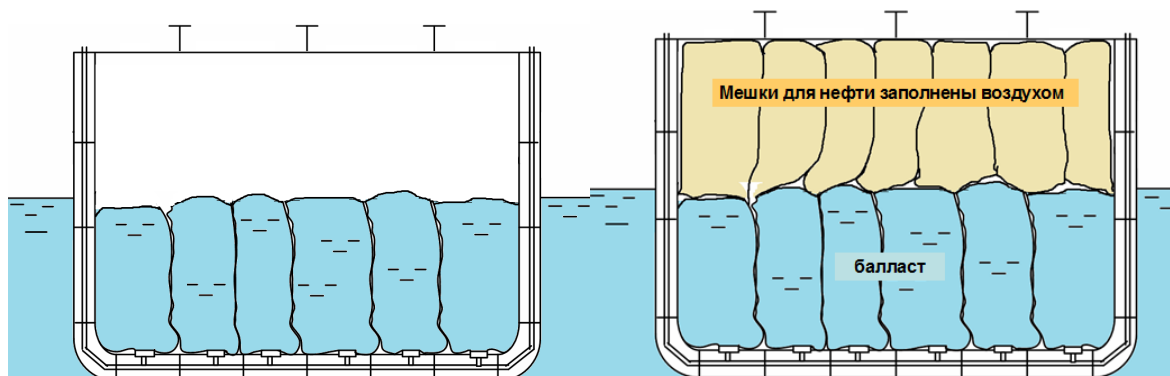


Рисунок 2 - Новые варианты решения проблемы

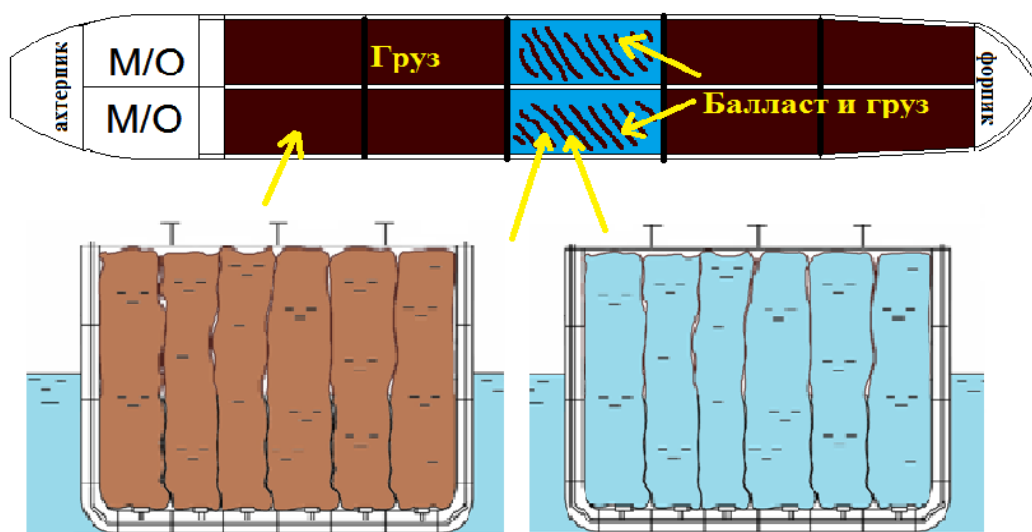


Рисунок 3 - Другой вариант решения проблемы

Во второй главе рассмотрены особенности проектирования танкера с применением технологий CAD. Выполнены расчёты начального этапа проектирования судна. Построена 3D модель поверхности корпуса судна в программе FreeShip по теоретическому чертежу. Построена 3D модель общего расположения судна (рис. 4). Выполнен расчёт конструкций корпуса

по правилам морского регистра судоходства России. На его основе построена 3D модель конструкции корпуса (рис. 5) в системе AutoCAD.

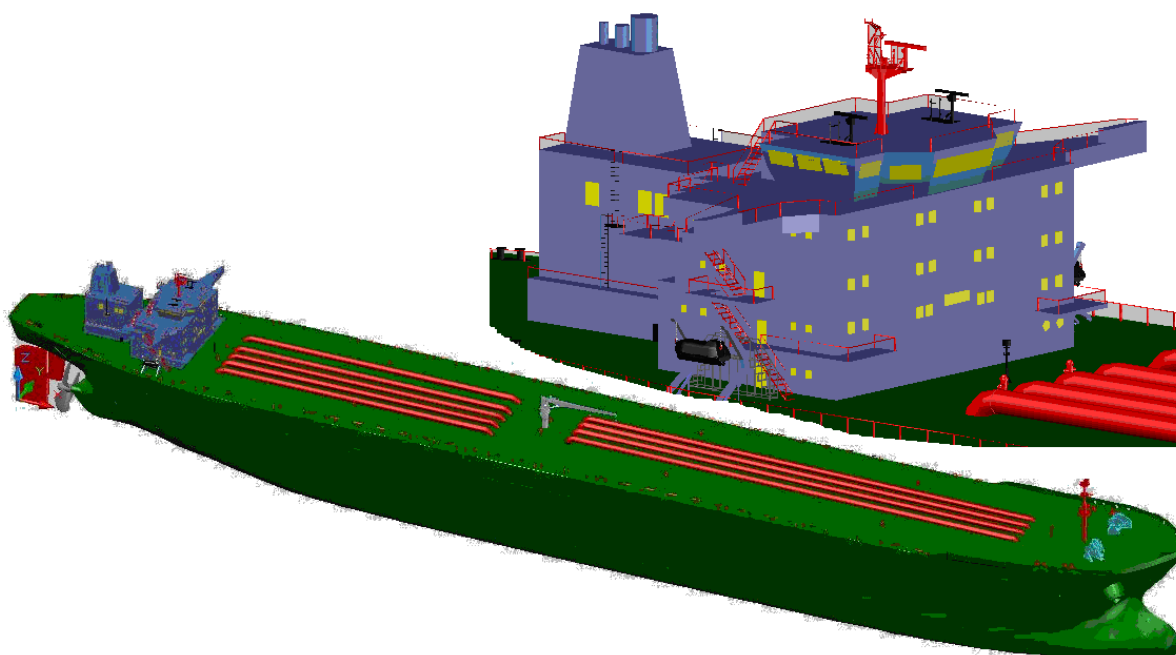


Рисунок 4 – 3D модель общего расположения судна

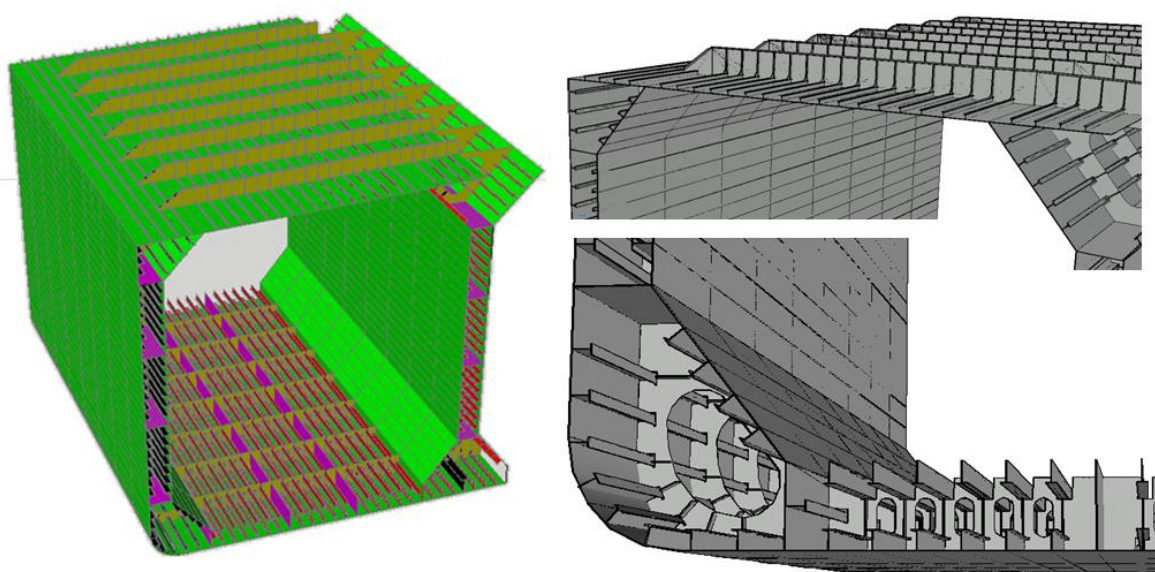


Рисунок 5 – 3D модель конструкции корпуса

В третьей главе рассмотрены особенности анализа мореходных качеств и конструкций судна на основе технологий CAE. Расчёты гидростатики, остойчивости на больших углах крена и ходкости выполнены в программе FreeShip.

Анализ сопротивления, а также слошинга в танке выполнен методом конечных объёмов в системе Flow3D (рис. 6-7). На основе анализа слошинга определены нагрузки на палубу и уточнены размеры её связей.

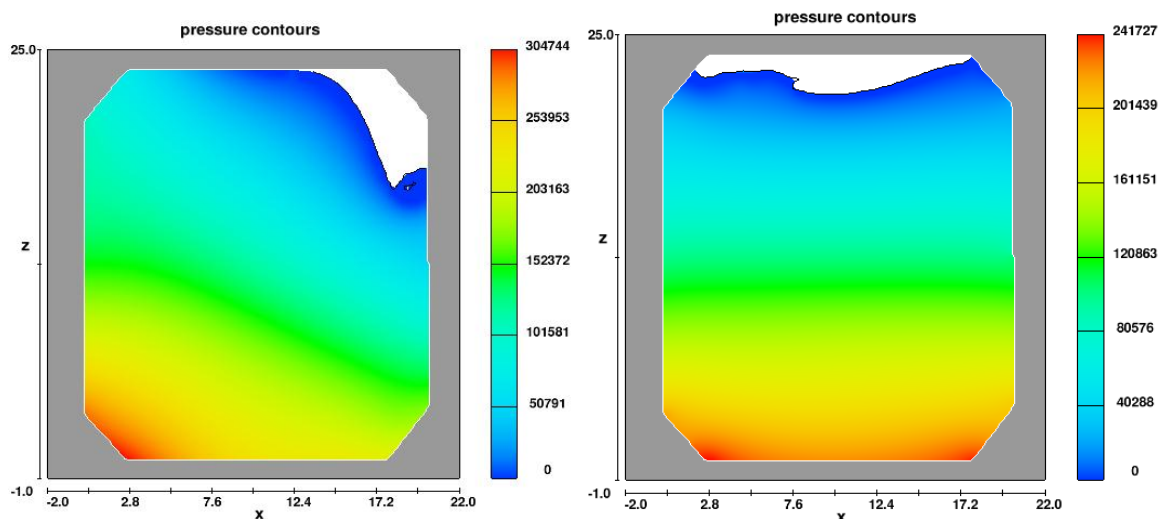


Рисунок 6 – Моменты движения жидкости и давления при слошинге при загрузке танка на 95%

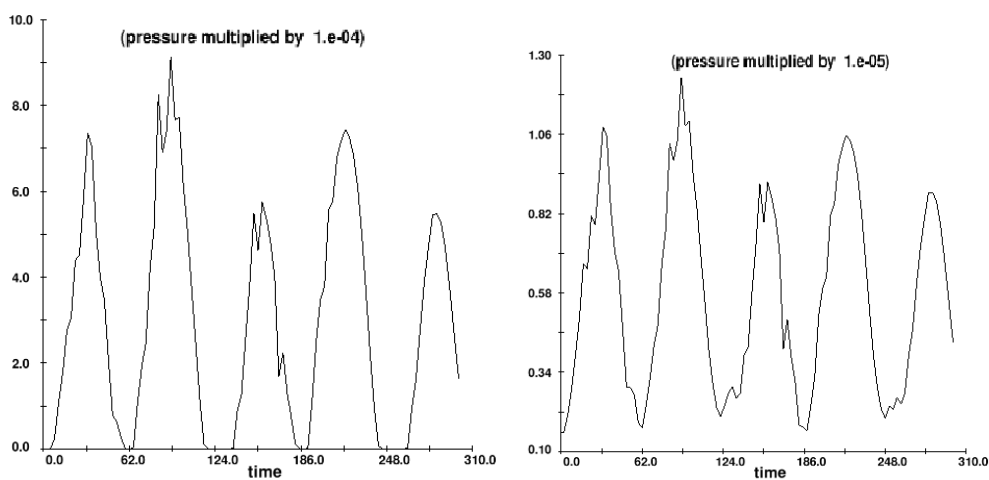


Рисунок 7 – Зависимости давления от времени в двух точках палубы при загрузке танка на 95%

Первоначальная конструкция днища, спроектированная с учётом общих требований морского Регистра, существенно отличалась от конструкций прототипов, а именно, предполагалась уменьшенная высота двойного дна (у прототипов – от 2,8 м до 3,9 м, в проекте – 1,6 м), большой пролёт флоров (15,2 м) и большое расстояние между флорами (у прототипов

– 3 м, в проекте – 4 м). Поэтому были выполнены уточнённые расчёты прочности и вибрации днищевого перекрытия в системе MSC/NASTRAN методом конечных элементов (рис. 8 - 9).

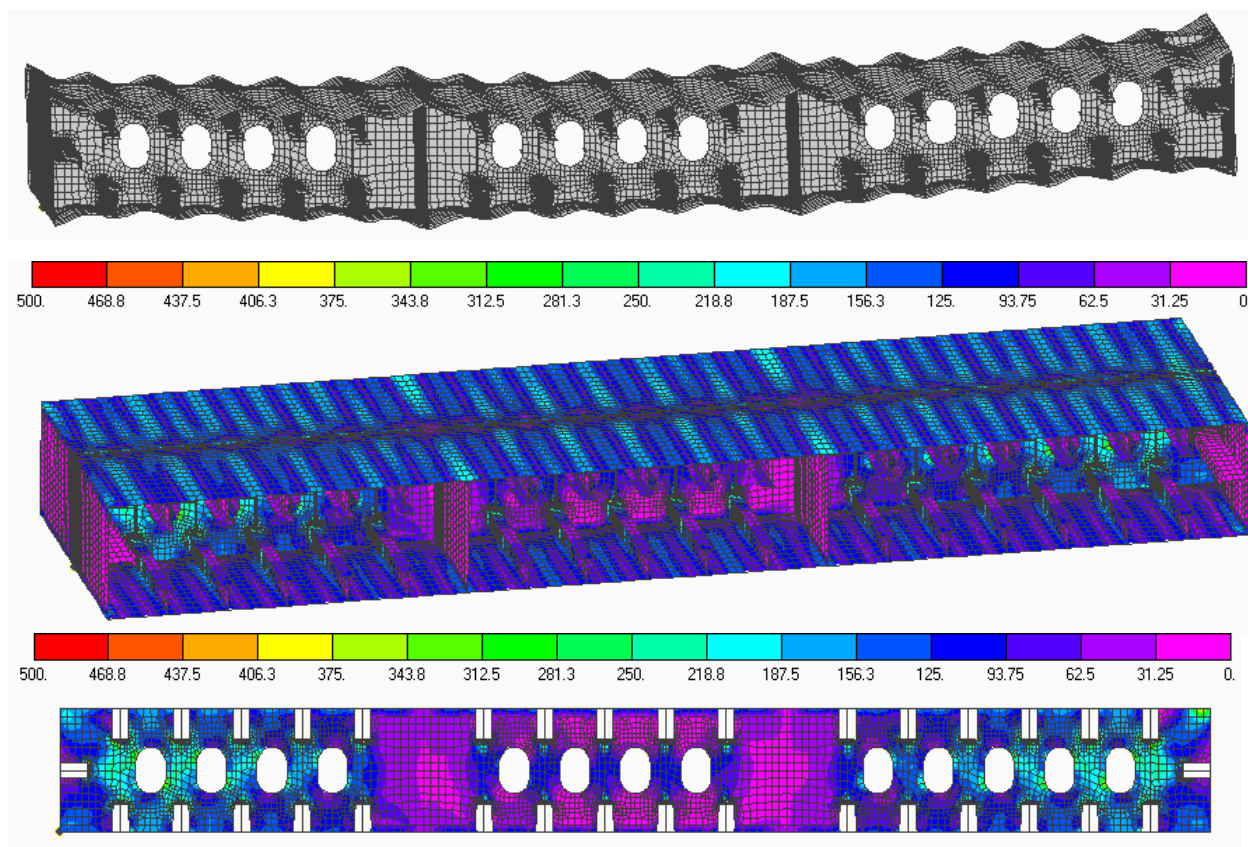


Рисунок 8 – Деформации и напряжения в днищевом перекрытии

Расчёты показали необходимость существенного пересмотра конструкции днища. Увеличением толщин флоров, обшивки и настила, а также уменьшением расстояния между флорами добиться достаточной прочности не удалось. Предложены конструктивные уточнения для достижения уровня допустимых напряжений. Следует отметить, что большие концентрации напряжений возникают в углах вырезов под проход продольных балок, выявить которые, проектируя конструкции только по требованиям Регистра, невозможно.

Расчёты вибрации днищевого перекрытия показали отсутствие резонансных частот с главными источниками низкочастотных колебаний.

В четвертой главе рассмотрены особенности современной верфи для постройки крупнотоннажных судов, обобщённый техпроцесс постройки судна на открытом стапеле. Приведена схема разбивки корпуса судна на блоки и секции. Показаны примеры поточных линий изготовления плоскостных и полубъёмных секций.

В заключении представлены основные результаты работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработано техническое предложение танкера дедвейтом 150 тыс. т, с повышенной экологической безопасностью и грузовместимостью. Выполнены основные проектные расчёты судна в первом приближении.

2. Предложена концепция и варианты новой грузовой системы танкера с применением эластичных ёмкостей. Для её применения предложена новая конструкция корпуса танкера.

3. Разработаны 3D модели формы корпуса, общего расположения, конструкции корпуса на основе технологий CAD.

4. Выполнены расчёты остойчивости, ходкости, слошинга, прочности и вибрации конструкций на основе технологий CAE.

5. Применение численного моделирования позволило выявить особенности крупнотоннажного танкера, которые не учитываются в правилах Регистра, в частности:

- расчёт нагрузок от слошинга показал необходимость увеличения размеров связей палубы;

- расчёты прочности днищевого перекрытия показали, что при размерах вырезов во флорах, допустимых по правилам Регистра, образуются концентрации напряжений, значительно превышающие допустимые.

6. В работе показана необходимость применения технологий CAD/CAE, которые позволяют: а) исключить ошибки проектирования, которые могут быть пропущены при применении только нормативных

правил; б) обосновать изменения в новых конструкциях на основе вычислительных экспериментов; в) повысить качество проектов.

7. Работа может быть основой для методических разработок по выполнению учебных проектов на основе современных компьютерных технологий.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Концепция обеспечения экологичности морского танкера на основе применения гибких резервуаров // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017, с. 949-951.

2. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Анализ слошинга в грузовом танке танкера // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018.

3. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Обеспечение экологической безопасности танкеров с применением гибких резервуаров // Дальневосточная весна-2018 : материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018 (в печати).

4. Лиин Тхет, Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Новая концепция танкеров // ТРИЗ технологии 2018: 8-я международная конференция школьников, студентов и аспирантов, Комсомольск-на-: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018 (готовится к печати).