

Ведюшенко Илья Витальевич

Студент 2 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»

Дальневосточный Федеральный университет

Россия, г. Владивосток

Непомнящий Даниил Ильич

Студент 2 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»

Дальневосточный Федеральный университет

Россия, г. Владивосток

Радченко Данил Игоревич

Студент 2 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»

Дальневосточный Федеральный университет

Россия, г. Владивосток

Шевцов Сергей Александрович

Студент 2 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»

Дальневосточный Федеральный университет

Россия, г. Владивосток

**ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СРАВНЕНИЯ
МЕТАЛЛОЕМКОСТИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО
ТРЕБОВАНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ КО**

Аннотация. В данной работе представлена методика определения и сравнения металлоемкости корпусных конструкций судов полученных по требованиям различных КО, учитывающая их конструктивные особенности,

такие как сложная конфигурация элементов, значительные размеры и наличие сварных соединений.

Ключевые слова: *металлоемкость, прочность, долговечность, конструкции, напряжения.*

Annotation. *This paper presents a methodology for determining and comparing the metal consumption of hull structures of ships, taking into account their design features, such as complex configuration of elements, significant dimensions and the presence of welded joints.*

Keywords: *metal consumption, strength, durability, structures, stresses.*

Введение

В современном судостроении важным аспектом проектирования корпусных конструкций является оптимизация их металлоемкости и прочности. Сравнительный анализ балок набора, являющихся ключевыми элементами судового корпуса, позволяет не только оценить эффективность используемых материалов, но и выявить резервы для повышения эксплуатационных характеристик судов. В данной работе рассматривается методика сравнительного анализа металлоемкости балок, основанная на удельной массе, приходящей на 1 погонный метр, что позволяет более точно оценить влияние различных проектных норм на конструктивные решения.

Для достижения этой цели используется аппроксимирующая зависимость между моментами сопротивления и площадями поперечного сечения балок, что дает возможность провести сравнение по различным классификационным обществам, таким как PMPC, DNV-Gl и LR. Применение нормирования момента сопротивления и площади поперечного сечения позволяет формализовать процесс сравнения и выявить преимущества или недостатки различных подходов к проектированию.

Проблемы проектирования судов с учетом требований к металлоемкости и прочности по правилам различных КО.

Проектирование судов с учетом требований к металлоемкости и прочности является критически важным аспектом судостроительной индустрии. Металлоемкость означает необходимость использования металла для конструкции судна, включая корпус, палубы, мачты и другие части. Прочность, с другой стороны, определяет способность судна выдерживать нагрузки, возникающие при различных условиях эксплуатации, таких как волны, ветер, грузоподъемность и т.д.

При проектировании судов с учетом этих требований инженеры должны учитывать несколько ключевых факторов:

1. **Материалы:** Выбор подходящих металлических материалов имеет решающее значение для обеспечения металлоемкости и прочности судна. Это включает в себя использование высокопрочных сталей и других сплавов.

2. **Конструкция:** Конструкция судна должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между массой и прочностью. Это может включать использование усиленных рам, продольных и поперечных балок, а также других элементов конструкции.

3. **Нагрузки:** Инженеры должны учитывать различные виды нагрузок, которые могут возникнуть во время эксплуатации судна, такие как динамические нагрузки от волн, статические нагрузки от грузов и т.д.

4. **Стандарты безопасности:** Судовые конструкции должны соответствовать различным международным стандартам безопасности, устанавливающим требования к прочности и металлоемкости.

5. **Технологический прогресс:** С появлением новых технологий и материалов инженеры постоянно работают над разработкой более эффективных методов проектирования, чтобы улучшить металлоемкость и прочность судов.[6]

Описание методики определения и сравнения металлоемкости корпусных конструкций

Конструктивными особенностями судовых корпусных конструкций является сложная конфигурация элементов и связь их между собой, значительные габариты, масса и наличие сварных соединений. Поэтому при сравнении металлоемкости судовых корпусных конструкций опираться только на массу, как на основной показатель будет не верно. Для полноты оценки необходимо учитывать и другие показатели, например:

- металлоемкость;
- долговечность;
- прочность;
- технологичность.

Очевидно, что первые три показателя являются взаимозависимыми и изменение одного из них ведет к изменению других. В свою очередь вопросы, связанные с технологичностью судовых корпусных конструкций в данной работе рассмотрены не будут.

Для обеспечения попытки учета вышеприведенных показателей в данном разделе приведены основы методики, основанной на совместном учете металлоемкости и анализе пространственного напряженного состояния рассчитанных по разным правилам судовых корпусных конструкций.

При этом расчетные нагрузки и минимальные значения толщин листов наружной обшивки, размеры рамных и промежуточных связей набора корпуса определяются с учетом рекомендаций различных правил постройки судов.

Для оценки пространственного напряженного состояния рассчитывающихся по разным Правилам судовых корпусных конструкций будет использоваться программный продукт Solidworks являющийся в настоящее время стандартом при решении задач оценки прочности посредством численных алгоритмов.[7]

Для использования МКЭ и получения приемлемой точности результатов расчетов применительно к судовым корпусным конструкциям необходимо выполнить следующие этапы:

1. Создание конечно-элементных моделей конструкций с учетом их пространственной архитектуры и особенностей геометрии;
2. Создание расчетной сетки.
3. Задание нагрузок, рассчитанных по соответствующим Правилам.
4. Решение пространственной задачи.
5. Оценка уровня действующих напряжений конструкций с помощью программного комплекса, реализующего МКЭ.
6. Оценка коэффициентов запаса прочности $S = \sigma_T / \sigma_i$,
где σ_T - предел текучести материала конструкции;
 σ_i - действующие значения напряжений в конструкциях.
7. Выявление связей, в которых расчетные значения S меньше или превышают нормативное значение.
8. Сравнение металлоемкости конструкций и элементов, рассчитанных по разным Правилам.

Особенностью предлагаемой методики оценки металлоемкости является учет действующих напряжений возникающих в судовых корпусных конструкциях под действием нагрузок, вычисленных по соответствующим Правилам.

Заключение

В результате проведенного исследования была разработана методика сравнительного анализа металлоемкости корпусных конструкций судов, основанная на использовании численного моделирования методом конечных элементов (МКЭ) с применением программного продукта SolidWorks. Данная методика позволяет более точно оценить прочностные характеристики и металлоемкость различных элементов корпуса, что особенно актуально в

условиях современных требований к надежности и экономичности морского транспорта.

Основные этапы, описанные в работе, обеспечивают системный подход к созданию конечно-элементных моделей, расчету напряжений и оценке коэффициентов запаса прочности. Учет действующих напряжений, возникающих в результате применения расчетных нагрузок, позволяет выявить критические участки конструкции и оптимизировать проектные решения, соответствующие требованиям различных классификационных обществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: URL:
https://cniimf.ru/upload/iblock/8dc/Petrov_SHilkina_Otsenka_metalloemkosti.pdf
2. Электронный ресурс: URL:
https://msun.ru/upload/files/febrat19/s1/constr_br.pdf
3. Электронный ресурс: URL:
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41591166_93336465.pdf
4. Электронный ресурс: URL:
https://elibrary.ru/download/elibrary_12866829_27426736.pdf
5. Электронный ресурс: URL:
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41591166_42874886.pdf
6. А.А. Петров, М.С. Шилкина. Оценка металлоемкости конструкций ледового пояса при смене ледового класса IA FSR на класс ARC4 PMPC.
7. Разработка предложений по корректировке требований нормативных документов РС на основе сопоставления металлоемкости конструкций корпуса судов, проектируемых по требованиям РС и требования иных классификационных обществ: Отчет о Научно-Исследовательской

работе / Руководитель О.Э. Суров. Владивосток.: Дальневосточный
Федеральный Университет, 2019. 639 с.