

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

На правах рукописи

Хейн Тиха Найнг

**Исследование особенностей проектирования и анализа судна для  
перевозки сыпучих грузов водоизмещением более 50000 тонн**

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

**АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**



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

Научный руководитель кандидат физико – математических наук,  
доцент Каменских Ираида Витальевна

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

Защита состоится «27» июня 2018 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27, ауд. 222/3.

Автореферат разослан 20 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Е.И. Селиванов

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Диссертация посвящена исследованию, анализу и проектированию судов для перевозки сыпучих грузов, вопросам гидродинамики, ходкости и проектированию конструкции корпуса данных судов, возможности их постройки.

**Актуальность темы.** Тема актуальна в связи с необходимостью проектирования судов для перевозки сыпучих грузов для государства Республика Союз Мьянма. В настоящее время существует региональный спрос на более крупные суда для морских перевозок, поэтому правительство установило план развития глубоководных морских торговых портов на подходящих местах вдоль побережья Мьянмы.

**Цель магистерской диссертации.** Исследование особенностей проектирования и информационной поддержки жизненного цикла судов для перевозки сыпучих грузов с использованием современных технологий CAD/CAE/CAM.

### **Основные задачи магистерской диссертации.**

1. Исследование особенностей эксплуатации рассматриваемого судна для условий РС Мьянма.
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 судна (ходкость, остойчивость).
8. Проектирование конструкции поперечного сечения судна.
9. Описание системы бытового водоснабжения экипажа судна.
10. Анализ вариантов и предложение общей технологии постройки судна.
11. Описание рекомендаций по обеспечению безопасности судна и его

экипажа в пиратоопасных районах.

**Характеристика объекта и предмета исследования.** Объект исследования – судно для перевозки сыпучих грузов водоизмещением более 50000 т. Предмет исследования – особенности проектирования и поддержки жизненного цикла судна на основе современных информационных технологий.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач и достижения намеченной цели в исследованиях особенностей проектирования судов для перевозки сыпучих грузов использованы современные методы проектного анализа судов, компьютерные технологии, математические модели. При разработке предложений по перспективному судну для перевозки сыпучих грузов использованы основные методики и аппарат теории проектирования судов.

**Научную новизну результатов исследования** составляют:

1. Результаты анализа конструкций судов для перевозки сыпучих грузов.
2. Предложена конструкция корпуса судна.
3. Результаты исследования мореходных качеств и конструкции судна.
4. Исследование возможности постройки судна для РС Мьянма.
5. Способ экономии пресной воды на судне.

**Практическая значимость работы и ценность работы.** Разработанные методики и алгоритмы предназначены для использования в задачах проектирования судов для перевозки сыпучих грузов; внедрения в учебный процесс и в практику подготовки специалистов нового поколения - на основе использования компьютерных технологий.

**Личный вклад автора** заключается в выполнении теоретического и практического исследования, включая сбор информации, анализ архитектурно-конструктивных особенностей, разработку алгоритмов, расчетных методик и проведения расчетов.

**На защиту выносятся основные результаты:**

1. Результаты анализа конструкций судов для перевозки сыпучих грузов.
2. Предложена конструкция корпуса судна.

3. Результаты исследования мореходных качеств и конструкции судна.
4. Исследование возможности постройки судна для РС Мьянма.
5. Способ экономии пресной воды на судне.

**Апробация работы.** Результаты и положения, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических семинарах кафедры «Кораблестроение» КнАГУ, ежегодных научно-технических конференциях студентов и аспирантов КнАГУ (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017, 2018 г.), международной молодежной научно-технической конференции НГТУ им. Р.Е. Алексеева и международной студенческой научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ «СибАК».

По теме диссертации автором опубликовано 4 печатные работы.

**Структура и объем магистерской диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Она содержит 107 страницы основного текста (включая 45 рисунков и 16 таблиц) и 2 страницы оглавления. Список использованных источников включает 28 наименований и занимает 3 страницы. Приложения А, Б и В имеют объем 6 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы общая цель и задачи исследования, а также определена последовательность решения задач, выносимых на защиту.

**В первой главе** приведен обзор источников по теме исследования. Рассмотрены проекты судов российской и зарубежной постройки. Приведены основные условия эксплуатации, нормативные требования, выбраны исходные главные размерения и другие характеристики судна-прототипа на основе существующих современных судов для перевозки сыпучих грузов.

**Во второй главе** выполнены расчеты главных размерений судна в первом и втором приближениях, составлены уравнения нагрузки в функции от

водоизмещения, определено водоизмещение и мощность энергетической установки. Перечислены основные современные технологии информационной поддержки жизненного цикла судна. Построены: теоретический чертеж, 3D модель общего расположения судна. Выполнены расчеты гидростатики, начальной и динамической остойчивости судна.

Выполнены расчеты главных размерений судна в первом и втором приближениях, составлены уравнения нагрузки в функции от водоизмещения, определено водоизмещение и мощность энергетической установки. Последовательность проектирования судна, определения его главных размерений и весовой нагрузки представлена в виде блок-схемы на рисунке 1.

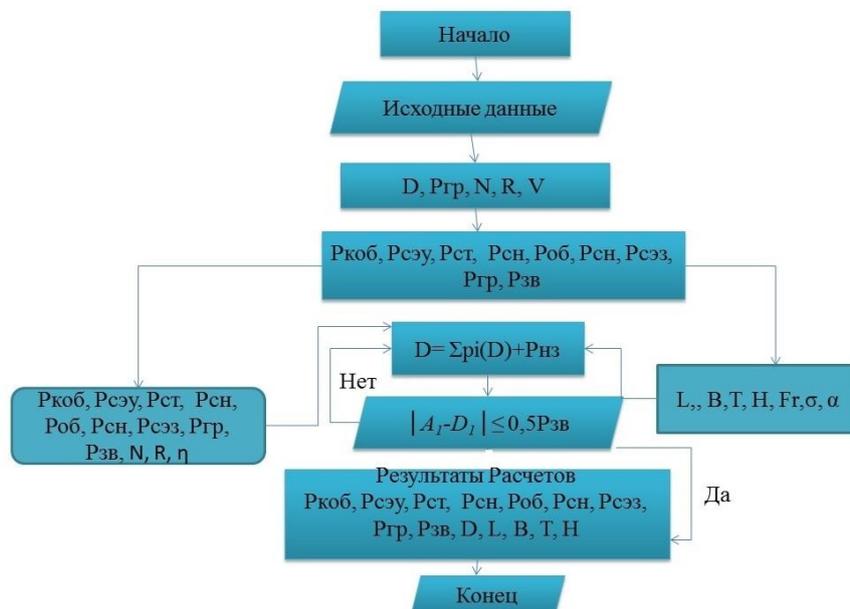


Рисунок 1 - Определение главных размерений судна

Выполнено пространственное моделирование корпуса и построение теоретического чертежа в системе FreeShip (рисунок 2). Судно имеет бульб для понижения сопротивления воды, U-V образные шпангоуты. Конфигурация кормы - транцевая с V- образным шпангоутами, цилиндрическую вставку, которая увеличивает вместимость корпуса судна, упрощает технологию и удешевляет его постройку.

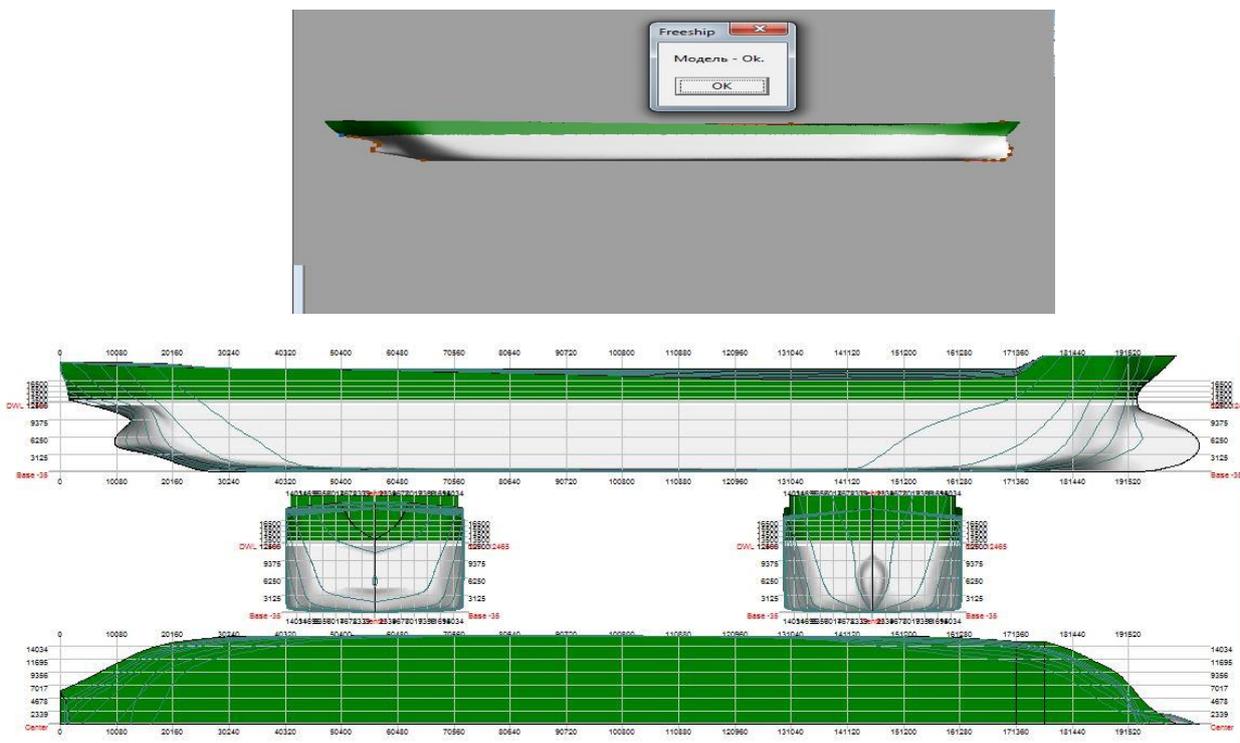


Рисунок 2 – Результаты моделирования корпуса судна

Выполнен чертеж и создана 3D модель кормовой надстройки балкера в AutoCAD. Результат моделирования – 3D модель корпуса балкера с надстройкой и оснащением представлен на рисунке 3.

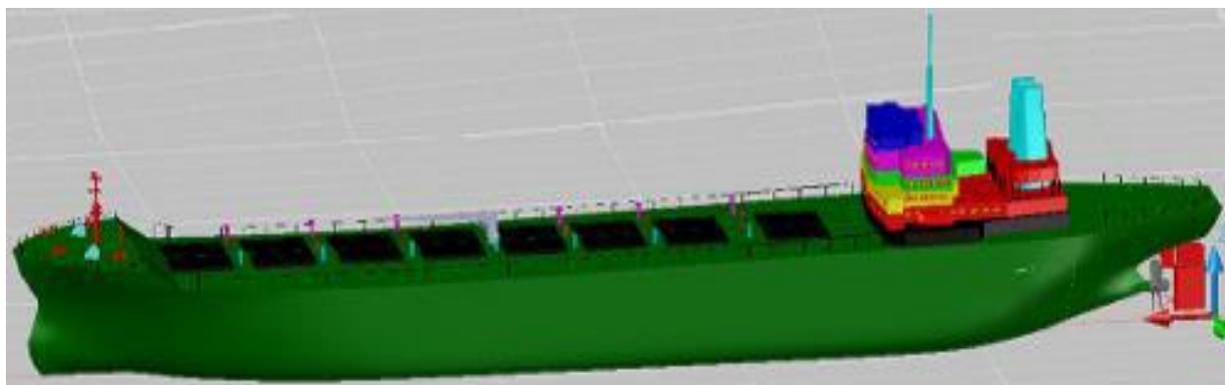


Рисунок 3 – Общий вид корпуса с надстройкой в AutoCAD

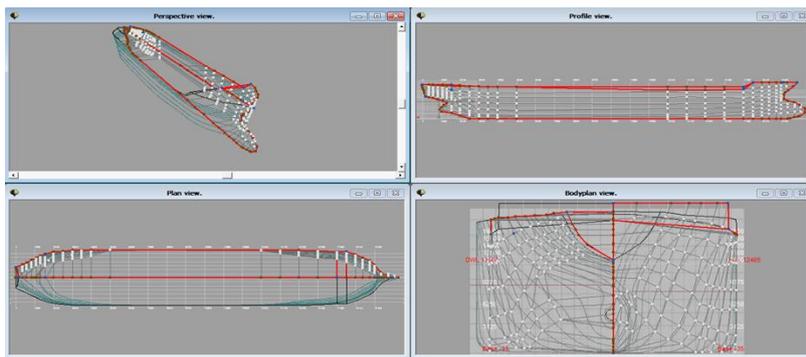
**В третьей главе** выполнен анализ мореходных качеств и спроектирована конструкция корпуса судна и оценена устойчивость ее элементов.

Проведено исследование сопротивления судна с помощью программы (FreeShip) по методу HOLTROP для судна с характеристиками: длина наибольшая 215,4 м, ширина 31,8 м, осадка 12,5 м, высота борта до главной палубы 16,8 м. В программе FreeShip построены 3D модели судна,

различающиеся длиной бульба (рисунок 4). Определено сопротивление судна для каждой модели. Результаты расчетов приведены на рисунке 4.

Методы, используемые для приближенного определения сопротивления можно объединить в группы: методы расчета остаточного сопротивления и методы пересчета остаточного сопротивления с прототипа. В данных методах выполняется учет влияния геометрических характеристик формы корпуса на его сопротивление, расчет проводится на основе результатов испытаний серий моделей. При использовании материалов систематических серий наилучшие результаты (погрешность менее 5%) достигаются по серии, в которой обводы наиболее близко повторяют обводы проектируемого судна, а условия испытаний моделей с достаточной точностью моделируют условия его обтекания.

а)



б)

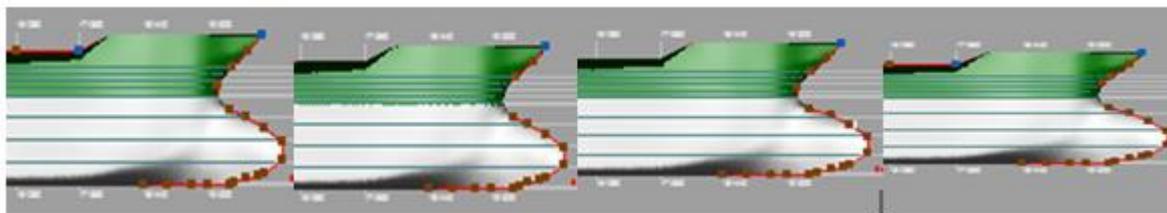


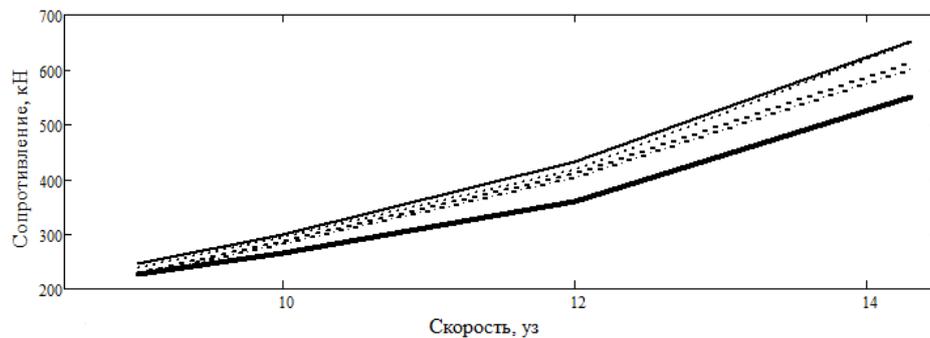
Рисунок 4 – Корпус судна

а – корпус судна, б – бульб (длина от 2,8 до 4,3 м)

Материалы испытаний моделей серии BSRA и 60 серии использовались для приближенной оценки сопротивления корпуса. Сопротивление судна вычисляется по формуле

$$R = \frac{\rho V^2}{2} \times C \times \Omega,$$

где  $R$  – сопротивление, кН,  $V$  – скорость судна, м/с,  $\Omega$  – площадь смоченной поверхности судна,  $m^2$ ,  $C$  – коэффициент сопротивления, рассчитывается по методике из справочника. Сопротивление движению судна складывается из сопротивления трению, остаточного сопротивления, включающего в себя сопротивление формы и волновое, сопротивление выступающих частей и сопротивление воздуха. Для расчета использованы данные испытаний серии судов с умеренной полнотой обводов. На рисунке 4 приведены результаты расчетов по двум методам. Результаты расчета сопротивления судна по методике из справочника сопоставимы с результатами расчетов в программе FreeShip. Обычно после определения сопротивления проводят оценку буксировочной мощности, которую необходимо затратить, чтобы буксировать судно с заданной скоростью. Проведен расчет буксировочного сопротивления, мощности подаваемой на винт и мощности, подводимой к валу. Значения последней не превышают заданной мощности главного двигателя судна-прототипа.



- длина бульба 2,8 м
- ⋯ длина бульба 3,3 м
- - - длина бульба 3,8 м
- · - · - длина бульба 4,3 м
- расчет по справочнику

Рисунок 5 – Сопротивление судна

Следующий расчет – это проектирование конструкции поперечного сечения судна. Определены архитектурно-конструктивные особенности корпуса судна и расположение его основных конструктивных элементов (для

днища, борта и др.), их размеры рассчитаны по формулам Правил Регистра. Результаты проектирования конструкции представлены на рисунке 6.

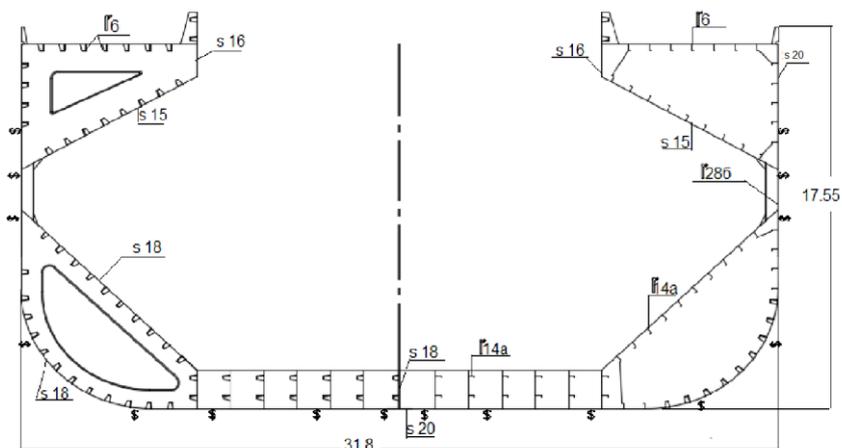


Рисунок 6 - Мидель-шпангоут балкера

Прочность судна – это способность корпуса воспринимать внешние и внутренние нагрузки (силы), действующие на него без разрушения или же остаточных деформаций. Приближенным методом получены эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов на тихой воде. Расчеты эквивалентного бруса приведены в табличном виде. Напряжения в связях не превышают напряжения потери устойчивости – устойчивость обеспечена.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования возможности постройки и эксплуатации сухогрузного судна. Перечислены основные особенности современной верфи для постройки крупных судов, возможной технологии постройки судна. Рассмотрена система снабжения судна пресной водой и предложен способ ее экономии. Сформулированы рекомендации по обеспечению безопасности судна и его экипажа в пиратоопасных районах.

В настоящее время Республика Союз Мьянма не имеет собственных судостроительных предприятий, способных построить балкер таких больших размеров. Построить судно возможно на судостроительных предприятиях соседних государств, например, предложить заказ корейским или китайским судостроителям. Так судостроительная верфь в городе Далянь – одна из главных верфей в группе судостроительных предприятий на северо-востоке Китая, оснащена одним 300000 т плавучим доком, 180000 т и 80000 т сухими

доками. Плавающий док имеет следующие данные: длина 240 м, ширина 45 м, осадка 18 м. Даляньская верфь имеет береговую линию протяженностью 2500 м, с девятью причалами и соответствующими подъемно-транспортными средствами. Верфь имеет возможность отремонтировать более 200 судов в год.

Пресная вода стоит достаточно дорого, поэтому необходимо принимать меры для того чтобы сокращать ее расход, не создавая неудобств для экипажа. Расход пресной воды серьезно увеличивается, когда судно совершает рейс в тропиках, поскольку люди пытаются охладиться под душем. Для экономии пресной воды системы снабжают невозвратными клапанами в местах расхода. Но можно для этой цели использовать бассейны, в которых люди могли бы охладиться. Для экономии пресной воды системы в грузовом судне с экипажем 10-15 человек, бассейн может иметь размеры  $3 \times 3,6 \times 1,9$  м (для членов экипажа не стоящих на вахте, это примерно 4 человека), с глубиной воды в ванне бассейна 1,7 м.

Дана характеристика свойственных современным пиратам различных стратегий поведения. Приведены основные рекомендации по обеспечению безопасности судна и его экипажа в пиратоопасных районах.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В диссертационной работе решена задача, имеющая практическое значение для разработки методик проектирования судов для РС Мьянмы. Получены следующие результаты:

1. Результаты анализа конструкций судов для перевозки сыпучих грузов.
2. Предложена конструкция корпуса судна.
3. Результаты исследования мореходных качеств и конструкции судна.
4. Исследование возможности постройки и технологичности конструкции судна для РС Мьянма.
5. Способ экономии пресной воды на судне.

### Список публикации автора магистерской диссертации

1. Хейн Т.Н., Каменских И.В. Некоторые вопросы проектирования и постройки балкеров // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. LXII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 2(61). URL: [https://sibac.info/archive/technic/2\(61\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/2(61).pdf) (дата обращения: 26.05.2018).
2. Хейн Т.Н., Каменских И.В. Исследование влияния особенности формы корпуса балкера на сопротивление движению// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов / ред. кол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018.
3. Хейн Т.Н., Каменских И.В. Доставка грузов для республики союз мьянмы балкером типа «Харитон Греку» // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й НТК студентов и аспирантов / ред. кол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017.
4. Хейн Т.Н., Каменских И.В. Системы обеспечения судов пресной водой// Будущее технической науки: сборник материалов XVI Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – 583 с.