

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

Л.Е. Мейлер

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СУДНА

*Методические указания и контрольные задания
для студентов направления подготовки 26.03.01
«Управление водным транспортом и гидрографическое
обеспечение судоходства», профиль «Управление водными
и мультимодальными перевозками»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)*

БГАРФ

Калининград
Издательство БГАРФ
2019

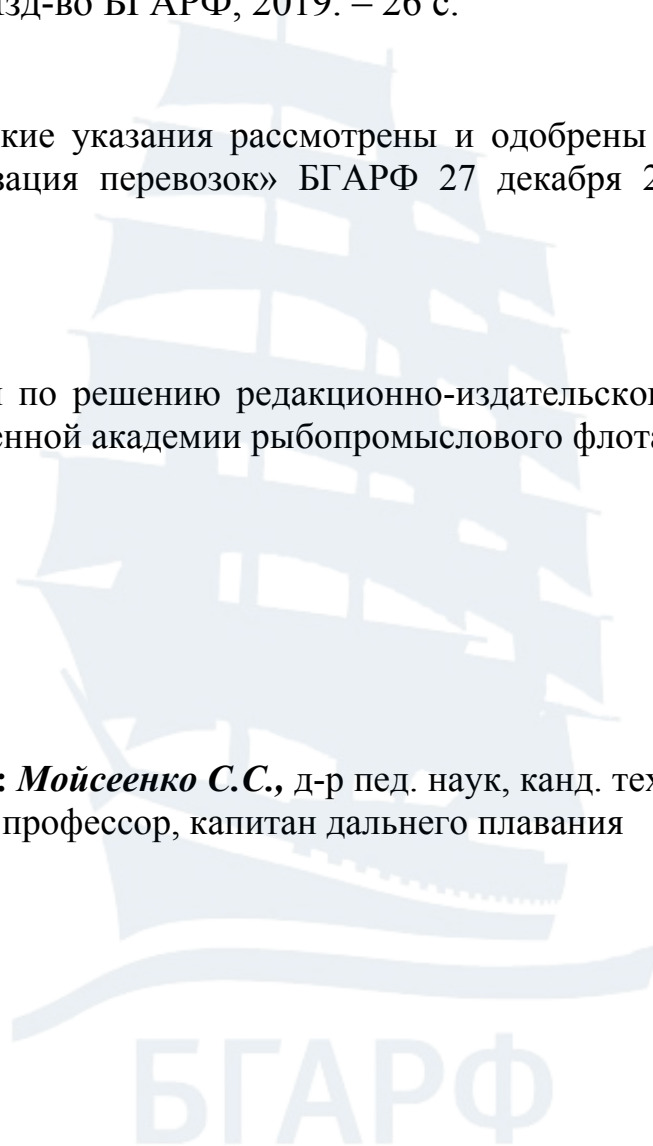
УДК 629.12

Мейлер, Л.Е. Основы теории судна: методические указания и контрольные задания / Л.Е. Мейлер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – 26 с.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Организация перевозок» БГАРФ 27 декабря 2018 г., протокол № 160.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензент: Мойсеенко С.С., д-р пед. наук, канд. техн. наук,
профессор, капитан дальнего плавания



Оглавление

1. Общие организационно-методические указания.....	3
2. Примерный тематический план	6
3. Перечень рекомендуемой литературы	7
4. Содержание программы учебной дисциплины с методическими указаниями.....	8
5. Контрольная работа	23
6. Курсовая работа.....	26
7. Перечень лабораторных занятий	26



1. Общие организационно-методические указания

1.1. Дисциплина «Основы теории судна» является одной из основных дисциплин цикла «Дисциплины специализации» основной образовательной программы профессионального высшего образования по направлению 653400 «Организация перевозок и управление на транспорте», специализации «Водный транспорт».

Данные методические указания составлены в соответствии с Примерной программой дисциплины «Теория и устройство транспортных средств» для специальности 240100 «Организация перевозок и управление на транспорте», одобренной УМО по образованию в области водного транспорта 04 июня 1997 г., в части, посвященной теории судна.

1.2. Целью изучения дисциплины «Основы теории судна» (ОТС) является получение курсантами теоретических знаний и практических навыков, необходимых для принятия обоснованных решений в процессе их будущей практической деятельности в судоходной, стивидорной, брокерской или экспедиторской компании, в транспортном отделе внешнеторговой фирмы или иного предприятия, связанного с внешнеторговыми перевозками на транспортных и рыбопромысловых судах.

1.3. Основная задача изучения дисциплины ОТС – формирование у будущих специалистов профессионального отношения к вопросам эксплуатации транспортных судов и, в частности:

- правильная оценка условий, обеспечивающих плавучесть судна;
- реальная оценка остойчивости судна в условиях плавания, загрузки и разгрузки;
- адекватная обстановке оценка непотопляемости судов различных типов;
- знание элементов управляемости судна;

- учет влияния внешних условий на ходкость судна;
- знание взаимовлияния движителя, двигателя и корпуса судна;
- оценка сил, действующих на корпус судна и его прочность.

1.4. Дисциплина является одной из базовых дисциплин специализации для подготовки инженеров по организации перевозок и управлению на водном транспорте. Изучение дисциплины ОТС проводится на 2 курсе, после изучения дисциплины «Устройство и оборудование транспортных средств», а именно устройства и оборудования транспортных судов, а также после изучения дисциплин «Физика», «Высшая математика», «Начертательная геометрия», одновременно с изучением «Теоретической и прикладной механики» и «Сопrotивления материалов». Изучив ОТС, студенты будут подготовлены к изучению таких дисциплин, как «Технология и организация перегрузочных процессов», «Технология и организация перевозок», «Транспортное перегрузочное оборудование».

1.5. Инженеры сферы перевозок грузов и пассажиров на водном транспорте должны располагать глубокими знаниями, практическими навыками и легко ориентироваться в следующих прагматических задачах своей деятельности на базе курса ОТС:

- уметь составить или произвести оценку плана загрузки судна, обеспечив его безопасность в эксплуатации, в первую очередь, плавучесть, остойчивость и прочность;
- четко представлять, как влияет прием и расходование любого груза, топлива, воды на остойчивость судна;
- знать условия обеспечения непотопляемости судна и практические приемы его реализации;
- уметь оперативно пользоваться технической документацией, имеющей отношение к задачам теории судна, в частности, «Информацией об остойчивости и прочности для капитана», теоретическим чертежом

судна, диаграммами посадок, кривыми элементов теоретического чертежа и т.п.;

— знать условия, обеспечивающие скорость хода судна и факторы, влияющие на ее изменение в эксплуатации;

— уметь прогнозировать скорость судна для назначенного времени прихода судна в порты для составления расписания;

— располагать знаниями для определения необходимого запаса мощности судна, обеспечивающего выполнение расписания рейса или линии;

— знать и уметь обеспечивать экономию топлива в эксплуатации путем осуществления мероприятий, вытекающих из закономерностей теории судна, в частности, путем обеспечения минимально возможного сопротивления воды движению судна, минимального момента сопротивления гребного винта, рационального дифферента судна, обеспечения оптимальной скорости хода и др.;

1.6. Объем дисциплины по учебному плану дневного отделения составляет 90 часов, из них 54 аудиторных часа. На заочном отделении дисциплина изучается в 4 семестре: аудиторный объем дисциплины 10 часов, в том числе лекции – 6 часов, лабораторные занятия – 4 часа, контрольная работа – 1, курсовая работа – 1. Формы контроля: экзамен – 4 семестр.

1.7. Основной формой занятий студентов – заочников является самостоятельная работа над учебным материалом. В период лабораторно – экзаменационной сессии студенты слушают лекции и выполняют лабораторные работы. Вся основная учебная работа выполняется самостоятельно в межсессионный период. Одной из форм контроля самостоятельной работы является выполнение письменной контрольной работы, заключающейся в решении задач и курсовой работы. Студенты получают консультации у преподавателей кафедры «Организация перевозок» как во время сессии, так и в межсессионный период. К экзамену допускаются студенты, выпол-

нившие лабораторные работы и защитившие отчеты по ним, правильно выполнившие контрольную и курсовую работы и защитившие их.

1.8. Лекции по данной дисциплине носят «установочный» характер, не охватывают всей программы учебного курса, а посвящены вопросам, требующим детального разъяснения или по которым трудно получить информацию в рекомендованной литературе. Конспект лекций является существенным подспорьем в изучении курса и подготовке к экзамену. Желательно иметь на лекциях рекомендованную литературу.

1.9. Перед выполнением лабораторных работ по дисциплине следует разобраться с учебными материалами, которым посвящена каждая лабораторная работа, внимательно ознакомиться с методическими указаниями.

1.10. При самостоятельном изучении курса следует руководствоваться рабочей программой, где указана последовательность разделов и тем. Рекомендуется сопоставлять сведения по темам, изложенный в различных источниках, поскольку авторы книг и пособий часто делают акцент на отдельных аспектах материалов по данной дисциплине. Если имеется возможность, учебный материал следует изучать на примере эксплуатационных документов конкретного судна.

2. Примерный тематический план

Наименования разделов и тем программы дисциплины	Всего по дневной форме обучения, час.	По заочной форме обучения, часов	
		Лекции, час.	Лабораторные занятия, час.
1	2	3	4
1. Введение Тема 1.1. Основы гидромеханики. Тема 1.2. Геометрия корпуса судна.	6	-	-

1	2	3	4
2. Статика судна	56	4	4
Тема 2.1. Плавучесть судна			
Тема 2.2. Начальная остойчивость судна.			
Тема 2.3. Остойчивость судна на больших углах крена.			
Тема 2.4. Непотопляемость судна.			
3. Динамика судна.	24	2	
Тема 3.1. Управляемость судна			
Тема 3.2. Качка судна			
Тема 3.3. Ходкость судна.			
Тема 3.4. Судовые движители.			
4. Прочность корпуса судна.	4		
ИТОГО по курсу	90	6	4

3. Перечень рекомендуемой литературы

1. Донцов С.Н. Основы теории судна [Электронный ресурс]: учебное пособие мореходных училищ. Одесский Государственный морской университет (Одесса). – 2-е изд. стереотипное. – Одесса: Феникс, 2007. – 142 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов [Электронный ресурс]: нормативно-технический документ / Российский Морской Регистр Судоходства. – СПб.: Изд-во Российского Морского Регистра Судоходства, 2015.
3. Данилов А.Т., Середохо В.А. Современное морское судно: учебное пособие. – СПб.: Судостроение, 2011. – 448 с.
4. Бугакова Н.Ю., Якута И.В. Теория и устройство судна: учебно-методическое пособие. Раздел «Устройство судна». – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. – 200 с.
5. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля: учебник для вузов / 3-е изд., стер. – СПб.: Судостроение, 2002. – 336 с.
6. Маков Ю.Л. Остойчивость... Что это такое? (Диалоги с капитаном): учебное пособие. – СПб.: Судостроение, 2005. – 320 с.
7. Шарлай Г.Н. Матрос морского судна: учебное пособие. – М.: Моркнига, 2014. – 432 с.
8. Якута И.В., Устич Л.М. Устройство и конструкция корпуса судна: учебно-методическое пособие. – Ч.1, Ч.2. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015.

9. Морской вестник [Текст]: научно-технический журнал. – СПб.: МОР ВЕСТ, 2001. – Выходит ежеквартально.

10. Морской флот [Текст]: информационно-аналитический журнал. – М.: Изд-во «Морской флот». – Выходит раз в два месяца.

11. Судостроение [Текст]: научно-технический и производственный журнал. – СПб.: АО «Центр технологии судостроения и судоремонта». – ISSN 0039-4580. – Выходит раз в два месяца.

12. Мейлер Л.Е., Гуральник Б.С. Оценка характеристик посадки, остойчивости и качки судна [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению курсовой работы. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. – 37 с.

13. Ермилов Г.Г. Основы теории судна: методические указания к лабораторным работам. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2006. – 24 с.

14. Гуральник Б.С., Ермилов Г.Г., Мейлер Л.Е. Транспортные средства: учебное пособие. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2010. – 241 с.

4. Содержание программы учебной дисциплины с методическими указаниями

4.1. Введение

4.1.1 Основы гидромеханики

Свойства жидкостей. Основы гидростатики и гидродинамики. Основы теории подобия. Основы теории крыла.

4.1.2. Геометрия корпуса судна

Теоретический чертеж судна. Плоскости, проекции, линии теоретического чертежа. Носовой и кормовой перпендикуляры судна. Система координат в теории судна. Элементы посадки судна. Безразмерные коэффициенты полноты. Главные размерения судна.

Методические указания: Судно – тело, взаимодействующее с жидкостью. Первоначально следует усвоить основные законы гидростатики, для описания взаимодействия неподвижной жидкости и судна, а гидродинамики для описания взаимодействия движущейся жидкости и судна или движущегося судна в жидкости. Эти законы базируются на свойствах жидкости: вязкости, плотности, весомости, поверхностном натяжении. Цель изучения темы - получить общее представление о силах, действующ-

щих на судно в воде. При этом уравнение неразрывности, т.е. условие сплошности движения жидкости и уравнение Бернулли – условие сохранения энергии являются определяющими в гидродинамике судна. При рассмотрении движения судна в воде и оценке сил, действующих на него со стороны воды часто используют модельный эксперимент. Поэтому, при пересчете результатов экспериментов на натурные условия следует выдерживать условия подобия: геометрическое, кинематическое и динамическое. Необходимо разобраться, в чем заключаются указанные условия и что характеризуют безразмерные критерии подобия: числа Рейнольдса, Фруда, Струхала. Поскольку при изучении теории судна (корпус, лопасти винтов, рули и т.п.) широко применяются элементы теории крыла, необходимо иметь представление о характеристиках крыла и силах, действующих на него при движении в жидкости.

Переходя непосредственно к изучению судна, следует иметь представление о способе изображения формы судовой поверхности, усвоить характерные термины и определения, понять, что геометрия формы корпуса во многом определяет его мореходные качества.

Литература: /1/, гл.3,4; /2/, гл.3., §20.; /3/, гл.1, §1, гл. 4;.

Вопросы для самопроверки:

1. Чем характеризуются весомость, плотность и вязкость жидкости?
2. В чем различие объемных и поверхностных сил, действующих со стороны жидкости на объемы жидкости и поверхности их ограничивающие?
3. Чему равна величина гидростатического давления в заданной точке поверхности погруженного корпуса судна?
4. Запишите выражения для геометрического, кинематического и динамического подобия двух тел: модели и натуре.

5. Соотношение каких сил характеризуют критерии Рейнольдса, Фруда, Струхаля?
6. Назовите основные характеристики крыла.
7. Изобразите схематично силы, действующие на крыло, движущееся в жидкости.
8. Назовите плоскости проекций теоретического чертежа судна. Изобразите схематично оси координат.
9. Запишите формулы для коэффициентов полноты судна.
10. Какими величинами характеризуется посадка судна?
11. Определите дифферент судна, если на марках углубления в носовой оконечности поверхность воды касается верхней кромки цифры 50, а в кормовой оконечности нижней кромки цифры 44.
12. Перечислите главные размерения судна.

4.2. Статика судна

4.2.1. Плавуемость судна

Мореходные качества судов. Посадка судна. Условия равновесия плавающего судна. Основное уравнение плавучести. Кривые элементов теоретического чертежа. Грузовой размер. Грузовая шкала. Гидростатические таблицы. Диаграммы посадок. Масштаб Бонжана. Изменение осадки при приеме-снятии «малого» и «большого» груза. Переход судна в воду с иной плотностью. Нормирование плавучести. Контроль и регулирование плавучести.

Методические указания: Цель изучения данной темы - ознакомить с практическими приемами определения водоизмещения, дедвейта, средней осадки и осадок оконечностей судна, получить понятие о грузовой марке судна. Перед изучением темы рекомендуется повторить отдельные вопросы обеспечивающих дисциплин: основные положения гидростатики, теорию пар сил, понятия о центре масс тела и его координатах, о

центре тяжести объема тела, об определенном интеграле. Необходимо усвоить, что судовые документы, применяемые в расчетах водоизмещения, дедвейта и осадок (грузовой размер, грузовая шкала, диаграммы осадок носом и кормой), построены на основе теоретического чертежа судна, отдельно для посадки прямо и на ровный киль и посадки с дифферентом. Важное значение имеет понимание необходимости запаса плавучести, роли грузовой марки при назначении предельной нагрузки судна в различных сезонах и районах плавания.

Литература: /1/, гл. 5.; /2/, гл.3, §21; /3/, гл. 1, §2.

Вопросы для самопроверки:

1. Каковы условия посадки без крена и дифферента?
2. При какой посадке судна не рекомендуется пользоваться грузовой шкалой?
3. Как изменить осадки оконечностей судна, не меняя его водоизмещения?
4. Что означает посадка судна «на ровный киль»?
5. Какие условия должны выполняться для того, чтобы судно находилось в воде в положении равновесия?
6. Какой груз можно считать «малым»?
7. В каком случае при приеме «малого» груза на судно, сидящее «прямо и на ровный киль», не будет возникать крен и дифферент?
8. В каком случае можно пользоваться масштабом Бонжана для определения водоизмещения судна?
9. Как изменится посадка судна при его переходе из пресной воды в соленую?
10. В каких случаях судну назначается «избыточный надводный борт»?

4.2.2. Начальная остойчивость судна

Условия остойчивости судна. Метацентрические формулы остойчивости. Влияние перемещения груза на посадку и остойчивость судна. Момент, дифференцирующий судно на 1 см. Влияние приема-снятия «малого» груза на посадку и остойчивость судна. Предельная (центральная) плоскость. Изменение посадки и остойчивости судна при приеме-снятии «большого» груза. Подвижные грузы. Влияние подвешенных и жидких грузов на остойчивость судна.

Методические указания: Цель изучения данной темы - освоение физической сущности мореходного качества "стойчивость", ознакомление с методами оценки и обеспечения остойчивости судна. Необходимо повторить отдельные вопросы обеспечивающих дисциплин: определенный интеграл, статические моменты и моменты инерции площади плоских фигур (высшая математика), теорию пар сил, определение центра масс системы тел, введение в динамику механической системы (теоретическая механика). Наиболее существенными для освоения физической сущности остойчивости являются понятия восстанавливающего момента, плеча статической остойчивости и поперечной метацентрической высоты. Для понимания начальной остойчивости судна следует осмыслить формулировку теоремы Эйлера и запомнить формулы для определения метацентрических радиусов.

Литература: /1/, гл. 6; /2/, гл.3, §22,23; /3/, гл. 2, §3-7; /7/.

Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте условия остойчивости судна.
2. Почему метацентрическая высота используется в качестве меры начальной остойчивости судна?
3. Как изменяется поперечный метацентрический радиус прямоугольного понтона, сидящего в воде прямо и на ровный киль, с увеличением осадки?

4. Каково условие статического равновесия наклоненного судна?

4.2.3. Остойчивость судна на больших углах крена

Статическая остойчивость. Диаграмма статической остойчивости.

Построение диаграммы статической остойчивости с помощью пантокарен и универсальной диаграммы статической остойчивости. Динамическая остойчивость. Расчет и построение диаграммы динамической остойчивости. Кренящие моменты. Определение углов крена при статическом и динамическом приложении кренящих моментов. Минимальный опрокидывающий момент. Остойчивость судов в различных условиях плавания. Нормирование остойчивости. Контроль и регулирование остойчивости в процессе эксплуатации. Общие и специальные требования к остойчивости судов разных типов.

Методические указания: Диаграмма статической остойчивости наиболее полно характеризует остойчивость судна, как при малых, так и больших углах крена. Важно понять, что каждой осадке судна и определенному распределению грузов на нем соответствует свой график зависимости плеча статической остойчивости от угла крена, а плечо статической остойчивости зависит от формы подводного объема судна (плечо формы) и положения центра масс по высоте (плечо веса). Главное внимание следует уделить практическим приложениям теории остойчивости, особенно к расчету грузовых операций. Надо научиться анализировать формулы для определения метацентрической высоты при вертикальном перемещении, приеме (расходе) грузов, появлении свободных поверхностей жидких грузов, наличии подвешенных грузов. При изучении динамической остойчивости важно понять, что получившее ускорение судно будет наклоняться до тех пор, пока работа кренящего момента не уравновесится работой восстанавливающего момента. Особое внимание следует уделить ветровому крену судна на волнении. Нужно ознакомиться с общими и до-

полнительными требованиями, предъявляемыми классификационным обществом к остойчивости судов различного назначения. Для освоения приемов контроля остойчивости в судовых условиях решающее значение имеет понятие о критической аппликате центра масс судна, т.е. таком его предельном возвышении, при котором остойчивость судна еще удовлетворяет требованиям классификационного общества. Если аппликата центра масс равна критической, то остойчивость судна находится в предельном состоянии по одному из требований классификационного общества, остальные же выполняются с запасом.

Литература: /1/, гл. 7-9; /2/, гл. 3, §24-29; /3/, гл. 2, §9-13; /4/, ч. IV; /7/.

Вопросы для самопроверки:

5. Определите на диаграмме статической остойчивости примерное положение границы между "малыми" и "большими" углами крена.
6. Чему равно плечо остойчивости формы полностью погруженного тела?
7. Как изменится метацентрическая высота и диаграмма статической остойчивости при перемещении груза из трюма в твиндек?
8. Как изменяется начальная остойчивость судна при балластировке цистерны двойного дна, при обледенении судна?
9. Оцените положение предельной плоскости по высоте судна?
10. Какой конструктивной мерой уменьшают влияние свободной поверхности жидких грузов на остойчивость судна?
11. Как изменяется метацентрическая высота судна в процессе подъема или стравливания подвешенного груза?
12. Назовите общие и специальные требования, предъявляемые классификационным обществом к остойчивости морских судов.
13. Изменяется ли метацентрическая высота судна при поперечном перемещении груза?

14. Проиллюстрируйте «запас динамической остойчивости» на диаграмме статической остойчивости.

15. Как изменится вид диаграммы статической остойчивости при вертикальном перемещении груза?

16. Каково условие определения динамического угла крена?

17. Перечислите статически приложенные моменты, вызывающие крен судна.

18. Перечислите динамически приложенные моменты, вызывающие крен судна.

19. Что такое критерий погоды?

4.2.4. Непотопляемость судна

Обеспечение непотопляемости. Понятие о расчете непотопляемости при затоплении одного или группы отсеков. Методы расчета аварийной посадки и остойчивости судна. Категории затапливаемых отсеков. Коэффициент проницаемости. Предельная линия погружения. Кривая допустимых длин отсеков. Вероятностная оценка деления на отсеки. Конструктивные мероприятия, обеспечивающие непотопляемость судна. Требования Регистра судоходства к делению морских судов на отсеки. Нормирование непотопляемости и аварийной остойчивости судна. Обеспечение непотопляемости в процессе эксплуатации судна.

Методические указания: Цель изучения данной темы - получить общее представление о методах обеспечения непотопляемости морских судов, об изменении посадки и остойчивости судна после затопления части помещений. Следует обратить особое внимание на то, как изменяется плавучесть и остойчивость судна при затоплении отсеков первой, второй и третьей категорий различной длины и ширины. Необходимо понять принципы вероятностного и детерминированного подхода к делению судна на

отсеки и суть гарантий непотопляемости поврежденного судна, конструкция которого удовлетворяет правилам классификационного общества.

Литература: /1/, гл. 10; /2/, гл. 3, §30; /3/, гл. 3; /4/, ч. V; /8/.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие параметры судна определяются в результате расчета его непотопляемости?
2. Категории затопленных отсеков.
3. От каких характеристик зависит фактический индекс деления на отсеки?
4. От каких характеристик зависит требуемый индекс деления на отсеки?
5. Каковы методы расчета непотопляемости?
6. Что такое коэффициент проницаемости?
7. Определите положение на судне предельной линии погружения.
8. Какую опасность представляет затопление порожних цистерн двойного дна?
9. Возможно ли ухудшение остойчивости в процессе откачки воды из отсека второй категории?
10. Поясните знаки деления на отсеки, записываемые в символе класса судна классификационным обществом.
11. Что такое вероятностный индекс деления судна на отсеки?
12. Какие требования предъявляет классификационное общество к диаграмме статической остойчивости поврежденного судна при затоплении расчетного числа отсеков?

4.3. Динамика судна

4.3.1. Управляемость судна

Характеристики управляемости. Устойчивость на курсе и поворотливость. Периоды и элементы циркуляции. Силы, действующие на судно при циркуляции. Углы крена судна при циркуляции.

Методические указания: В процессе эксплуатации судна возникает большое число различных ситуаций, в каждой из которых должны применяться те или иные способы управления судном. В большинстве задач управляемости достаточно рассмотрения криволинейного движения судна в плоскости ватерлинии, т.е. плоское движение. Для описания такого движения задаются неподвижной системой координат, связанной с земной поверхностью и подвижной, жестко связанной с судном. Следует рассмотреть кинематические параметры движения судна и уяснить взаимосвязи между ними. Оценка поворотливости и устойчивости на курсе судна, а также его равновесного положения может быть дана на основе рассмотрения сил, действующих на судно при криволинейной траектории его движения.

Литература: /1/, гл. 11; /2/, гл. 4, §37; /3/, гл. 9, §61, 63-66.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение понятий «управляемость, поворотливость, устойчивость на курсе судна».
2. Что такое циркуляция судна?
3. Перечислите периоды циркуляции судна.
4. Каковы количественные характеристики циркуляции?
5. Какие силы действуют на судно в процессе циркуляции?
6. Как определить статический и динамический углы крена судна на циркуляции?

4.3.2. Качка судна

Морское волнение. Элементы волн. Виды качки и ее характеристики. Системы координат. Качка на тихой воде и на регулярном волнении. Уравнения качки и их решения. Коэффициент динамичности. Влияние на качку скорости и курса судна. Штормовая диаграмма качки Ю.В. Ремеза.

Методические указания: Плавание судна в условиях «тихой» воды составляет лишь часть времени его эксплуатации в море, а основная доля времени приходится на плавание в штормовых условиях, которые судно может выдержать, только обладая многими мореходными качествами. Среди этих качеств важное место занимает подверженность судна различным видам качки. Необходимо уяснить, что колебательные движения судна являются причиной многих, как правило, отрицательных явлений, сопровождающих качку, которые могут иметь нежелательные и опасные последствия. Целью изучения данной темы является оценка характеристик качки, ускорений, моментов и сил, действующих при этом на судно, а также его перемещений. Кроме того, необходимо уметь выработать рекомендации по правильной и безопасной эксплуатации судна в условиях штормового плавания. Для понимания учебного материала необходимо привлечь знания из теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории колебаний.

Литература: /1/, гл. 12; /2/, гл. 4, §38; /3/, гл. 7, 8.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите виды и характеристики качки.
2. Перечислите силы и моменты, действующие на судно при бортовой качке.
3. Что такое декремент затухания качки?
4. Объясните явление резонанса бортовой качки.
5. Чем отличаются уравнения качки на «тихой» воде и на регулярном волнении?
6. Как влияет начальная остойчивость на бортовую качку судна на тихой воде, на регулярном волнении?
7. Как влияют на качку скорость судна и курсовой угол волнения?
8. Как пользоваться штормовой диаграммой?

4.3.3. Ходкость судна

Составляющие сопротивления движению судна. Влияние шероховатости корпуса, ветра и волнения на ходкость судна. Буксировочная мощность и пропульсивный коэффициент судна.

Методические указания: Материал данной темы основывается на законах гидромеханики и экспериментальных методах исследования сопротивления среды движению судна на моделях в опытовых бассейнах. При этом следует уделить особое внимание уравнению Бернулли и теории подобия, которые изучены в теме 1. Рассматривая составляющие сопротивления воды, необходимо разобраться в физических основах возникновения отдельных сил по способу их приложения (сопротивление трения и сопротивление давления) и в соответствии с проявлением физических свойств среды (вязкостное и волновое сопротивления). Следует изучить практические способы расчета сопротивления воды движению судна. Поэтому, знакомясь с методами экспериментального определения сопротивления воды движению судна, необходимо обратить внимание на метод разделения полного сопротивления на сопротивление трения и остаточное сопротивление, а также на методы пересчета результатов моделирования на натуру. При этом нужно уяснить, что при испытании моделей судов полного динамического подобия осуществить не удастся, поэтому при пересчете результатов испытаний с модели на натуру пересчитывается только смоделированная часть - остаточное сопротивление, а сопротивление трения подсчитывается теоретически.

Литература: /1/, гл. 13; /2/, гл. 4, §31, 32; /3/, гл. 5.

Вопросы для самопроверки:

1. Как определяется буксировочная мощность судна?
2. Что такое пропульсивный коэффициент судна?
3. На какие составляющие раскладывается сила сопротивления воды?

4. Какие физические причины приводят к возникновению различных составляющих сопротивления воды?
5. Что такое остаточное сопротивление?
6. Почему нельзя одновременно выполнить условия подобия по критериям Фруда и Рейнольдса?
7. Как пересчитывается сопротивление воды с модели на натуру?

4.3.4. Судовые движители

Общие сведения о судовых движителях. Типы движителей, область их применения, достоинства и недостатки, конструктивные особенности. Геометрические элементы гребного винта. Движители в составе средств активного управления судном. Основы теории идеального движителя. Геометрические, кинематические характеристики гребного винта. Многоугольник скоростей и сил на профиле лопасти винта. Упор, момент и к.п.д. элемента лопасти винта. Кривые действия гребного винта в свободной воде. Взаимодействие элементов комплекса «корпус – винт – силовая установка». Винт фиксированного шага. Паспортная диаграмма судна с ВФШ. Винт регулируемого шага. Кривые действия ВРШ.

Методические указания: Вначале надо изучить основы теории идеального движителя, т.к. его к.п.д. позволяет судить о качестве гребного винта, затем рассмотреть геометрические и кинематические характеристики гребного винта и их влияние на динамические характеристики. После изучения работы винта в свободной воде следует перейти к рассмотрению работы винта за корпусом судна. Гидродинамическое взаимодействие винта и корпуса выражается во взаимном влиянии поля скоростей, создаваемого действием гребного винта. Иными словами, винт работает в потоке, искаженном корпусом судна, а кормовая оконечность корпуса находится в потоке, искаженном работой гребного винта. Попутный поток, засасывание, неравномерность потока в диске винта по упору и моменту -

явления, которые следует учитывать в практическом расчете винта путем внесения соответствующих поправок. Необходимо твердо усвоить физический смысл этих поправок и их применение в расчетах. Влияние корпуса на работу винта учитывается в величине общего пропульсивного к.п.д. в виде коэффициента влияния корпуса. Геометрические и гидродинамические особенности гребных винтов регулируемого шага (ВРШ). Кривые действия ВРШ при конструктивном и установочном шаге.

Литература: /1/, гл. 14, 15; /2/, гл. 4, §33-35; /3/, гл. 6.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие существуют типы судовых движителей? Каковы их основные достоинства и недостатки?
2. Назовите и дайте определение геометрическим характеристикам винта.
3. Каков физический смысл к.п.д. идеального движителя?
4. Что такое поступь и скольжение винта?
5. Что такое упор, момент и к.п.д. винта?
6. Как влияет на к.п.д. винта изменение диаметра и числа оборотов?
7. На каком режиме работы винта его к.п.д. равен нулю?
8. Как строятся кривые действия винта?
9. Что называется попутным потоком и засасыванием?
10. Как выражаются и определяются коэффициенты попутного потока и засасывания?
11. Что такое пропульсивный к.п.д.?
12. Объясните понятия "нормальный", "тяжелый" и "легкий" гребной винт.
13. Какие преимущества и недостатки имеет ВРШ по сравнению с ВФШ?

4.4. Прочность корпуса судна

Силы и моменты, действующие на корпус судна на тихой воде и на волнении. Эквивалентный брус. Общая и местная прочность корпуса судна. Нормирование прочности корпуса судна. Диаграммы контроля прочности.

Методические указания: Цель изучения данной темы – показать, что судно в целом и его корпус должны выдерживать нагрузки, которым оно подвергается в процессе эксплуатации, будь то в море, или в порту, у причала. Изучение данной темы очень важно для специалиста по организации перевозок на водном транспорте, поскольку от правильной загрузки судна и оптимально выбранного курса судна в море зависит живучесть судна, сохранность груза. Сложная деформация корпуса судна подразделяется на общую и местную и соответственно рассматриваются общая и местная прочность корпуса судна. Необходимо четко представлять, какие силы действуют на корпус судна, как на «тихой» воде, так и на волнении и, что с позиций общей прочности судно рассматривается как пустотелая составная балка. Контроль прочности корпуса является важным аспектом в процессе эксплуатации судна.

Литература: /1/, гл. 18; /2/, гл. 1, §5; /3/, гл. 11.

Вопросы для самопроверки:

1. Каковы особенности нагрузки на корпус судна на «тихой» воде и на волнении?
2. Что такое «прогиб» и «перегиб»?
3. Каков характер распределения по высоте судна нормальных и касательных напряжений на миделе?
4. В чем заключается процедура контроля общей продольной прочности судна при его загрузке в конкретном рейсе?

5. Контрольная работа

Содержанием контрольной работы является решение задач по определению плавучести и остойчивости судна по задачнику /5/. В первой части решаются задачи главы 3 «Эксплуатационные расчеты плавучести», во второй части задачи главы 4 «Остойчивость судна». В табл. 1 по последней цифре шифра зачетной книжки выбираются номера задач, а в табл. 2 по предпоследней цифре шифра вариант исходных данных к задаче. Например, последняя цифра 1, предпоследняя 5. По первой части решается задача 3.2, варианты исходных данных по цифре 5. По второй части решаются задачи 4.1, 4.19, 4.32, варианты исходных данных по цифре 5.

Таблица 1

Варианты задания для выполнения контрольной работы

часть	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.1	3.2	3.3	3.7	3.8	3.16	3.17	3.18	3.25	3.34
2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
	4.19	4.20	4.21	4.22	4.23	4.24	4.25	4.28	4.29	4.31
	4.32	4.33	4.35	4.36	4.37	4.38	4.39	4.40	4.41	4.42

БГАРФ

Таблица 2

Числовые значения величин, варьируемых в задачах контрольной работы

Задача	Обозначение заданной величины	Предпоследняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.1	DW, т	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500
3.2	M_x , т.м	-5000	0	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000
3.3	ρ , т/м ³	1,0	1,012	1,025	1,012	1,0	1,025	1,012	1,0	1,025	1,012
3.7	p, т	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
3.8	x, м	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0
3.16	d_{KM} , дм	45	47	50	52	55	57	60	62	65	67
3.17	d_{HM} , дм	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	31,0	34,0	37
3.18	d_{KM} , дм	65	67	70	72	75	77	80	82	85	87
3.25	d_{KM} , дм	65	67	69	71	73	75	77	79	81	84
3.34	M_x , т.м	-52000	-43000	-34000	-25000	-16000	-7000	0	500	15000	30000
4.1	d, м	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25
4.2	d, м	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25
4.3	z_G , м	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5
4.4	d, м	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
4.5	d, м	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
4.6	h, м	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,55	0,53	0,51	0,49	0,47
4.7	h^M , м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
4.8	d, м	2,5	2,25	2,0	1,75	1,50	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25
4.9	l, м	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

4.10	D, M	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,36	0,34	0,32	0,30	0,32	0,34	0,36	0,36	0,32	0,30	0,28
4.19	Δ , T	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365						
4.20	Δ , T	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000						
4.21	Δ , T	7500	7800	8000	8200	8500	8800	9100	9400	9700	9900						
4.22	δh , M	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1						
4.23	Δ , T	11000	11250	11500	11750	12000	12250	12500	12750	13000	13250						
4.24	z_2 , M	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
4.25	z_3 , M	11	9	7	5	3	11	9	7	5	3						
4.28	h, M	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84						
4.29	h, M	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69						
4.31	Δ , T	6000	6100	6200	6300	6400	6500	6600	6700	6800	6900						
4.32	b, M	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9 [^]	9,4	9,6	9,8	10,0						
4.33	b, M	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0						
4.35	B, M	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5						
4.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
4.37	h, M	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89						
4.38	h, M	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3						
4.39	h, M	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97						
4.40	h, M	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97						
4.41	Δ , T	7500	7800	8000	8200	8400	8600	8800	9000	9200	9400						
4.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						

6. Курсовая работа

Цель проектирования – практический расчет посадки и остойчивости судна в различных эксплуатационных условиях. Наименование курсовой работы: «Оценка посадки, остойчивости и поведения судна в процессе эксплуатации». Курсовая работа выполняется согласно /6/. Объем курсовой работы составляет 20 – 25 листов машинописного текста пояснительной записки, включающей схемы судна, графики и таблицы.

Курсовая работа состоит из следующих частей:

Технико-эксплуатационные характеристики судна. Класс Регистра судоходства России, присвоенный судну.

1. Определение водоизмещения и координат центра тяжести судна. Контроль плавучести и остойчивости судна.
2. Расчет и построение диаграмм статической и динамической остойчивости.
3. Определение посадки и остойчивости судна в эксплуатационных условиях.
4. Определение резонансных зон бортовой, килевой и вертикальной качки с помощью универсальной диаграммы качки Ю.В. Ремеза.

7. Перечень лабораторных занятий

1. Определение метацентрической высоты и центра тяжести судна методом кренования. Влияние перемещения груза на посадку и остойчивость судна.
2. Влияние приема/снятия малого и большого груза на посадку и остойчивость судна.
3. Влияние подвешенных грузов на остойчивость судна.
4. Влияние жидких грузов на остойчивость судна.



Леонид Ефимович Мейлер

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СУДНА

**Методические указания и контрольные задания
для студентов направления подготовки 26.03.01
«Управление водным транспортом и гидрографическое
обеспечение судоходства», профиль «Управление водными
и мультимодальными перевозками»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)**

Ведущий редактор Н.В. Желтухина
Младший редактор Г.В. Деркач

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

Печать офсетная.

Компьютерное редактирование
О.В. Савина

Формат 60 x 90 1/16.

Подписано в печать 13.03.2019 г.
Усл. печ. л. 1,7. Уч.-изд. л. 1,3.

Заказ № 1450. Тираж 10 экз.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.