

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

Е.Е. Соловьева

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА

Методические указания по выполнению
практических работ и организации самостоятельной
работы студентов по направлению 23.03.01 и 26.03.01
«Технология транспортных процессов», «Управление водным
транспортом Гидрографическое обеспечение судоходства»
всех форм обучения

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2020**

УДК 629.12 (07)

ББК 39.42

Б 772

Утверждено редакционно-издательским советом
Дальневосточного государственного рыбохозяйственного
Университета.

Автор – Е.Е. Соловьева

Рецензент – В.В. Ганнесен доцент кафедры
«Управление судном»

© Е.Е.Соловьева, 2020

© Дальневосточный государственный тех-
нический рыбохозяйственный университет,
2020

ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Теория и устройство судна» являются формирование и конкретизация знаний по теории и устройству судна, а также использование полученных знаний и умений для принятия управленческих решений, обеспечивающих безопасность мореплавания и оптимальную загрузку.

Задачи дисциплины – освоение методов расчета и контроля параметров посадки и плавучести судна и оценка мореходных качеств судна при изменяющихся условиях эксплуатации.

Дисциплина «Теория и устройство судна» относится к профессиональному циклу дисциплин (базовой части) и имеет логическую и содержательно-методическую взаимосвязь с дисциплинами основной образовательной программы.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению.:

профессиональных (ПК):

- Способность оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности. (ПК-6).
- Знанием основных конструктивных элементов средств транспорта (ПК-8).

Практическое занятие 1

ОБЩЕЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ МОРСКОГО СУДНА

I. Цель работы

Изучить на примере заданного судна расположение всех основных помещений, доступ в трюмы, твиндеки, специальные служебные, жилые и другие помещения, места размещения судовых запасов.

II. Методические указания по выполнению работы

Используя схему классификации судов, охарактеризовать судно по всем основным признакам.

III. Теоретическая часть

Количество, номенклатура и расположение помещений на судне зависит от назначения судна.

Судовые помещения размещают в основном корпусе, надстройках и рубках.

Расположение помещений по судну соответствует их назначению, удобству и безопасности пользования. Самыми большими судовыми помещениями являются грузовые трюмы и машинное отделение, от расположения которых зависит архитектурно-конструктивный тип судна.

Основным корпусом называется конструкция, образующая закрытое пространство, которое ограничивается верхней непрерывной палубой, бортами и днищем. Деля внутри основной корпус различными палубами, платформами, продольными и поперечными переборками, образуются судовые помещения и отсеки.

Отсеком называется пространство в корпусе судна, ограниченное по длине поперечными, а по ширине бортами и продольными переборками. К числу наиболее важных отсеков основного корпуса относят:

Форпик – крайний носовой отсек, отделяющийся форпиковой перегородкой;

Ахтерпик – крайний кормовой отсек, отделяющийся ахтерпиковой переборкой;

Междудонное пространство – пространство между наружной обшивкой и вторым дном;

Трюм – пространство между вторым дном и ближайшей палубой, служащее для хранения и перевозки грузов;

Диптанки – глубокие цистерны, расположенные выше второго дна, предназначенные для хранения и перевозки жидких грузов;

Коффердамы – узкие нефте- и газонепроницаемые сухие отсеки, расположенные между отсеками или цистернами для нефтепродуктов и соседними помещениями.

Надстройки и рубки располагаются на верхней непрерывной палубе основного корпуса.

Надстройка – это конструкция образующая закрытое пространство, расположенное выше верхней палубы от борта до борта или не доходящая до бортов на величину менее 0,04В (В – ширина судна).

Конструкции, не доходящие до бортов судна на величину более 0,04В, называются **рубками**. Надстройки служат не только для размещения в них помещений, но и для улучшения мореходных качеств судна.

Бак – носовая надстройка, уменьшающая заливаемость палубы.

Ют – кормовая надстройка, увеличивающая надводный борт в корме и повышающая запас плавучести и непотопляемости судна при повреждении кормовой оконечности и дифференте на корму.

В носовой и кормовой частях корпус судна заканчивается мощными балками форштевнем и ахтерштевнем.

Форштевень – мощная носовая балка, служащая для крепления обшивки правого и левого борта, а также продольного набора.

Ахтерштевень – мощная кормовая балка, служащая для крепления обшивки правого и левого борта, пера руля и гребного вала.

Корма – задняя оконечность судна, начинающаяся от ахтерпиковой переборки и заканчивающаяся ахтерштевнем или транцем.

Транец – плоский, поперечный срез кормы судна.

Нос – передняя оконечность судна, простирающаяся от форштевня до форпиковой переборки.

Платформа – горизонтальное перекрытие небольшой длины и ширины внутри одного или нескольких отсеков основного корпуса. Палуба, до которой доводятся поперечные водонепроницаемые

переборки, называется главной или палубой переборок. В зависимости от архитектурно-конструктивного типа судна такой может быть верхняя, вторая и другие палубы.

Палуба – это горизонтальное перекрытие, протирающееся от борта до борта по всей длине судна.

Нижние палубы – палубы, расположенные ниже верхней палубы.

Верхняя палуба – самая верхняя палуба, непрерывная по всей длине судна.

Палуба надстройки – палуба, ограничивающая надстройку сверху.

Палуба рубки – это палуба, ограничивающая рубку сверху и каждый ярус. Нумерация палуб – аналогично палубам надстройки.

Квартердек – приподнятая уступом кормовая часть верхней палубы.

Положение помещения по длине и ширине судна обозначают соответственно номерами шпангоутов, ограничивающих помещение по длине и ширине, и наименованиям борта, на котором расположено помещение (правый и левый борт – ПрБ и ЛББ). Всем помещениям на судне присваиваются порядковые номера (по правому борту – нечетные, по левому – четные).

Переборка – это вертикальное перекрытие, служащее для разделения основного корпуса на отсеки.

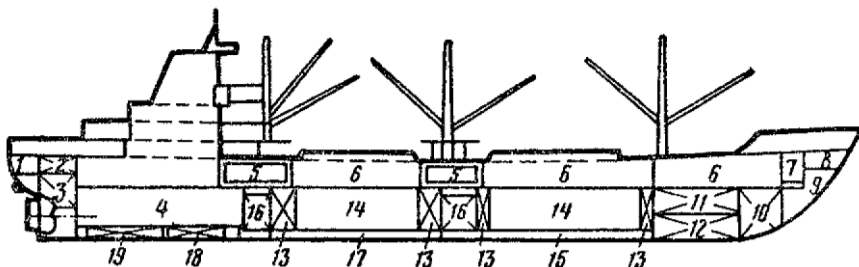


Рис. 1. Расположение помещений на сухогрузном судне: 1 – рубль, 2 – цистерна пресной воды; 3 – актерпик; 4 – машинное отделение; 5 – рефрижераторное помещение; 6 – твиндек; 7 – цепной ящик; 8 – кладовая; 9 – форпик; 10, 12, 13 – диптанки; 11, 14 – грузовые трюмы; 15 – балластная цистерна; 16, 17 – топливные цистерны; 18 – цистерна смазочного масла; 19 – цистерна питательной воды

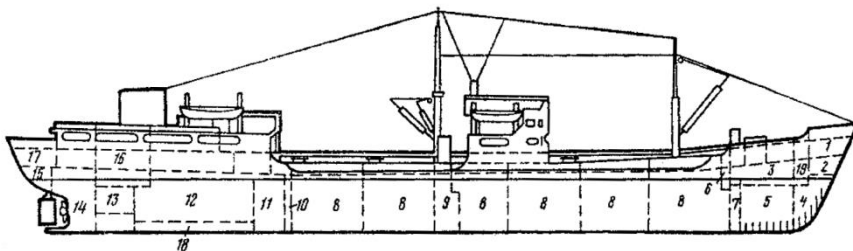


Рис. 2. Расположение помещений на нефтеналивном судне: 1, 2 – кладовые; 3 – сухогрузный трюм; 4 – форпик; 5 – диптанк; 6 – коффердам; 7 – носовое насосное отделение; 8 – грузовые танки; 9 – грузовое насосное отделение; 10 – коффердам; 11 – топливная цистерна; 12 – машинное отделение; 13 – танк питательной воды; 14 – ахтерпик; 15 – комовой танк; 16 – котельное отделение; 17 – румпельное отделение; 18 – танки второго дна; 19 цепной ящик

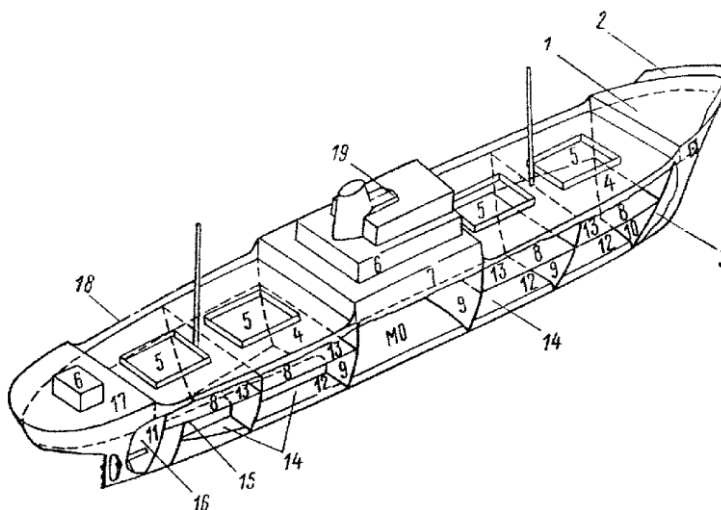


Рис. 3. Схема корпуса судна: 1 – бак; 2 – козырёк; 3 – форпик; 4 – верхняя палуба; 5 – грузовые люки; 6 – рубки; 7 – средняя надстройка; 8 – вторая палуба; 9 – поперечная переборка; 10 – форпиковая переборка; 11 – ахтерпиковая переборка; 12 – трюм; 13 – твиндек (междупалубное помещение); 14 – настил второго дна; 15 – туннель валопровода; 16 – ахтерпик; 17 – ют; 18 – фальшборт; 19 – световой люк МО

Практическое занятие 2

СИСТЕМЫ НАБОРА КОРПУСА СУДНА И КОНСТРУКТИВНЫЙ МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТ

Цель работы

Изучить существующие системы набора корпуса и расположение элементов в составе конструкций основных судовых перекрытий.

Методические указания к выполнению работы

Назвать балки главного направления всех судовых перекрытий, сечением которых получен конструктивный мидель-шпангоут. В таком же порядке назвать перекрестные связи для этих перекрытий.

Дать определения всем балкам и показать их на схеме или макете конструктивного модель-шпангоута. **Теоретическая часть**

Конструктивный мидель-шпангоут

Днищевое перекрытие

1. Вертикальный киль
2. Горизонтальный киль
3. Продольные днищевые ребра жесткости
4. Днищевый стрингер
5. Флор
6. Скула (скуловой пояс)
7. Скуловой киль
8. Крайний междудонный лист
9. Настил второго дня (двойное дно)

Бортовое перекрытие

10. Шпангоут (шпация)
11. Бортовые спрингеры
12. Скуловая кница
13. Бимсовая кница
14. Бортовые продольные ребра жесткости
15. Ширстрек

Палубное перекрытие

- 16. Палубный стрингер
- 17. Продольные ребра жесткости
- 18. Карлингс
- 19. Пиллерс
- 20. Бимс

Фальшборт

- 21. Контрфорс
- 22. Планширь
- 23. Обшивка фальшборта

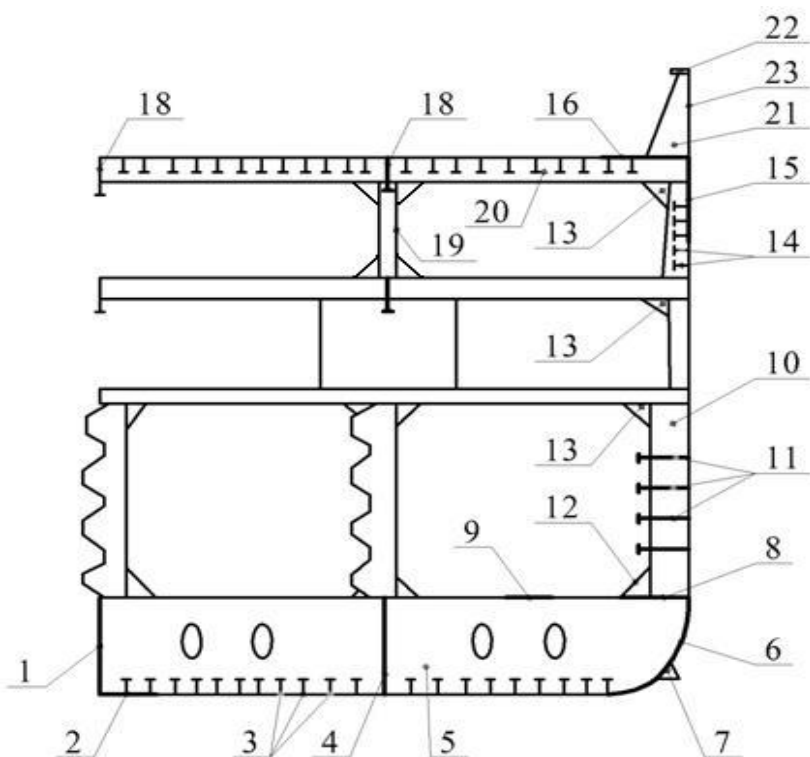


Рис. 4. Конструктивный мидель-шпангоут

Конструктивный мидель-шпангоут состоит из трех перекрытий:
- днищевое, бортового, палубного и фальшборта.

Днищевое перекрытие:

1. **Вертикальный киль** – это мощная продольная днищевая балка, проходящая в диаметральной плоскости судна.

2. **Горизонтальный киль** – центральный утолщенный пояс днищевой обшивки, расположенной под вертикальным килем.

3. **Продольные днищевые ребра жесткости** – это дополнительные балки, не имеющие названия, меньше основных балок. Устанавливаются между днищевыми стрингерами, вертикальным килем и бортами.

4. **Днищевый стрингер** – это мощная продольная днищевая балка. Устанавливаются вдоль судна между вертикальным килем и бортом.

5. **Флор** – Это мощная поперечная днищевая балка.

6. **Скула** – участок перехода подводной части судна от бортов к днищу.

Скуловой пояс – пояс наружной обшивки в районе скулы судна.

7. **Скуловой киль** – успокоитель качки. Выполнен из листового ребра, установленного в средней части судна вдоль скулы перпендикулярно обшивке. Служат для уменьшения размахов бортовой качки.

8. **Крайний междудонный лист** – крайние листы настила второго дна, расположенные вдоль скулы по каждому борту и замыкающие по бортам отсеки второго дна. Эти листы делают наклонными или горизонтальными.

Между скуловой частью наружной обшивки и междудонным листом образуется углубление для сбора воды, называемое **ляля-ми**.

9. **Настил второго дна** является основной продольной связью корпуса, ограничивающей двойное дно сверху. Настил выполняется из стальных листов, уложенных на днищевой набор и приваренных к нему.

Двойное дно обеспечивает непотопляемость судна при повреждении днища и увеличивает продольную прочность судна.

Бортовое перекрытие

10. **Шпангоут** – мощная поперечная балка бортового перекрытия.

Шпация – расстояние между смежными или соседними шпангоутами.

Шпангоут рамный – усиленный (мощный) шпангоут.

Шпангоут трюмный – шпангоут в трюме.

Шпангоут твиндечный – шпангоут в междупалубном пространстве (твиндеке).

11. **Бортовые стрингеры** – мощная продольная балка, подкрепляющая борт судна.

12. **Кница** – треугольная (или близкая к ней формы) пластина, соединяющая балки набора.

Скуловая книга (в районе скулы) – соединяет шпангоут и крайний междудонный лист.

13. **Бимсовая книга** – книги, расположенные под бимсами.

14. **Бортовые продольные ребра жесткости** – дополнительные балки, не имеющие названия, меньше основных балок. Устанавливаются вдоль борта при продольной системе набора.

15. **Ширстрек** – верхний пояс бортовой обшивки.

Палубное перекрытие

16. **Палубный стрингер** – крайний пояс палубного настила.

17. **Продольные подпалубные ребра жесткости** – профильный элемент на листе обшивки палубы. Обеспечивает местную прочность. При продольной системе подпалубного ребра жесткости опираются нижним концом на рамные бимсы (полубимсы) и поперечные переборки.

18. **Карлингс** – продольная усиленная подпалубная балка.

19. **Пиллерс** – вертикальная стойка круглого сечения, подпирающая палубу или платформу.

20. **Бимс** – это поперечная подпалубная балка, идущая от борта до борта.

Полубимс – поперечная подпалубная балка, идущая от борта до комингса люка.

Фальшборт

Фальшборт – это ограждение верхней палубы, являющееся продолжением бортов от действия ветра и волн.

21. **Контрфорс** – стойка, подкрепляющая фальшборт. Устанавливают через 2-3 шпации.

22. **Планишь** – это планка из профильной стали, приваренная к верхней кромке фальшборта для его упрочнения.

23. **Обшивка фальшборта** состоит из листов толщиной 3 – 8,5 мм (в зависимости от длины судна), устанавливаемых длиной кромкой вдоль палубы.

Практическое занятие 3

ГЕОМЕТРИЯ КОРПУСА СУДНА

Цель работы

Изучить формы сечений корпуса тремя взаимно перпендикулярными плоскостями;

Соотношения главных размерений корпуса;

Безразмерные коэффициенты полноты

Теоретическая часть

Общее представление о форме корпуса

Поверхность судового корпуса имеет сложную форму. Корпус судна представляет собой удлинённое тело, которому обычно придаётся удобообтекаемая форма с целью уменьшения сопротивления воды и воздуха его движению.

В качестве трёх взаимно перпендикулярных секущих плоскостей принимают:

вертикальную продольную плоскость симметрии корпуса судна, проходящую по середине ширины судна и называемую диаметральной плоскостью (сокращенно ДП);

вертикальную поперечную плоскость, проходящую на равном расстоянии от носового (НП) и комового (КП) перпендикуляров и называемую плоскостью мидель-шпангоута (обозначается Φ);

горизонтальную плоскость, совпадающую с поверхностью воды и называемую плоскостью грузовой ватерлинии (сокращенно ГВЛ). Рис.1.

Иногда вместо грузовой ватерлинии, отвечающей осадке судна с полным грузом, при проектировании судна пользуются понятием некоторой условной конструктивной ватерлинии (сокращенно КВЛ).

Плоскостью конструктивной поверхности называется горизонтальная плоскость, совпадающая с поверхностью воды при водоизмещении, равному расчетному значению при проектировании судна.

Носовой перпендикуляр – это линия, перпендикулярная основной плоскости, проходящая через точку пресечения КВЛ с передней кромкой форштевня.

Кормовой перпендикуляр – это линия, перпендикулярная основной плоскости, проходящая по оси баллера руля или на расстоянии 0,96 длины судна по летнюю грузовую ватерлинию от носового перпендикуляра.

Диаметральная плоскость делит корпус судна на две симметричные части.

Относительно плоскости мидель-шпангоута корпус судна, как правило, несимметричен, что обуславливается общепроектными соображениями и требованиями, связанными с обеспечением мореходных качеств судна.

Плоскость ватерлинии делит корпус судна на две несимметричные части – подводную и надводную.

Диаметральная плоскость и плоскость мидель-шпангоута являются главными координатными плоскостями, используемыми при решении задач статики судна. Третьей координатной плоскостью является основная плоскость, параллельная плоскости КВЛ, проходящая через линию пересечения внутренней поверхности горизонтального киля с плоскостью мидель-шпангоута (Φ).

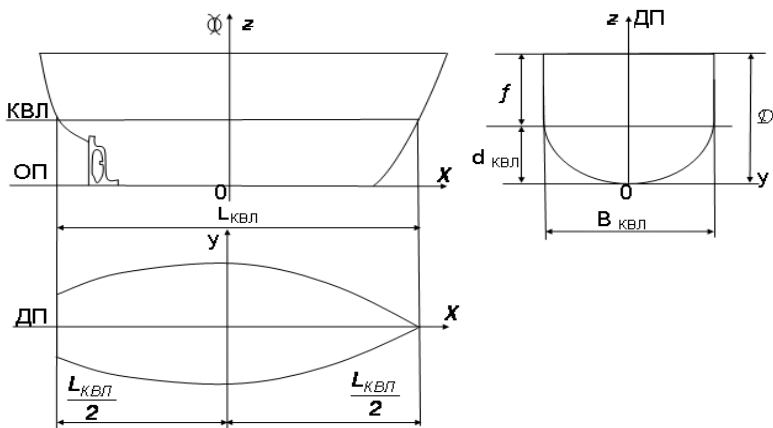


Рис.1 Сечения корпуса судна тремя взаимно перпендикулярными плоскостями.

Главные размеры судна и их соотношения.

Главными размерами называются размеры судна, измеряемые параллельно основным плоскостям. Главные размеры бывают: теоретические или расчетные, наибольшие и габаритные. Принято измерять длину судна, ширину, осадку и высоту борта.

Теоретические главные размеры:

Длина между перпендикулярами ($L_{пп}$) – расстояние между носовыми и кормовым перпендикулярами;

Длина по КВЛ (LKВЛ) – расстояние между точками пересечения КВЛ с диаметральной плоскостью судна;

Ширина по КВЛ (ВКВЛ) – наибольшая ширина конструктивной ватерлинии судна.

Осадка на перпендикулярах (dКП; dНП) – расстояние по вертикали от основной плоскости до следа ватерлинии на кормовом и носовом перпендикулярах

Высота борта (Д) - расстояние по вертикали, измеренное на миделе, от основной плоскости до верхней кромки бимса верхней палубы у борта.

Разность между высотой борта и осадкой определяет высоту надводного борта f

Расчетная осадка (dКВЛ) – измеряется в плоскости мидельшпангоута от основной плоскости до плоскости конструктивной ватерлинии.

Наибольшие главные размеры.

Длина (ЛНБ) – расстояние между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна без учёта выступающих частей.

Ширина (ВНБ) – измеряется в наиболее широком месте судна без учёта выступающих частей.

Осадка (dНБ) – измеряется от нижней кромки – горизонтального киля до грузовой ватерлинии.

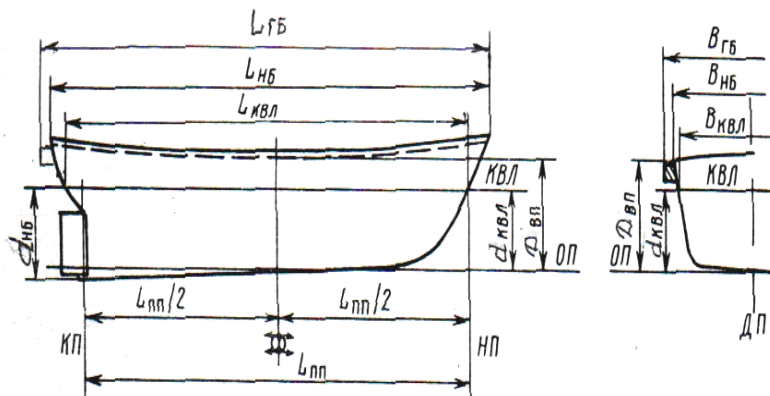


Рис.2. Главные наибольшие и габаритные размеры судна

Габаритные главные размеры судна

Длина (ЛГАБ) – измеряется между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна с учетом постоянно выступающих частей.

Ширина (ВГАБ) – измеряется с учетом постоянно выступающих частей (например, с привальными брусьями).

Все теоретические или расчетные главные размеры не учитывают толщины наружной обшивки корпуса.

Теоретические главные размеры используются в различных расчетах, выполняемых для суждения о качествах судна, определяемых его геометрической формой.

Для общей характеристики формы корпуса используются следующие соотношения главных размеров:

отношение $\frac{L}{B}$, определяющее в значительной степени ходовые качества судна;

отношение $\frac{B}{d}$, влияющее на остойчивость, качку и ходовые качества;

отношение $\frac{L}{D}$, влияющее на прочность корпуса судна;

отношение $\frac{D}{d}$, определяющее остойчивость на больших углах крена и непотопляемость судна.

Безразмерные коэффициенты полноты

Коэффициенты теоретического чертежа в известной мере характеризуют форму корпуса судна и используются для приближенного решения ряда практических задач.

Коэффициент полноты ватерлинии (α) равен отношению площади ватерлинии $S_{ВЛ}$ к площади прямоугольника, со сторонами, равными длине и ширине ватерлинии (рис. 3,а)

$$\alpha = \frac{S_{ВЛ}}{LB}$$

Коэффициент полноты мидель-шпангоута (β) равен отношению погруженной площади мидель-шпангоута A_{Φ} к площади прямоугольника, со сторонами, равными ширине ватерлинии B и осадке d (рис. 3,б)

Коэффициент общей полноты (C_B) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объему прямоугольного параллелепипеда со сторонами, равными длине L и ширине ватерлинии B и осадке d (рис. 3,в)

$$C_B = \frac{\nabla}{LBd}$$

Коэффициент продольной полноты

(ϕ) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объему цилиндра, имеющего в основании погруженную площадь мидель-шпангоута A_{Φ} и высоту, равную длине ватерлинии L (рис. 3,г)

Коэффициент вертикальной полноты (χ) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объему цилиндра, имеющего в основании площадь ватерлинии $S_{ВЛ}$ и высоту цилиндра, равную осадке d (рис. 3,д)

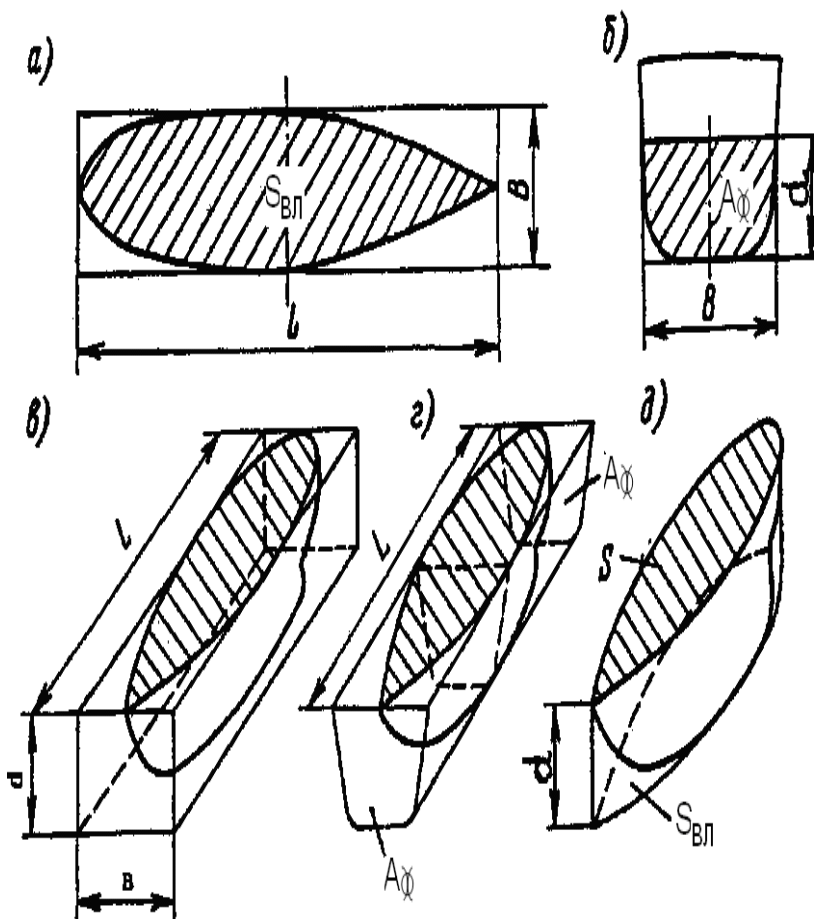


Рис.3. Безразмерные коэффициенты полноты

Практическое занятие 4

ПЛАВУЧЕСТЬ

Цель работы

Закрепить представление о посадке, плавучести и условии вертикального равновесия судна.

Теоретическая часть

Посадка судна

Положение судна относительно невозмущенной поверхности воды называется **посадкой**. В задачах, связанных с определением посадки судна, обычно используют связанную с судном прямоугольную координатную систему $OXYZ$, в которой ось абсцисс (OX) направлена в нос по линии пересечения диаметральной и основной плоскости, ось ординат (OY) – правый борт по линии пересечения плоскости мидель-шпангоута и основной плоскости, ось аппликат (OZ) – вверх по линии пересечения диаметральной плоскости и плоскости мидель-шпангоута.

Параметрами посадки судна является:

$d_{нп}$ – садка на носовом перпендикуляре – длина отрезка носового перпендикуляра (НП) от Ватерлинии (ВЛ) до основной плоскости (ОП);

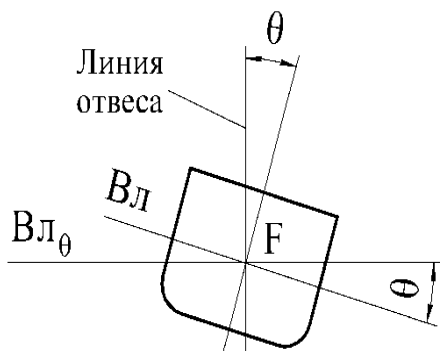
$d_{кп}$ – осадка на кормовом перпендикуляре – длина отрезка кормового перпендикуляра (КП) от ВЛ до ОП;

$d_{\theta} = \frac{d_{нп} + d_{кп}}{2}$ – осадка на миделе – расстояние от ВЛ до ОП в плоскости мидель-шпангоута;

$d_{ср} = \frac{d_{нп} + d_{кп}}{2}$ – средняя осадка (полусумма осадок носом и кормой).

Креном называется поперечное наклонение судна относительно главной продольной оси, проходящей через точку F (где F – это центр тяжести площади ватерлинии).

θ – угол крена – угол между диаметральной плоскостью (ДП) и вертикалью (линия отвеса), Рис. 4).



Если параметр θ равен нулю, то говорят, что судно сидит прямо.

Рис. 4. Угол крена

Дифферентом называется продольное наклонение судна относительно главной поперечной оси, проходящей через точку F.

Ψ – угол дифферента – угол между плоскостью мидель-

шпангоута и вертикалью (Рис. 5).

Если параметр Ψ равен нулю, то говорят, что судно сидит на равный киль.

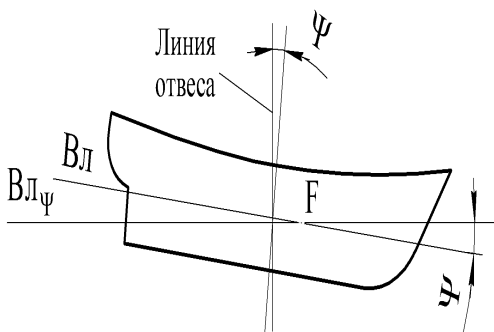


Рис. 5. Угол дифферента

Наклонение судна в вертикальной продольной плоскости может быть также охарактеризовано дифферентом D_f , равным разности осадок носом и кормой: $D_f = d_n - d_k$, где d_n – осадка судна носом; d_k – осадка судна кормой.

Дифферент на нос ($D_f > 0$) считается положительным.

Дифферент на корму ($D_f < 0$) считается отрицательным.

Для контроля за осадкой судна в процессе эксплуатации используют марки углубления, которые наносятся в носу и корме судна (рис.7).

Расстояние между ними дается либо в дециметрах (арабскими цифрами), либо в футах (римскими цифрами).

По маркам углубления можно измерить осадки судна в носу и корме от нижней кромки киля, а не от основной плоскости судна (рис.8, 9).

Кроме того, марки углубления не обязательно располагаются на носовом и кормовом перпендикулярах судна.

Судовая документация для оценки мореходных качеств судна рассчитывается и строится для осадок судна, отсчитываемых на перпендикулярах от основной плоскости судна.

Поэтому для её использования необходимо перейти от осадок на марках углубления $d_{кн}$ и $d_{кк}$ к осадкам на перпендикулярах d_n и d_k .

Это можно сделать с помощью специального чертежа, на котором приведены шкалы осадок на марках углубления и перпендикулярах (рис.10).

Для определения d_n и d_k следует найти точки пересечения шкал осадок на перпендикулярах с прямой линией, проведенной через точки $d_{кн}$ и $d_{кк}$, отмеченные на шкалах марок углубления.

На некоторых судах для определения осадок устанавливается осадкомеры, показания от которых передаются на мостик.

Следует отметить, что существующие системы осадкомеров позволяют замерять осадку с достаточной точностью только на тихой воде.

Угол крена на судах замеряется кренометром.

Для замера угла дифферента некоторые суда снабжаются специальными дифферентометрами. $d_{кн}$; $d_{кк}$ – осадки носом и кормой, определенные по маркам.

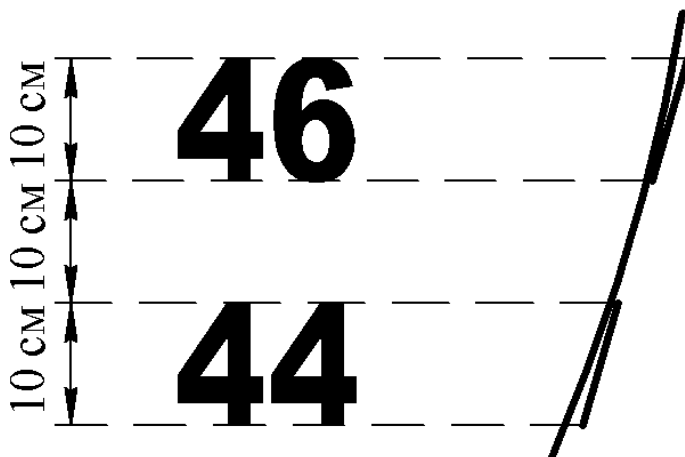


Рис. 7. Марки углубления

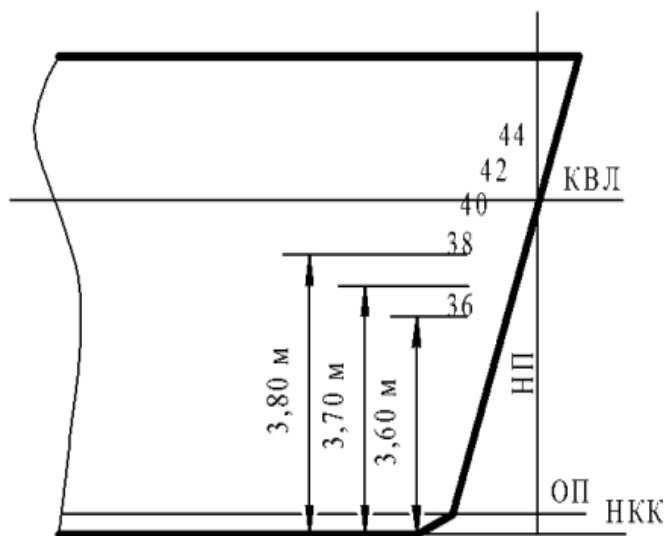


Рис. 8. Осадка на марках углубления

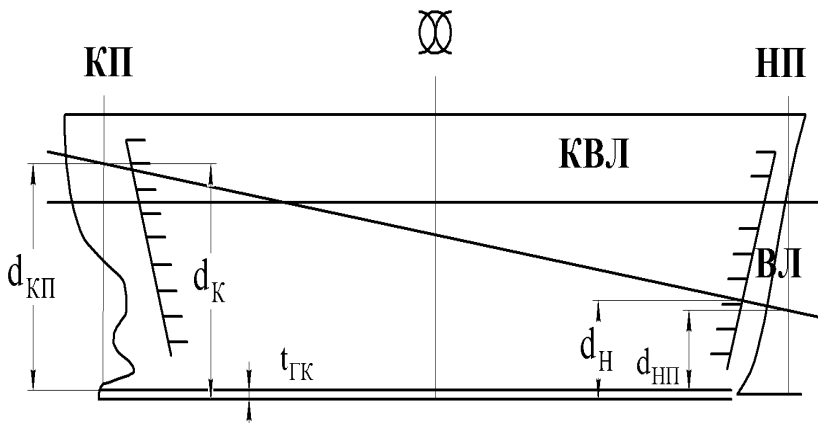


Рис. 9. Осадка на марках углубления

Осадка на марках углубления – это расстояние от нижней кромки горизонтального кила (НКК), до следа ватерлинии на носовой и кормовой шкалах марок углублений (Рис. 9).

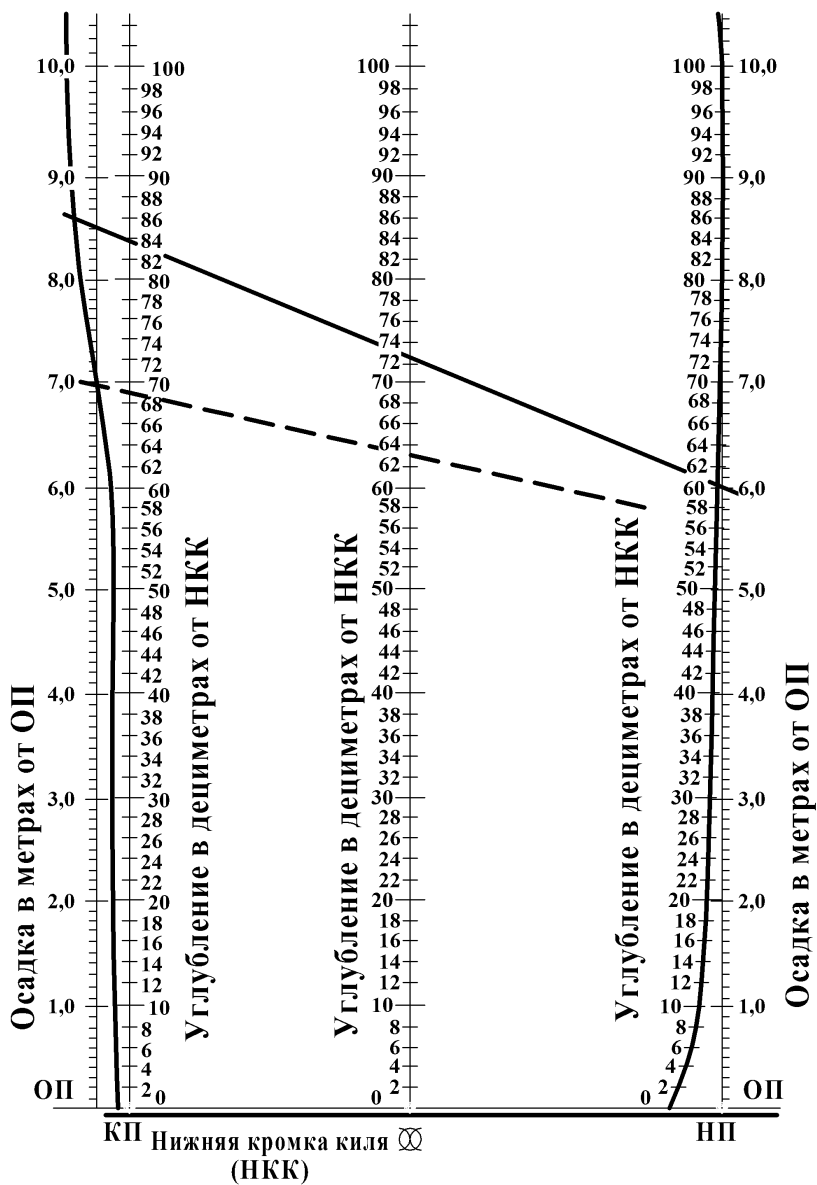


Рис. 10. Схема марок углубления

ПЛАВУЧЕСТЬ

Плаучестью называется способность судна поддерживать вертикальное равновесие с заданной посадкой под действием приложенной к судну силы тяжести и *выталкивающей силы воды (силы поддержания или плаучести)*.

Плаучестъ судна оценивается объёмом водонепроницаемости корпуса.

При заданной загрузке судна надводным объёмом корпуса (объём корпуса выше ватерлинии) определяет *запас плаучести*.

В свою очередь, запас плаучести определяется высотой надводного борта.

Минимальная высота надводного борта, а, следовательно, и минимальный запас плаучести для каждого судна ограничивается *грузовой маркой*, наносимой на борта судна в районе мидель-шпангоута в соответствии с требованиями *Международной конвенции о грузовой марке (КГМ-66)*.

Требования КГМ-66 и зоны и время действия зимней и тропической марок приведены в Правилах Регистра.

На судно, плавающее на спокойной воде, действуют распределенные силы тяжести и силы давления воды.

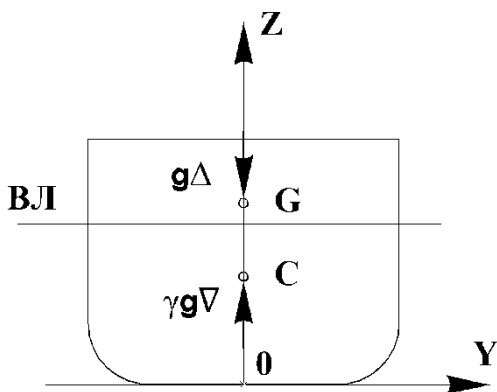


Рис. 11 Схема действия сил на судно

Равнодействующая сил тяжести Δg направлена вертикально вниз и приложена к центру тяжести судна G .

Центр тяжести судна G – геометрическая точка, неизменно связанная с судном.

Положение центра тяжести судна в однородном поле тяжести совпадает с положением его центра масс, характеризующим распределение масс судна.

Равнодействующая сил давления воды $\gamma g \nabla$ или силы поддержания (плаучести) приложена к центру величины судна C и направлена по вертикали вверх.

Центр величины геометрически представляет собой центр тяжести объема подводной части корпуса судна.

Судно будет оставаться на плаву в заданном положении, если сила тяжести и сила поддержания не только равны и противоположно направлены, но и лежать на одной вертикальной прямой.

В противном случае возникает вращающий момент пары сил.

Этот момент будет действовать до тех пор, пока судно не примет такое положение, при котором силы окажутся на одной прямой.

Соответственно вертикальное равновесие выражается равенством нулю сумм вертикальных сил и моментов вертикальных сил.

При рассмотрении условий вертикального равновесия все приложенные к судну силы сводятся к двум равнодействующим – силе тяжести $g\Delta$ и силе поддержания $\gamma g\nabla$.

Условие равновесия выражается равенством $g\Delta = \gamma g\nabla$, кН; в масштабе масс, т:

$$\Delta = \gamma \nabla,$$

где Δ – водоизмещение судна (масса судна);

∇ – объемное водоизмещение судна (объем втесненной судном воды);

γ – плотность заборной воды (для морской воды принимается $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$, для пресной – $\gamma = 1,000 \text{ т/м}^3$);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

G – центр тяжести судна (ЦТ);

точка C – центр величины (центр плавучести) судна (ЦВ).

Схема действующих сил представлена на рис. 11.

Выражение $\Delta = \gamma \nabla$ называется основным уравнением плавучести и выражает закон Архимеда.

Основное уравнение плавучести выражает условия равенства сил.

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС СУДНА

Основной целью данной работы является приобретение навыков самостоятельного расчета загрузки судна, оценка его мореходных качеств и проверка прочности.

Параметры индивидуального задания – дистанция рейса, обязательный груз определяются по номеру варианта, данного преподавателем, по таблице в приложении 6.

Грузовая марка для всех вариантов – зимняя.

Необходимые для выполнения работы данные приведены в приложениях.

В данной работе необходимо решить следующие задачи:

1. Определить необходимое на рейс количество судовых запасов и распределить их по танкам.

2. Определить количество обязательного груза, обеспечивающее полную загрузку судна, и составить предварительный грузовой план.

3. Рассчитать координаты ЦТ судна и проверить посадку, остойчивость и прочность при необходимости произвести корректировку грузового плана.

Расчет судовых запасов

Расчет количества всех видов запасов на рейс

Количество каждого вида запасов рассчитывается пропорционально дальности рейса D :

- тяжелое топливо $P_{ТТ} = P_{ТТ5000} * D / 5000$
- дизельное топливо..... $P_{ДТ} = P_{ДТ5000} * D / 5000$
- смазочное масло..... $P_{СМ} = P_{СМ5000} * D / 5000$
- пресная вода..... $P_{ПВ} = P_{ПВ5000} * D / 5000$
- грязная вода..... $P_{ГВ} = P_{ГВ5000} * D / 5000$

где P с индексом 5000 – количество запасов на 5000 миль.

Распределение судовых запасов

Запасы, рассчитанные на рейс дальностью D , необходимо распределить по танкам, используя Приложения 10, 13 и заполнить таблицу расположения запасов (Таб.2).

При распределении по танкам судовых запасов необходимо учитывать следующее:

- каждый вид запасов размещается в танках, предназначенных именно для этих запасов;

- в первую очередь заполняются расходные танки, затем – отстойные и последние – остальные;
- танки должны заполняться симметрично относительно ДП;
- по каждому виду запасов неполным может быть только один танк;
- для частично заполненного танка аппликата его ЦТ берется как для полностью заполненного;
- поправка на свободную поверхность статического момента выбирается одна для каждого вида запасов, имеющая максимальную величину из поправок всех используемых танков, поскольку танки опорожняются последовательно.

Умножая массу каждого танка P на соответствующую координату, вычисляем статические моменты массы каждого танка относительно основной плоскости $P * z = Mz$ и относительно плоскости мидель-шпангоута, $P * x = Mx$ - результаты заносим соответственно в столбцы четвертый и шестой.

Таблица 2

Наименование	$P, т$	$Z, м$ от ОП	MZ , $тм$	$X, м$ от $\otimes$	MX , $тм$	Поправ- ка $\delta MZ, тм$
Тяжелое топливо, $\rho = 0,92 т/м^3$						
Итого тяжелого топлива						
Дизельное топливо, $\rho = 0,86 т/м^3$						
Итого диз. топлива						
Смазочное масло, $\rho = 0,90 т/м$						
Итого смазочного масла						
Пресная вода, $\rho = 1,00 т/м^3$						

Итого пресной воды						
Грязная вода, $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
Итого грязной воды						
ВСЕГО ЗАПАСОВ:						

Сумма чисел второго столбца составит суммарную массу запасов на рейс.

Сумма чисел четвертого – статический момент массы всех запасов относительно ОП, сумма чисел шестого – статический момент массы всех запасов относительно $\otimes$.

Сложив числа седьмого столбца, получаем суммарную поправку на запасы.

Результаты расчетов (последняя строка дополнительного бланка) записываются в основной бланк в третью строку.

Составление предварительного грузового плана

Расчет грузоподъемности судна

Составление грузового плана

Грузовым планом называют схему расположения грузов на судне. Пример грузового плана представлен в Приложении 9.

Для составления грузового плана при известных вместимости грузовых помещений и характеристиках перевозимых грузов необходимо определить грузоподъемность судна в данном рейсе.

Расчет грузоподъемности и судовых запасов

Из уравнения масс:

$$\Delta_{ГМ} = \Delta_{л} + P_{эк} + P_{з} + P_{гр.р.},$$

где $\Delta_{ГМ}$ - водоизмещение судна по действующую грузовую марку(выбирается по осадке из Приложения 16);

$\Delta_{л}$ - водоизмещение судна порожнем;

$P_{эк}$ - масса экипажа, провизии и снабжения;

$P_{з}$ - количество запасов, необходимых для выполнения рейса, последние два параметра соответствуют состоянию «на отход».

можно выразить грузоподъемность:

$$P_{ap.p.} = \Delta_{ГМ} - \Delta_{п} - P_{эк} - P_3,$$

Грузовая марка – специальный знак, наносимый на борта судна в районе мидель-шпангоута с целью обеспечения минимально необходимого надводного борта путем ограничения осадки.

Зоны и сроки действия сезонной грузовой марки приведены в Правилах Регистра [2].

Осадка, водоизмещение и дедвейт по летнюю грузовую марку приводятся в Основных характеристиках судна.

Водоизмещение по зимнюю или тропическую грузовую марку определяется по соответствующей осадке при помощи грузовой шкалы, грузового размера или гидростатических элементов.

Осадка по зимнюю грузовую марку меньше осадки по летнюю на $1/48$ последней, а осадка по тропическую марку больше на $1/48$, т.е.

$$d_3 = \frac{47}{48} d_n, \quad d_m = \frac{49}{48} d_n.$$

Водоизмещение судна порожнем $\Delta_{п}$ и масса $P_{эк}$ экипажа приведены в Информации об остойчивости.

Количество запасов на рейс P_3 определяются в зависимости от дальности рейса.

Определение количества принимаемого на борт груза

Если к перевозке предлагается неограниченное количество однородного груза, не требующего особых условий перевозки, то к перевозке можно принять груз массой, равной грузоподъемности, если груз «тяжелый», либо объемом, равным грузовместимости, если груз «легкий».

Грузовместимость судна равна суммарному объему грузовых помещений W_{mp} .

Каким является груз можно определить, сравнив его удельный погрузочный объем (объем грузового помещения, необходимый для размещения $1t$ груза - μ или УПО) с удельной грузовместимостью

$$\omega = W_{mp}/P_{ap.p.}$$

«Легкому» грузу соответствует $\mu > \omega$, «тяжелому» - $\mu < \omega$.

Таким образом, если груз «легкий», то объем принимаемого груза равен грузовместимости $W_{ap} = W_{mp}$, масса груза $P_{ap.} = W_{mp}/\mu$, если груз «тяжелый», то масса груза равна грузоподъемности $P_{ap} = P_{ap.p.}$, а объем груза $W_{ap} = \mu \times P_{ap.p.}$.

При распределении «тяжелого» груза по трюмам необходимо учитывать удельную нагрузку на палубу грузового помещения q , которая

не должна превышать свое допустимое значение $q_{доп}$, приводимое в Информации об остойчивости.

Для выполнения подобного условия рассчитывается предельная высота штабеля $h_{шт}$ для каждой палубы

$$h_{шт} = \frac{q_{доп}}{\mu},$$

где μ - удельный погрузочный объем (УПО) –. УПО указывается в спецификации груза.

Если предельная высота штабеля груза превышает высоту трюма, то трюм заполняется полностью, в противном случае случаи трюм заполняется грузом по уровень, не превышающий предельной высоте штабеля.

Масса груза P , принимаемого в грузовое помещение определяется объемом груза W (при полном заполнении трюма объем груза равен вместимости трюма) по формуле

$$P = \frac{W}{\mu}.$$

Где W – суммарный объем всех трюмов, Приложение 14.

Если помещение заполнено полностью, то в качестве координат центра масс груза принимаются координаты центра тяжести объема помещения.

Если помещение заполнено грузом частично, то необходимо определить возвышение центра масс груза в помещении над основной плоскостью.

В этом случае предполагается, что трюм имеет форму параллелепипеда.

Если грузов несколько, то учитывается совместимость грузов, требуемые условия перевозки, прочность упаковки и т.п.

Если груз перевозится на палубе, то так же определяются координаты его центра масс.

После распределения груза составляется таблица по образцу таблицы запасов и рассчитывается суммарная масса груза и его статические моменты.

Расчет водоизмещения и координат центра тяжести судна

Для расчета водоизмещения и координат ЦТ судна заполняется таблица нагрузки, см. Приложение 11.

В первую строку таблицы вносятся данные порожнего судна, во вторую – данные об экипаже, провизии и снабжении, в третью – судовые запасы из таблицы.

В следующие четыре строки – груз в трюмах, далее в танках снабжения, палубный груз и балласт.

В строке «Водоизмещение» рассчитывается:

водоизмещение судна Δ как сумма масс статей нагрузки (сумма чисел столбца 2);

статический момент водоизмещения относительно основной плоскости M_z как сумма статических моментов всех статей нагрузки относительно основной плоскости (сумма чисел столбца 4);

статический момент водоизмещения относительно плоскости мидель-шпангоута M_x как сумма статических моментов всех статей нагрузки относительно плоскости мидель-шпангоута (сумма чисел столбца 6).

В 3-й и 5-й ячейках строки записываются аппликата Z_g и абсцисса X_g центра тяжести судна, рассчитанные по формулам:

$$Z_{гр\text{асч}} = Mz_{расч} / \Delta ; \quad x_g = \frac{M_x}{\Delta} .$$

В следующих строках записываются поправки на свободную поверхность запасов, наливного груза, балласта и сумма этих поправок $\sum \delta M_z$.

Расчетный статический момент водоизмещения относительно ОП (с учетом всех поправок) определится по формуле

$$M_{z\text{ расч}} = M_z + \sum \delta M_z$$

Тогда расчетная аппликата центра тяжести судна находится

$$Z_{g\text{ расч}} = M_{z\text{ расч}} / \Delta ;$$

Допустимая аппликата центра тяжести судна определяется по таблице Приложения 17 по водоизмещению Δ и дифференту D_f судна.

Дифферент судна определяется по формуле

$$D_f = \Delta (X_g - X_c) / M_{\text{лм}} .$$

Осадка носом, осадка кормой, средняя осадка находятся по формулам

$$D_f = \frac{\Delta(x_g - x_c)}{M_{1M}};$$

$$d_H = d + \left(\frac{L}{2} - x_f\right) \frac{D_f}{L};$$

$$d_K = d - \left(\frac{L}{2} + x_f\right) \frac{D_f}{L},$$

$$d_{cp} = \frac{d_H + d_K}{2},$$

где x_c - абсцисса ЦВ;

M_{1M} - момент дифференцирующий на 1 м;

x_f - абсцисса центра тяжести площади ватерлинии;

d - осадка по грузовому размеру.

Все эти величины определяются из таблицы гидростатических элементов (Приложение 16) по величине водоизмещения,

где $L = 142$ м – длина между перпендикулярами.

Правильность расчета посадки можно оценить по величине дифференциала $D_f = d_H - d_K$.

Разница значений дифференциала, определенных по продольному моменту и по осадкам не должна превышать 0,01 м.

Проверка посадки

В Информации об остойчивости в разделе “Ограничения и рекомендации капитану” ([1], с. 58 – 64) указываются следующие ограничения по посадке:

- загрузка и бункеровка судна должна производиться всегда так, чтобы крен отсутствовал, а дифференциал был на корму;
- средняя осадка в морской воде не должна превышать осадку по действующую грузовую марку;
- при плавании в ледовых условиях средняя осадка не должна превышать 8,0 м (из условия расположения ледового пояса корпуса судна) (в данной работе этот пункт игнорируется);
- чтобы избежать ударов носовой части днища о воду (спемминга), рекомендуется иметь осадку носом не менее 3,4 м;
- для обеспечения наименьшей потери скорости на волнении и предотвращения перегрузки двигателя из-за недостаточного погружения гребного винта, рекомендуется иметь осадку кормой не менее 5,7 м;
- для обеспечения требований к аварийной посадке судна осадка кормой не должна превышать 9,8 м.

Рассчитанные значения дифферента, осадок носом и кормой сравниваются с вышеприведенными ограничениями. Средняя осадка сравнивается с рассчитанным значением осадки по зимнюю грузовую марку. По результатам сравнения делаются соответствующие выводы.

Проверка остойчивости судна

Остойчивость судна считается обеспеченной, если выполняются общие и дополнительные требования к остойчивости, приведенные в Правилах Морского Регистра Судоходства [2] (Глава 4 «Остойчивость»).

Общие требования к остойчивости (для судов, киль которых заложен до 01.07.02 г.)

1) **Критерий погоды K** , выражающий отношение плеча опрокидывающего момента l_c к плечу кренящего момента от шквала l_v должен быть не менее 1,0

$$K = \frac{l_c}{l_v} \geq 1,0;$$

2) **Начальная метацентрическая высота** с поправкой на влияние свободной поверхности жидкостей в танках должна быть не менее 0,15 м

$$h \geq 0,15 \text{ м};$$

3) **Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости** должно быть не менее 0,20 м

$$l_{max} \geq 0,20 \text{ м};$$

4) **Угол максимума диаграммы статической остойчивости** должен быть больше 30°

$$\theta_m > 30^\circ;$$

5) **Угол заката диаграммы статической остойчивости** должен быть не менее 60°

$$\theta_v \geq 60^\circ \text{ (без обледенения),}$$

$$\theta_v \geq 55^\circ \text{ (с обледенением).}$$

Остойчивость судна по общим требованиям считается обеспеченной, если выполняется условие $Z_{g \text{ расч}} \leq Z_{g \text{ доп}}$.

Дополнительное требование

(как для судна, имеющего отношение ширины к осадке больше 2,5)

Остойчивость по критерию ускорения K'' считается приемлемой, если в рассматриваемом состоянии нагрузки расчетное ускорение $\alpha_{расч}$

(в долях g) не превышает допустимого значения, т.е. выполняется условие:

$$K^* = 0,3/\alpha_{расч} \geq 1,0.$$

Расчетные параметры остойчивости должны быть не менее требуемых в течение всего рейса.

Таким образом, остойчивость судна считается обеспеченной, если выполняются условия $z_{g\text{ расч}} \leq z_{g\text{ доп}}$ и $K^ \geq 1,0$.*

Порядок проверки остойчивости по общим требованиям приведен в разделе «Заполнение таблицы нагрузок».

Для проверки остойчивости по *дополнительному требованию* необходимо произвести расчет критерия ускорения K^* .

Величина расчетного значения ускорения определяется по формуле

$$\alpha_{расч} = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot B^* \cdot m^2 \cdot \theta,$$

где B – ширина судна; θ – амплитуда качки в градусах, определяется по диаграмме “Амплитуда бортовой качки”, Приложение 20;

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{h_0}} \text{ - нормируемая частота собственных колебаний судна;}$$

h_0 – метacentрическая высота без поправок (рассчитана в таблице нагрузок);

m_0 – коэффициент, определяемый по Приложению 19 в зависимости от $\frac{hB}{z_g \sqrt[3]{\nabla}}$; ∇ – объемное водоизмещение судна ($\nabla = \frac{\Delta}{\rho}$, $\rho = 1,025$

т/м^3 – плотность забортной воды).

Проверка прочности

Проверяется местная и общая продольная прочность.

Местная прочность проверяется по величине удельной нагрузки на палубу в каждом грузовом помещении.

Удельная нагрузка на палубу q определяется выражением

$$q = \frac{h_{гр}}{\mu},$$

где $h_{гр}$ – высота штабеля груза в грузовом помещении; μ – удельный погрузочный объем груза.

Рассчитанная удельная нагрузка сравнивается с допустимой, приведенной в Приложении 15.

Общая прочность проверяется по диаграмме контроля общей продольной прочности.

Общая прочность проверяется по предельным напряжениям, возникающим при продольном изгибе корпуса судна.

Достаточность продольной прочности корпуса судна проверяется сравнением расчетного момента от сил дедвейта M_{DW} с допустимым моментом.

Величина M_{DW} определяется как половина суммы моментов масс, составляющих дедвейт

$$M_{DW} = \frac{\sum (P_i \cdot |x_i|)}{2},$$

где P_i , $|x_i|$ – масса и абсолютная величина абсциссы i -той статьи дедвейта, соответственно.

Таким образом, для определения M_{DW} необходимо сложить построчно, игнорируя знак, статические моменты относительно мидель-шпангоута в таблицах запасов, грузов и балласта, а также экипажа, провизии и снабжения из таблицы нагрузок и разделить на 2.

В Приложении 22 представлена Диаграмма контроля общей прочности.

На оси абсцисс диаграммы откладывается величина водоизмещения судна; полученная точка сносится вниз параллельно линиям Диаграммы до уровня, соответствующего дифференту судна; через полученную точку проводится линия, перпендикулярная к горизонтальной оси Диаграммы до уровня, соответствующего расчетному значению момента дедвейта.

Если полученная точка находится между линиями “Опасно – перегиб в рейсе” и “Опасно – прогиб в рейсе”, то общая продольная прочность при данном состоянии нагрузки обеспечена.

Если нет – у судна опасный прогиб или перегиб корпуса и необходимо перераспределить запасы или груз.

Корректирование грузового плана

Выполнив комплексную оценку параметров исходного грузового плана по посадке, остойчивости и прочности, намечают мероприятия по его исправлению.

Если рекомендации по размещению груза в грузовых помещениях были учтены, то местная прочность будет обеспечена.

Принятие балласта в носовые балластные танки позволяет увеличить осадку носом, уменьшить осадку кормой и уменьшить возвышение центра масс судна, однако при этом необходимо откорректировать расчет водоизмещения и координат центра масс судна.

Если трюма заполнены грузом равномерно, то общая продольная прочность обеспечивается автоматически.

После перераспределения грузов и запасов и принятия балласта производится расчет новой посадки и ее проверка, а также проверка

остойчивости и прочности. Пересчеты проводятся до тех пор, пока грузовой план не будет удовлетворять всем указанным требованиям.

Расчет критериев устойчивости

Критерии устойчивости, величину которых необходимо определить в данной работе, указаны в разделе “Требования Регистра к устойчивости” Информации об устойчивости[1].

Некоторые критерии – метацентрическая высота и критерий ускорения уже рассчитаны в предыдущих разделах.

Построение диаграммы статической устойчивости

Диаграмма статической устойчивости “на отход” строится по значениям плеч устойчивости формы l_{ϕ} , выбираемым из таблицы “Плечи устойчивости формы (пантокарены)”, Приложение 18, по значению водоизмещения для углов крена, кратных 10° .

Расчет плеч диаграммы статической устойчивости производится по формуле

$$l_{cm} = l_{\phi} - Z_g \text{ расч} \sin \theta,$$

где $Z_g \text{ расч} \sin \theta$ - плечо веса, Z_g – расчетное (исправленное) возвышение ЦМ судна над ОП.

На этом же графике строится проверочный треугольник, катетом которого является соответствующая метацентрическая высота и угол крена в $57,3^{\circ}$.

При правильном построении начальный участок диаграммы статической устойчивости совпадает с гипотенузой соответствующего проверочного треугольника.

С диаграмм снимаются значения максимального плеча диаграммы l_{max} , угла максимального плеча θ_m и угла заката диаграммы θ_v .

Проверка грузового плана

В Информации об устойчивости в разделе «Ограничения и рекомендации капитану» указываются ограничения по посадке, устойчивости и прочности.

Посадка судна и устойчивость

Загрузка и бункеровка судна должна производиться всегда так, чтобы были обеспечены следующие значения параметров посадки:

- статический крен должен отсутствовать;
- дифферент должен быть на корму;

- средняя осадка в морской воде не должна превышать осадку по действующую грузовую марку;
- при плавании в ледовых условиях средняя осадка не должна превышать 8,0 м;
- чтобы избежать ударов носовой части днища о воду сле-минг, рекомендуется иметь осадку носом не менее 3,4 м;
- для обеспечения наименьшей потери скорости на волне-нии и предотвращения перегрузки двигателя из-за недо-статочного погружения гребного винта, рекомендуется иметь осадку кормой не менее 5,7 м;
- для обеспечения требований к аварийной посадке судна осадка кормой не должна превышать 9,8 м.

Проверка остойчивости производится по расчетной аппликате ЦТ судна и метацентрической высоте.

Если расчетная аппликата ЦТ судна меньше допустимой, то судно остойчиво по основным критериям, а начальная метацентри-ческая высота $h > 0$.

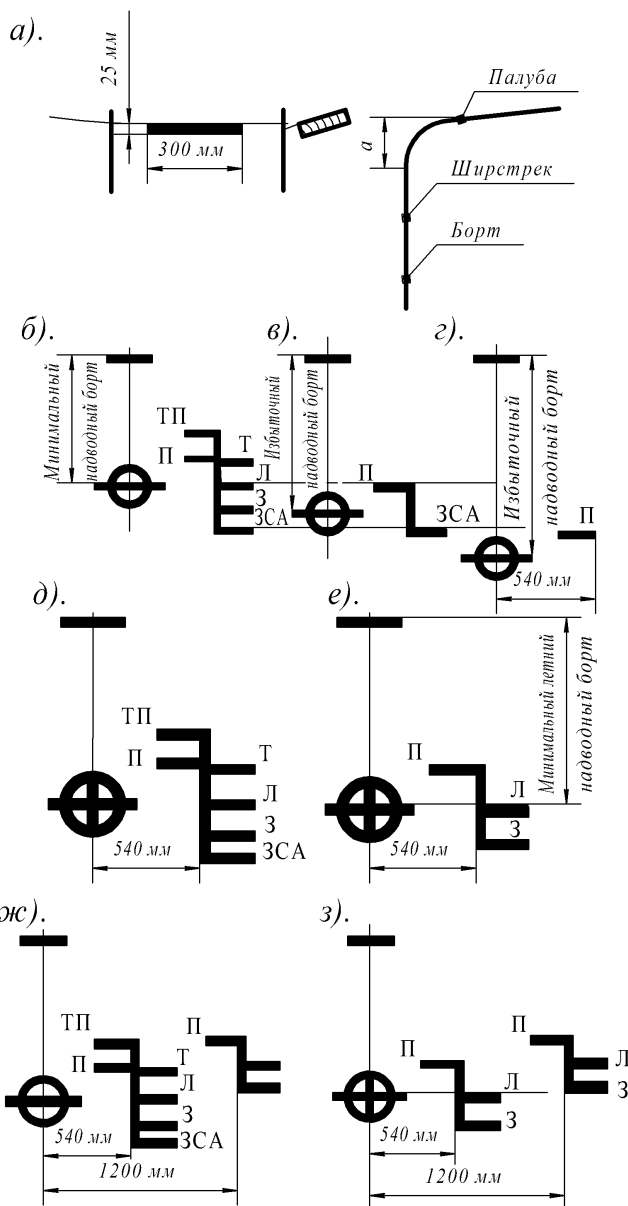


Рис. 14 Грузовые марки
39

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант №1

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_x=25000$ т.м. Приближённо оценить посадку при $\gamma = 1,025$ т/м³, если $DW = 8000$ т. Использовать прил. 3.

2. Приближённо определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды 1,012 т/м³, если отсчет на носовой марке 22 дм, на кормовой 45 дм. Использовать прил. 1; 3.

Вариант № 2

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_x=30000$ т.м. Приближённо оценить посадку при $\gamma=1,025$ т/м³, если $DW=30000$ т.м. Использовать прил. 3.

2. Приближённо определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды 1,025 т/м³, если отсчёт на носовой марке 35 дм; на кормовой 45 дм. Использовать прил. 1; 3.

Вариант №3

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_x=30000$ т.м. Приближённо оценить посадку при $\gamma=1,025$ т/м³ если $DW=11000$ т. Использовать прил. 3.

2. Пользуясь схемой марок углубления (прил. 1), найти среднюю осадку, если отсчёт на носовой марке 26 дм, кормовой 30 дм.

Вариант №4

1. Пользуясь грузовой шпалой (прил. 4) определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедвейт в воде плотностью 1,010т/м³, если $d_{cp}=7,6$ м.

2. Судно, находясь на путине в Беринговом море, приняло топливо $P_T=180$ т и подняло улов $P_U=90$ т. До проведения этих операций элементы судна составляли $L=117$ м; $B=16,3$ м; $d=6,72$ м; $C_b=0,695$; $\alpha=0,860$; $\gamma=1,032$ т/м³. Определить осадку и водоизмещение после приёма груза.

Вариант №5

1. Приближённо определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды 1,012т/м³, если от-

счёт на носовой марке 25 дм, на кормовой 65 дм. Использовать прил. 1 и 3.

2. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедефта относительно плоскости миделя $M_x=17500$ т.м. Приблизительно оценить осадку судна при плотности воды $1,024$ т/м³, если $DW=7500$ т. Использовать прил. 3.

Вариант № 6

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедефта относительно плоскости миделя $M_x=32500$ т.м. Приблизительно оценить посадку при плотности воды $\gamma=1,012$ т/м³, если $DW=10600$ т. Использовать прил. 3.

2. Для т/х «Пенжина» определить изменение посадки от приема малого груза, если до приема $DW=7000$ т; момент, дифференцирующий на 1 м, $M_d=15070$ т.м/м; плотность воды $\gamma=1,010$ т/м³. Масса принятого груза $P=200$ т., абсцисса его центра массы – 4,0 м, длина судна $L=123$ м. Использовать прил. 2 и 4.

Вариант № 7

1. Судно с элементами: $L=131$ м; $B=19,1$ м; $C_B=0,697$; $\alpha=0,834$; $d=8,2$ м приняло груз в речном порту $P_1=250$ т, ($\gamma=1,00$ т.м³). Перешло в воду с плотностью ($\gamma_2=1,025$ т.м³). Найти осадку судна.

2. Пользуясь схемой марок углубления прил. 1, найти среднюю осадку, если отсчёт на носовой марке 32 дм; на кормовой 58 дм.

Вариант №8

1. Судно, находясь на путине в Беринговом море, приняло 260 т топлива и подняло улов 140 т. До проведения этих операций элементы судна составляли $L=87$ м; $B=12,7$ м; $C_B=0,65$; $\alpha=0,800$; $\gamma=1,028$ т/м³. Определить осадку и водоизмещение после приёма груза.

2. Для д/э «Пенжина» определить изменение средней осадки при входе в реку из воды плотностью $1,025$ т/м³, если водоизмещение $\Delta=13000$ т. Использовать прилож. 4.

3. Судно с элементами $L=90,5$ м; $B=15,2$ м; $d=6,43$ м; $C_B=$

Вариант №9

1. Пользуясь схемой марок углубления (прил. 1), найти среднюю осадку, если отсчет на носовой марке 34 дм, на кормовой 66 дм.

2. Приближенно определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,000 \text{ т/м}^3$, если отсчет на носовой марке 30 дм, на кормовой 45 дм. Использовать прил. 3 и 1.

Вариант №10

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_x=21250 \text{ т.м}$. Приближенно оценить посадку при $\gamma=1,00 \text{ т/м}^3$, если $DW=8600 \text{ т}$. Использовать прил. 3.

2. Приближенно определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления, при плотности воды $\gamma=1,012 \text{ т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 37 дм, кормовой 50 дм. Использовать прил. 3 и 1.

Вариант №11

1. Супертраулер ставят в док. Глубина входа (у причала) 5,8 м. Данные судна: $L=117 \text{ м}$; $B=16,8 \text{ м}$; $d=6,5 \text{ м}$; $C_B=0,691$; $\alpha=0,83$. Сколько груза нужно снять с борта судна, чтобы под килем его был запас 0,3 м, если плотность воды $\gamma=1,015 \text{ т/м}^3$?

2. Пользуясь схемой марок углубления (прил. 1), найти среднюю осадку, если отсчет на носовой марке 12 дм, на кормовой 24 дм.

Вариант №12

1. Для д/э «Пенжина» определить изменение средней осадки при переходе из реки в воду с плотностью $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$, если $\Delta=9000 \text{ т}$. Использовать прил. 4.

2. Судно с элементами $L=145 \text{ м}$; $B=22,1 \text{ м}$; $d=8,9 \text{ м}$; $C_B=0,675$; $\alpha=0,812$ приняло груз в речном порту $P_1=220 \text{ т}$ ($\gamma_1=1,00 \text{ т/м}^3$). Перешло в воду плотностью ($\gamma_2=1,015 \text{ т/м}^3$). Найти осадку судна.

Указания к решению задач

При решении некоторых задач используются элементы, значения которых находятся из приложений;

Приложение 1. Схема марок углубления т/х «Новгород». По отсчетам на марках углубления определяются величины: d_n ; d_K ; $d_{ср}$. Для этого на шкалах марок углубления откладываются значения в дм. Через полученные точки проводим прямую линию, пересечение которой со шкалами осадок дают полученные значения d_n ; d_K ; $d_{ср}$.

Приложение 2. Кривые элементов теоретического чертежа д/э «Пенжина».

Теоретическими элементами называются графические или табличные представления зависимости величины погруженного в воду объема, координат его центра тяжести, площади ватерлинии и абсциссы его центра тяжести функцией от изменяющейся осадки судна при отсутствии крена и дифферента. Кроме перечисленных выше зависимостей, на чертеже проводятся кривые изменения ряда теоретических элементов, используемых при расчетах остойчивости, а именно:

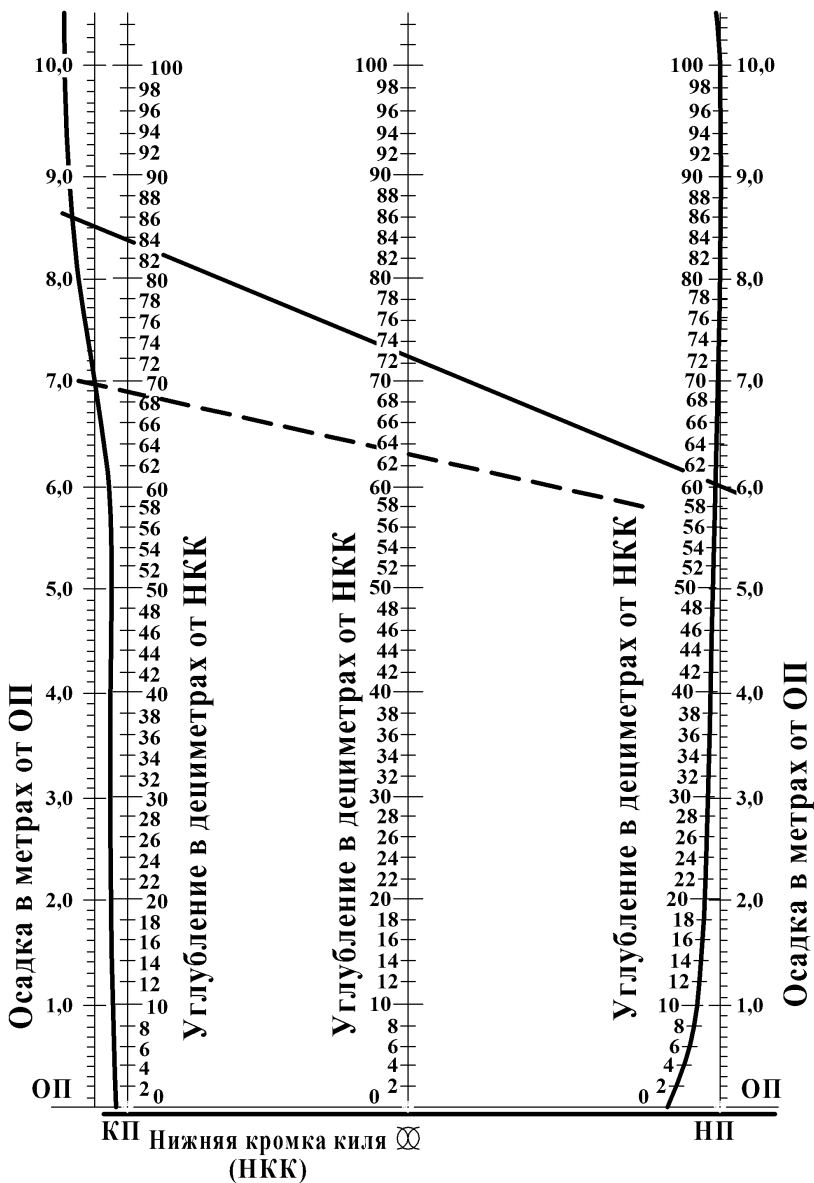
- возвышения поперечного метacentра Z_m над основной плоскостью;
- поперечного r и продольного R метacentрических радиусов;
- центральных моментов инерции площади ватерлинии I_x и I_{yf} .

Кривые элементов позволяют без каких-либо вычислений определять необходимые элементы плавучести и остойчивости судна при любой требуемой или заданной его осадке.

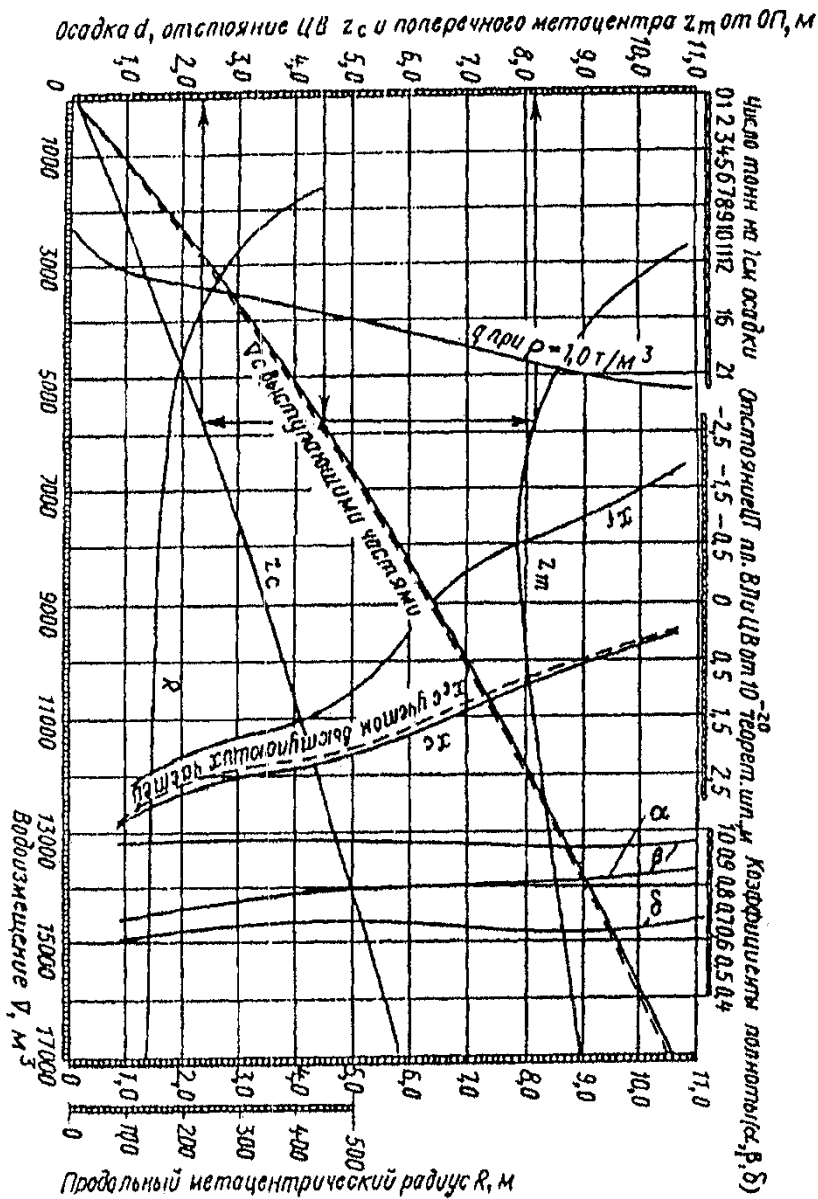
Порядок определения понятен по нанесенным на рисунке стрелкам.

Приложение 3. Диаграмма осадок носом и кормой т/х «Новгород». На диаграмме осадок носом и кормой при заданной, плоскости воды откладываем значение DW (т). От этой точки, параллельно наклонным линиям, проводим отрезок до уровня, соответствующего заданной плоскости воды, который (если это необходимо) определяется интерполяцией между линиями $\gamma=1,0$ т/м³ и $\gamma=1,025$ т/м³. Из верхнего конца этого отрезка проводится нормаль к шкале DW до пересечения с нормалью к шкале M_x . Точка пересечения нормалей позволяет снять значения d_n ; d_k ; d_f .

Приложение 4. Грузовая шкала д/э «Пенжина» представляет собой Таблицу с вертикальными колонками, в которых разбиты шкалы для осадки, водоизмещения, дедвейта, числом тонн на 1 сантиметр осадки. Шкалы водоизмещения и дедвейта приведены как для пресной, так и для соленой воды. Для пользования грузовой шкалой на ней достаточно провести горизонтальную линию через точку, соответствующую какой-либо известной величине, например осадке d , и сразу снять значения всех остальных величин.



Прил. 1. Схема марок углубления т/х «Новгород»



Прил. 2. Кривые элементов теоретического чертежа д/з «Пенжина»

Осадка, м	Осадка, футы	Водоизмещение, т			Дедвейт, т			Число тонн на 1 см осадки $\gamma=1,000$ т/м ³	Осадка, м
		Пресная вода $\gamma=1,000$ т/м ³	Солёная вода $\gamma=1,010$ т/м ³	Солёная вода $\gamma=1,025$ т/м ³	Пресная вода $\gamma=1,000$ т/м ³	Солёная вода $\gamma=1,010$ т/м ³	Солёная вода $\gamma=1,025$ т/м ³		
9,5	XXXI		15000	15000	10000	10000	10000		9,5
	XXX							20	
9,0	XXIX	14000	14000	14000	9000	9000	9000		9,0
	XXVIII								
8,5	XXVII	13000	13000	13000	8000	8000	8000		8,5
	XXVI							19	
8,0	XXV	12000	12000	12000	7000	7000	7000		8,0
	XXIV								
7,5	XXIII	11000	11000	11000	6000	6000	6000		7,5
	XXII							18	
7,0	XXI	10000	10000	10000	5000	5000	5000		7,0
	XX								
6,5	XIX	9000	9000	9000	4000	4000	4000		6,5
	XVIII							17	
6,0	XVII	8000	8000	8000	3000	3000	3000		6,0
	XVI								
5,5	XV	7000	7000	7000	2000	2000	2000		5,5
	XIV							16	
5,0	XIII	6000	6000	6000	1000	1000	1000		5,0
4,5		5000	5000	5000	0	0	0		4,5
								15	
4,0									4,0

$$P \ominus C \frac{П}{9,12} \frac{Т9,29}{Л9,10} \frac{Л9,10}{38,91}$$

Прил. 4. Грузовая шкала д/э «Пенжина»

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№	Порт назначения	Д М.м.	Перевозимый груз
1	Петропавловск	1323	Рыба охл./чер.
2	Сингапур	3023	Рыба сол.
3	Нагаева	1412	Рыба охл./ящ.
4	Сидней	5751	Масло жив.
5	Рангун	4140	Консервы
6	Окленд	5569	Дом. Птица
7	Охотск	1376	Мясо
8	Литтлтон	5938	Фрукты сух.
9	Анадырь	2345	Цитрусовые
10	Ванкувер	4132	Чай
11	Эвекинот	2407	Табак
12	Манила	1904	Горох
13	Провидения	2397	Кофе
14	Мельбурн	5579	Мука
15	Корсаков	555	Сахар
16	Панама	7731	Рис
17	Бангкок	3038	Яйца
18	Калькутта	4673	Каучук
19	Далянь	1045	Шелк
20	Сайгон	2502	Кожа
21	Дарвин	3424	Шерсть
22	Инчхон	855	Джут
23	Гонолулу	3770	Хлопок
24	Джакарта	3338	Цемент
25	Хайфон	2098	Бумага
26	Сиэтл	4200	Рыба охл./ящ.
27	Гонконг	1639	Кабель
28	Шанхай	976	Канат
29	Кам-Рань	2289	Пром. обор.
30	Йокогама	937	Кирпич

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Удельный погрузочный объем (μ) и коэффициент
проницаемости (χ) грузов

№ п/п	Груз	Тип упаковки	μ , м ³ /т
1	Асбест	Мешки	1,55
2	Бумага газетная	Рулоны	2,3
3	Горох	Мешки	1,5
4	Джут	Тюки	2,3
5	Домашняя птица	Ящики	2,6
6	Кабель	Вьюшки	0,85
7	Канат стальной	Бухты	2,0
8	Каучук	Кипы	1,6
9	Кирпич огнеупорный	Ящики	1,15
10	Кожа	Тюки	2,8
11	Консервы	Ящики	1,36
12	Кофе	Мешки	1,6
13	Краска	Бочки	0,7
14	Краска	Банки	1,0
15	Масло сливочное	Ящики	2,7
16	Мука	Мешки	1,45
17	Мясо	Туши	2,6
18	Пробка	Тюки	8,4
19	Пром. оборудование (легкое)	Ящики	5,0
20	Пром. оборудование (тяжелое)	Ящики	2,5
21	Рис	Мешки	1,45
22	Рыба охлажденная	Чердаки	1,35
24	Рыба охлажденная	Ящики	1,7
25	Рыба соленая	Чердаки	1,3
26	Сахар	Мешки	1,3
27	Табак	Кипы	3,3
28	Фрукты сухие	Ящики	2,0
29	Хлопок - полотно	Тюки	1,9
30	Цемент	Мешки	0,99
31	Цитрусовые	Ящики	2,4
32	Чай	Ящики	2,75
33	Шелк	Тюки	2,2
34	Шерсть	Тюки	4,4
35	Яйца	Ящики	2,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАЗМЕРЕНИЯ СУДНА

НАЗВАНИЕ	«ОЛЮТОРСКИЙ ЗАЛИВ» (Пр. № 222, стр. № 229)
ПОРТ ПРИПИСКИ	ВЛАДИВОСТОК
ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ НОМЕР ИМО	8422711
РАДИОПОЗЫВНОЙ	УКТU
ГОД ПОСТРОЙКИ	1985
МЕСТО ПОСТРОЙКИ	ВИСМАР, ГДР, НП верфь им. Матиаса Тезена
КЛАСС СУДНА	КМ  Л1 [1] А2
ТИП СУДНА	транспортное рефрижераторное судно
НАЗНАЧЕНИЕ	перевозка охлаждаемых грузов, рыбной муки в мешках, рыбьего жира и доставка топлива, смазочного масла, питьевой воды, провизии, снабжения, упаковочного материала промысловым судам
РАЙОН ПЛАВАНИЯ	неограниченный
ДАЛЬНОСТЬ ПЛАВАНИЯ	9000 миль
СКОРОСТЬ ХОДА	14,5 узл
ДЛИНА НАИБОЛЬШАЯ	152,94 м
ДЛИНА МЕЖДУ ПЕРПЕНДИКУЛЯРАМИ	142,00 м
ШИРИНА	22,20 м
ВЫСОТА БОРТА	13,60 м
ОСАДКА ПО ЛЕТНЮЮ ГРУЗОВУЮ МАРКУ (от нижней кромки киля НКК)	8,307 м
ВОДОИЗМЕЩЕНИЕ	17375 т
ДЕДВЕЙТ	10113,1 т

РАЗМЕРЫ ГРУЗОВЫХ ТРЮМОВ, м

Грузовое помещение	Трюм 4			Трюм 3			Трюм 2			Трюм 1		
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>h</i>
Верх	20,1	19,2	3,3	19,0	20,0	3,3	18,9	18,5	3,3	20,3	15,9	3,3
Середина	20,0	19,2	3,0	19,3	20,0	3,0	18,9	18,3	3,0	20,3	13,2	3,0
Низ	21,7	19,2	3,0	22,4	20,0	3,0	18,9	19,7	3,0	20,3	11,9	3,0

Высота двойного дна $h_{дд} = 1,5$ м

СУДНО ПОРОЖНЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Наименование	Δ_0 , т	Z от ОЛ, м	M _z , тм	X от ⊗, м	M _x , тм
Судно порожнем, Протокол кренования № 996.800.000-25.	7261,9	10,09	73307	-13,82	-100383

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ТИПОВЫЕ СЛУЧАИ НАГРУЗКИ

Случаи нагрузки № 1

Рейс дальностью 5000 миль

**Судно с однородным грузом в трюмах ($\mu = 1.487 \text{ м}^3/\text{т}$)
при осадке по летнюю грузовую марку (отход)**

ГРУЗОВОЙ ПЛАН

Т/х: «Олюторский залив» Рейс: Владивосток - Анкоридж

Трюм 4 Трюм 3 Трюм 2 Трюм 1

	Рыба, 861 т	Рыба, 849 т	Рыба, 779 т	Рыба, 721 т	
	Рыба, 780 т	Рыба, 782 т	Рыба, 701 т	Рыба, 542 т	
	Рыба, 845 т	Рыба, 909 т	Рыба, 755 т	Рыба, 492 т	

Расположение грузов в грузовых помещениях

Грузовое помещение	Вид груза	P, т	Z, м	M _z , тм	X, м	M _x , тм
Трюм 1 низ	Рыба охл.	492.0	3.78	1860	40.86	20103
Трюм 1 середина	Рыба охл	542.0	7.21	3908	41.73	22618
Трюм 1 верх	Рыба охл	721.0	11.46	8263	41.88	30195
Трюм 2 низ	Рыба охл	755.0	3.73	2816	22.43	16935
Трюм 2 середина	Рыба охл	701.0	7.18	5033	23.03	16144
Трюм 2 верх	Рыба охл	779.0	11.42	8896	22.97	17894
Трюм 3 низ	Рыба охл	909.0	3.69	3354	-4.46	-4054
Трюм 3 середина	Рыба охл	782.0	7.18	5615	-4.81	-3761
Трюм 3 верх	Рыба охл	849.0	11.42	9696	-4.65	-3948
Трюм 4 низ	Рыба охл	845.0	3.72	3143	-24.37	-20593
Трюм 4 середина	Рыба охл	780.0	7.18	5600	-24.93	-19445
Трюм 4 верх	Рыба охл	861.0	11.42	9833	-24.87	-21413
Всего груза		9016.0		68017		50674

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Расположение запасов на ОТХОД при дальности плавания 5000 миль

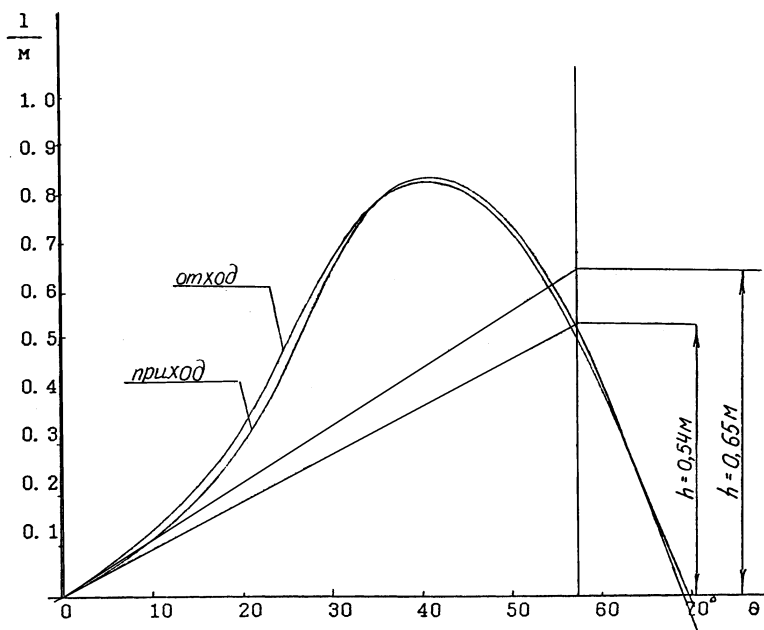
Наименование	Р, т	Z, м от ОЛ	M _z , тм	X, м от ⊗	M _x , тм	По- правка δM _z , тм
<i>Тяжелое топливо, ρ = 0,92 т/м³</i>						
Танк 1.10 ПрБ	139.0	0.75	104	-8.34	-1159	694
Танк 1.11 ЛБ	139.0	0.75	104	-8.34	-1159	694
Танк 1.12 перелива ЛБ	30.7	0.93	29	-37.66	-1156	
Танк 1.18 отстойный ПрБ	74.0	9.09	673	-36.53	-2703	
Танк 1.19 отстойный ПрБ	70.0	8.88	622	-36.54	-2558	
Танк 1.20 расх. кот. топ. ПрБ	15.0	11.85	178	-36.57	-549	
Танк 1.21 расходный ПрБ	15.0	11.85	178	-36.57	-549	
Танк 1.22 расходный ДП	60.0	11.33	680	-36.42	-21.85	
Итого тяжелого топлива	542.7		2568		-12018	1388
<i>Дизельное топливо, ρ = 0,86 т/м³</i>						
Танк 2.4 перелива ПрБ	30.0	0.97	29	-39.42	-1183	
Танк 2.5 отстойный ЛБ	22.4	11.86	266	-36.57	-819	
Танк 2.6 расходный ЛБ	24.1	11.33	273	-36.77	-886	
Итого диз. Топлива	76.5		568		-2888	
<i>Смазочное масло, ρ = 0,90 т/м³</i>						
Танк сточн. масла 3.5 ДП	16.0	0.95	15	-47.83	-765	
Танк цилиндр.масла 3.9 ПрБ	20.4	11.83	241	-65.30	-1332	
Танк запасн. мала 3.10 ПрБ	25.4	11.91	303	-65.14	-1655	
Танк запасн масла 3.11 ПрБ	38.9	12.35	480	-69.10	-2688	
Итого смазочного масла	100.7		1039		-6440	
<i>Пресная вода, ρ = 1,00 т/м³</i>						
Танк охлаждающей в.4.1 ЛБ	17.1	0.98	17	-40.94	-700	
Танк кот. питат.в. 4.2 ПрБ	57.8	7.25	419	-57.96	-3350	77
Танк кот. питат.в. 4.3 ЛБ	57.8	7.25	419	-57.96	-3350	77
Танк питьевой воды 4.6 ДП	115.0	11.74	1350	-66.03	-7593	76
Танк питьевой воды 4.7 ЛБ	125.0	12.03	1504	-66.70	-8338	60
Танк охлаждающей в.4.8 ДП	2.4	3.00	7	-62.81	-151	
Итого пресной воды	375.1		3716		-23482	290
<i>Грязная вода, ρ = 1,00 т/м³</i>						
Фекальный танк 3.12 ЛБ	7.9	11.37	90	-36.14	-286	
Цист. льяльн. воды 3.15 ЛБ						
Танк гр. в. мед. бл. 3.16 ЛБ						
Т. шламн. фильтр. 3.17 ПрБ						
Итого грязной воды	7.9		90		-286	
ВСЕГО ЗАПАСОВ:	1103		7981		-45114	1678

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Случай нагрузки: 1 (отход)

Статья нагрузки		Р, т	Z, м	M _z , тм	X, м	M _x , тм
Судно порожнем		7261.9	10.09	73307	-13.82	-100383
Экипаж, провизия, снабжение		16.3		301		-745
Судовые запасы		1103.0		7981		-45114
Груз в трюмах		9016.0		68017		50674
Груз в танках		0.0		0.0		0.0
Груз на палубе		0.0		0.0		0.0
Всего балласта		0.0		0.0		0.0
Водоизмещение		17375.3	8.62	149748	-5.25	-91296
Поправка на запасы				1678		
Поправка на наливной груз				0		
Поправка на балласт				0		
Всего поправка δM_z , тм				1678		
Момент M _z расчетный, тм				151426		
ЦМ судна Z _g расчетный, м				8.72		
ЦМ судна Z _g допустимый, м				9.16		
Апplikата метacentра Z _m , м				9.37		
Метацент- рическая высо- та	Без поправки h ₀ = Z _m - Z _g , м			0.75	K*=3.47	
	Поправка δh , м Исправлен- ная h = h ₀ - δh , м			0.10		
				0.65		
Осадка	Средняя d _{ср} , м			8.23		
	Носом d _н , м			6.59		
	Кормой d _к , м			9.87		

Диаграмма статической остойчивости



θ , град	0	10	20	30	40	50	60	70
$\sin\theta$	0.00	0.174	0.342	0.500	0.643	0.766	0.866	0.940
Отход $\Delta=17375\text{ т}$ $Z_g=8.715\text{ м}$								
l_k , м	0.000	1.644	3.314	5.032	6.429	7.394	7.941	8.168
$Z_g \cdot \sin\theta$	0.000	1.513	2.981	4.358	5.602	6.676	7.547	8.189
l , м	0.000	0.131	0.334	0.674	0.827	0.718	0.394	-0.021
l_d , м	0.000	0.011	0.052	0.140	0.271	0.406	0.503	0.535

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Данные по танкам

Наименование		Район рас- положения, шп-ты	Р, т	Z, м от ОЛ	X, м от мид. шпанг.	По- правка на св. пов-ть, δMz , тм
Балласт $\rho = 1.025 \text{ т/м}^3$						
Форпик 1.1		184...нос	191.7	11.00	67.62	103
Танк 1.2	ПрБ	168...184	552.5	9.01	57.32	124
Танк 1.3	ЛБ	168...184	563.7	8.98	57.30	124
Танк 1.4	ПрБ	140...168	78.4	0.83	39.69	88
Танк 1.5	ЛБ	140...168	78.4	0.83	39.69	88
Танк 1.6	ПрБ	115...140	180.4	0.77	21.75	564
Танк 1.7	ЛБ	115...140	179.4	0.78	21.81	564
Танк 1.8	ПрБ	94...115	196.8	0.75	5.06	996
Танк 1.9	ЛБ	94...115	198.8	0.75	5.13	996
Тяжелое топливо $\rho = 0.92 \text{ т/м}^3$						
Танк 1.10	ПрБ	78...94	139.0	0.75	-8.34	694
Танк 1.11	ЛБ	78...94	139.0	0.75	-8.34	694
Танк 1.12 перелива	ЛБ	44...50	30.7	0.93	-37.66	---
Танк 1.13 *	ДП	46...51	167.0	5.59	-36.49	89
Танк 1.14 *	ПрБ	46...51	81.0	3.92	-36.57	57
Танк 1.15 *	ЛБ	45...51	176.0	7.12	-36.56	98
Танк 1.16**	ПрБ	105...115	448.0	9.23	9.34	768
Танк 1.17**	ЛБ	105...115	763.6	7.00	9.49	771
Танк 1.18 отстойный	ПрБ	46...51	74.0	9.09	-36.53	---
Танк 1.19 отстойный	ПрБ	46...51	70.0	8.88	-36.54	---
Танк 1.20 расх.кот.топ	ПрБ	46...51	15.0	11.85	-36.57	---
Танк 1.21 расходный	ПрБ	46...51	15.0	11.85	-36.57	---
Танк 1.22 расходный	ДП	46...51	60.0	11.33	-36.42	---
Дизельное топливо $\rho = 0.86 \text{ т/м}^3$						
Танк 2.1***	ПрБ	105...112	203.0	3.53	8.42	504
Танк 2.2***	ПрБ	48...178	181.4	0.78	-24.62	636
Танк 2.3***	ЛБ	50...178	172.0	0.78	-23.98	612
Танк 2.4 перелива	ПрБ	41...48	30.0	0.97	-39.42	---
Танк 2.5 отстойный	ЛБ	46...51	22.4	11.86	-36.57	---
Танк 2.6 расходный	ЛБ	46...51	24.1	11.33	-36.77	---

Наименование	Район расположения, шп-ты	Р, т	Z, м от ОЛ	X, м от мид. шп.	Поправка на св. пов-ть, δMz , тм
Смазочное масло $\rho = 0.90 \text{ т/м}^3$					
Танк утечн.топ. 3.1 ПрБ	42...44	1.9	1.16	-40.70	---
Танк утечн.масла 3.2 ПрБ	25...27	1.9	1.16	-53.45	---
Танк сепарир.масла 3.3 ЛБ	28...41	25.4	1.07	-46.00	---
Танк сепарир.масла 3.4 ПрБ	28...41	20.0	1.10	-46.24	---
Танк сточн.масла 3.5 ДП	27...40	24.6	1.16	-47.83	---
Танк утечн.масла 3.7 ЛБ	25...27	1.9	1.16	-53.45	---
Танк отраб.масла 3.8 ДП	17...24	25.7	1.10	-57.35	---
Танк цилиндр.м. 3.9 ПрБ	6...13	20.4	11.83	-65.30	---
Танк запасн.м. 3.10 ПрБ	6...13	25.4	11.91	-65.14	---
Танк запасн.м. 3.11 ПрБ	0...6	38.9	12.35	-69.10	---
Пресная вода $\rho = 1.00 \text{ т/м}^3$					
Танк охл. воды 4.1 ЛБ	41...44	17.1	0.98	-40.94	---
Танк кот.питат.в. 4.2 ПрБ	15...24	57.8	7.25	-57.96	77
Танк кот.питат.в. 4.3 ЛБ	15...24	57.8	7.25	-57.96	77
Т. конденс.пит.в. 4.4 ПрБ	3...13	40.3	9.03	-65.82	76
Т. конденс.пит.в. 4.5 ЛБ	3...13	40.3	9.03	-65.82	76
Т. питьевой воды 4.6 ДП	4...13	115.0	11.74	-66.03	76
Т. питьевой воды 4.7 ЛБ	0...13	125.0	12.03	-66.70	60
Т. охлажден.воды 4.8 ДП	13...14	2.4	3.00	-62.81	---
Грязная вода $\rho = 1.00 \text{ т/м}^3$					
Танк грязн.воды 1.13* ДП	46...51	182.0	5.59	-36.49	96
Танк грязн.воды 1.14* ПрБ	46...51	88.0	3.92	-36.57	62
Танк грязн.воды 1.15* ЛБ	46...51	191.0	7.12	-36.56	107
Фекальный танк 3.12 ЛБ	46...51	15.8	11.89	-32.92	---
Цистерна льяльн.в. 3.15 ЛБ	46...51	27.5	3.05	24.84	---
Т. гр.в.мед.блока 3.16 ЛБ	49,5...51	2.1	11.86	24.84	---
Т.шламн. фильтр. 3.17 ПрБ	35...36	1.1	0.93	-46.32	---
Рыбий жир $\rho = 0.95 \text{ т/м}^3$					
Танк 3.13 ЛБ	105...115	87.0	11.89	9.81	
Танк 3.13 ПрБ	105...115	87.0	11.89	9.81	

* - тяжелое топливо или грязная вода

** - тяжелое топливо (для снабжения судов) или рыбная мука в мешках

*** - дизельное топливо (для снабжения судов)

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Данные по грузовым трюмам

Наименование	Расположение, шп-ты	Вместимость V, м³	Координаты центра объема	
			Z, м от ОЛ	X, м от мид.
Трюм №1 низ середина верх	51...78	727	3.78	40.86
	51...78	801	7.21	41.73
	51...78	1066	11.46	41.88
ВСЕГО №1		2594	8.00	41.55
Трюм №2 низ середина верх	78...105	1115	3.73	22.43
	78...105	1036	7.18	23.03
	78...105	1151	11.42	22.97
ВСЕГО №2		3302	7.35	22.81
Трюм №3 низ середина верх	115...140	1343	3.69	-4.46
	115...140	1157	7.18	-4.10
	115...140	1254	11.42	-4.65
ВСЕГО №3		3754	7.37	-4.63
Трюм №4 низ середина верх	140...168	1249	3.72	-24.37
	140...168	1154	7.18	-24.93
	140...168	1273	11.42	-24.87
ВСЕГО №4		3676	7.47	-24.72
ВСЕГО №1...№4		13326	7.54	5.62

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Допустимые удельные нагрузки на палубу

Наименование	Допустимая нагрузка q, т/м²
2-я палуба	2.56
3-я палуба	2.33
Второе дно	2.32

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Гидростатические элементы

Водоизм. Δ , т	Осадка от НКК d , м	Абсц. ЦВ X_c , м	Абсц. ЦТ площ. ВЛ X_f , м	Диф. момент M_{1m} , тм/м	Возв. МЦ над ОП Z_m , м
7000	3. 80	-1. 37	-0. 82	12782	11. 48
500	4. 04	-1. 32	-0. 77	13043	11. 13
8000	4. 27	-1. 29	-0. 74	13300	10. 83
500	4. 50	-1. 26	-0. 73	13555	10. 57
9000	4. 75	-1. 23	-0. 72	13817	10. 35
500	4. 97	-1. 20	-0. 72	14114	10. 15
10000	5. 20	-1. 17	-0. 74	14371	9. 98
250	5. 32	-1. 16	-0. 75	14514	9. 91
500	5. 43	-1. 15	-0. 77	14647	9. 85
750	5. 54	-1. 14	-0. 79	14781	9. 79
11000	5. 65	-1. 13	-0. 82	14934	9. 74
250	5. 76	-1. 13	-0. 84	15068	9. 69
500	5. 87	-1. 12	-0. 87	15221	9. 65
750	5. 98	-1. 12	-0. 90	15385	9. 60
12000	6. 09	-1. 12	-0. 95	15539	9. 56
250	6. 20	-1. 12	-0. 98	15703	9. 53
500	6. 31	-1. 12	-1. 02	15867	9. 50
750	6. 42	-1. 12	-1. 07	16041	9. 47
13000	6. 53	-1. 12	-1. 12	16195	9. 45
250	6. 63	-1. 12	-1. 18	16380	9. 43
500	6. 74	-1. 12	-1. 24	16554	9. 40
750	6. 85	-1. 12	-1. 32	16780	9. 38
14000	6. 96	-1. 13	-1. 40	16954	9. 36
250	7. 06	-1. 14	-1. 47	17189	9. 35
500	7. 16	-1. 15	-1. 53	17414	9. 34
750	7. 26	-1. 15	-1. 69	17650	9. 33
15000	7. 36	-1. 16	-1. 82	17917	9. 33
250	7. 46	-1. 17	-1. 95	18163	9. 33
500	7. 56	-1. 17	-2. 09	18419	9. 32
750	7. 66	-1. 20	-2. 27	18696	9. 32
16000	7. 76	-1. 22	-2. 43	19014	9. 32
250	7. 86	-1. 23	-2. 64	19300	9. 32
500	7. 96	-1. 25	-2. 79	19598	9. 33
750	8. 06	-1. 27	-3. 00	19885	9. 34
17000	8. 16	-1. 30	-3. 20	20213	9. 35
250	8. 26	-1. 33	-3. 33	20500	9. 35
500	8. 36	-1. 37	-3. 50	20808	9. 37

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Таблица допустимых возвышений центра массы судна

Водоизмещение Δ, т	Допустимые возвышения центра массы		
	По аварийной остойчивости		По основной остой- чивости
	$Z_{г\text{ доп}}^{\text{ав}}, \text{ м}$		
	Дифферент 0.0м	Дифферент -3.0м	
			$Z_{г\text{ доп}}^{\text{осн}}, \text{ м}$
8000	9. 22	9. 37	9. 460
8500	9. 14	9. 29	9. 530
9000	9. 09	9. 24	9. 570
9500	9. 03	9. 17	9. 580
10000	8. 97	9. 09	9. 590
10500	8. 92	9. 03	9. 610
11000	8. 91	8. 97	9. 610
11500	8. 90	8. 93	9. 600
12000	8. 90	8. 91	9. 560
12250	8. 90	8. 90	9. 530
12500	8. 90	8. 90	9. 500
12750	8. 90	8. 90	9. 475
13000	8. 90	8. 90	9. 450
13250	8. 91	8. 91	9. 425
13500	8. 91	8. 91	9. 400
13750	8. 92	8. 92	9. 380
14000	8. 93	8. 93	9. 360
14250	8. 95	8. 95	9. 350
14500	8. 96	8. 96	9. 340
14750	8. 98	8. 98	9. 330
15000	9. 00	9. 00	9. 330
15250	9. 02	9. 02	9. 330
15500	9. 03	9. 03	9. 320
15750	9. 06	9. 06	9. 310
16000	9. 09	9. 09	9. 300
16250	9. 10	9. 10	9. 270
16500	9. 11	9. 11	9. 250
16750	9. 12	9. 12	9. 230
17000	9. 14	9. 14	9. 200
17250	9. 14	9. 14	9.180
17500	9. 16	9. 16	9. 160

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Плечи остойчивости формы (пантокарены).

Плечи статической остойчивости $1=1_{\phi}-Z_g \sin \theta$

Водоизме- щение Δ , т	Углы крена θ						
	10	20	30	40	50	60	70
	Пантокарены 1_{ϕ} , м						
7000	2.012	3,963	5.589	6,894	8,034	8,690	8,830
500	1.952	3,874	5.519	6,873	8,028	8,690	8,821
8000	1.900	3,790	5,458	6,857	8.012	8,681	8,808
500	1.854	3,716	5,403	6,843	7,997	8,662	8,787
9000	1,816	3,651		6,828	7,974	8,637	8,760
500	1,783	3,592	5,354	6,818	7,953	8,609	8,727
10000	1,754	3,541	5,311	6,808	7,926	8,575	8,692
500	1,730	3,494	5,274	6,798	7,900	8,534	8,654
11000	1,710	3,455	5,243	6,787	7,870	8,492	8,613
250	1.703	3,437	5,214	6,782	7,856	8,471	8,593
500	1,694	3,422	5,201	6,775	7,840	8,447	8,571
750	1,685	3,406	5,188	6,769	7,822	7,424	8,557
12000	1,678	3,393	5,176	6,761	7,806	8,401	8,529
250	1,673	3,381	5,165	6,752	7,790	8,378	8,509
500	1,666	3,369	5,154	6,743	7,773	8,354	8,491
750	1,662	3,361	5,145	6,732	7,754	8,331	8,471
13000	1,656	3,352	5,135	6,721	7,737	8,306	8,452
250	1,653	3,344	5,1	6,708	7,719	8,285	8,433
500	1,649	3,336	26	6,695	7,701	8,261	8,414
750	1,646	3,329	5,117	6,682	7,683	8,237	8,395
14000	1,643	3,324	5,110	6,667	7,664	8,214	8,376
250	1,641	3,319	5,102	6,654	7,646	8,193	8,357
500	1,639	3,316	5,095	6,637	7,627	8,171	8,343
750	1,636	3,313	5,087	6,623	7,608	8,149	8,325
15000	1,636	3,310	5,083	6,606	7,587	8,127	8,307
250	1,636	3,308	5,077	6,588	7,569	8,106	8,292
500	1,636	3,306	5,073	6,572	7,550	8,087	8,276
750	1,636	3,306	5,066	6,554	7,527	8,066	8,261
16000	1,637	3,306	5,063	6,534	7,508	8,047	8,247
250	1,637	3,306	5,058	6,516	7,487	8,027	8,234
500	1,638	3,307	5,054	6,497	7,467	8,011	8,219
750	1,639	3,308	5,050	6,477	7,446	7,988	8,205
17000	1,641	3,310	5,046	6,457	7,424	7,969	8,192
250	1,643	3,313	5,043	6,440	7,404	7,951	8,176
500	1,645	3,316	5,038	6,420	7,384	7,933	8,160
			5,034				
			5,030				

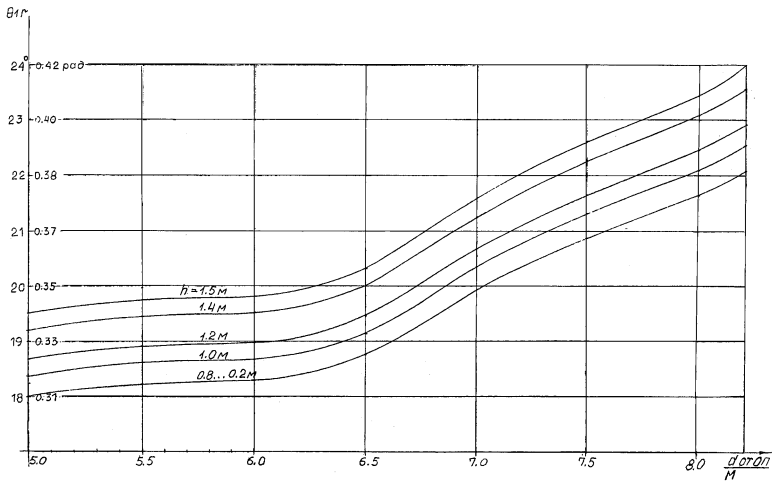
ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Коэффициент m_0

$\frac{hB}{z_g \sqrt[3]{\nabla}}$	0,1 и менее	0,15	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	$\geq 3,0$ и более
m_0	0,34	0,42	0,64	1,13	1,96	2,45	2,69	2,86	2,94

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

Амплитуда бортовой качки θ_{1r}



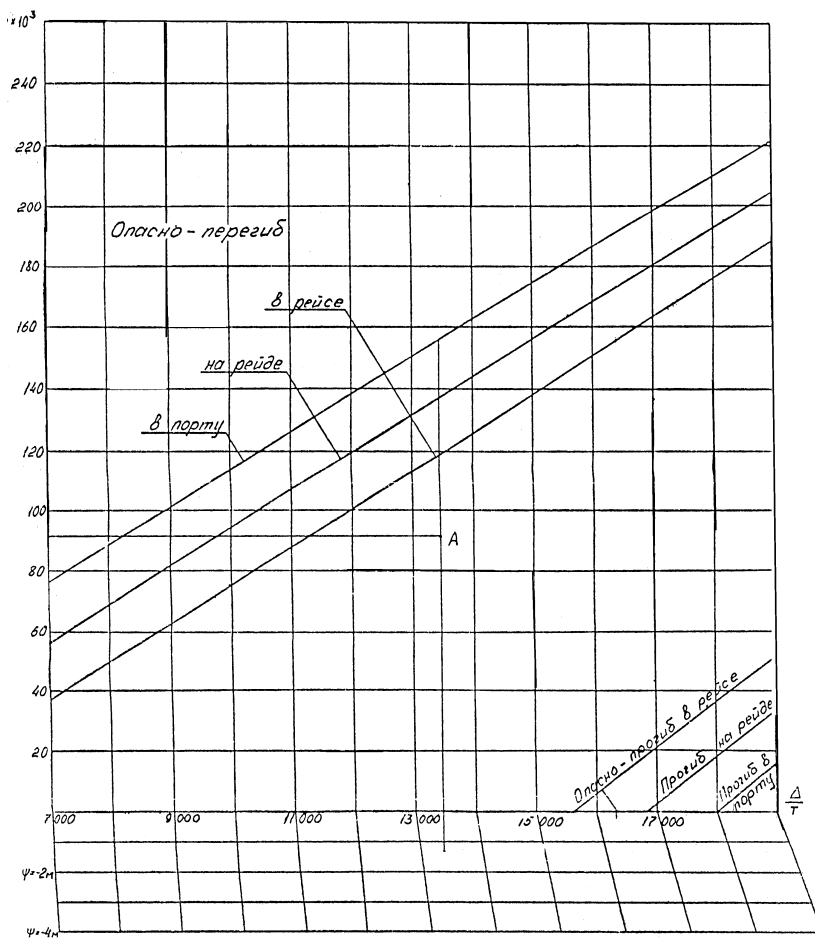
ПРИЛОЖЕНИЕ 21

Таблица плеч ветровой нагрузки

Водоиз- меще- ние Δ , т	Плечи ветровой нагрузки l_v , м		Водоиз- мещение Δ , т	Плечи ветровой нагрузки l_v , м	
	Без льда	Со льдом		Без льда	Со льдом
7000	0. 396	0. 443	13000	0. 154	0. 176
500	0. 360	0. 403	250	0. 150	0. 171
8000	0. 330	0. 370	500	0. 145	0. 165
750	0. 289	0. 326	750	0. 141	0. 160
9000	0. 276	0. 312	14000	0. 136	0. 156
250	0. 266	0. 300	250	0. 133	0. 151
500	0. 257	0. 289	500	0. 129	0. 147
750	0.247	0. 275	750	0. 125	0. 143
10000	0. 238	0. 268	15000	0. 122	0. 139
250	0. 229	0. 256	250	0. 119	0. 135
500	0. 221	0. 247	500	0. 116	0. 131
750	0. 212	0.239	750	0. 113	0. 127
11000	0. 205	0. 231	16000	0. 110	0. 123
250	0. 198	0. 222	250	0. 106	0. 119
500	0. 191	0. 215	500	0. 104	0. 116
750	0.184	0.207	750	0. 101	0. 113
12000	0. 177	0. 201	17000	0. 098	0. 110
250	0. 171	0. 193	250	0. 095	0. 107
500	0. 165	0. 187	500	0. 093	0. 104
750	0. 159	0. 181			

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

Диаграмма контроля общей продольной прочности



Используемые термины

Абсцисса – координата X , соответствующая удалению от мидель-шпангоута, в нос – положительная.

Аппликата – координата, соответствующая возвышению над основной плоскостью.

Балласт твердый и жидкий – специальный груз, принимаемый на судно для изменения параметров остойчивости и посадки. Твердый балласт принимается в виде чугунных или свинцовых чушек; включается в судно порожнем. Жидкий балласт – забортная вода, принимаемая в специальные балластные танки; иногда может приниматься в танки запасов или пустые трюма; учитывается как жидкий груз.

Ватерлиния – сечение корпуса судна плоскостью, совпадающей с не-взволнованной поверхностью воды (плоскостью ватерлинии). Другое значение ватерлинии – кривая на проекции теоретического чертежа «Полуширота». Конструктивная ватерлиния соответствует проектной осадке судна.

Водоизмещение Δ – полная масса судна, находится как сумма масс статей нагрузки.

Водоизмещение объемное ∇ – объем погруженной части корпуса судна, равный объему вытесненной судном воды, $\nabla = \frac{\Delta}{\rho}$, здесь ρ –

плотность забортной воды.

Восстанавливающий момент M_θ – момент сил тяжести и поддержания; равен произведению силы тяжести на плечо статической остойчивости l_{cm} ; на практике восстанавливающий момент определяется в разности статического момента массы $M_\theta = \Delta l_{cm}$.

Высота борта H – расстояние от основной плоскости до палубы переборок в плоскости мидель-шпангоута, равна сумме осадки на миделе и высоты надводного борта.

Высота надводного борта – расстояние от ватерлинии до палубы переборок в плоскости мидель-шпангоута, равна разнице высоты борта и осадки на миделе, определяет запас плавучести.

Гидростатические элементы – таблица или диаграмма параметров плавучести и остойчивости, необходимых для производства судовых расчетов. Диаграмма гидростатических элементов имеет названия «гидростатические кривые» или «кривые элементов теоретического чертежа».

Главная палуба = палуба переборок.

Грузовая марка – набор знаков, наносимых на борта судна в районе мидель-шпангоута; ограничивает минимальную высоту надводного борта для действующих условий плавания, используется для расчета максимальной осадки.

Грузовой план = схема расположения грузов на судне.

Диаметральная плоскость – вертикальная продольная плоскость симметрии корпуса судна.

Длина габаритная $L_{гб}$ – расстояние между крайними носовой и кормовой точками судна.

Длина между перпендикулярами $L_{пп}$ – расстояние между носовым и кормовым перпендикулярами, используется в расчетах как теоретическая длина L .

Длина наибольшая $L_{нб}$ – расстояние между крайними носовой и кормовой точками корпуса судна.

Допустимое возвышение центра масс над основной плоскостью = предельное значение аппликаты центра масс судна, при котором остойчивость судна обеспечена по общим требованиям.

Допустимая нагрузка на палубу – предельное значение удельной нагрузки на палубу грузового помещения.

Запас плавучести – масса дополнительного груза, который может быть принят на судно для погружения его по палубу переборок; определяется объемом водонепроницаемого корпуса выше ватерлинии.

Запас остойчивости – разница между расчетным и допустимым значениями параметра остойчивости.

Коэффициент общей полноты – отношение объемного водоизмещения к объему параллелепипеда со сторонами, равными длине, ширине и осадки судна.

Кренящий момент – момент внешних сил, вызывающий поперечное наклонение судна.

Кривые элементов теоретического чертежа = набор кривых параметров плавучести и остойчивости.

Критерий остойчивости – нормируемый параметр остойчивости.

Критерий погоды K – отношение динамического опрокидывающего момента M_c к кренящему моменту от шквала M_v ; нормирует динамическую остойчивость при совместном влиянии шквала и качки.

Критерий ускорения K^* – отношение $0,3$ к расчетному ускорению при бортовой качке $a_{расч}$; ограничивает чрезмерную остойчивость.

Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости l_{max} – нормируемый параметр остойчивости, соответствующий максимальному восстанавливающему моменту судна при данной загрузке.

Метацентр – центр окружности, дугой которой можно заменить кривую центра величины при малых поперечных наклонениях судна.

Метацентрическая высота – возвышение метацентра над центром тяжести ($h = Z_m - Z_g$) – показатель начальной остойчивости (при малых наклонениях восстанавливающий момент пропорционален метацентрической высоте); производная от диаграммы статической остойчивости в точке O .

Метацентрический радиус – радиус окружности, дугой которой можно заменить кривую центра величины при малых поперечных наклонениях

судна; поперечный метацентрический радиус $r = \frac{I_x}{\nabla}$, продольный ме-

тацентрический радиус $R = \frac{I_{yf}}{\nabla}$, где I_x , I_{yf} - главные центральные мо-

менты инерции площади ватерлинии.

Момент инерции площади – произведение площади фигуры на квадрат расстояния от полюса/оси до центра тяжести фигуры; поперечный момент инерции площади $i_x = k_x l b^3$, *продольный момент инерции площади* $i_y = k_y l^3 b$, где k_x , k_y - коэффициенты, определяемые формой фигуры (для прямоугольника $k_x = k_y = \frac{1}{12}$).

Непотопляемость – способность судна в достаточной мере сохранять свои мореходные качества при аварийном затоплении судовых помещений; непотопляемость считается обеспеченной, если при аварийном затоплении отсека выполняются нормативы обеспечения аварийной остойчивости и аварийной плавучести; нормативы приведены в Правилах Регистра.

Нормативы обеспечения остойчивости – предельно допустимые значения параметров остойчивости.

Остойчивость – способность судна, наклоненного внешним воздействием, возвращаться в исходное положение после прекращения воздействия. Остойчивость обеспечивается восстанавливающим моментом, возникающим за счет смещения центра величины в сторону наклона. Различают остойчивость статическую (инерция наклона не учитывается) и динамическую, поперечную и продольную, начальную (углы наклона малы) и при больших углах наклона.

Палуба переборок – самая верхняя непрерывная палуба, до которой входят поперечные переборки, делящие судно на отсеки непотопляемости.

Пантакарены – кривые зависимости плеча формы от водоизмещения для различных значений угла крена, могут быть представлены в виде таблицы.

Пара сил – две равных разнонаправленных силы с параллельными линиями действия.

Плечо веса – расстояние от центра плавучести или от основной плоскости до линии действия силы тяжести.

Плечо статической остойчивости (плечо восстанавливающего момента) – кратчайшее расстояние между линиями действия сил тяжести и плавучести; равно отношению восстанавливающего момента к водоизмещению; при малых наклонах находится как произведение метацентрической высоты на угол наклона в радианах, при больших наклонах – как разница плеч формы и веса.

Плечо формы – расстояние от центра плавучести или от основной плоскости до линии действия силы плавучести.

Предельная длина отсека – длина условного отсека, при затоплении которого аварийная ватерлиния касается предельной линии погружения.

Предельная линия погружения – линия примыкания палубы переборок к борту судна.

Прочность судна – способность судна как конструкции в целом (общая прочность) и отдельных элементов судна (местная прочность) противостоять внешним нагрузкам без существенных деформаций и разрушений; общая прочность проверяется на общий продольный изгиб, местная прочность – на удельную нагрузку на палубу.

Сила плавучести (поддержания) – вертикальная сила, численно равная отношению водоизмещения к плотности забортной воды; приложена к центру плавучести (величины); направлена вверх.

Сила тяжести – вертикальная сила, численно равная водоизмещению; приложена к центру масс судна

Статический момент водоизмещения – сумма статических моментов статей нагрузки; статический момент водоизмещения относительно основной плоскости M_z используется для расчета аппликаты центра масс судна $z_g = \frac{M_z}{\Delta}$, статический момент водоизмещения относительно

плоскости мидель-шпангоута M_x используется для расчета аппликаты центра масс судна $x_g = \frac{M_x}{\Delta}$.

Статический момент дедвейта – сумма статических моментов статей дедвейта; по рекомендациям ИМО статический момент дедвейта относительно основной плоскости M_{zDW} используется для проверки остойчивости, а статический момент дедвейта относительно плоскости мидель-шпангоута M_{xDW} используется для расчета параметров посадки.

Статический момент статьи нагрузки – произведение массы статьи на соответствующую координату статьи.

Типовой случай нагрузки – случай нагрузки, приводимый в Информации об остойчивости.

Удельная нагрузка на палубу – давление на 1 м^2 палубы, определяется выражением $q = \frac{h_{um}}{\mu}$, где h_{um} – высота штабеля груза, μ – удель-

ный погрузочный объем.

Удельный погрузочный объем – объем грузового помещения, необходимый для размещения 1 т груза.

Центр масс – точка приложения силы тяжести; координаты центра масс судна рассчитываются как отношение соответствующих статических моментов водоизмещения к водоизмещению.

