

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

Е.Е. Петрова

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА

Методические указания по выполнению практических работ
студентов по направлению подготовки 23.03.01.
«Технология транспортных процессов» всех форм обучения

Владивосток

2025

УДК 629.12 (07)

ББК 39.42

Б 772

Утверждено редакционно-издательским советом
Дальневосточного государственного рыбохозяйственного
Университета.

Автор – Е.Е. Петрова

Рецензент – В.В. Ганнесен доцент кафедры
«Судовождение»

© Е.Е. Петрова, 2025

© Дальневосточный государственный технический рыбохо-
зяйственный университет, 2025.

Практическое занятие 1

АРХИТЕКТУРА СУДНА. 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. Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- схему общего расположение судна;
- характеристики судна;
- спецификацию к схеме общего расположения судна.

III. Методические указания по выполнению работы

Используя схему классификации судов, охарактеризовать судно по всем основным признакам. Привести данные о главных измерениях и основных характеристик судна. Обратит внимание на архитектурно-конструктивный тип судна (число корпусов, количество и расположение МКО и т.д.).

В спецификацию к схеме общего расположения судна должны быть включены: перечень основных помещений на судне, элементы деления корпуса на отсеке, главные поперечные переборки, палубы, платформы, выгородки, надстройки, рубки, шахты, боковые кили, площадка вертолѐта, сейнерная площадка, слип, бульб в носу, коридор гребного вала, кронштейны и т.д.

IV. 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.

Отсек 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 архепиковой 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 $0,04B$ (B – ширина судна).

Конструкции, не доходящие до бортов судна на величину более $0,04B$, 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.

Под общим расположением судна понимают общую компоновку в корпусе, настройках и рубках всех помещений, предназначенных для размещения на судне главных и вспомогательных механизмов, судового оборудования, запасов, перевозимых грузов, экипажа и пассажиров, а также всех служебных, бытовых, хозяйственных и санитарных помещений.

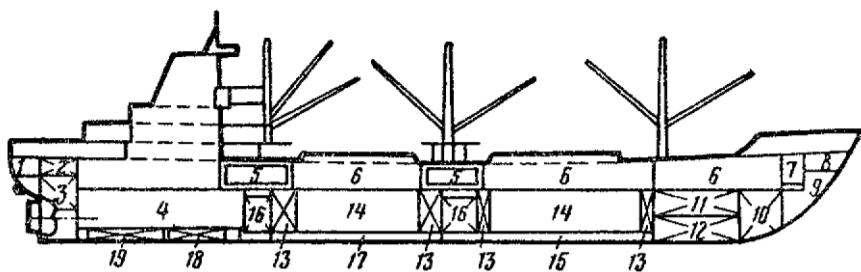


Рис. 1. Расположение помещений на сухогрузном судне: 1 – румпельное отделение; 2 – цистерна пресной воды; 3 – актерпик; 4 – машинное отделение; 5 – рефрижераторное помещение; 6 – твиндек; 7 – цепной ящик; 8 – кладовая; 9 – форпик; 10, 12, 13 – диптанки; 11, 14 – грузовые трюмы; 15 – балластная цистерна;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

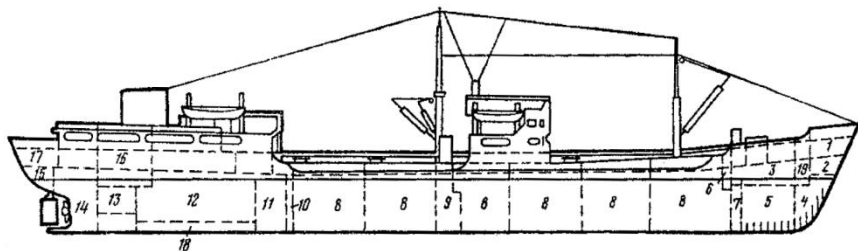


Рис. 2. Расположение помещений на нефтеналивном судне: 1, 2 – кладовые; 3 – сухогрузный трюм; 4 – форпик; 5 – диптанк; 6 – кофердам; 7 – носовое насосное отделение; 8 – грузовые танки; 9 – грузовое насосное отделение; 10 – кофердам; 11 – топливная цистерна; 12 – машинное отделение; 13 – танк питательной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

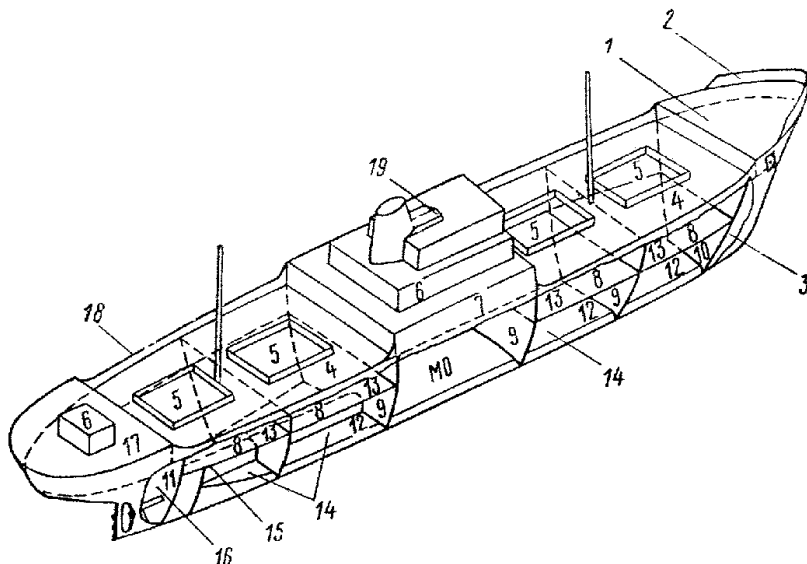


Рис. 3. Схема корпуса судна: 1 – бак; 2 – козырёк; 3 – форпик; 4 – верхняя палуба; 5 – грузовые люки; 6 – рубки; 7 – средняя надстройка; 8 – вторая палуба; 9 – поперечная переборка; 10 – форпиковая переборка; 11 – актерпиковая переборка; 12 – трюм; 13 – твиндек (междупалубное помещение); 14 – настил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

Практическое занятие 2

КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СУДНА. СИСТЕМЫ НАБОРА КОРПУСА СУДНА И КОНСТРУКТИВНЫЙ МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТ

Цель работы

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

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- схему конструктивного мидель-шпангоута;
- характеристику системы набора корпуса судна;
- спецификацию к схеме конструктивного мидель-шпангоута.

Методические указания к выполнению работы

Начертить схему конструктивного мидель шпангоута и определить, по какой схеме набран корпус судна: продольной, поперечной, смежной или комбинированной. Объяснить, по каким признакам.

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 мидель-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 дна (двойное дно)

Бортовое перекрытие

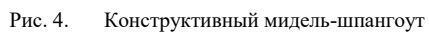
10. Шпангоут (шпация)
11. Бортовые спрингеры
12. Скуловая кница
13. Бимсовая кница
14. Бортовые продольные ребра жесткости
15. Ширстрек

Палубное перекрытие

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

Фальшборт

21. Контрфорс
22. Планширь
23. Обшивка фальшборта



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 длинной 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.

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- схему теоретического чертежа;
- параметры посадки судна.

Методические указания к выполнению работы

Начертить теоретический чертеж, назвать главные размерения судна и их соотношения, назвать параметры посадки судна.

Теоретическая часть

Общее представление о форме корпуса

Поверхность судового корпуса имеет сложную форму. Корпус судна представляет собой удлиненное тело, которому обычно придаётся удобообтекаемая форма с целью уменьшения сопротивления воды и воздуха его движению. Для общей характеристики формы корпуса служат:

- 1) Формы сечений корпуса тремя взаимно перпендикулярными плоскостями;
- 2) Соотношения главных размерений корпуса;
- 3) Безразмерные коэффициенты полноты.

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.5.

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 обусловливается 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).

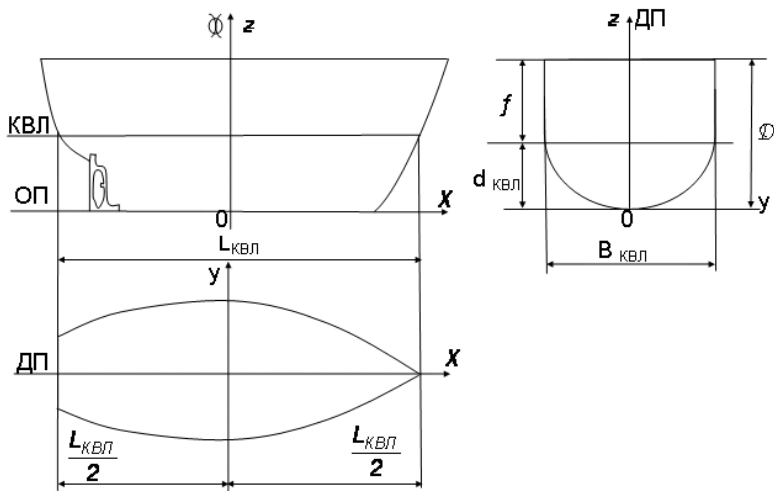


Рис.5 Сечения корпуса судна тремя взаимно перпендикулярными плоскостями. Главные размеры судна.

Главные размеры судна и их соотношения.

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

Теоретические главные размерения:

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

Длина по КВЛ ($L_{КВЛ}$) – расстояние между точками пересечения КВЛ с диаметральной плоскостью судна;

Ширина по КВЛ ($B_{КВЛ}$) – наибольшая ширина конструктивной ватерлинии судна.

Осадка на перпендикулярах ($d_{кп}$; $d_{нп}$) – 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 ($d_{квл}$) – измеряется в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до плоскости конструктивной ватерлинии.

Наибольшие главные размерения.

Длина ($L_{нб}$) – расстояние между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна без учёта выступающих частей.

Ширина ($B_{нб}$) – измеряется в наиболее широком месте судна без учёта выступающих частей.

Осадка ($d_{нб}$) – измеряется от нижней кромки – горизонтального киля до грузовой ватерлинии.

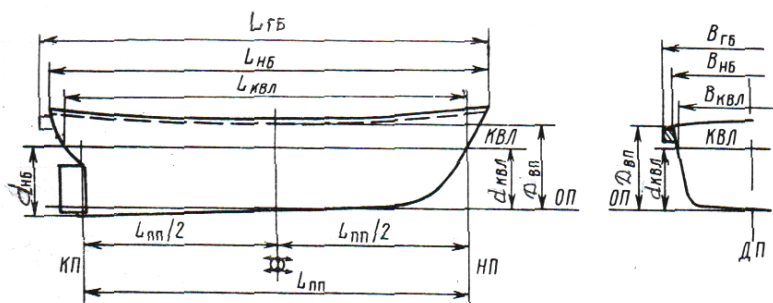


Рис.6. Главные наибольшие и габаритные размерения судна

Габаритные главные размерения судна

Длина ($L_{габ}$) – измеряется между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна с учетом постоянно выступающих частей.

Ширина ($B_{габ}$) – измеряется с учетом постоянно выступающих частей (например, с привальными брусками).

Все теоретические или расчетные главные размерения не учитывают толщины наружной обшивки корпуса. Теоретические главные размерения используются в различных расчетах, выполняемых для суждения о качествах судна, определяемых его геометрической формой.

Для общей характеристики формы корпуса используются следующие соотношения главных размерений:

- 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.

1. Коэффициенты полноты ватерлинии (α) равен отношению площади ватерлинии $S_{вЛ}$ к площади прямоугольника со стороны, равными длине и ширине ватерлинии (Рис. 7, а).

$$\alpha = \frac{S_{вЛ}}{LB} \quad (4)$$

2. Коэффициент полноты мидель-шпангоута (β) равен отношению погруженной площади мидель-шпангоута $A_{\text{м}}$ к площади прямоугольника со сторонами, равными ширине ватерлинии B и осадке d (Рис. 7, б).

$$\beta = \frac{A_{\text{м}}}{Bd} \quad (5)$$

3. Коэффициент общей полноты (C_B) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объёму прямоугольного параллелепипеда со сторонами, равными длине L и ширине ватерлинии B и осадке d (Рис 7, в).

$$C_B = \frac{\nabla}{LBd} \quad (6)$$

4. Коэффициент продольной полноты (φ) равен отношению объёма подводной части судна ∇ к объёму цилиндра, имеющего в основании погружённую площадь мидель-шпангоута $A_{\text{м}}$ и высоту, равную длине ватерлинии L (Рис. 7, з).

$$\varphi = \frac{\nabla}{A_{\text{м}} \cdot L} = \frac{C_B \cdot \cancel{LBd}}{\beta \cdot \cancel{Bd} \cdot L} = \frac{C_B}{\beta}$$

$$A = \beta \cdot Bd$$

$$\nabla = C_B \cdot LBd \quad \varphi = \frac{\nabla}{A_{\text{м}} \cdot L} = \frac{C_B \cdot \cancel{LBd}}{\beta \cdot \cancel{Bd} \cdot L} = \frac{C_B}{\beta}$$

5. Коэффициент вертикальной полноты (X) равен отношению объёма подводной части судна ∇ к объёму цилиндра, имеющего в основании площадь ватерлинии $S_{B/L}$ и высоту цилиндра, равную осадке d (Рис. 7, д).

$$X = \frac{\nabla}{S_{B/L} \cdot d} = \frac{C_{B/L} \cdot LBd}{\alpha \cdot LB \cdot d} = \frac{C_B}{\alpha}$$

$$(8)$$

$$\nabla = C_B \cdot LBd$$

$$S_{B/L} = \alpha \cdot LB$$

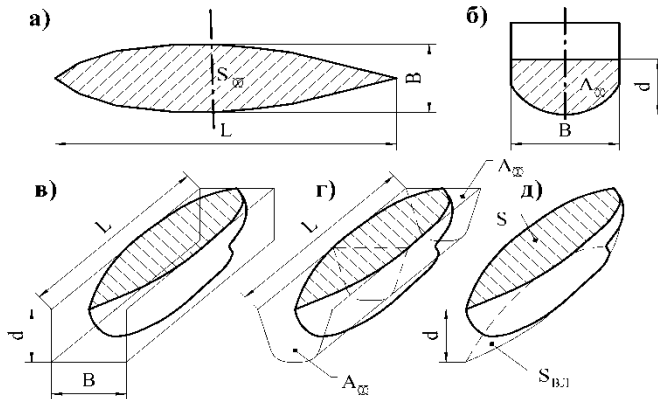


Рис.7. – Коэффициенты полноты

Практическое занятие 4

ПЛАВУЧЕСТЬ

Цель работы

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

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- данные задачи;
- расчетные формулы и решение

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

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

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

$d_{CP} = \frac{d_n + d_k}{2}$ – 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. 8).

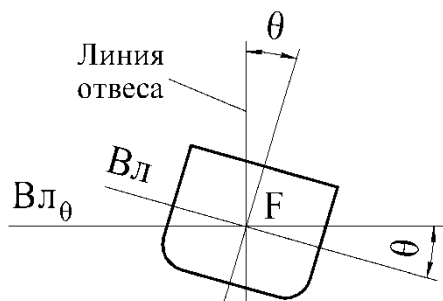


Рис. 8. Угол крена

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

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

Ψ – угол дифферента – угол между плоскостью мидель-

шпангоута и вертикалью (Рис. 9).

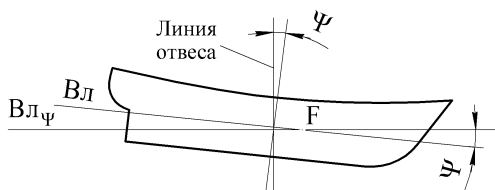


Рис. 9. Угол дифферента

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

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. Расстояние (Рис. 10) 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 (Рис. 11), а не от основной плоскости судна. 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 $d_{\text{нм}}$ и $d_{\text{км}}$ к осадкам на перпендикулярах $d_{\text{нп}}$ и $d_{\text{кп}}$. Это можно сделать с помощью специального чертежа, на котором приведены шкалы осадок на марках углубления и перпендикулярах (Рис. 12). Для определения $d_{\text{нп}}$ и $d_{\text{кп}}$ следует найти точки пересечения шкал осадок на перпендикулярах с прямой линией, проведенной через точки $d_{\text{нм}}$ и $d_{\text{км}}$, 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 позволяет измерять осадку с достаточной точностью только на тихой воде. Угол крена на судах измеряется кренометром. Для замера угла дифферента некоторые суда снабжаются специальными дифферентометрами. $d_{\text{нм}}$ и $d_{\text{км}}$ – осадки носом и кормой, определенные по маркам.

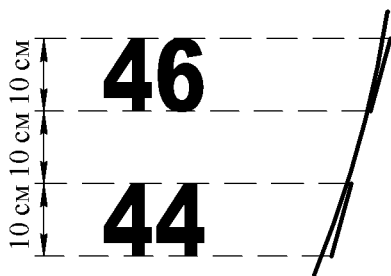


Рис. 10. Марки углубления

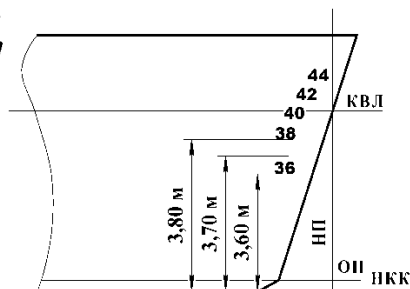


Рис. 11 Осадка на марках углубления

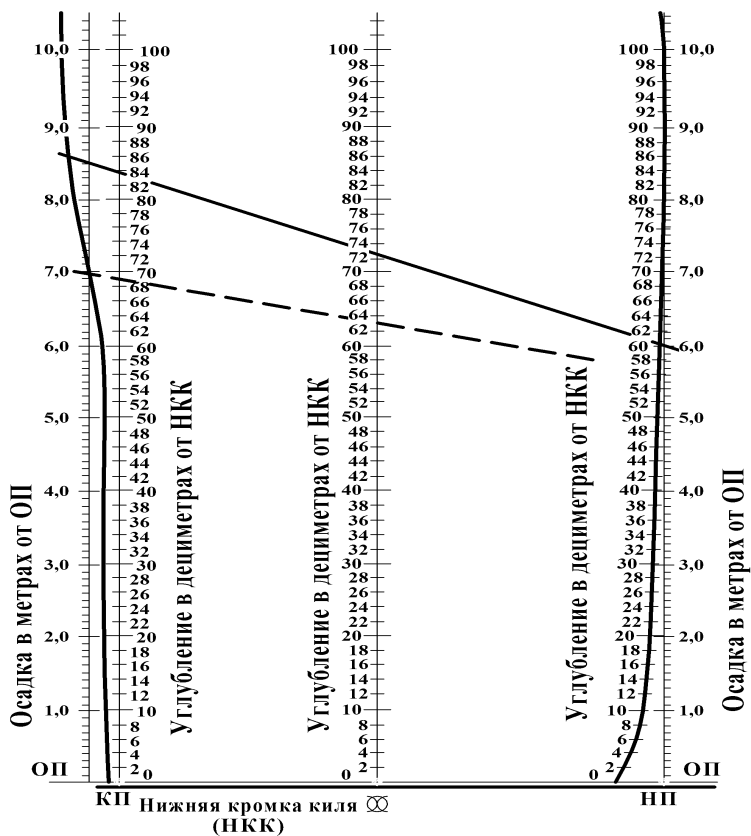


Рис. 12. Схема марок углубления

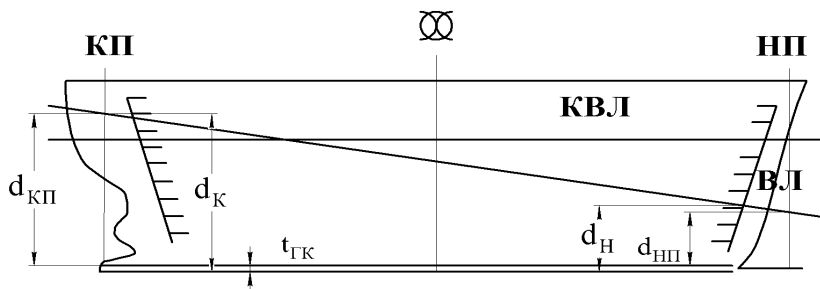


Рис. 13. Осадка на марках углубления

Осадка на марках углубления – это расстояние от нижней кромки горизонтального киля (НКК), до следа ватерлинии на носовой и кормовой шкалах марок углублений (Рис. 13).

ПЛАВУЧЕСТЬ

Плавучестью называется способность судна поддерживать вертикальное равновесие с заданной посадкой под действием приложенной к судну силы тяжести и *выталкивающей силы воды (силы поддержания или плавучести)*. Плавучесть судна оценивается объёмом водонепроницаемости корпуса. При заданной загрузке судна надводным объём корпуса (объём корпуса выше ватерлинии) определяет *запас плавучести*. В свою очередь, запас плавучести определяется высотой надводного борта. Минимальная высота надводного борта, а, следовательно, и минимальный запас плавучести 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.

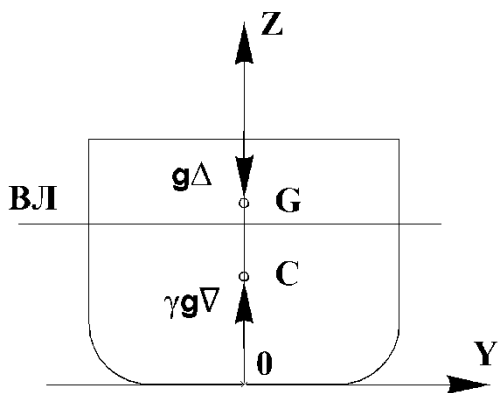


Рис. 14 Схема действия сил на судно

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 (рис. 14).

Равнодействующая сил давления воды $\gamma g V$ или силы поддержания (плавучести) 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). Выражение $\Delta = \gamma \nabla$ называется основным уравнением плавучести и выражает закон Архимеда. Основное уравнение плавучести выражает условия равенства сил.

Вариант №1

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедевейта относительно плоскости миделя $M_x = 25000 \text{ т.м}$. Приблизительно оценить посадку при $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$, если $DW = 8000 \text{ т}$. Использовать прил. 3.

2. Подсчитать изменение средней осадки от перехода т/х «Новгород» из воды плотностью $1,022 \text{ т/м}^3$ в реку при $DW = 4000 \text{ т}$. Использовать прил. 8;7.

3. Приблизительно определить дедевейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $1,012 \text{ т/м}^3$, если отсчет на носовой марке 22 дм, на кормовой 45 дм. Использовать прил. 1; 3.

4. Судно с элементами $L=140$ м; $B=20$ м; $d=9,6$ м; $C_B=0,72$; $\alpha=0,85$ выгрузило в морском порту $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$ 1200 т груза и приняло 800 т топлива. Определить конечную осадку и водоизмещение (массу судна).

5. Пользуясь схемой марок углубления (прил. 1), найти среднюю осадку, если отсчет на носовой марке 16 дм; на кормовой 28 дм.

6. Судно с элементами $L=80$ м; $B=12$ м; $d=4$ м; $C_B=0,6$; $\alpha=0,8$ входит в устье реки из моря $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$. Определить приращение осадки и новую осадку судна.

7. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль измерения осадок оконечностей от приема 350 т груза при исходных значениях: $d_H=7,5$ м; $d_K=8,5$ м, если абсцисса центра масс груза 45 м. Использовать прил. 5.

Вариант № 2

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедейта относительно плоскости миделя $M_x=30000$ т.м. Приблизённо оценить посадку при $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$, если $DW=30000$ т.м. Использовать прил. 3.

2. Приблизённо определить дедейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $1,025 \text{ т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 35 дм; на кормовой 45 дм. Использовать прил. 1; 3.

3. Судно с элементами корпуса $L=142$ м; $B=22$ м; $d=9,2$ м; $C_B=0,72$; $\alpha=0,85$ произвело выгрузку в речном порту груза рыбопродукции P_P и приняло бункер топлива P_T . Определить новые водоизмещение и осадку судна, если $P_P=4000$ т, $P_T=1200$ т.

4. Судно с элементами $L=80$ м; $B=12$ м; $d=5,5$ м; $C_B=0,68$; $\alpha=0,83$ израсходовало на промысле в Беринговом море ($\gamma=1,027 \text{ т/м}^3$). топливо 400 т и пресную воду 320 т. Для сдачи рыбопродукции пришло в порт Анадырь ($\gamma=1,012 \text{ т/м}^3$). Определить конечную осадку и водоизмещение.

5. Для д/э «Пенжина» определить изменение посадки от приёма малого груза, если до приёма $DW=9000$ т; $M_d=15670$ т.м/м; $\gamma=1 \text{ т/м}^3$. Масса принятого груза $P=300$ т, абсцисса его центра массы $x=-4,2$ м, длина $L=123$ м. Использовать прил. 2 и 4.

6. Пользуясь грузовой шкалой прил. 4, определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедвейт в воде $\gamma=1 \text{ т/м}^3$, если средняя осадка равна 8,5 м.

7. Для д/э «Пенжина» определить изменение средней осадки при входе в реку из воды плотностью $1,025 \text{ т/м}^3$, если $\Delta=14000 \text{ м}$. Использовать прил.4.

Вариант №3

1. Судно с элементами $L=167 \text{ м}$; $B=19,5 \text{ м}$; $d=5,2 \text{ м}$; $\alpha=0,67$ входит в устье реки из моря ($\gamma_1=1,24 \text{ т/м}^3$; $\gamma_2=1,005 \text{ т/м}^3$). Определить приращение осадки и новую осадку в реке,

2. Для прохода мелководным морским проливом судно с элементами $L=60 \text{ м}$; $B=8 \text{ м}$; $d=3,9 \text{ м}$; $C_v=0,620$; $\alpha=0,85$; $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$, его осадка не должна превышать $d_1=3,2 \text{ м}$. Сколько груза необходимо для этого снять с судна?

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

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

5. Приблизённо определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $1,00 \text{ т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 75 дм; кормовой 82 дм. Использовать прил.1 и 3.

6. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приёма 330 т груза при исходных значениях: $d_H=5,7$; $d_K=6,3$, если абсцисса центра масс груза – 30 м. Использовать прил. 5.

7. Какова масса т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,012 \text{ т/м}^2$, если отсчёт на носовой марке 22 дм; кормовой 50 дм. Использовать прил. 1; 3; 7.

Вариант №4

1. Пользуясь грузовой шкалой (прил. 4) определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедвейт в воде плотностью $1,010 \text{ т/м}^3$, если $d_{cp}=7,6 \text{ м}$.

2. Подсчитать изменение средней осадки от перехода т/х «Новгород» из воды плотностью $1,022 \text{ т/м}^3$ в реку при $DW=6000 \text{ т}$. Использовать прил. 8; 7.

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

4. Судно с элементами $L=120 \text{ м}$; $B=15 \text{ м}$; $\alpha=0,8$; $C_B=0,7$ приняло груз в речном порту $P_P=200 \text{ т}$; $\gamma_1=1,0 \text{ т/м}^3$. Перешло в воду плотностью $\gamma_2=1,025 \text{ т/м}^3$. Найти осадку судна.

5. Приблизённо определить дедейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $1,0 \text{ т/м}^3$, если отсчет на носовой марке 77 дм, кормовой 81 дм. Использовать прил. 1; 3.

6. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедейта относительно плоскости миделя $M_X=27500 \text{ т.м}$. Приблизённо оценить посадку при плотности воды $1,012 \text{ т/м}^3$, если $DW=9400 \text{ т}$. Использовать прил. 3.

7. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приёма 270 т груза при исходных значениях: $d_H=7,6 \text{ м}$; $d_K=8,4 \text{ м}$; абсцисса центра масс груза 5,0 м. Использовать прил. 5.

Вариант №5

1. Приблизённо определить дедейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $1,012 \text{ т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 25 дм, на кормовой 65 дм. Использовать прил. 1 и 3.

2. Судно с элементами $L=84,7 \text{ м}$; $B=14,5 \text{ м}$; $d=5,32 \text{ м}$; $C_B=0,60$; $\alpha=0,78$ израсходовало на промысле в Беринговом море ($\gamma_1=1,025 \text{ т/м}^3$) топливо $P_T=410 \text{ т}$ и пресную воду $P_B=200 \text{ т}$. Для сдачи рыбопродукции пришло в порт Анадырь ($\gamma_2=1,012 \text{ т/м}^3$). Определить конечную осадку и водоизмещение судна.

3. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедейта относительно плоскости миделя $M_X=17500 \text{ т.м}$. Приблизённо оценить осадку судна при плотности воды $1,024 \text{ т/м}^3$, если $DW=7500 \text{ т}$. Использовать прил. 3.

4. Супертраулер ставят в док. Глубина входа (у причала) равна 5,2 м. Данные судна: $L=110$ м; $B=16$ м; $D=5,8$ м; $C_b=0,690$; $\alpha=0,82$. Сколько груза нужно снять с борта судна, чтобы под килем его был запас 0,25 м; плотность воды $1,025$ т/м³.

5. Для д/э «Пенжина» определить изменение средней осадки при входе в реку из воды плотностью $1,025$ т/м³, если $\Delta=14000$ т. Использовать прил. 4.

6. Пользуясь схемой марок углубления (прил. 1), найти среднюю осадку, если отсчет на носовой марке 58 дм; кормовой 84 дм.

7. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приема 370 т груза при исходных значениях; $d_H=8,8$ м; $d_K=9,2$ м, если абсцисса центра масс груза 10 м. Использовать прил. 5.

Вариант № 6

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедейти 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.

3. Приблизительно определить дедеит т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,025$ т/м³, если отсчет на носовой марке 35 дм, на кормовой 60 дм. Использовать прил. 1 и 3.

4. Какова масса т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды, $\gamma=1,00$ т/м³, если отсчет на носовой марке 82 дм, на кормовой 87 дм? Использовать прил. 1; 3; 7.

5. Пользуясь грузовой шкалой (прил. 4), определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедеит в воде плотностью $\gamma=1,025$ т/м³, если средняя осадка $d_{cp}=6,9$ м.

6. Судно с элементами $L=73,5$ м; $B=13,7$ м; $d=5,0$ м; $C_b=0,567$; $\alpha=0,670$ входит в устье реки из моря ($\gamma_1=1,023$ т/м³; $\gamma_2=1,00$ т/м³). Определить приращение осадки и новую осадку судна в реке.

7. Супертраулер ставят в док. Глубина входа (у причала) 6,1 м. Данные судна: $L=420$ м; $B=173$ м; $d=6,85$ м; $C_B=0,693$; $\alpha=0,857$. Сколько груза нужно снять с борта судна, чтобы под килем его был запас 0,27 м, если плотность воды $\gamma=1,020$ т/м³?

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 $P_T=250$ 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.

3. Подсчитать изменение средней осадки от перехода т/х «Новгород» из воды плотностью $\gamma=1,022$ т.м³ в реку при $DW=7500$ т. Использовать прил. 7 и 8.

4. Приблизённо определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,012$ т/м³, если отсчёт на носовой марке 87 дм, на кормовой 92 дм. Использовать прил. 1 и 3.

5. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_X=27500$ т.м/м. Приблизённо оценить посадку судна при плотности воды $\gamma=1,00$ т/м³, если $DW=9800$ т. Использовать прил. 3.

6. Для д/э «Пенжина» определить изменение посадки от приёма малого груза, если до приёма $DW=8500$ т, момент, дифференцирующий на 1 м, $M_d=15470$ т.м/м, плотность воды $\gamma=1,025$ т/м³. Масса принятого груза $P_T=250$ т, абсцисса его центра массы -4,1 м, длина судна $L=123$ м. Использовать приложения 2 и 4.

7. Для прохода мелководным морским проливом судно с элементами $L=58,3$ м; $B=11$ м; $D=3,5$ м; $C_B=0,550$; $\alpha=0,8$; $\gamma=1,015$ т/м³, его осадка не должна превышать 3,0 м. Сколько груза необходимо для этого снять с судна?

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; $C_B=0,65$; $\alpha=0,800$;

$\gamma=1,028 \text{ т/м}^3$. Определить осадку и водоизмещение после приёма груза.

2. Для д/э «Пенжина» определить изменение средней осадки при входе в реку из воды плотностью $1,025 \text{ т/м}^3$, если водоизмещение $\Delta=13000 \text{ т}$. Использовать прилож. 4.

3. Судно с элементами $L=90,5 \text{ м}$; $B=15,2 \text{ м}$; $d=6,43 \text{ м}$; $C_B=0,597$; $\alpha=0,79$ израсходовало на промысле в Беринговом море ($\gamma=1,026 \text{ т/м}^3$) топливо $P_T=350 \text{ т}$ и пресную воду $P_B=270 \text{ м}$. Для сдачи рыбопродукции пришло порт Анадырь ($\gamma=1,012 \text{ т/м}^3$). Определить конечную осадку и водоизмещение судна.

4. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определен момент дедевейта относительно плоскости миделя $M_X=37500 \text{ т.м}$. Приблизительно оценить посадку при $\gamma=1,012 \text{ т/м}^3$, если $DW=11200 \text{ т}$. Использовать прилож. 3.

5. Пользуясь грузовой шкалой (прил. 4), определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедевейт в воде плотностью $\gamma=1,00 \text{ т/м}^3$, если $d_{CP}=5,8 \text{ м}$.

6. Приблизительно определить дедевейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$, если отсчет на носовой марке 60 дм; на кормовой 71 дм. Использовать прилож. 3 и 1.

7. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приема 250 т груза при исходных значениях $d_H=6,7 \text{ м}$; $d_K=7,3 \text{ м}$, если абсцисса центра масс груза – 45м. Использовать прилож. 5.

Вариант №9

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

2. Приблизительно определить дедевейт 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.

3. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определен момент дедевейта относительно плоскости миделя $M_X=11250 \text{ т/м}^3$. Приблизительно оценить посадку при $\gamma=1,012 \text{ т/м}^3$, если $DW=9000 \text{ т}$. Использовать прил. 3.

4. Судно с элементами $L=136$ м; $B=20,0$ м; $d=8,4$ м; $C_B=0,696$; $\alpha=0,844$ приняло груз в речном порту $P_T=300$ т ($\gamma_1=1,00$ т/м³). Перешло в воду с плотностью $\gamma_2=1,020$ т/м³. Найти осадку судна.

5. Подсчитать изменение средней осадки от перехода т/х «Новгород» из воды плотностью $1,022$ т/м³ в реку при $DW=8500$ т. Использовать приложение 8 и 7.

6. Транспортный рефрижератор с элементами корпуса $L=137$ м; $B=20,2$ м; $d=8,5$ м; $C_B=0,687$; $\alpha=0,827$ произвел выгрузку в речном порту груз рыбпродукции $P_T=2500$ т и принял бункер топлива $P_T=1000$ т. Определить водоизмещение и осадку судна после проведения этих операций.

7. Для д/э «Пенжина» определить изменение посадки от приема малого груза, если до приема $DW=6500$ т момент, дифференцирующий на 1 м, $M_d=14870$ т.м/м, плотность воды $1,0$ т/м³. Масса принятого груза $P=310$ т, абсцисса его центра массы $X=-3,9$ м, длина $L=123$ м. Пользоваться прил. 2 и 4.

Вариант №10

1. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определён момент дедевейта относительно плоскости миделя $M_X=21250$ т.м. Приблизённо оценить посадку при $\gamma=1,00$ т/м³, если $DW=8600$ т. Использовать прил. 3.

2. Приблизённо определить дедевейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления, при плотности воды $\gamma=1,012$ т/м³, если отсчёт на носовой марке 37 дм, кормовой 50 дм. Использовать прил. 3 и 1.

3. Судно с элементами $L=92$ м; $B=16$ м; $d=6$ м; $C_B=0,586$; $\alpha=0,667$ входит в устье реки из моря ($\gamma_1=1,025$ т/м³; $\gamma_2=1,00$ т/м³). Определить приращение осадки и новую осадку судна в реке.

4. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приёма 345 т груза при исходных значениях $d_H=6,2$ м; $d_K=7,8$ м, если абсцисса центра масс груза 35 м. Использовать прил. 5.

5. Какова масса т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,012$ т/м³, если отсчёт на носовой марке 85 дм, кормовой 90 дм. Использовать прил. 1; 3; 7.

6. Пользуясь грузовой шкалой (прил. 4), определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедвейт в воде плотность $\gamma=1,010\text{т/м}^3$, если $d=4,7$ м.

7. Для прохода мелководным морским проливом судно с элементами $L=64,5$ м; $B=13,1$ м; $d=4,8$ м; $C_B=0,554$; $\alpha=0,75$; $\gamma=1,024\text{т/м}^3$; его осадка не должна превышать $d_1=4,0$ м. Сколько груза необходимо для этого снять с судна?

Вариант №11

1. Супертраулер ставят в док. Глубина входа (у причала) 5,8 м. Данные судна: $L=117$ м; $B=16,8$ м; $d=6,5$ 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 24дм.

3. Для т/х «Новгород» выполнить оперативный контроль изменения осадок оконечностей от приёма 290т груза при исходных значениях $d_H=5,4\text{м}$; $d_K=6,6\text{м}$, если абсцисса центра масс груза 20м. Использовать прил. 5.

4. Для т/м «Новгород» по грузовому плану определен момент дедвейта относительно плоскости миделя $M_X=8000\text{тм}$. Приближенно оценить посадку при плотности $\gamma=1,025\text{т/м}^3$, если $DW=12600\text{т}$. Использовать прил. 3.

5. Приближенно определить дедвейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,0\text{т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 30дм, на кормовой 50дм. Использовать прил. 3 и 1.

6. Судно с элементами $L=85,8\text{м}$; $B=14,9\text{м}$; $d=6,1\text{м}$; $C_B=0,587$; $\alpha=0,8$ израсходовало на промысел в Беринговом море ($\gamma_1=1,027\text{т/м}^3$) топливо $P_T=390\text{т}$ и пресную воду $P_B=250\text{т}$. Для сдачи рыбопродукции пришло в порт Анадырь ($\gamma_2=1,027\text{т/м}^3$) Определить конечную осадку и водоизмещение перед выгрузкой.

7. Какова масса т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,025\text{т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 67дм; на кормовой 72дм. Использовать прил. 1; 3; 7.

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.

3. Для т/х «Новгород» по грузовому плану определен момент дедевейта относительно плотности миделя $M_X=2500\text{тм}$. Приближенно оценить посадку при $\gamma=1,025\text{т/м}^3$, если $DW=9000\text{т}$. Использовать прил. 3 и 1.

4. Приближенно определить дедевейт т/х «Новгород» по замерам на марках углубления при плотности воды $\gamma=1,0\text{т/м}^3$, если отсчёт на носовой марке 30дм; на кормовой 50дм. Использовать прил. 3 и 1.

5. Для д/э «Пенжина» определить изменения посадки от приёма малого груза, если до приёма $DW=6000\text{т}$ момент, дифференцирующий на 1м, $M_d=14670\text{ т.м/м}$, плотность воды $\gamma=1,010\text{т/м}^3$. Масса принятого груза $P=270\text{т}$, абсцисса его центра масс $X=-3,8\text{м}$, длина $L=123\text{м}$. Пользоваться прил. 2 и 4.

6. Пользуясь грузовой шкалой (прил. 4), определить для д/э «Пенжина» водоизмещение и дедевейт в воде $\gamma=1,025\text{т/м}^3$, если средняя осадка $d_{\text{ср}}=5,1\text{м}$.

7. Для прохода мелководным морским проливом судно с элементами $L=71,2\text{м}$; $B=13,2\text{м}$; $d=4,9\text{м}$; $C_B=0,555$; $\alpha=0,76$; $\gamma=1,022\text{т/м}^3$, его осадка не должна превышать $d_1=4,2\text{м}$. Сколько груза необходимо для этого снять с судна?

Практическое занятие 5

ОСТОЙЧИВОСТЬ

Цель работы

Приобретение навыков самостоятельного расчета загрузки транспортного судна и оценка его мореходных качеств по материалам информации об остойчивости

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- данные задачи;
- расчетные формулы и решение

Теоретическая часть

В механике различают три вида статического равновесия тела. Если тело находится в положении равновесия и при малом наклонении возвращается в своё первоначальное положение, то равновесие тела называют *устойчивым*. Если при малом отклонении тело остается в том положении, в какое его отклонили, то равновесие будет *безразличным*. Наконец, если при малом отклонении тело стремится ещё больше отклониться от своего первоначального положения, то его равновесие будет *неустойчивым*.

В статике судна применительно к равновесию плавающего судна в условиях возможного воздействия на него внешних моментов известное в механике свойство статического устойчивости принято называть *статической остойчивостью* или просто *остойчивостью*.

Таким образом, остойчивость можно определить как способность судна, выведенного из положения вертикального равновесия под действием внешних сил, вновь возвращаться в исходное положение равновесия, после прекращения действия этих сил.

Приведенное выше определение показывает, что остойчивость судна тесно связано с его равновесием и служит характеристикой последнего. Судно считается *остойчивым*, если его равновесие

устойчиво, и *неустойчивым*, если его равновесие неустойчиво или безразлично.

Изучая остойчивость судна, различают *стойчивость на малых углах наклона*, или *начальную остойчивость*, и *стойчивость на больших углах наклона*. Это вызвано тем, что обычно судно остойчиво лишь при отклонениях, лежащих в определённых пределах, различных для разных судов, и поэтому целесообразно сначала исследовать его остойчивость при весьма малых (теоретически бесконечно малых) отклонениях от положения равновесия, а затем уже определить пределы остойчивости при больших отклонениях. Кроме того, при изучении бесконечно малых наклонов имеется возможность принять ряд допущений и получить простые математические зависимости.

При изучении остойчивости судна рассматривают его наклонения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – поперечной и продольной. Рассматривая наклонения в поперечной плоскости, определяемые углами крена судна, изучают его *поперечную остойчивость*. Наклонения в продольной плоскости, определяемые углами дифферента, характеризуют его *продольную остойчивость*.

В зависимости от характера внешних сил остойчивость делят на *статическую* и *динамическую*. Областью *статической остойчивости* являются случаи постепенного наклона судна, когда силами инерции и сопротивления воды можно пренебречь. К области *динамической остойчивости* относятся быстрые наклонения судна, когда необходимо учитывать действие сил инерции и сопротивления воды.

Поперечное наклонение судна

Момент внешних сил, вызывающий поперечное наклонение (крен) судна, называется *кренящим моментом ($M_{кр}$)*.

При воздействии момента судно наклоняется, но обычно не опрокидывается. Более того, как только прекращается действие момента, оно возвращается в исходное положение.

Восстанавливающий момент (M_v) – это момент сил тяжести и поддержания поперечным и продольным наклонениям соответствуют поперечный и продольный восстанавливающие моменты.

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС СУДНА. ТАБЛИЦА НАГРУЗОК

Вес (водоизмещение) судна при некотором заданном состоянии его нагрузки складывается из весов порожнего судна (водоизмещения судна порожнем), команды, снабжения, судовых запасов, балласта и т.д.

$$\Delta = \Delta_0 + DW,$$

где Δ – водоизмещение судна (t); Δ_0 – водоизмещение судна порожнем (t); DW – дедвейт (полная грузоподъемность судна) сумма всех переменных грузов (t):

$$DW = P_э + P_з + P_г + P_б,$$

где $P_э$ – суммарная масса экипажа, провизии и снабжения; $P_з$ – жидкие запасы; $P_г$ – перевозимый судном груз; $P_б$ – жидкий балласт (заборная вода, принимаемая в специальные (балластные) танки для изменения параметров посадки и остойчивости).

В целях систематизации учета весов и расчета координат центра тяжести судна составляют таблицу весовой нагрузки, в которую заносят веса всех элементов (статей) нагрузки P_i , координаты (плечи) их центров тяжести x_i и z_i , а также статические моменты массы каждого танка (трюма) относительно основной плоскости (ОП) $Mz_i = P_i \cdot z_i$ и относительно плоскости мидель-шпангоута $Mx_i = P_i \cdot x_i$ (рис 15).

При заполнении таблицы используют судовую документацию (чертежи общего расположения, таблицы элементов топливных и других цистерн, чертеж размещения грузов и пр.).

После суммирования по столбцам 3, 5 и 7 находят:

$$\Delta = \Delta_0 + P_э + P_з + P_г + P_б$$

$$M_x = \Sigma M_{x_i},$$

где M_x – статический момент водоизмещения относительно плоскости мидель-шпангоута,

$$M_z = \sum M_{zi},$$

где M_z – статический момент относительно основной плоскости.

Бланк расчета координат ЦТ судна

N п/п	Наименование	P, т	Z, м	M _z , тм	X, м	M _x , тм	δ m _z , тм
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Судно порожнём						
2	Экипаж, снабжение						
3	Судовые запасы: тяжёлое топливо; дизельное топливо; смазочное масло; пресная вода						
4	Груз						
5	Балласт						
6	Водоизмещение						

Рис. 15 Таблица весовой нагрузки

Координаты центра тяжести (ЦТ) судна определяются:

$$Z_g = \frac{M_z}{\Delta}; \quad X_g = \frac{M_x}{\Delta}$$

Значения координат ЦТ судна записываются в 4 и 6 столбцы строки “водоизмещение”.

Поскольку эксплуатация судна с креном не допускается, все запасы и грузы размещаются симметрично ДП, поэтому в бланке отсутствуют столбцы для расчета ординаты ЦТ судна $у_g$. Если невозможно обеспечить симметричное распределение статей нагрузки, то возникший вследствие этого момент компенсируется приемом балласта в соответствующую цистерну.

Грузовой план – план размещения грузов на судне (рис. 16).

ГРУЗОВОЙ ПЛАН

Т/х: "Игрим"

Рейс: Находка - Корсаков

	Трюм 2 Соль, 75 т	Трюм 1 Картон, 50 т	
--	----------------------	------------------------	--

Рис. 16 Грузовой план

Приближенно осадки носом (d_n), кормой (d_k) и дифферент (D_f) снимаются с диаграммы осадок носом и кормой (приложение 3).

Более точно осадки определяются с использованием элементов плавучести, посадки и допустимых метацентрических высот (приложение 8).

Поскольку таблица построена для стандартной плоскости заборной воды $\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$, осадку (d_γ), соответствующую истинной плотности γ_u , определяют из уравнения:

$$d_\gamma = d_{cp} + \frac{(\gamma - \gamma_u)(\Delta_0 + DW)}{100q}$$

Используя момент массы порожнего судна относительно миделя (приложение 7), находим:

$$D_f = \frac{(M_x + M_{xo})}{M_d - C}$$

$$d_n = d_\gamma + 0,5D_f; \quad d_k = d_\gamma - 0,5D_f,$$

где c – поправка на центр величины m ; M_d – момент, дифферирующий на 1 м; q – число тонн на 1 см осадки.

С использованием абсциссы центра тяжести площади ватерлинии X_i (снимается с кривых элементов теоретического чертежа, приложение 2) определяют осадку носом и кормой

$$d_n = d_\gamma + \frac{(0,5L - X_i)D_f}{L}$$

$$d_k = d_\gamma + \frac{(0,5L - X_i)D_f}{L}$$

Прием и расходование малого груза. Число тонн на 1 см. осадки

Под малым понимается груз массой P , т, прием и снятие которого на судно вызывает столь малые изменения формы и площади действующей ватерлинии, что этими изменениями можно пренебречь. Обычно этот груз составляет 5-10% от водоизмещения.

Изменение средней осадки δd_{cp} , дифферента δD_f , изменение осадок δd_n и δd_k при приеме малого груза массой P и абсциссой x определяют по числу q и моменту, дифференцирующему на 1м, m_d .

$$\delta d = \frac{P}{q}; \quad \delta d = \frac{P}{\gamma S}; \quad q=0,001S,$$

где q – число тонн на сантиметр осадки (т/см), т. е. масса груза, прием/снятие которого вызывает изменение средней осадки на один сантиметр.

$$\delta D_f = \frac{P(X-X_i)}{M_d};$$

$$\delta d_n = \delta d + \frac{(0,5L-X_i)\delta D_f}{L};$$

$$\delta d_k = \delta d + \frac{(0,5L-X_i)\delta D_f}{L}.$$

Оперативный контроль за изменением осадок оконечностей выполняется по кривым изменениям осадок оконечностей от приема 100т груза (δd_n , δd_k), показанным в приложении 5. Изменения осадок рассчитывается по формулам:

$$\delta d_n = \frac{P\delta d'_n}{100}; \quad \delta d_k = \frac{P\delta d'_k}{100}$$

Изменение плотности заборной воды, связанное с изменением её солёности и температуры, приводит к изменению силы плавучести (поддержания) и, следовательно, к изменению осадки. Масса судна при этом не меняется.

$$\delta d = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_2} \cdot \frac{\nabla}{S}; \quad \delta d = \frac{C_s}{\alpha} \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2} - 1 \right) d_i$$

где γ_1 - исходная плотность воды; γ_2 - плотность воды после перехода судна; ∇ - объемное водоизмещение; S – площадь ватерлинии; C_s – коэффициент общей полноты; α – коэффициент полноты ватерлинии.

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_{cp} . 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_{cp} .

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 функций 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 метацентра Z_m над основной плоскостью;
- поперечного r и продольного R метацентрических 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.

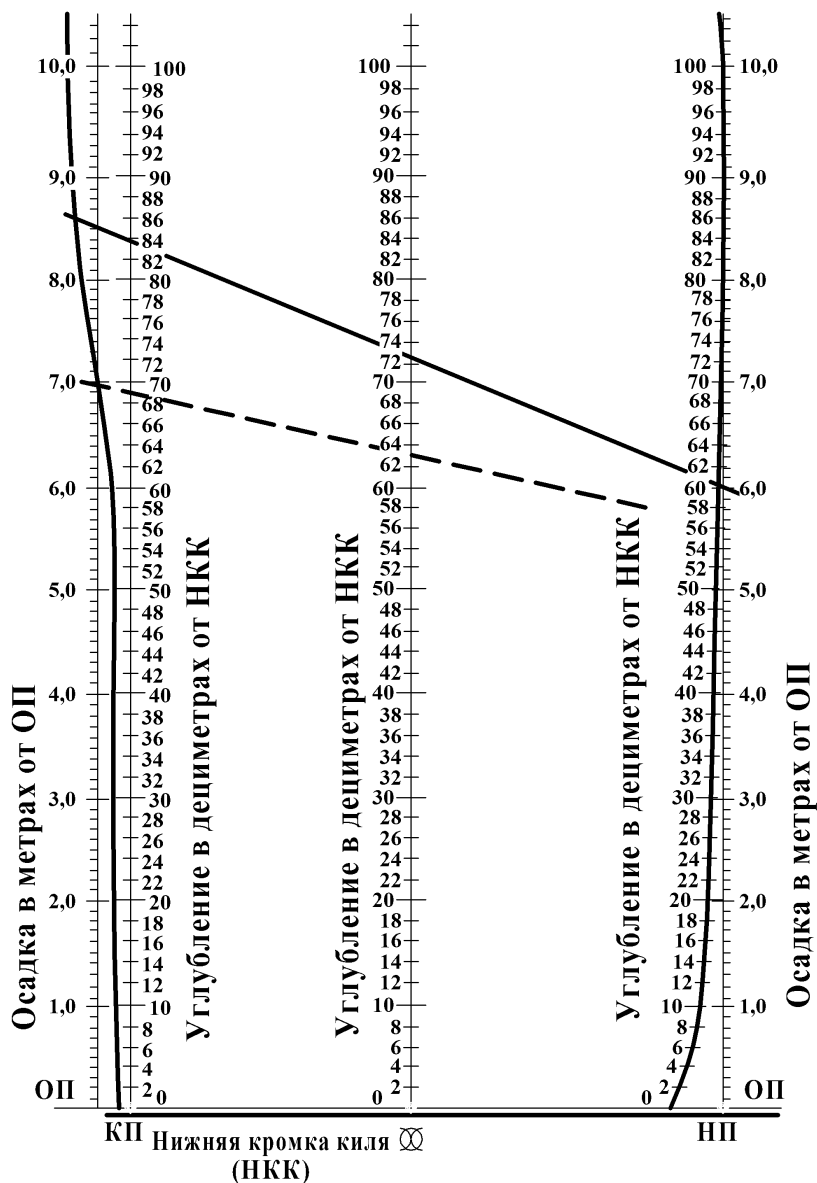
Приложение 5. Кривые изменения осадок окончностей от приема 100 т груза «Новгород». На шкале абсцисс центра масс груза откладываем заданное значение X (м), из которого проводится нормаль до пересечения её с линиями предварительно вычисленной осадки. Из точек пересечения проводим параллельно ближайшим кривым наклонные линии вверх до пересечения со шкалами изменения осадок от приема 100 т груза и снимаем $\delta d'_н$; $\delta d'_к$.

Приложение 6. Основные характеристики и размещения судна. В таблице приведены следующие характеристики: тип, назначение, класс, район плавания, дальность плавания по запасам, скорость, длина наибольшая, длина между перпендикулярами, ширина, высота борта до верхней палубы.

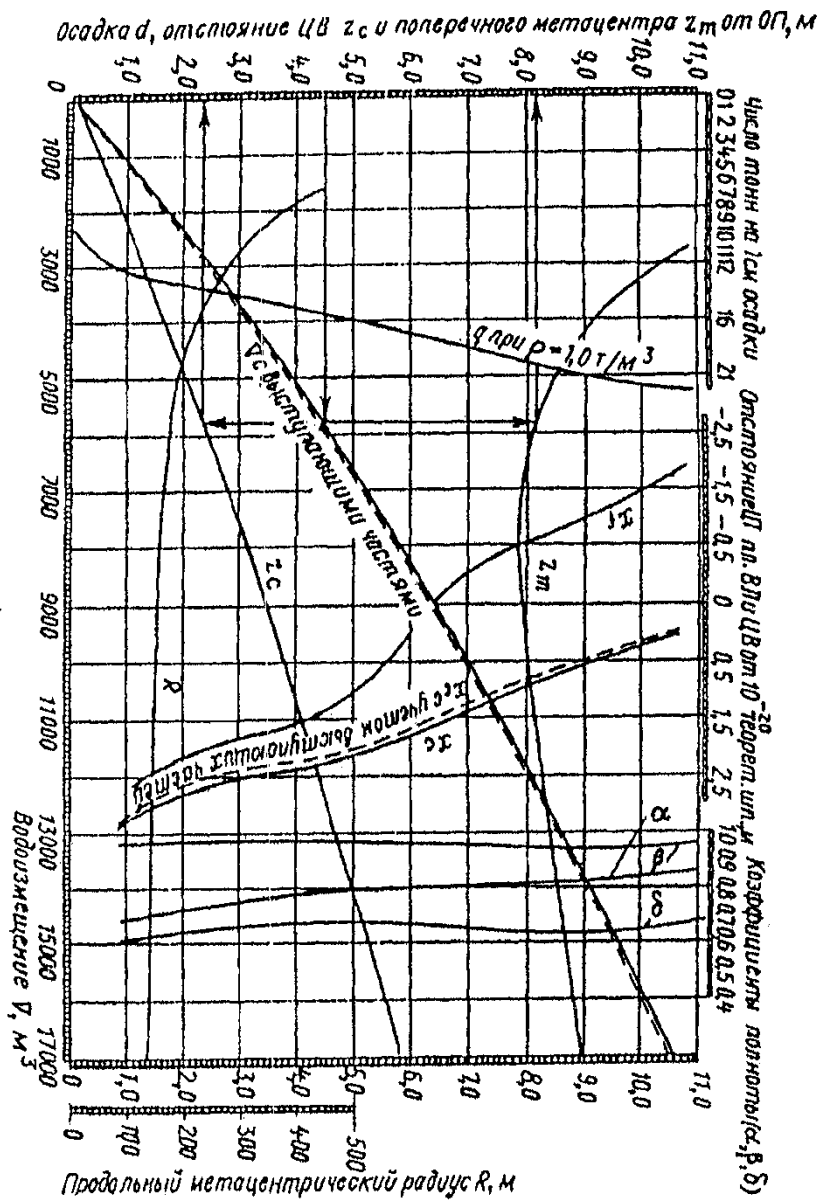
Приложение 7. Параметры порожнего судна. В таблице приведены следующие параметры: судно порожнем по кренованию, экипаж, провизия, расходные материалы, судно порожнем при эксплуатации.

Приложение 8. В таблице приведены элементы плавучести, посадки и допустимые значения метацентрической высоты.

ПРИЛОЖЕНИЯ



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

$$P \ominus \begin{matrix} C \\ 9,12 \end{matrix} \begin{matrix} T9,29 \\ \Pi \\ L9,10 \\ 38,91 \end{matrix}$$

Прил. 4. Грузовая шкала д/з «Пенжина»

Основные характеристики и размерения судна

Тип	Сухогрузный теплоход			
Название	«Новгород»			
Назначение	Перевозка генеральных и навалочных грузов и контейнеров			
Класс	КМ ЛЗ (плавание за ледаколом и самостоятельное плавание в легких ледовых условиях)			
Район плавания	Неограниченный			
Постоянные ограничения				
Дальность плавания по запасам	14 000/12 000 миль			
Скорость	18 уз			
Длина наибольшая	150,85 м			
Длина между перпендикулярами	138,0 м			
Ширина	20,6 м			
Высота бортов до верхней палубы	12,0м			
Параметры грузовой марки				
Грузовая марка	Тропическая	Летняя	Зимняя	Зимняя, Северная Атлантика
Осадка от ОП мм (киль 22мм)	9 674	9 477	9 280	9 280
Масса судна, т	19 520	19 058	18 585	18 585
Дедвейт, т	14 120	13 658	13 185	13 185

Параметры порожнего судна

Наименование	Δ_0 , т	z, м	M_{Z0} , т. м	x, м	M_{X0} , т. м
Судно порожнем по кренованию	5380	8,78	47 250	–10,98	–59 100
Экипаж, провизия, расходные материалы	20	12,5	250	–45,0	–900
Судно порожнем при эксплуатации	5400	–	47 500		–60 000
Примечание. Без твердого балласта, с металлическими шифтинг-бордсами.					

Элементы плавучести, поадки и допустимые МВ т/х «Новгород»

Масса судна	Дед-вейт	Осадка средняя	Число тонн на 1 см осадки	Момент дифференцирующий	Поправка на ЦВ
$\gamma=1,025 \text{ т/м}^3$					
$\Delta, \text{ т}$	DW, т	d _{CP} , м	q, т/св	$M_D = \frac{\Delta R}{L},$ $\frac{\text{т} \cdot \text{м}}{\text{м}}$	$C = \frac{Lx_c}{R},$ м
5 400	0	3,13	19,6	12 300	-0,32
5 900	500	3,39	19,7	12 500	-0,32
6 400	1 000	3,64	19,9	12 700	-0,33
6 900	1 500	3,89	20,0	12 900	-0,35
7 400	2 000	4,14	20,2	13 100	-0,36
7 900	2 500	4,38	20,3	13 300	-0,37
8 400	3 000	4,63	20,4	13 500	-0,39
8 900	3 500	4,88	20,5	13 700	-0,42
9 400	4 000	5,12	20,7	13 900	-0,45
9 900	4 500	5,36	20,8	14 100	-0,48
10 400	5 000	5,60	21,0	14 400	-0,51
10 900	5 500	5,84	21,1	14 600	-0,55
11 400	6 000	6,07	21,3	14 900	-0,60
11 900	6 500	6,31	21,4	15 200	-0,64
12 400	7 000	6,54	21,5	15 500	-0,69
12 900	7 500	6,77	21,7	15 800	-0,74
13 400	8 000	7,00	21,8	16 000	-0,80
13 900	8 500	7,24	22,0	16 300	-0,87
14 400	9 000	7,46	22,1	16 700	-0,93
14 900	9 500	7,69	22,3	17 000	-1,00
15 400	10 000	7,91	22,4	17 400	-1,07
15 900	10 500	8,13	22,6	17 700	-1,15
16 400	11 000	8,35	22,7	18 000	-1,23
16 900	11 500	8,57	22,9	18 300	-1,31
17 400	12 000	8,79	23,0	18 700	-1,39
17 900	12 500	9,00	23,1	19 000	-1,48
18 400	13 000	9,28	23,2	19 300	-1,56
18 900	13 500	9,43	23,4	19 600	-1,65
19 400	14 000	9,65	23,6	19 900	-1,73

Высота метацентра над ОП	Допустимые значения метацентрической высоты и моментов дедвейта относительно основной плоско- сти					
	По максимальной остойчивости*			По макси- мальной стойчивости		
	С генеральным грузом и балла- стом	С контейнера- ми на палубе				
Z _м , м	h ^{**} _{доп1, м}	M _{здоп1} , Т ■ М	h _{доп2} , м	M _{здоп2} , Т ■ М	h _{доп3} , м	M _{здоп3} , Т ■ М
11,45	2,15	2 720	3,00	1 870	3,90	-6 730
10,90	1,90	5 600	2,72	760	3,70	-5 020
10,40	1,65	8 500	2,42	3 570	3,52	-3 470
10,02	1,41	11 910	2,13	6 940	3,35	-1 480
9,69	1,17	15 550	1,86	10 440	3,20	530
9,43	0,94	19 570	1,64	14 280	3,07	2 740
9,21	0,73	23 730	1,38	18 270	2,98	4 830
9,02	0,53	28 060	1,17	22 360	2,90	6 970
8,88	0,37	32 490	1,00	26 570	2,84	9 280
8,76	0,24	36 850	0,85	30 810	2,80	11 500
8,66	0,14	41 110	0,74	34 870	2,76	13 860
8,58	0,11	44 820	0,64	39 050	2,74	16 160
8,51	0,02	49 290	0,56	43 130	2,72	18 510
8,45	0	53 060	0,50	47 100	2,72	20 690
8,41	0	56 780	0,44	51 330	2,72	23 060
8,38	0	60 600	0,41	55 310	2,72	25 510
8,36	0	64 520	0,37	59 750	2,73	27 940
8,36	0	68 700	0,35	63 840	2,75	30 480
8,37	0	73 030	0,32	68 420	2,77	33 140
8,38	0	77 360	0,31	72 740	2,80	35 610
8,40	0	81 860	0,32	76 930	2,83	38 280
8,41	0	86 220	0,33	80 970	2,87	40 590
8,44	0	90 920	0,35	85 180	2,92	43 030
8,48	0	95 810	0,38	89 390	2,97	45 620
8,51	0,05	99 700	0,40	93 610	3,02	48 030
8,55	0,09	103 930	0,44	97 670	3,10	50 060
8,59	0,18	107 240	0,48	101 720	3,18	52 040
8,64	0,28	110 500	0,52	105 970	3,28	53 800
8,69	0,40	113 330	0,57	110 030	3,40	55 130

Библиографический список

1. Кацман Ф.М., Дорогостайский Д.В. Теория судна и движителя. Л.: Судостроение, 1979 г.
2. Горячев А.М., Подругин Е.М. Устройство и основы теории морских судов. Л.: Судостроение, 1971 г.
3. Кулагин В.Д. Теория и устройство промысловых судов. Л.: Судостроение, 1986 г.
4. Друзь Б.И. и др. Задачник по теории, устройству судов и движителям. Л.: Судостроение, 1986 г.
5. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр Судоходства РФ, 2003 г.
6. Баранов Н.В. Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение, 1981.
7. Бронский А.И. Корпусные конструкции судов промыслового флота. Л.: Судостроение, 1978 г.
8. Самсонов С.В. Остойчивость судна учебное пособие, Владивосток, 2008 г.