



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ)**

Кафедра «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта»

**Методические указания**  
к выполнению контрольной работы по дисциплине  
«Управляемость судов и составов»

Ростов-на-Дону

2023 г.

Составители: Пахомов И. В., Коротыч Д.А., Приходько С.П.

Методические указания по изучению дисциплины «Управляемость судов и составов». ДГТУ, г. Ростов - на- Дону, 2023 г.

Предназначено для обучающихся очной/ заочной форм обучения для направления (шифр): 26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры.

Ответственный за выпуск:

зав. кафедрой (руководитель структурного подразделения, ответственного за реализацию ОПОП): Пахомов И. В.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. Практическая работа № 1. Главные размерения судна. Коэффициенты полноты .....	5
2. Практическая работа № 2. Главные размерения судна. Коэффициенты полноты .....	9
3. Практическая работа № 3. Плавучесть судна.....	12
4. Практическая работа № 4. Начальная остойчивость судна .....	15
5. Практическая работа № 5. Остойчивость на больших углах крена .....	19
Библиографический список.....	23

## **ВВЕДЕНИЕ**

Контрольная работы состоит из 5 практических работ. Для выполнения практических заданий используются дидактические материалы, учебные пособия, компьютерные сети, поисковые системы. Дидактические материалы включают тему работы, цель, задания, краткие теоретические материалы, методические указания, контрольные вопросы, список рекомендуемой литературы.

Оформление практических заданий следует производить по технологической инструкции на бланке формата А4 с одной стороны листа, или в отдельной ученической тетради. Текст писать чернилами или пастой черного или синего цвета без сокращения слов, кроме допустимых ГОСТом.

При оформлении на листах формата А4 на первом листе делают основную подпись, как для первого листа, на остальных, как для последующих листов

## 1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛНОТЫ

**Цель работы** – ознакомить студентов с основными понятиями по геометрии судна: главными размерениями, их соотношениями, коэффициентами полноты судна и их практическом применении при проектировании и эксплуатации судов.

#### 1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Главные размерения** показывают размеры судна по длине, ширине, высоте и осадке.

Основные понятия.

**Конструктивная ватерлиния (КВЛ или CWL)** – условная ватерлиния, соответствующая полному расчетному водоизмещению судна.

**Кормовой перпендикуляр (КП)** – линия пересечения диаметральной плоскости с вертикальной поперечной, проходящей через точку пересечения от оси баллера с плоскостью КВЛ. На теоретическом чертеже совпадает с нулевым теоретическим шпангоутом.

**Носовой перпендикуляр (НП)** – линия пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю носовую точку КВЛ.

**Длина по конструктивной ватерлинии ( $L_{КВЛ}$ )** – расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между точками пересечения ее ахтер- и форштевнями в ДП, м.

**Длина между перпендикулярами ( $L_{PP}$ )** – расстояние, измеренное в плоскости конструктивной ватерлинии между носовым и кормовым перпендикулярами, м.

**Длина по ватерлинии ( $L_{ВЛ}$ ,  $L_{WL}$ ,  $L$ )** – длина, измеренная аналогично КВЛ для любой осадки судна, м.

**Длина по грузовую ватерлинию ( $L_{ГВЛ}$ )** – длина по грузовую ватерлинию, м.

**Длина наибольшая ( $L_{НБ}$ ,  $L_{WL}$ )** – расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностями корпуса без выступающих частей, м.

**Ширина (В)** – расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте между теоретическими поверхностями бортов на уровне конструктивной или грузовой ватерлинии, м.

**Ширина наибольшая ( $B_{\text{нб}}$ )** – расстояние, измеренное между крайними точками корпуса без учета выступающих частей, м.

**Высота борта ( $D$ )** – вертикальное расстояние, измеренное на середине длины судна от горизонтальной плоскости, проходящей через точки пересечения килевой линии с плоскостью мидель-шпангоута до бортовой линии верхней палубы, м.

**Осадка ( $d$ )** – вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости конструктивной или грузовой ватерлинии, м.

**Осадки носом ( $d_{\text{н}}$ ) и кормой ( $d_{\text{к}}$ )** измеряются на носовом и кормовом перпендикулярах до ватерлинии, м.

**Средняя осадка ( $d_{\text{ср}}$ )** измеряется от основной плоскости до ватерлинии на середине длины судна, м.

**Надводный борт ( $D-d$ )** – расстояние, измеренное по вертикали у борта на середине длины судна от верхней кромки палубной линии до верхней кромки горизонтальной линии, соответствующей грузовой марки, то есть высоте корпуса над водой, м.

**Ординаты седловатости ( $f_{\text{н}}$ ,  $f_{\text{к}}$ )**, м, измеряются на носовом и кормовом перпендикуляре соответственно. Стандартная седловатость определяется Правилами о грузовой марке.

**Погибель бимса ( $f_{\text{б}}$ )**, м, обычно принимают  $1/50$  ширины судна на текущем шпангоуте.

Теоретический чертеж судна задает обводы судна. Коэффициенты, численно выражающие полноту этих обводов, называются коэффициентами полноты. Зная коэффициенты полноты подводной части судна, можно по известным главным размерениям судна определить площади его сечений и объем подводной части.

Характеристики формы корпуса могут быть описаны соотношениями главных размерений и коэффициентами полноты. Соотношения и коэффициенты, если особо не оговорено, приводятся обычно по осадку, соответствующую конструктивной ватерлинии,

**Отношение длины к ширине ( $L/B$ )**. Влияет главным образом на ходкость судна, остойчивость, его маневренные качества.

**Отношение длины к высоте борта ( $L/D$ )**. Это отношение имеет решающее значение для продольной прочности и изгиба корпуса судна.

**Отношение ширины судна к осадке ( $B/d$ )**. Определяет в первую очередь поперечную остойчивость, влияет также и на ходкость судна.

**Отношение высоты борта к осадке ( $D/d$ ).** Характеризует запас плавучести, существенно влияет на остойчивость - начальную и на больших углах крена. Чем больше отношение  $D/d$ , - тем больше надводный борт.  $D/d$  также влияет на валовую и чистую вместимость судна.

Различают следующие основные коэффициенты полноты подводной части судна:

**Коэффициент полноты ватерлинии  $C_w$**  – отношение площади ватерлинии к площади описанного прямоугольника  $C_w = \frac{S}{L \cdot B}$ ,

где  $S$  – площадь ватерлинии,  $m^2$ ;

$L$  – длина судна по ватерлинии,  $m$ ;

$B$  – ширина судна по ватерлинии,  $m$ .

**Коэффициент полноты мидель-шпангоута  $C_m$**  – отношение площади мидель-шпангоута к площади описанного прямоугольника  $C_m = \frac{\omega}{B \cdot d}$ ,

где  $\omega$  – площадь мидель-шпангоута,  $m^2$ ;

$d$  – осадка судна,  $m$ .

**Коэффициент полноты водоизмещения (общей полноты)  $C_v$**  – отношение объема подводной части судна к объему описанного прямоугольного параллелепипеда  $C_v = \frac{V}{L \cdot B \cdot d}$ ,

где  $V$  – объем подводной части судна,  $m^3$ .

**Коэффициент продольной полноты  $C_p$**  – отношение объема подводной части судна к объему цилиндра, площадь основания которого равна площади мидель-шпангоута, а высота - длине судна  $C_p = \frac{V}{\omega L}$ ,

**Коэффициент вертикальной полноты  $\chi$**  – отношение объема подводной части судна к объему цилиндра, площадь основания которого равна площади ватерлинии, а высота - осадке судна  $\chi = \frac{V}{S \cdot d}$ ,

## 1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 1.3 данной практической работы, либо по заданиям, выданным преподавателем дополнительно.

### **1.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

#### **Задание 1**

Осадка судна на миделе равна 7,22 м, осадка носом 6,44 (5,89; 3,97; 5,74; 7,65) м. Определить осадку кормой и дифферент.

#### **Задание 2**

Для смены гребного винта судну придают дифферент на нос. По условиям работы требуется осадка кормой равная 1,87 м, а балластные цистерны могут создать дифферент 3,0 м. Определить, какие в этих условиях будут средняя осадка и осадка носом.

#### **Задание 3**

Определить площадь ватерлинии, площадь мидель-шпангоута и объемное водоизмещение судна, если известны: длина судна 126,2 м, ширина судна 16,32 м, осадка 8,98 м, коэффициент полноты ватерлинии 0,872, коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,977, коэффициент общей полноты 0,772.

#### **Задание 4**

Расчетная осадка лесовоза равна 5,59 м, площадь ватерлинии 904 м<sup>2</sup>, площадь мидель-шпангоута 71,6 м<sup>2</sup>, коэффициент полноты ватерлинии 0,819, коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,986. Определить длину и ширину судна.

### **1.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

### **1.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Охарактеризовать главные размерения судна.
2. Что такое носовой и кормовой перпендикуляры?
3. Что такое погирь бимса?
4. Что такое седловатость палубы?
5. Охарактеризовать влияние отношения главных размерений на мореходные качества судна.
6. Что такое коэффициенты полноты судна?



## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛНОТЫ

**Цель работы** – ознакомить студентов с основными понятиями по геометрии судна: главными размерениями, их соотношениями, коэффициентами полноты судна и их практическом применении при проектировании и эксплуатации судов.

#### 2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Главными размерениями являются длина, ширина, высота борта и осадка (рисунок 2.1)

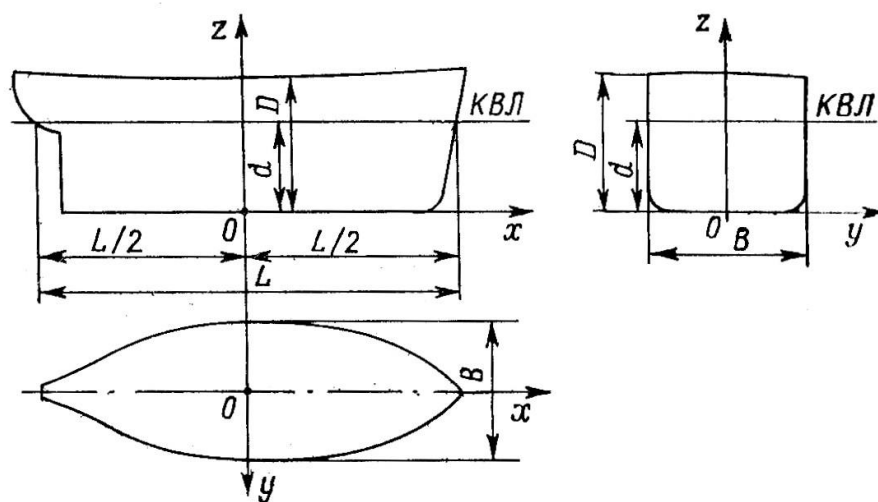


Рисунок 2.1 – Главные размерения судна и система координат

Высота надводного борта

$$F = D - d,$$

где  $D$  – высота борта, м;

$d$  – осадка судна, м.

Посадка определяется осадкой носом  $d_H$ , осадкой кормой  $d_K$  и углами крена  $\Theta$  и дифферента  $\varphi$ .

Средняя осадка

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

где  $d_H$  – осадка судна носом, м;

$d_K$  – осадка судна кормой, м.

Дифферент

$$Df = d_H - d_K.$$

Дифферент на нос считается положительным, но корму – отрицательным.

## 2.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 1.3. данной практической работы, либо по заданиям, выданным преподавателем дополнительно.

## 2.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Задание 1

У кормы судна стоит кран, который не позволяет замерить осадку в корме, поэтому замерены только осадка судна на миделе 7,22 м и осадка носом  $d_H$ .

Определить осадку судна кормой и дифферент.  $d_H = 6,44; 5,89; 3,97; 5,74; 7,65$  м.

### Задание 2

Определить значения всех коэффициентов полноты прямоугольного понтона, показанного на рисунке 2.2а. Какая форма должна быть у корпуса судна, у которого  $\alpha = \varphi = 1$ ; какова связь между остальными коэффициентами полноты?

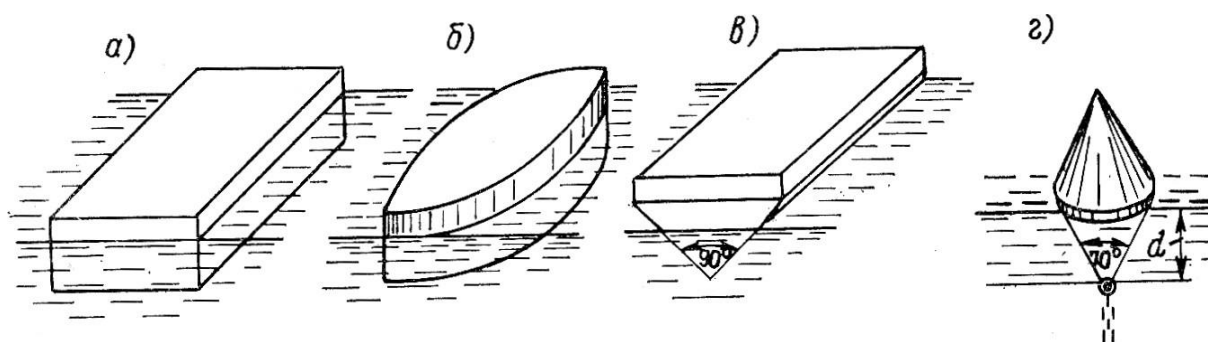


Рисунок 2.2 – Формы плавающих тел упрощённых образований

### Задание 3

Определить коэффициенты полноты судна с прямостенными бортами (рис. 2.2, б), у которого  $\alpha = 0,795$ .

### Задание 4

Определить коэффициенты полноты кругового цилиндра, плавающего горизонтально без дифферента при осадке, равной половине диаметра.

### Задание 5

Определить коэффициенты полноты кругового цилиндра, плавающего в воде в вертикальном положении.

### Задание 6

Определить коэффициент полноты судна призматической формы с поперечным сечением подводной части корпуса в виде треугольника с углом при вершине  $90^\circ$  (рис. 2.2, в).

### Задание 7

Найти коэффициент полноты конусного буя, изображенного на рис. 2.2, г.

### Задание 8

Вычислить коэффициенты полноты корпусов понтонов плавучих кранов, формы и размерения которых показаны на рис. 2.3, а-в.

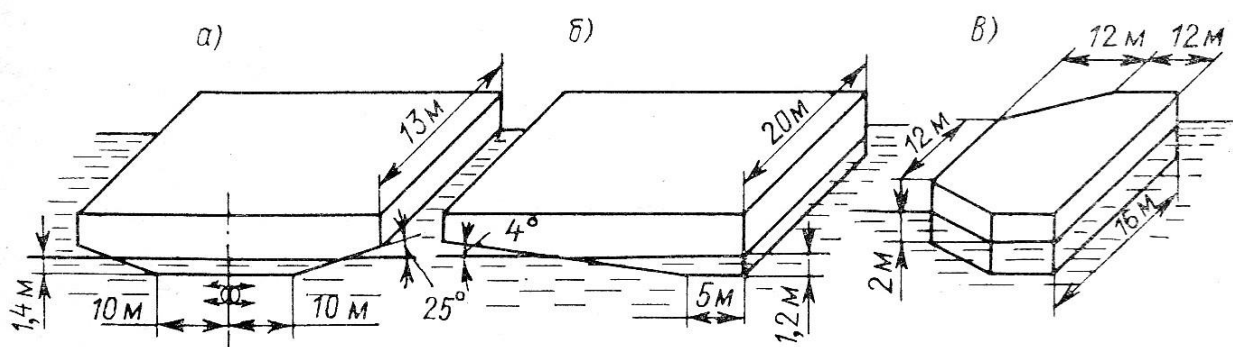


Рисунок 2.3 – Формы корпусов плавучих кранов

## 2.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

## 2.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризовать влияние отношения главных размерений на мореходные качества судна.
2. Что такое коэффициенты полноты судна?
3. Написать формулу  $C_w$ .
4. Написать формулу  $C_B$ .
5. Написать формулу  $C_m$ .

### 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

#### ПЛАВУЧЕСТЬ СУДНА

**Цель работы** – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями по разделу теории судна "Плавучесть судна" и применением их при практических расчетах.

#### 3.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Плавучесть** – способность судна находиться в определённом положении относительно поверхности воды [1].

**Запас плавучести** – некоторое дополнительное количество груза, которое может принять судно до полного погружения.

**Мера запаса плавучести** – высота надводного борта.

**Объёмное водоизмещение судна** – объем воды вытесненной подводной частью корпуса судна.

**Массовое водоизмещение** – масса воды вытесненной подводной частью корпуса судна.

Первое условие равновесия судна на плаву:

$$\Delta = \gamma V,$$

где  $\Delta$  – массовое водоизмещение (масса судна), т;

$\gamma$  – удельный вес забортной воды, т/м<sup>3</sup>;

$V$  – объёмное водоизмещение, м<sup>3</sup>.

Второе условие равновесия:

$$x_g = x_c; \quad y_g = y_c = 0.$$

Для определения объёмного водоизмещения можно применять площади как шпангоутов, так и ватерлиний.

При использовании шпангоутов и нумерации с кормы:

$$V = \delta L \cdot (\omega_0 + \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n - \frac{\omega_0 + \omega_n}{2}),$$

где  $\delta L$  – расстояние между равноотстоящими шпангоутами теоретического чертежа, м;

$\omega$  – площадь погруженных частей шпангоутов, м<sup>2</sup>.

При использовании площади ватерлиний:

$$V = \delta d \cdot (S_0 + S_1 + S_2 + \dots + S_n - \frac{S_0 + S_n}{2}),$$

где  $\delta d$  – расстояние между равноотстоящими ватерлиниями, м;

$S$  – площадь ватерлинии, м<sup>2</sup>.

Массовое водоизмещение равно сумме масс всех элементов нагрузки, находящихся на судне:

$$\Delta = \sum_{i=1}^n P_i,$$

где  $n$  – число элементов нагрузки;

$P_i$  – масса отдельных элементов (корпус, механизмы и т.д.), т.

Координаты центра тяжести судна, м:

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad y_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad z_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i z_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

где  $x_i, y_i, z_i$  – координаты центра тяжести элементов нагрузки, м;

$\sum_{i=1}^n P_i x_i, \sum_{i=1}^n P_i y_i, \sum_{i=1}^n P_i z_i$  – статические моменты инерции масс относительно

плоскостей YOZ, XOZ, XOY.

## 3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 1.3. данной практической работы, либо по заданиям, выданным преподавателем дополнительно.

## 3.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Задание 1

Перед началом грузовых работ водоизмещение судна равнялось 3860 т, координаты центра тяжести  $x_{g0} = -3$  м,  $y_{g0} = 0,1$  м,  $z_{g0} = 5,8$  м.

Определить водоизмещение и координаты центра тяжести судна после приеме следующих грузов:  $P_1 = 360$  т;  $x_1 = 28$  м;  $y_1 = 2,0$  м;  $z_1 = 5,6$  м;  $P_2 = 120$  т,

$x_2 = 21$  м;  $y_2 = -3,0$  м;  $z_2 = 6,4$  м;  $P_3 = 230$  т,  $x_3 = -16$  м;  $y_3 = -2,0$  м;  $z_3 = 6,8$  м;  $P_4 = 180$  т;  $x_4 = -32$  м,  $y_4 = 0$  м;  $z_4 = 6,2$  м.

### Задание 2

Вычислить ординаты кривых объемного и массового водоизмещения  $\Delta$  и  $V$ . Площади ватерлиний с номерами от 0 до 10: 979 м<sup>2</sup>, 1439 м<sup>2</sup>, 1574 м<sup>2</sup>, 1646 м<sup>2</sup>, 1698 м<sup>2</sup>, 1792 м<sup>2</sup>, 1786 м<sup>2</sup>, 1832 м<sup>2</sup>, 1878 м<sup>2</sup>, 1919 м<sup>2</sup>, 1962 м<sup>2</sup>. Расстояние между ватерлиниями  $\delta d = 0,8$  м. Плотность морской воды  $\gamma = 1,025$  т/м<sup>3</sup>. Вычисления можно вести в табличном виде.

### Задание 3

Найти осадки судна после расхода 440 т топлива и 215 т пресной воды, если известны: начальная осадка судна 8,22 м, длина 142 м, ширина 20 м, высота борта 11,6 м, коэффициент полноты ватерлинии 0,813, коэффициент 0,69, плотность воды  $\gamma = 1,020$  т/м<sup>3</sup>.

### Задание 4

Определить осадку прямоугольного понтона длиной 40 м и шириной 15 м, при водоизмещении  $\Delta = 680$  т и плотности воды  $\gamma = 1,022$  т/м<sup>3</sup>.

## 3.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

## 3.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение массовому и объемному водоизмещению.
2. Что такое плавучесть судна?
3. Что такое запас плавучести?
4. Написать уравнение плавучести.

## 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### НАЧАЛЬНАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА.

**Цель работы** – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями о начальной остойчивости судна и практическом применении расчетов начальной остойчивости при эксплуатации судов.

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Остойчивость** – это способность судна, выведенного из положения равновесия под действием какого-либо кренящего момента, возвращаться в исходное положение при прекращении действия этого момента.

Отклонение судна от положения равновесия в поперечной плоскости называется **креном**, в продольной – **дифферентом**.

Начальная остойчивость – это остойчивость на малых углах крена до 7...10 градусов.

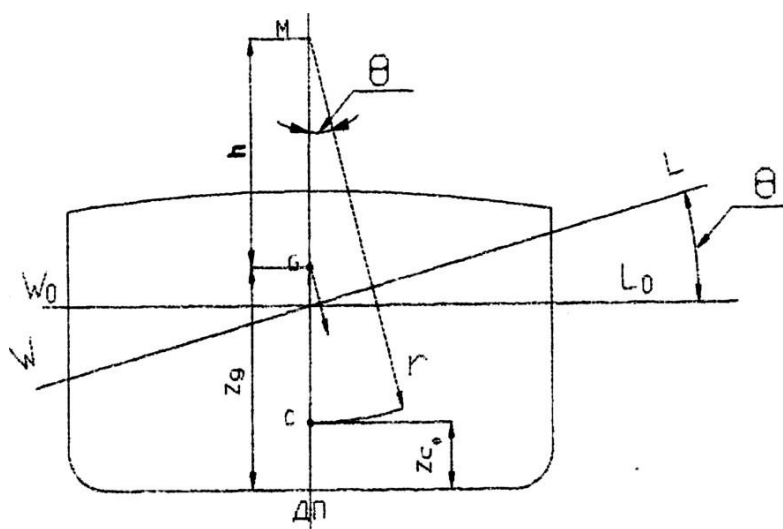


Рисунок 4.1 – Элементы начальной остойчивости при крене

**Метацентрическим радиусом** называется радиус кривой, по которой происходит перемещение центра величины, а центр перемещения называется метacentром. Если происходит наклонение судна, то перемещение центра величины происходит по метацентрическому радиусу, который называется малым или поперечным -  $r$ , м, при дифференте – большим или продольным  $R$ , м.

Возвышение метacentра над центром тяжести судна называется метацентрической высотой: поперечной –  $h$ , м, и продольной –  $H$ , м, которые определяются по формулам

$$h = r + z_c - z_g ,$$

$$H = R + z_c - z_g ,$$

где  $z_c$  – аппликата центра величины, м;

$z_g$  – аппликата центра тяжести, м;

$R$  – продольный метацентрический радиус, м;

$r$  – поперечный метацентрический радиус, м.

$$r = \frac{I_x}{V},$$

$$R = \frac{I_f}{V},$$

где  $I_x$  – момент инерции площади ватерлинии относительно главной продольной оси,  $m^4$ ;

$I_f$  – момент инерции площади ватерлинии относительно оси координат,  $m^4$ ;

$V$  – объёмное водоизмещение,  $m^3$ .

$$I_f = I_y - S \cdot x_f^2,$$

$$I_f = kBL^3,$$

$$I_y = fLB^3,$$

где  $I_y$  – момент инерции площади ватерлинии относительно оси координат,  $m^4$ ;

$x_f$  – абсцисса центра тяжести площади ватерлинии, м;

$k$  – коэффициенты для различных форм поверхности (рис. 4.2);

$S$  – площадь ватерлинии,  $m^2$ .

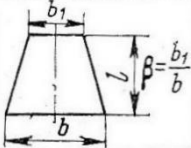
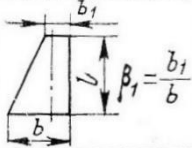
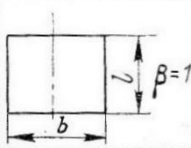
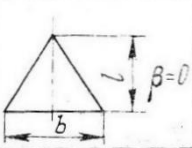
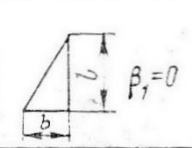
Форма поверхности					
$k$	$\frac{1+\beta+\beta^2+\beta^3}{48}$	$\frac{1+10\beta_1-18\beta_1^2+38\beta_1^3-5\beta_1^4}{36(1+\beta_1)}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{36}$

Рисунок 4.2 – Коэффициент  $k$



$$S = \frac{V}{d} \cdot \frac{1}{\chi},$$

$$\chi = \frac{V}{S \cdot d},$$

где  $d$  – осадка судна, м;

$\chi$  – коэффициент вертикальной полноты судна.

## 4.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 4.3. данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

## 4.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Задание 1

Найти метацентрические высоты плавающего в пресной воде понтона, имеющего форму ромба с прямостенными бортами, длина которого 40 м, ширина 18 м, водоизмещение 1080 т, если центр тяжести его с грузом возвышается над основной плоскостью на 5 м.

### Задание 2

Определить какое судно обладает положительной остойчивостью, обосновать почему, изобразить графически. Если известны следующие аппликаты центра тяжести и метацентра:  $z_{g1} = 5,2$  м,  $z_{m1} = 4,8$  м;  $z_{g2} = 4,6$  м,  $z_{m2} = 4,6$  м;  $z_{g3} = 4,2$  м,  $z_{m3} = 5,1$  м,

### Задание 3

Определить, как изменится посадка судна, крен и дифферент понтона длиной 40 м, водоизмещением 1080 т. если груз весом 110 т, перенести из трюма ( $x_1 = -3$  м,  $y_1 = -1$  м,  $z_1 = 0,8$  м) на палубу в точку с координатами ( $x_2 = 3$  м,  $y_2 = 0,4$  м,  $z_2 = 2,2$  м). Известно, что начальная метацентрическая высота  $h = 1,0$  м,  $H = 18,9$  м.

### Задание 4

Китобойное судно имеет длину 60 м, ширину 9,48 м, осадку 4 м, коэффициент общей полноты 0,465. При посадке судна по ГВЛ, момент инерции площади ВЛ относительно главной продольной оси равен  $2350 \text{ м}^4$ .

Определить поперечный метацентрический радиус.

### **Задание 5**

Найти метацентрические высоты прямоугольного плавающего в пресной воды контейнера, длина которого 20 м, ширина 10 м, высота 3,5 м, осадка 2 м, возвышение центра массы над днищем 1,6 м.

#### **4.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

#### **4.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется остойчивостью судна?
2. Дать определение начальной остойчивости судна.
3. Что такое метацентр?
4. Что такое метацентрический радиус?
5. Виды метацентрических радиусов.
6. Что называется метацентрической высотой?
7. Написать формулу продольной и поперечной метацентрической высоты.

## 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### ОСТОЙЧИВОСТЬ НА БОЛЬШИХ УГЛАХ КРЕНА

**Цель работы** – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями по разделу теории судна "Остойчивость на больших углах наклона" и их практическом применении при расчетах по эксплуатации судов.

#### 5.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Остойчивость различают начальную и остойчивость на больших углах крена, в зависимости от величины угла наклона. Остойчивость при углах наклона более 10 ... 12° называется остойчивостью на больших углах наклона. Остойчивость на больших углах дифферента не изучается, так как практически дифферент при больших углах крена не наблюдается.

Момент внешних сил, стремящихся наклонить судно, называется при поперечных наклонениях **кренящим моментом  $M_{кр}$**  и при продольных наклонениях – **дифферентующим моментом  $M_{д}$** . Момент веса и сил поддержания, направленный против наклона судна, называется **восстанавливающим моментом  $M_{в}$** .

Под действием двух равных и противоположно направленных моментов судно будет плавать, имея некоторый угол наклона. Как только действие кренящего или дифферентующего момента прекратится, восстанавливающий момент вернет судно в первоначальное положение равновесия.

Действием восстанавливающего момента и объясняется мореходное качество судна – остойчивость, т.е. способность судна возвращаться в положение равновесия после прекращения действия внешних сил, отклонивших его от этого положения.

Иногда в практических расчетах используется момент, кренящий судно на один градус, кНм/град.

$$m_{\Theta} = \frac{\Delta \cdot h}{57.3},$$

где  $\Delta$  – весовое водоизмещение, т;

$h$  – поперечная метацентрическая высота, м.

Что касается продольной остойчивости, то вместо момента, дифферентующего на один градус, используется момент, дифферентующий на 0,01 м (на 1 см), кН·м

$$m_v = \frac{\Delta \cdot H}{100 \cdot L},$$

где  $\Delta$  – весовое водоизмещение судна, т;

$H$  – продольная метацентрическая высота, м;

$L$  – длина судна, м.

В этом случае, угол крена судна при действии заданного кренящего момента, град., можно определить по формуле

$$\Theta^{\circ} = \frac{M_{кр}}{m_{\Theta}}.$$

Плечо статической остойчивости, м, определяется выражением

$$l_{\Theta} = l_{\phi} - l_g,$$

где  $l_{\phi}$  – плечо формы, м;

$l_g$  – плечо веса, м.

Плечо веса зависит только от положения центра тяжести судна по высоте и определяется

$$l_g = a_0 \cdot \sin \Theta,$$

где  $a_0$  – расстояние между центром тяжести  $G$  и центром величины  $C_0$ , м

$$a_0 = Z_g - Z_c,$$

где  $Z_g$  – аппликата центра тяжести, м;

$Z_c$  – аппликата центра величины, м.

## 5.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 4,3. данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

## 5.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Задание 1

Рефрижераторное судно имеет водоизмещение 5400 т, поперечную метацентрическую высоту 0,64 м. На судно действует кренящий момент 480 т·м. Определить угол крена судна.

### Задание 2

Вычислить величину момента, кренящего судно на один градус, если известны: длина судна 142 м, ширина 21 м, осадка 9,2 м, аппликата центра тяже-

сти судна 6,4 м и возвышение метацентра над основной плоскостью 7,6 м. Судно находится в Охотском море и удельный вес воды равен  $1,027 \text{ т/м}^3$ .

### **Задание 3**

Определить, чему равна поперечная метацентрическая высота судна, если под действием кренящего момента 4950 тм, вызванного смещением зерна, при водоизмещении 35600 т у него возник крен 4,5 градуса.

### **Задание 4**

Вычислить плечо статической остойчивости, плечо остойчивости формы и веса, при крене судна равном 8 градусов, если известно, что момент инерции площади ватерлинии относительно главной продольной оси равен  $1990 \text{ м}^4$ . Объемное водоизмещение судна равно  $743 \text{ м}^3$ , возвышение центра величины судна над основной плоскостью составляет 1,97 м, а центра тяжести - 3,62 м.

### **Задание 5**

Судно длиной 128 м, шириной 18,3 м, осадкой 5,5 м имеет крен 5 градусов при переносе крен - балласта с борта на борт. Коэффициент общей полноты судна равен 0,73, поперечная метацентрическая высота судна равна 0,9 м. Определить вес крен - балласта, если известно, что расстояние перемещения крен - балласта 12 м. Судно находится в речном районе.

### **Задание 6**

Определить реакцию грунта и поперечную метацентрическую высоту судна после посадки его на мель, при осадке носок 3,9 м и осадке кормой 4,5 м. Если известно, что изначально судно не испытывало дифферента. Водоизмещение судна равно 5000 т, первоначальная осадка 4,6 м, а начальная метацентрическая высота равна 0,7 м. Число тонн приходящихся на 1 см осадки равно 13.

### **Задание 7**

Судно водоизмещением 325 м, имеет пресную воду (со свободной поверхностью) в двух прямоугольных цистернах. Длина каждой цистерны равна 3 м, ширина 2 м.

Определить поправку к метацентрической высоте, обусловленную влиянием свободной поверхности жидкого груза.

## **5.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

### **5.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется кренящим моментом?
2. Что называется восстанавливающим моментом?
3. Что такое плечо статической остойчивости?
4. Что такое плечо веса?
5. От чего зависит величина плеча веса?
6. Что такое плечо формы?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских судов. Том. 1. Российский Морской Регистр Судоходства. – СПб., 2003. – 960 с.
2. Жинкин В.Б. Теория и устройство судна: Учебник / В.Б. Жинкин. – 2-е изд., исправл. и доп. – СПб.: Судостроение, 2000. – 336 с.; ил.
3. Мельник В.Н. Эксплуатационные расчеты мореходных характеристик судна / В.Н. Мельник. – М.: Транспорт, 1990. – 142 с.
4. Новиков А. И. Оценка посадки, остойчивости и прочности судна в процессе эксплуатации. Учебное пособие / А.И. Новиков. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 136 с.