

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

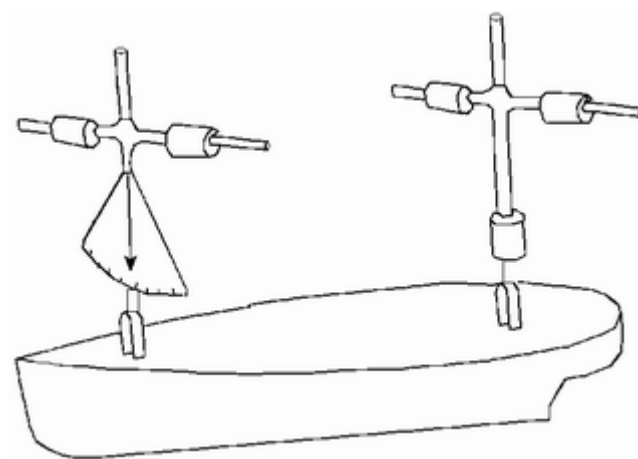
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

ТЕОРИЯ КОРАБЛЯ. ОСТОЙЧИВОСТЬ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ



Севастополь
СевГУ
2024

УДК 629.5.015.1(076.5)
ББК 39.42-01я73
Т338

Р е ц е н з е н т :

А. В. Родькина – канд. техн. наук, доцент базовой кафедры
«Инновационное судостроение и технология освоения шельфа»

Составители: М.Г. Балашов, В.С. Мылымко

Т338 Теория корабля. Остойчивость: методические указания к выполнению лабораторных работ / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост. М. Г. Балашов, В.С. Мылымко. – Севастополь: СевГУ, 2024. – 20 с.: ил. – Текст : электронный.

Целью настоящих методических указаний является оказание методической помощи студентам направления 26.03.02 и специальности 26.05.01 при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Теория корабля. Остойчивость и непотопляемость».

УДК 629.5.015.1(076.5)
ББК 39.42-01я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроение» Морского института ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», в качестве методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория корабля. Остойчивость и непотопляемость» студентами направления подготовки 26.03.02 и специальности 26.05.01 всех форм обучения, протокол № 8 от 08 мая 2024 г.

© Балашов М. Г., Мылымко В.С., сост., 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Экспериментальное определение положения центра масс модели	5
Лабораторная работа № 2. Определение остойчивости судна через период бортовой качки	8
Лабораторная работа № 3. Экспериментальное определение диаграммы статической остойчивости модели судна	10
Лабораторная работа № 4. Определение опытным путём изменения остойчивости модель судна от переноса малого груза по вертикали	12
Лабораторная работа № 5. Влияние подвешенного груза на остойчивость	14
6. Лабораторная работа № 6. Исследование влияния жидких грузов на начальную остойчивость судна	17
Библиографический список	20
Приложение А	20

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения лабораторных работ используется модель кранового судна (КС) (см. рисунок 1), оборудованная двумя мачтами 2 (в носу и в корме) и крен-грузами (крен-балласт) 3 на горизонтальных штангах 4. Грузы могут перемещаться вдоль штанг, которые, в свою очередь, могут быть закреплены на мачте на любой заданной высоте. Это позволяет изменять положение центра масс и устранить начальный крен. Угол крена регистрируется кренометром 5.

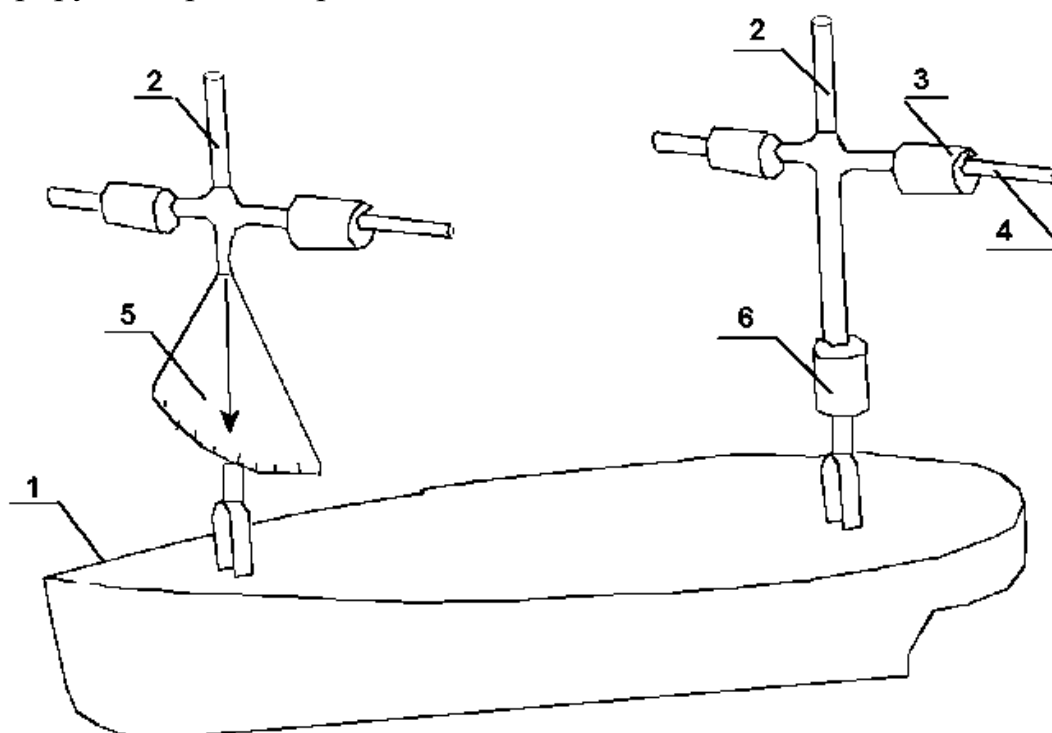


Рисунок 1 – Схема модели

На кормовой мачте может крепиться груз P , используемый для исследования остойчивости при переносе груза по вертикали. На модели предусмотрена возможность закрепления подвешенного груза, а также налива жидкого груза. Основные характеристики и кривые элементов теоретического чертежа модели приведены в Приложении А.

Масса модели со штангами, крен-грузами $P_{кр,гр}$, груз для переноса по вертикали P и подвешенный груз $P_{п}$ определяются взвешиванием.

На кривые элементов теоретического чертежа модели, обозначены: объем водоизмещения $V \text{ м}^3$, площадь ватерлинии $S \text{ м}^2$, абсцисса центра тяжести площади ватерлинии $x_f \text{ м}$, абсцисса центра величины модели $X_c \text{ м}$, аппликата центра величины $z_c \text{ м}$, поперечный метацентрический радиус $r \text{ м}$, продольный метацентрический радиус $R \text{ м}$.

Лабораторная работа № 1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ МОДЕЛИ КС

Цель работы

Провести опыт кренования модели, приобрести практические навыки в математической обработке результатов опыта и их инженерной оценке.

Общие положения

Опыт кренования заключается в создании крена судна с помощью крен-балласта и регистрации получаемых углов крена. При помощи груза массой $P_{кр.гр.}$, расположенного на расстоянии l от ДП, создаётся кренящий момент $M_{кр}$. Под действием этого момента судно наклонится на угол θ , и действительный кренящий момент будет равен

$$M_{кр} = P_{кр.гр.} \cdot l \cdot \cos \theta. \quad (1.1)$$

После наклонения судна на угол θ в новом положении установится равновесие, которое характеризуется равенством $M_{кр} = M_{\theta}$.

Кренование проводится при малых углах крена, восстанавливающий момент может быть найден по метацентрической формуле остойчивости

$$M_{\theta} = \Delta \cdot h_0 \cdot \sin \theta,$$

где Δ – водоизмещение судна в момент опыта, т;

h_0 – начальная поперечная метацентрическая высота, м.

Из равенства кренящего и восстанавливающего моментов не трудно определить значение метацентрической высоты

$$h_0 = \frac{M_{кр}}{\Delta \cdot \sin \theta}. \quad (1.2)$$

Найденное значение h_0 используют для определения аппликаты ЦТ судна

$$z_g = r + z_c - h_0, \quad (1.3)$$

где поперечный метацентрический радиус r и аппликата центра величины для прямого положения судна z_c определяются по гидростатическим кривым в зависимости от d , м.

Порядок выполнения опыта

1. При каждом переносе измерять плечо переноса крен-груза и угол крена, занести данные в таблицу 1.1.

2. Определить по гидростатическим кривым аппликату центра величины и поперечный метацентрический радиус модели.

3. Обработка результатов опыта.

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица 1.1, затем вычисляется её среднее значение и определяются некоторые вспомогательные величины, необходимые для дальнейших расчётов.

Таблица 1.1 – Проведение опыта

Положение грузов: $z_H = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_K = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

№ опыта	$P_{кр. гр., кг}$	Плечо l_i , см	θ , град	$M_{кр., кг\cdot см}$	h_i , см
1	2	3	4	5	6
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	
Аппликата центра тяжести, м				$z_g = r + z_c - h_p$	

Определение кренящего момента выполняется по формулам (1.4) или (1.5) в зависимости от количества переносимых крен-балластов

$$M_{кр} = P_{гр} \cdot l \cdot \cos \theta. \quad (1.4)$$

Если переносится еще груз $P_{гр2}$ на другой штанге на величину l_2 , то в этом случае кренящий момент определяется как

$$M_{кр} = (P_{гр1} \cdot l_1 + P_{гр2} \cdot l_2) \cdot \cos \theta, \quad (1.5)$$

и так далее. Схема опыта представлена на рисунке 1.1.

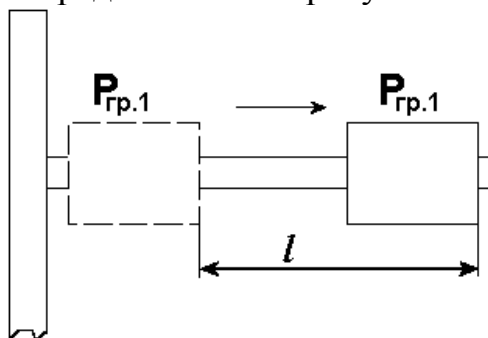


Рисунок 1.1 – Схема перемещения крен-балластов

4. Отчёт по лабораторной работе.

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных и выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какова необходимость в опыте кренования?
2. Как проводится опыт кренования на натурном судне?

Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА ЧЕРЕЗ ПЕРИОД БОРТОВОЙ КАЧКИ

Цель работы

Определить начальную метацентрическую высоту модели судна методом свободных колебаний.

Общие положения

Практика эксплуатации судов ставит задачи оценки остойчивости судна, когда практически невозможно иметь полный расчет нагрузки или какую-либо другую информацию об остойчивости. Резолюция ИМО А.749(18) рекомендует в этом случае для малотоннажных судов длиной до 70 м производить приблизительную оценку начальной остойчивости методом свободных бортовых колебаний.

Для решения поставленной задачи используем формула [3]:

$$h_0 = \left(\frac{0,8 \cdot B}{\tau_r} \right)^2, \quad (2.1)$$

где h_0 – начальная метацентрическая высота, м;

B – ширина судна, м;

τ_r – время полного периода бортовой качки, с.

Необходимое оборудование

Модель судна на плаву в бассейне. Секундомер.

Порядок проведения опыта

1. Создать колебания модели относительно продольной оси.
2. Определить по секундомеру период полных бортовых колебаний модели τ_r , с и результаты занести в таблицу 2.1.
3. По формуле (2.1) определить начальную метацентрическую высоту для данного случая нагрузки.
4. Переместить траверсу с грузами на носовой и кормовой штангах повторить опыт по пунктам 1–4.
5. Составить отчет по проделанной работе, включив в него:
 - краткое введение, с изложением теоретических основ, на которых основан опыт;
 - схему экспериментальной установки (можно фото);
 - таблицу 2.1 с результатами измерений;
 - нарисовать график зависимости $h_0 = f(z_0^{\Sigma})$ (шаблон на рисунке 2.1);
 - получить значение h_0 для положения грузов из лабораторной работы № 1;
 - выводы по работе.

Таблица 2.1 – Замеры периода полных бортовых колебаний

Опыт	1	2	3	4	5	6	7
$\tau_r, \text{с}$							
$z_H, \text{м}$							
$z_K, \text{м}$							
$z_0, \text{м}$							
$h_0, \text{м}$							

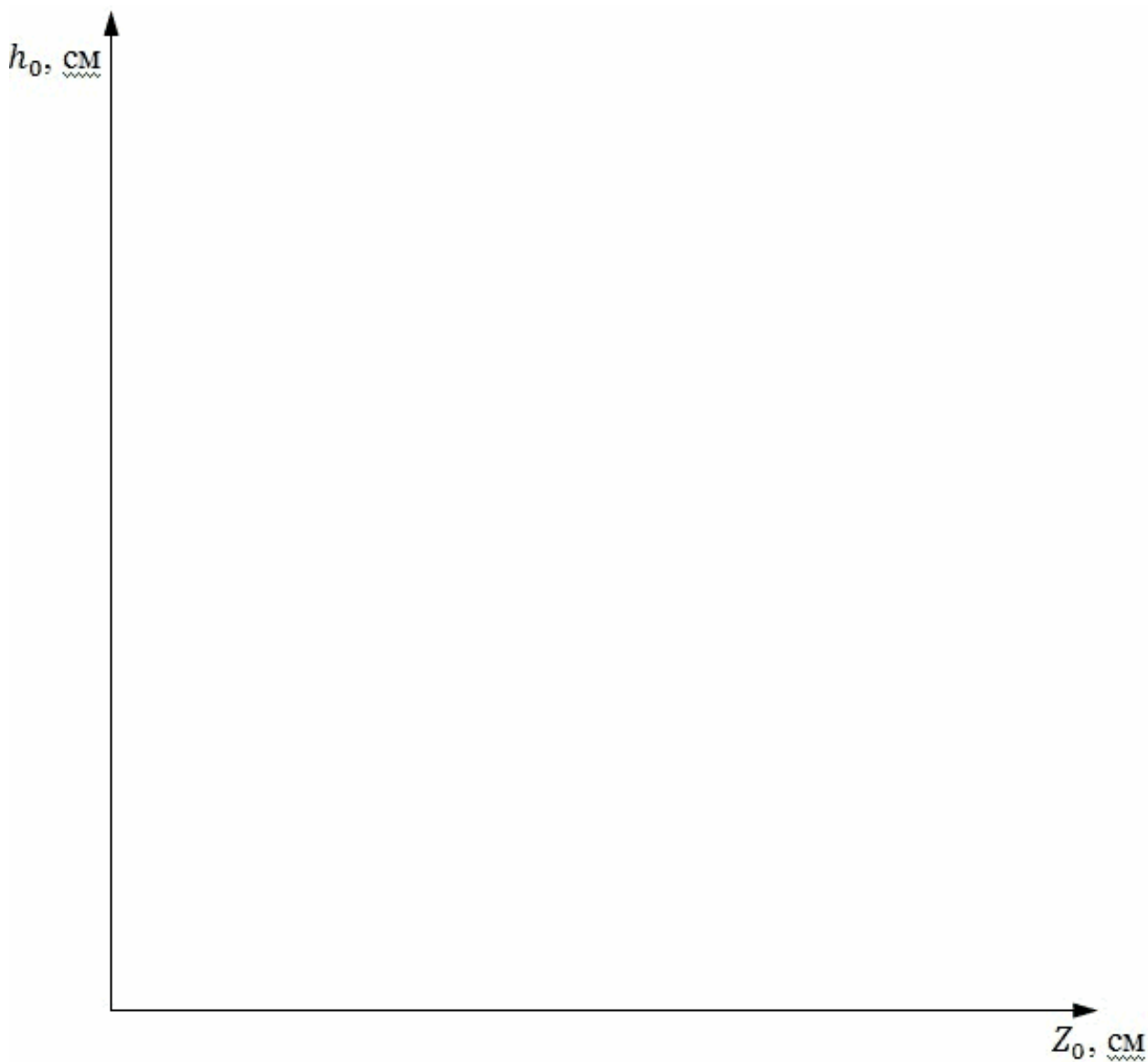


Рисунок 2.1 – Шаблон графика

Лабораторная работа № 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ СТАТИЧЕСКОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ СУДНА

Цель работы

Установить опытным путём зависимость плеч статической остойчивости судна от угла крена. Построить диаграмму статической остойчивости.

Общие положения

Если на модели, плавающей на ровный киль, переместить на штанге груз, например, на правый борт, то на модель будет воздействовать кренящий момент, т·м

$$M_{кр} = P_{кр.гр.} \cdot l \cdot \cos \theta, \quad (3.1)$$

который может пересечь дважды диаграмму статической остойчивости и при угле крена 90° станет равным нулю (см. рисунок 3.1).

Точки пересечения диаграммы статической остойчивости с кривой $M_{кр} = f(\theta)$ соответствует равенству $M_\theta = M_{кр}$. Углы θ_1 и θ_2 , соответствующие этим точкам, называются углами статического крена.

Первая точка пересечения, соответствующая углу θ_1 , является точкой устойчивого равновесия ($h > 0$). В этой точке под действием $M_{кр}$ модель остановится и будет находиться на плаву с углом θ_1 .

Если модель отклонить несколько влево, или несколько вправо от угла, соответствующего точке 1, а затем отпустить, то через короткий промежуток времени она вернётся в положение с углом крена θ_1 .

Вторая точка пересечения, соответствующая углу θ_2 , является точкой неустойчивого равновесия ($h < 0$). Если модель наклонить до угла $\theta < \theta_2$, то восстанавливающий момент будет больше кренящего $M_\theta > M_{кр}$, и модель возвратится, если её опустить, в точку 1. Если модель наклонится до угла $\theta > \theta_2$, то восстанавливающий момент будет меньше кренящего, и модель опрокинется. При $\theta = \theta_2$ модель необходимо держать, поскольку при незначительном внешнем воздействии она может возвратиться в точку 1, или опрокинуться. Для определения точки 2 модель следует наклонить на большие углы и установить величину θ_2 .

Порядок проведения работы

1. Установить штанги на мачтах на высоте, установленной в лабораторной работе № 1. Установить модель без крена.

2. Задавая последовательно ряд значений кренящих моментов, определить в каждом случае соответствующее значение угла крена θ_1 и θ_2 . Заполнить таблицу 3.1.

3. Построить по экспериментальным точкам диаграмму статической остойчивости (пример приведен на рисунке 3.1).

4. Сформулировать выводы.
5. Дать ответы на приведенные контрольные вопросы.

Таблица 3.1 – Определение плеч статической остойчивости модели

№ опыта	Масса крен-груза, кг	Плечо l , см	Угол крена θ_i , град	Кренящего момент $M_{кр}$, кг·см	Плечо восстанавливающего момента $l_\theta = M_{кр} / \Delta$, см
1					
...					
n					

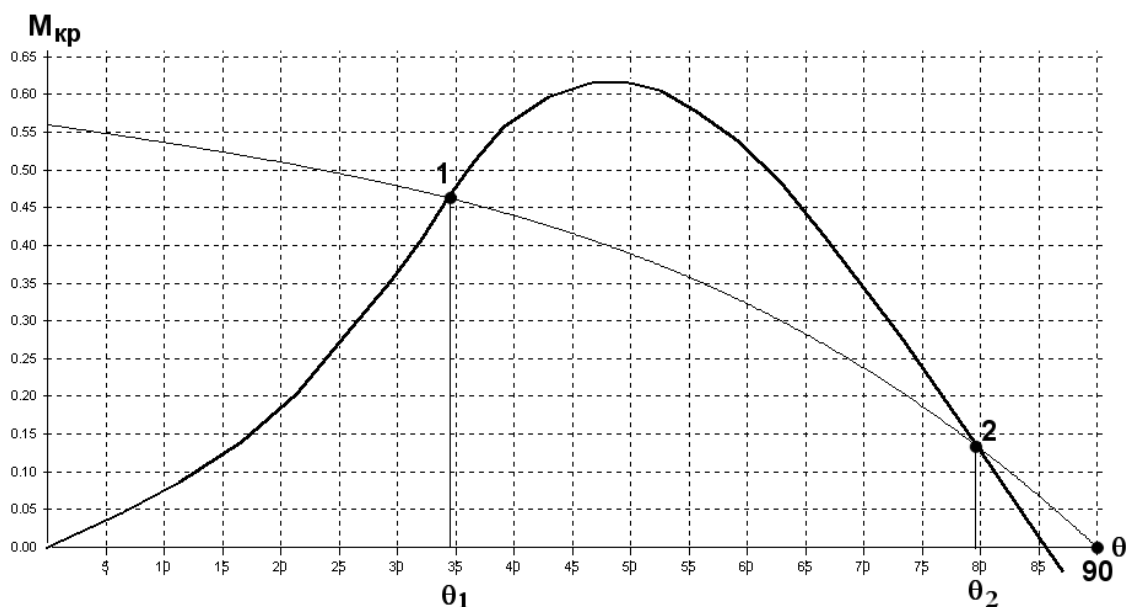


Рисунок 3.1 – Диаграмма статической остойчивости (пример)

Контрольные вопросы:

1. Свойства диаграммы статической и динамической остойчивости.
2. Задачи, решаемые с помощью диаграмм остойчивости.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЫТНЫМ ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛЬ СУДНА ОТ ПЕРЕНОСА МАЛОГО ГРУЗА ПО ВЕРТИКАЛИ

Цель работы

1. Выписать начальную высоту h_0 модели с грузом P на мачте на высоте Z_0 от киля из лабораторной работы № 1.
2. Определить расчётом начальную метацентрическую высоту модели h_0' после подъёма груза P на высоту Z_1 от киля.
3. Определить величину h_0' опытным путём.
4. Оценить изменение остойчивости модели после переноса груза.

Общие положения

Пусть Δ – масса судна вместе с переносимым грузом и пусть до переноса груза центр тяжести судна находился в точке G , а поперечная метацентрическая высота была h_0 . Приложим к точке g_0 вертикальную силу P , направленную вверх. Её приложение будет равносильно снятию переносимого груза. Приложим к точке g_1 вторую вертикальную силу P , направленную вниз, это будет равносильно приёму снятого приложением первой силы груза в точку g_1 . Т.о., приложение двух указанных сил равносильно заданному переносу груза P , при котором его центр массы перемещается из точки g_0 в точку g_1 .

При посадке судна на ватерлинию WL эти силы уравниваются, а при накренивании судна на малый угол θ силы образуют пару, момент которой будет

$$M_{кр} = P \cdot \overline{g_0 g_1} \cdot \theta, \quad (4.1)$$

Чтобы определить начальную остойчивость после переноса груза, составим выражение для восстанавливающего момента при накренивании судна на угол θ и при наличии приложенных в точках g_0 и g_1 сил P . Этот момент сложится из восстанавливающего момента до переноса груза и из момента, образуемого добавочно приложенными силами

$$M_\theta = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta - P \cdot \overline{g_0 g_1} \cdot \theta. \quad (4.2)$$

Или обозначая координаты точек g_0 и g_1 через Z_0 и Z_1

$$M_\theta = \Delta \cdot \left(h_0 - \frac{P}{\Delta} \cdot (Z_1 - Z_0) \right) \cdot \theta. \quad (4.3)$$

Выражение $h_0 - \frac{P}{\Delta} \cdot (Z_1 - Z_0)$ представляет собой метацентрическую высоту после переноса груза h_0

$$h_0' = h_0 + \delta h, \quad (4.4)$$

где $\delta h = -\frac{P}{\Delta} \cdot (Z_1 - Z_0)$, м.

Таким образом, при переносе груза вверх ($Z_1 > Z_0$) метацентрическая высота уменьшается, а при переносе вниз ($Z_1 < Z_0$) – увеличивается. Практически возможны такие переносы грузов, от которых метацентрическая высота может не только уменьшиться, но и сделаться отрицательной, т.к. δh может быть такого же порядка, что и h_0 , и может даже превышать h_0 .

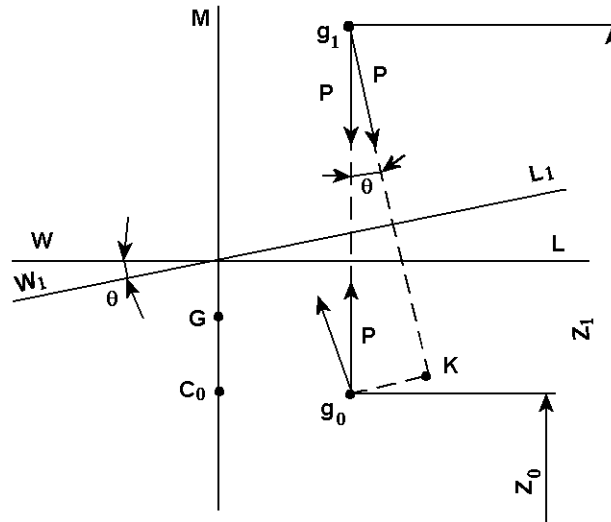


Рисунок 4.1 – Схема наклонения судна при переносе груза

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица аналогичная таблице 1.2 (без последней строки).

Порядок выполнения работы

1. Выписать величину h_0 из лабораторной работы № 1 таблица 1.2.
2. Расчётным путём определить начальную метацентрическую высоту h_0' после подъёма груза P на высоту Z_1 от киля или $Z_1 - D$ от палубы

$$h_0' = h_0 + \delta h,$$

где $\delta h = -\frac{P \cdot \delta Z}{\Delta}$, а $\delta Z = Z_1 - Z_0$.

3. Определить метацентрическую высоту h_0' после подъёма груза P на высоту Z_1 от палубы кренованием модели (см. таблица 4.1).
4. Сделать выводы.
5. Дать ответы на приведенные ниже контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как изменится диаграмма статической остойчивости модели после подъёма груза?
2. Как влияет перенос груза по ватерлинии на остойчивость?

Лабораторная работа № 5

ВЛИЯНИЕ ПОДВЕШЕННОГО ГРУЗА НА ОСТОЙЧИВОСТЬ

Цель работы

Изучить влияние параметров подвешенного груза на начальную остойчивость.

Общие положения

Подвешенные грузы в закреплённом состоянии являются точно такими же, как и обычные грузы. Эти грузы просто входят в нагрузку масс судна со своими координатами ЦТ. Если же груз не закреплён или в процессе наклона освобождается, то ЦТ груза переместится в сторону наклона.

Во время эксплуатации морских судов приходится учитывать изменение остойчивости при наличии подвешенного груза. Обычно этот учёт производится в предположении статического наклона судна, т.е. силы инерции самих грузов во внимание не принимаются. Такой подход, вообще говоря, не соответствует действительности, но широко используется при практических расчётах и при нормировании остойчивости.

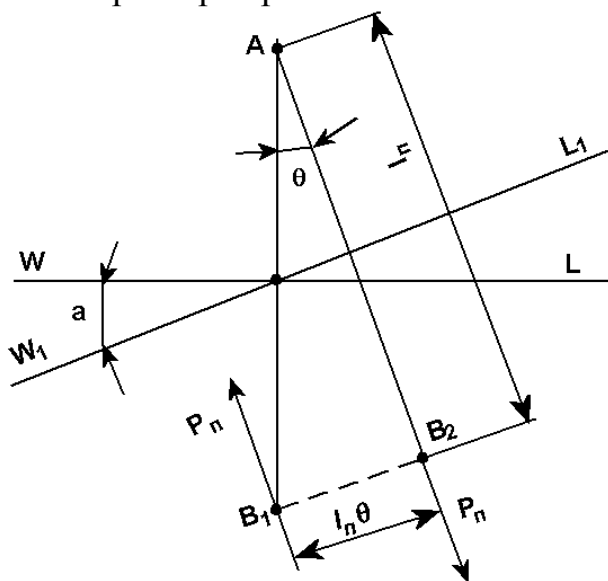


Рисунок 5.1 – Схема наклонения судна при подвешенном грузе

Предположим, что находящийся на судне груз P_n с ЦТ в точке B_1 , подвешен в точке A и закреплён. Тогда при наклонении судна в произвольной плоскости на маленький угол θ восстанавливающий момент будет, т·м

$$M_\theta = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta, \quad (5.1)$$

где Δ — водоизмещение судна с учётом подвешенного груза, т.

Если груз раскрепить, то при том же угле наклона θ его ЦТ переместится из B_1 в B_2 на расстояние $l_n \theta$, где l_n — длина нити подвеса. В результате образуется дополнительный кренящий момент, который уменьшит восстанавливающий. Восстанавливающий момент будет равен, т·м

$$M_{\theta}' = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta - P_n \cdot l_n \cdot \theta = \Delta \cdot \left(h_0 - \frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n \right) \cdot \theta \quad (5.2)$$

Т.к. при раскреплённом грузе и его перемещении в случае наклонения в сторону наклонения его вес будет действовать по линиям AB_1 , AB_2 перпендикулярным к последовательным ватерлиниям, то можно сказать, что раскрепление подвешенного груза равносильно переносу его ЦТ в точку подвеса. Т.о. изменение метацентрической высоты от раскрепления подвешенного груза такое же, как от вертикального переноса его ЦТ в точку подвеса, т.е.

$$\delta h = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot (z_A - z_B) = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n. \quad (5.3)$$

В предположении о малости углов дифферента влияние подвешенного груза на продольную остойчивость будет выражаться аналогичной зависимостью

$$\delta H = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n. \quad (5.4)$$

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица 5.1, затем вычисляется её среднее значение и определяются некоторые вспомогательные величины, необходимые для дальнейших расчётов.

Таблица 5.1 – Проведение опыта

Положение грузов: $z_n = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_k = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

№ опыта	$P_{кр. гр., кг}$	Плечо l_i , см	θ , град	$M_{кр., кг \cdot см}$	h_i , см
Закрепленный груз					
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	
Подвешенный груз					
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	

Порядок выполнения работы

1. Провести кренование модели с закреплённым грузом.
2. Провести кренование модели с освобождённым грузом.
3. Провести обработку результатов кренования в таблице 5.1.
4. Вычислить метацентрические высоты и поправки к ним, учитывающие влияние подвешенного груза.
5. Провести сравнение величин, полученных в опытах, с расчётными.
6. Сформулировать выводы.
7. Дать ответы на приведенные ниже контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Запишите метацентрические формулы остойчивости.
2. Как влияет на остойчивость судна подвешенный груз?
3. От чего зависит величина поправки к метацентрической высоте, учитывающей влияние подвешенного груза.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКИХ ГРУЗОВ НА НАЧАЛЬНУЮ ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА

Цель работы

Изучить влияние жидкого груза на начальную остойчивость модели. В результате выполнения работы должны быть получены метацентрические высоты модели и сравнены с вычисленными по формулам.

Общие положения

Если груз заполняет отсек частично, и жидкость в отсеке имеет свободную поверхность, то при наклонении судна она будет переливаться, ЦТ груза сместится, и это вызовет перемещение ЦТ судна, т.е. изменение его остойчивости.

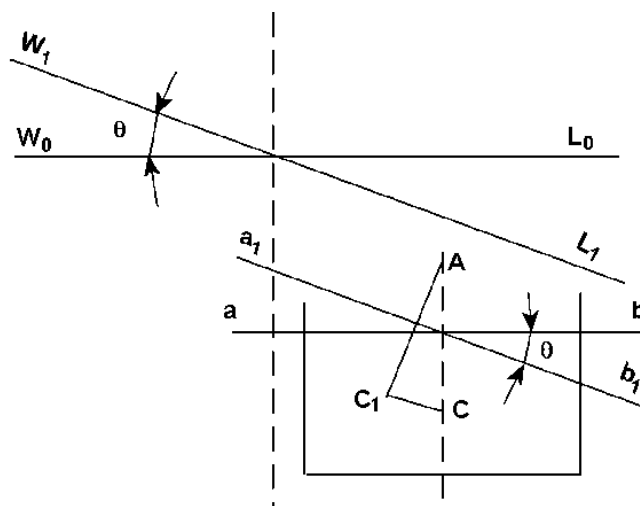


Рисунок 6.1 – Схема наклонения судна при влиянии жидкого груза

При крене судна на угол θ часть жидкости перельётся в сторону наклонения, и новое положение свободной поверхности жидкости a_1b_1 составит с положением ab тот же угол θ , что и ватерлинии W_0L_0 и W_1L_1 (рис. 6.1). Тогда центр массы жидкого груза в отсеке при наклонении переместиться из точки C в точку C_1 по некоторой кривой CC_1 . Это перемещение аналогично перемещению ЦВ судна. Т.о. цистерна на борту может быть уподоблена судну, и к ней применимы аналогичные формулы, а именно: кривая CC_1 будет подобна кривой ЦВ на участке наклонения θ , а радиус кривизны кривой CC_1 подобен метацентрическому радиусу судна $r = \frac{I_x}{V}$. Для радиуса кривизны CC_1 можно написать

$$\rho_{ж} = \frac{i_x}{v}, \quad (6.1)$$

где i_x – момент инерции свободной поверхности жидкости в отсеке относительно её центральной продольной оси, параллельной ОХ, m^4 ;
 v – объём жидкости в отсеке, m^3 .

Перемещение ЦТ груза в сторону наклона приводит к возникновению дополнительного кренящего момента

$$\delta M_{кр} = \gamma_{жс} \cdot i_x \cdot \theta.$$

где $\gamma_{жс}$ – удельный вес жидкости ($\gamma_{жс} = \rho \cdot g$), т/м³.

При переливании груза он уменьшится на величину дополнительного кренящего момента $\delta M_{кр}$ и будет равен

$$M_{\theta}' = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta - \gamma_{жс} \cdot i_x \cdot \theta = \Delta \cdot \left[h_0 - \gamma_{жс} \cdot \frac{i_x}{\gamma \cdot V} \right] \cdot \theta, \quad (6.2)$$

где γ – удельный вес забортной воды, т/м³;

V – водоизмещение судна, м³.

Тогда $\delta h = -\gamma_{жс} \cdot \frac{i_x}{\gamma \cdot V}$ представляет собой поправку к метацентрической высоте, учитывающей влияние свободной поверхности жидкого груза в отсеке на начальную остойчивость. Формула для поперечной метацентрической высоты, исправленной на влияние жидких грузов, имеет вид

$$h_0' = h_0 + \delta h.$$

При делении отсека продольными переборками на равных частей величина i_x уменьшается в n^2 раз.

Если отсек не имеет продольных переборок, то

$$i_x = \frac{l \cdot b^3}{12},$$

где l – длина отсека, м;

b – его ширина, м.

Если отсек разделить на n равных частей, то

$$i_x = \frac{n \cdot l \cdot (b/n)^3}{12} = \frac{l \cdot b^3}{n^2 \cdot 12}. \quad (6.3)$$

Используемое оборудование

Установка представляет собой модель судна. Забортная вода находится в специальной емкости для создания свободной поверхности, для исследования влияния жидкого груза на остойчивость.

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица 6.1, затем вычисляется её среднее значение и определяются некоторые вспомогательные величины, необходимые для дальнейших расчётов.

Порядок проведения работы

1. Провести кренование модели с закрепленной емкостью с жидким грузом в отсеке (см. лабораторную работу № 1).
2. Провести кренование с установкой продольной переборки в отсеке.

3. Провести кренование с твердым грузом равной массы.
4. Провести обработку полученных результатов.
5. Определить влияние на остойчивость количества жидкого груза.
6. Установить изменение поправки на свободную поверхность от наличия продольной переборки.
7. Сформулировать выводы по лабораторной работе.
8. Дать ответы на приведенные ниже контрольные вопросы.

Таблица 6.1 – Проведение опыта

Положение грузов: $z_n = \text{_____}$, $z_k = \text{_____}$, $z_0 = \text{_____}$

№ опыта	$P_{кр. гр., кг}$	Плечо l_i , см	θ , град	$M_{кр., кг \cdot см}$	h_i , см
Закрепленный груз					
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	
Жидкий груз					
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	

Контрольные вопросы

1. Что такое метацентрический радиус?
2. Каково влияние жидкого груза, заполняющего цистерну полностью, на остойчивость судна?
3. Что влияет на величину поправки к метацентрическому радиусу при наличии не полностью заполненной цистерны?
4. Чем определяется величина поправки, учитывающей влияние жидкого груза на остойчивость?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила Российского морского Регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. – М.: Транспорт, 2020. – 927 с.
2. Статика корабля: учебное пособие / В.В. Рождественский, В.В. Луговский, Р.В. Борисов, Б.В. Мирохин. – Л.: Судостроение, 2005. – 256 с.
3. Новиков А.И. Оценка остойчивости морского судна / А.А. Лопатинский, А.И. Новиков. – Херсонское мореходное училище рыбной промышленности, 2002. – 50 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Основные характеристики модели

Основные характеристики модели	Обозначение	Модель КС
Длина между перпендикулярами, м	L_{pp}	1.96
Длина по конструктивную ВЛ, м	$L_{квл}$	1.97
Ширина на миделе, м	B	0.33
Высота борта, м	D	0.154
Коэффициент общей полноты	C_b	0.7
Коэффициент полноты площади КВЛ	C_w	0.833

Таблица А.2 – Кривые элементов теоретического чертежа модели

Осадка d , см	Δ , кг	Z_c , см	r , см
1,1	3,7	0,6	85,3
2,2	8,4	1,2	46,4
3,3	13,6	1,8	31,9
4,4	19,2	2,4	24,2
5,5	25,0	3,0	19,4
6,6	31,1	3,6	16,3
7,7	37,4	4,1	14,1
8,8	43,8	4,7	12,4

ТЕОРИЯ КОРАБЛЯ. ОСТОЙЧИВОСТЬ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Составители: Балашов Михаил Георгиевич,
Мылымко Вячеслав Степанович

В авторской редакции

Изд. № 99/2024. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»