

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

СТАТИКА И ХОДКОСТЬ СУДОВ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 629.5.015(076.5)
ББК 39.42-01я73
С780

Р е ц е н з е н т :

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

Составитель: М.Г. Балашов, Г.В. Лекарев, В.С. Мылымко

С780 Статика и ходкость судов: методические указания к выполнению лабораторных работ / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост.: М.Г. Балашов, Г.В. Лекарев, В.С. Мылымко. – Севастополь: СевГУ, 2024. – 37 с.: ил. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание необходимой методической помощи студентам специальности 26.05.05 при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Теория и устройство судов».

УДК 629.5.015(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 и устройство судов» студентами специальности 26.05.05 всех форм обучения, протокол № 8 от 08 мая 2024 г.

© Балашов М. Г., Лекарев Г.В.,
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. Экспериментальное определение диаграммы статической остойчивости модели судна	8
Лабораторная работа № 3. Определение опытным путём изменения остойчивости модель судна от переноса малого груза по вертикали	11
Лабораторная работа № 4. Влияние подвешенного груза на остойчивость	14
Лабораторная работа № 5. Исследование влияния жидких грузов на начальную остойчивость судна	17
Лабораторная работа № 6. Определение остойчивости судна через период бортовой качки	21
Лабораторная работа № 7. Определение сопротивления плохообтекаемых тел (методом всплытия, часть 1)	24
Лабораторная работа № 8. Определение сопротивления плохообтекаемых тел (методом всплытия, часть 2)	26
Лабораторная работа № 9. Расчет смоченной поверхности модели судна серии 60	28
Лабораторная работа № 10. Определение сопротивления и мощности ЭУ пересчетом с модели на натуру	30
Лабораторная работа № 11. Исследование работы гребного колеса.....	33
Библиографический список	36
Приложение А	37

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения лабораторных работ используется модель кранового судна (КС) (рис. 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.

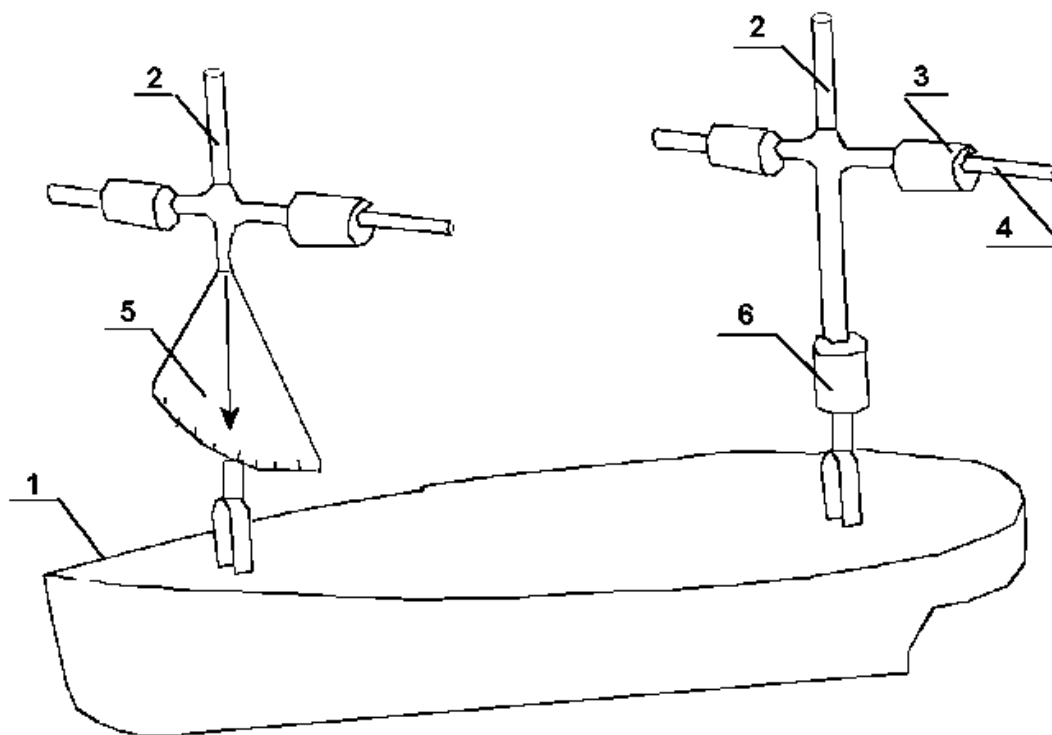


Рисунок 1 – Схема модели

На кормовой мачте может крепиться груз P , используемый для исследования устойчивости 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_n определяются взвешиванием.

На кривые элементов теоретического чертежа модели, обозначены: объем водоизмещения V м³, площадь ватерлинии S м², абсцисса центра тяжести площади ватерлинии x_f м, абсцисса центра величины модели X_c м, аппликата центра величины z_c м, поперечный метацентрический радиус r м, продольный метацентрический радиус R м.

Лабораторная работа № 1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ МОДЕЛИ КС

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: провести опыт кренования модели, приобрести практические навыки в математической обработке результатов опыта и их инженерной оценке.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

1. При каждом переносе измерять плечо переноса крен-груза и угол крена, занести данные в табл. 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: $z_n = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_k = \underline{\hspace{2cm}}$, $z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

№ опыта	$P_{кр. гр.}, кг$	Плечо $l_i, см$	θ , град	$M_{кр.}, кг \cdot см$	$h_i, см$
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

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

Если переносится еще груз $P_{зр_2}$ на другой штанге на величину l_2 , то в этом случае кренящий момент определяется как

$$M_{кр} = (P_{зр_1} \cdot l_1 + P_{зр_2} \cdot l_2) \cdot \cos \theta, \quad (1.5)$$

и так далее. Схема опыта представлена на рисунке 1.1.

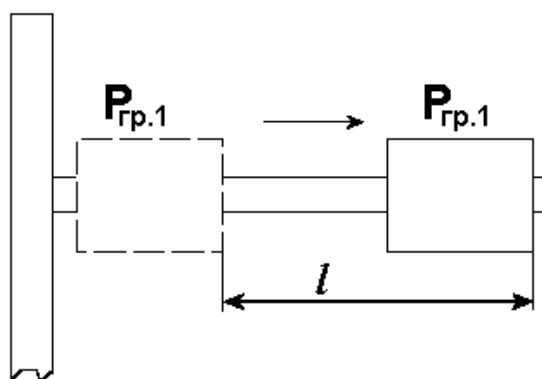


Рисунок 1.1 – Схема перемещения крен-балластов

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение метацентрической высоты судна.
2. Дать определение метацентрического радиуса судна.
3. Дать определение аппликаты центра тяжести судна.
4. Дать определение аппликаты центра величины судна.
5. Дать определение метацентра судна.

Лабораторная работа № 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ СТАТИЧЕСКОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ СУДНА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

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

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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

$$M_{кр} = P_{кр.гр.} \cdot l \cdot \cos \theta, \quad (2.1)$$

который может пересечь дважды диаграмму статической остойчивости и при угле крена 90^0 станет равным нулю (рис. 2.1).

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 .

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

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 2.1.
3. Построить по экспериментальным точкам диаграмму статической устойчивости (пример приведен на рисунке 2.1).
4. Сформулировать выводы.
5. Дать ответы на приведенные контрольные вопросы.

Таблица 2.1 – Определение плеч статической устойчивости модели

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

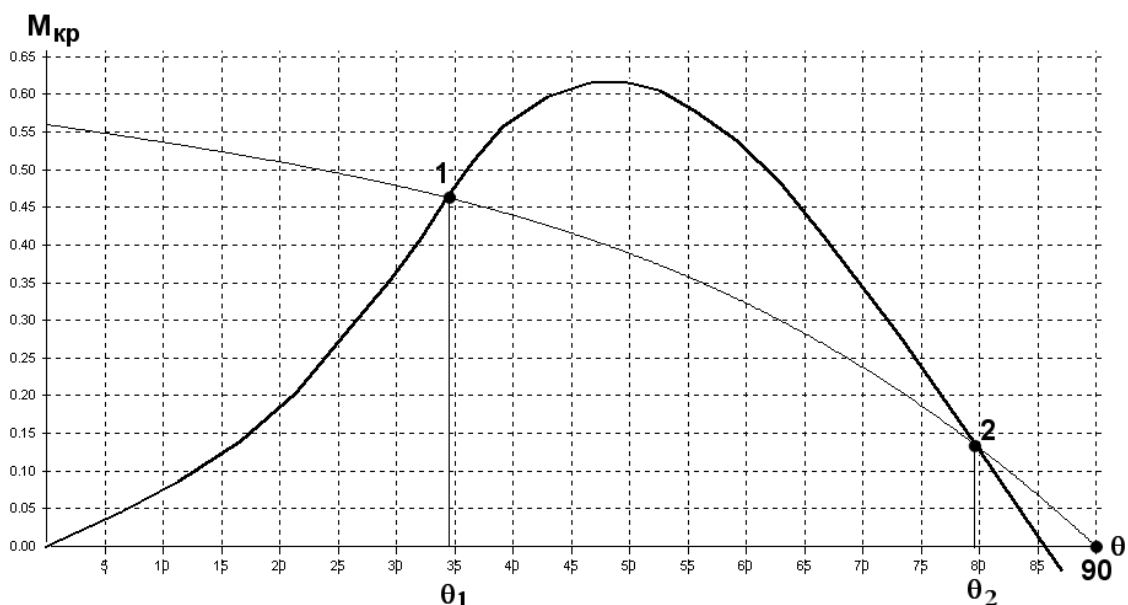


Рисунок 2.1 – Пример диаграммы статической устойчивости

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение остойчивости судна.
2. Дать определение плеча статической остойчивости, изобразить графически?
3. Как образуются углы статического крена?

Лабораторная работа № 3

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

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

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.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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

$$M_{кр} = P \cdot \overline{g_0 g_1} \cdot \theta,$$

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

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

Или обозначая координаты точек g_0 и g_1 через Z_0 и Z_1

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

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

$$h_0' = h_0 + \delta h, \quad (3.1)$$

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

Т.о. 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 .

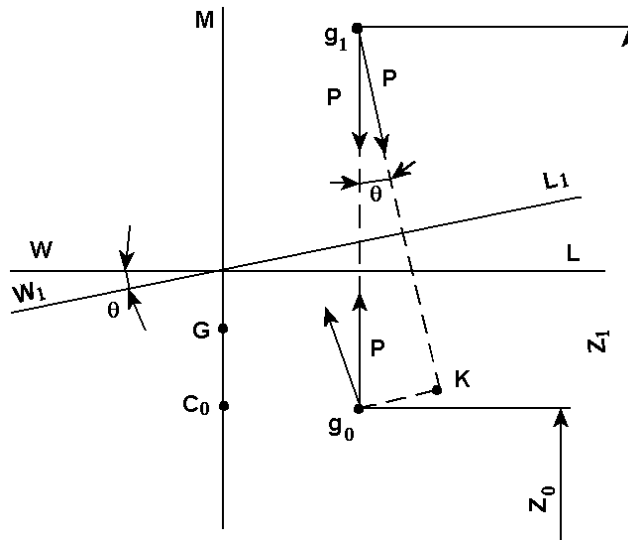


Рисунок 3.1 – Схема наклонения судна при переносе груза

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица аналогичная таблице 1.1 (без последней строки).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выписать величину h_0 из лабораторной работы № 1 таблица 1.1.
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 3.1).
4. Сделать выводы.
5. Дать ответы на приведенные ниже контрольные вопросы.

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как изменится диаграмма статической устойчивости модели после подъёма груза?
2. Как влияет перенос груза по вертикали на устойчивость?

Лабораторная работа № 4 ВЛИЯНИЕ ПОДВЕШЕННОГО ГРУЗА НА ОСТОЙЧИВОСТЬ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: изучить влияние параметров подвешенного груза на начальную остойчивость.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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.

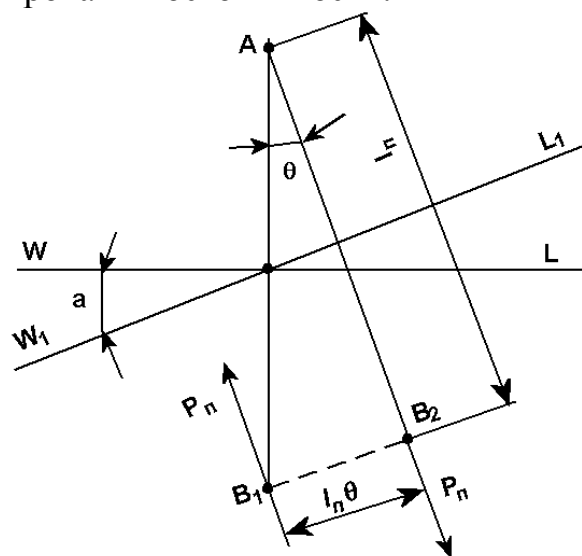


Рисунок 4.1 – Схема наклона судна при подвешенном грузе

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

$$M_\theta = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta, \quad (4.1)$$

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

$$M_{\theta}' = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta - P_n \cdot l_n \cdot \theta = \Delta \cdot \left(h_0 - \frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n \right) \cdot \theta \quad (4.2)$$

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.

$$\delta h = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot (z_A - z_B) = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n. \quad (4.3)$$

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

$$\delta H = -\frac{P_n}{\Delta} \cdot l_n. \quad (4.4)$$

Для оценки значения метацентрической высоты в каждом опыте заполняется таблица 4.1, затем вычисляется её среднее значение и определяются некоторые вспомогательные величины, необходимые для дальнейших расчётов.

Таблица 4.1 – Проведение опыта

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

№ опыта	$P_{кр. \text{ гр.}}, \text{ кг}$	Плечо $l_i, \text{ см}$	θ , град	$M_{кр.}, \text{ кг}\cdot\text{см}$	$h_i, \text{ см}$
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				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести кренование модели с закреплённым грузом.
2. Провести кренование модели с освобождённым грузом.
3. Провести обработку результатов кренования в таблице 4.1.
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.

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКИХ ГРУЗОВ НА НАЧАЛЬНУЮ ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

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.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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.

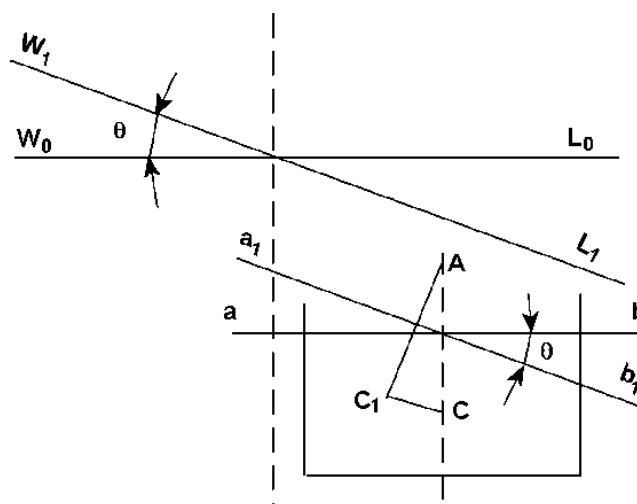


Рисунок 5.1 – Схема наклонения судна при влиянии жидкого груза

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 (рисунок 5.1). 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

$$\rho_{ж} = \frac{i_x}{V}, \quad (5.1)$$

где i_x – момент инерции свободной поверхности жидкости в отсеке относительно её центральной продольной оси, параллельной ОХ, м⁴;

v – объём жидкости в отсеке, м³.

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

$$M_{\theta}' = \Delta \cdot h_0 \cdot \theta - \gamma_{жс} \cdot i_x \cdot \theta = \Delta \cdot \left[h_0 - \gamma_{жс} \cdot \frac{i_x}{\gamma \cdot V} \right] \cdot \theta, \quad (5.2)$$

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

$$i_x = \frac{n \cdot l \cdot (b/n)^3}{12} = \frac{l \cdot b^3}{n^2 \cdot 12}. \quad (5.3)$$

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 5.1, затем вычисляется её среднее значение и определяются некоторые вспомогательные величины, необходимые для дальнейших расчётов.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ 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 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				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	
Жидкий груз					
1					
...					
9					
Сумма:				$\sum h_i$	
Среднее значение метацентрической высоты, м				$h_k = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$	

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. 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?

Лабораторная работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА ЧЕРЕЗ ПЕРИОД БОРТОВОЙ КАЧКИ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: Определить начальную метацентрическую высоту модели судна методом свободных колебаний.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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]:

$$h_0 = \left(\frac{0,8 \cdot B}{\tau_r} \right)^2, \quad (6.1)$$

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.

1. 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 6.1.
3. По формуле (6.1) 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 6.1 с результатами измерений;
 - нарисовать график зависимости $h_0 = f\left(\frac{\Sigma}{z_0}\right)$ (шаблон на рисунке 6.1);

- получить значение h_0 для положения грузов из лабораторной работы № 1;
- выводы по работе.

Таблица 6.1 – Замеры периода полных бортовых колебаний

Опыт	1	2	3	4	5	6	7
τ_T , с							
Z_H , м							
Z_K , м							
Z_0 , м							
h_0 , м							

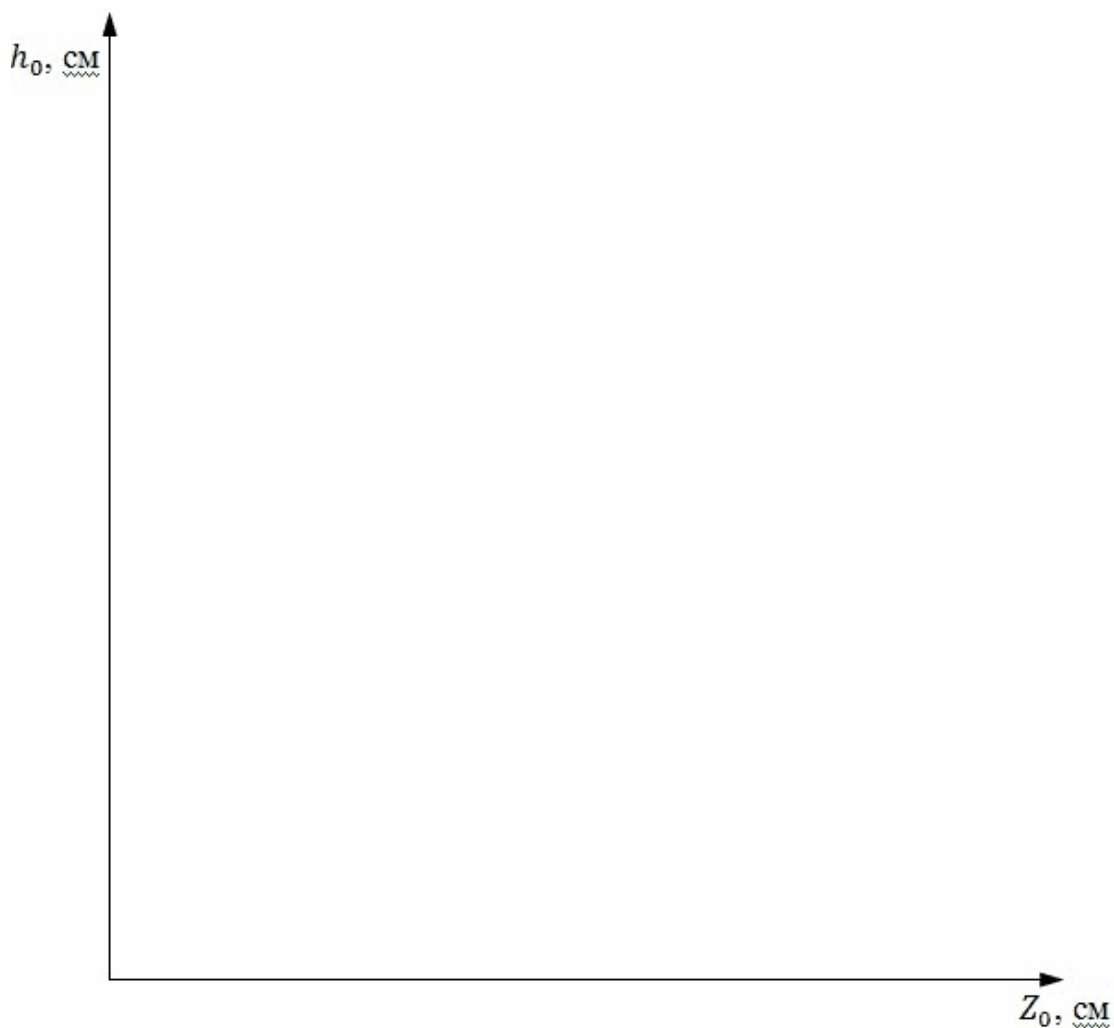


Рисунок 6.1 – Шаблон для графика

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Запишите метацентрические формулы устойчивости.
2. Как влияет высота груза на период качки?

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛОХООБТЕКАЕМЫХ ТЕЛ

(методом всплытия, часть 1)

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: приобретение практических навыков проведения эксперимента по определению сопротивления при всплытии плохообтекаемых тел.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Сопротивление судна в условиях скоростных испытаний на мерной линии при использовании способа Фруда, определяется как

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (7.1)$$

где R_{FO} - сопротивление трения эквивалентной гладкой пластины, кН;

R_R - остаточное сопротивление, кН;

R_A - корреляционная поправка, кН;

R_{AP} - сопротивление выступающих частей, кН.

Сопротивление судна, должно представляться как $R = C_T(Re, Fr) \rho \Omega v^2 / 2$, где коэффициент полного сопротивления судна $C_T(Re, Fr)$ зависит как от числа Фруда, так и от числа Рейнольдса, и не может быть разделен на слагаемые, зависящие либо только от числа Фруда, либо только от числа Рейнольдса. Поэтому способ Фруда принципиально является приближенным.

Непосредственные результаты испытаний модели опытовыми бассейнами представляются в виде графика в координатах "скорость - сопротивление, мощность".

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Шар 1 $d=0,072$ м, площадь поверхности: шар 1 $\Omega = \pi d^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м²;

Шар 2 $d=0,107$ м, $\Omega = \pi d^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м²;

Таблетка (цилиндр) $d=0,148$ м, $h=0,06$ м, $\Omega = 2\pi r \cdot (r+h) = \underline{\hspace{2cm}}$ м²;

Конус $d=0,07$ м, $h=0,15$ м, $k=0,155$ м, $\Omega = 2\pi r \cdot (r+k) = \underline{\hspace{2cm}}$ м²; k -образующая

Коэффициент кинематической вязкости принимается $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Таблица 7.1 – Вычисление буксировочного сопротивления и мощности судна

№	Расчеты величины и их обозначений	Шар 1 	Шар 2 	Таблетка 	Конус 1 	Конус 2 
1	Глубина погружения, Н, м					
2	Время всплытия, t, с					
3	Скорость, $v = \frac{H}{t}$, м/с					
4	Средняя скорость V , м/с					
5	Число Фруда $F_r = \frac{v}{\sqrt{gd}}$					
6	Коэффициент остаточного сопротивления C_x без учета поправок	0,47	0,47	1,15	0,5	0,6
7	Число Рейнольдса $Re = \left(\frac{vd}{\nu}\right)$					
8	Коэффициент сопротивления трения $C_{F_0} = \frac{0,455}{(\lg Re) \cdot 2,58}$					
9	Надбавка на шероховатость C_A	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$
10	Суммарный коэффициент сопротивления $C = C_x + C_{F_0} + C_A$					
11	Сопротивление $R = 500 \cdot \Omega \cdot v^2 \cdot C$, Н					

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных, графики сопротивления и мощности (на одной системе координат) и выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление воды движению судна?
2. От каких факторов зависит скорость судна при заданной мощности?
3. Как изменяется мощность ЭУ в зависимости от скорости движения?

Лабораторная работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛОХООБТЕКАЕМЫХ ТЕЛ

(методом всплытия, часть 2)

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: провести опыт ходовых испытаний модели транспортного судна и выполнить пересчет сопротивления воды движению судна с модели на натуру.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Сопротивление судна в условиях скоростных испытаний на мерной линии при использовании способа Фруда, определяется как

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (8.1)$$

где R_{FO} - сопротивление трения эквивалентной гладкой пластины, кН;

R_R - остаточное сопротивление, кН;

R_A - корреляционная поправка, кН;

R_{AP} - сопротивление выступающих частей, кН.

Сопротивление судна, должно представляться как $R = C_T(Re, Fr) \rho \Omega v^2 / 2$, где коэффициент полного сопротивления судна $C_T(Re, Fr)$ зависит как от числа Фруда, так и от числа Рейнольдса, и не может быть разделен на слагаемые, зависящие либо только от числа Фруда, либо только от числа Рейнольдса. Поэтому способ Фруда принципиально является приближенным.

Непосредственные результаты испытаний модели опытовыми бассейнами представляются в виде графика в координатах "скорость - сопротивление, мощность".

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Куб $a = \underline{0,08}$ м, площадь поверхности $\Omega = 6a^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м²

Полусфера 1, 2 $r = \underline{0,108}$ м, $\Omega = 3\pi r^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м²

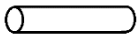
Цилиндр $r = \underline{0,03}$ м, $h = \underline{0,12}$ м, $\Omega = 2\pi r \cdot (r+h) = \underline{\hspace{2cm}}$ м²

Яйцо 1, 2 $r = \underline{0,035}$ м, $h = \underline{0,1}$ м,

$$\Omega = \frac{\pi}{2} \cdot \left(4 \cdot r^2 + \frac{1}{3 \cdot h^2} \left[\{r^2 + 4 \cdot h^2\}^{3/2} - r^3 \right] \right) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^2$$

Коэффициент кинематической вязкости принимается $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Таблица 8.1 – Вычисление буксировочного сопротивления и мощности судна

№	Расчеты величины и их обозначений	Куб 	Полусфера 1 	Полусфера 2 	Цилиндр 	Яйцо 1 	Яйцо 2 
1	Глубина погружения, Н, м						
2	Время всплытия, t, с						
3	Скорость, $v = \frac{H}{t}$, м/с						
4	Средняя скорость V , м/с						
5	Число Фруда $F_r = \frac{v}{\sqrt{gd}}$						
6	Коэффициент остаточного сопротивления C_x без учета поправок	1,05	1,33	0,42	0,82	0,2	0,2
7	Число Рейнольдса $Re = \left(\frac{vd}{\nu}\right)$						
8	Коэф. сопротивл. трения $C_{F_0} = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}}$						
9	Надбавка на шероховатость C_A	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$
10	Суммарный коэффициент сопротивления $C = C_x + C_{F_0} + C_A$						
11	Сопротивление $R = 500 \cdot \Omega \cdot v^2 \cdot C$, Н						

6. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных, графики сопротивления и мощности (на одной системе координат) и выводы по работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление воды движению судна?
2. От каких факторов зависит скорость судна при заданной мощности?
3. Как изменяется мощность ЭУ в зависимости от скорости движения?

Лабораторная работа № 9

РАСЧЕТ СМОЧЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОДЕЛИ СУДНА СЕРИИ 60

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: провести опыт ходовых испытаний модели транспортного судна и выполнить пересчет сопротивления воды движению судна с модели на натуру.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Выполняется расчет смоченной поверхности по таблице

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

$L_m =$ _____ см; теоретическая шпация $a_0 =$ _____ см.

Расчет производить в таблице 9.1. Результаты расчета записать ниже:

Смоченная поверхность $\Omega = 2 \cdot a_0 \cdot \Sigma =$ _____, см².

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных, графики сопротивления и мощности (на одной системе координат) и выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление воды движению судна?
2. От каких факторов зависит скорость судна при заданной мощности?
3. Как изменяется мощность ЭУ в зависимости от скорости движения?

Таблица 9.1 – Вычисление смоченной поверхности модели судна серии 60

№ шп-та	$L_n, \text{ см}$	$S_n, \text{ см}^2$	$S_{n+1} - S_{n-1}$	$\text{tg } \alpha = \frac{(3)}{2 \cdot \alpha_0 \cdot L_n}$	$\frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{(1 + (4)^2)}$	$l' = (1) \cdot (5)$
	1	2	3	4	5	6
0	0,000	0,000				
1	4,173	4,003				
2	4,557	8,719				
3	5,079	13,885				
4	5,702	19,439				
5	7,053	30,569				
6	8,242	40,190				
7	9,185	47,543				
8	9,940	53,072				
9	10,334	54,766				
10	10,334	54,766				
11	9,920	52,957				
12	9,435	49,866				
13	8,706	44,205				
14	7,767	36,203				
15	6,610	26,227				
16	5,358	15,496				
17	4,799	10,305				
18	4,338	5,492				
19	4,058	1,287				
20	1,000	0,700				

Сумма $\Sigma' =$ _____, смПоправка $\frac{1}{2} \cdot (l'_0 + l'_{20}) =$ _____, смИсправленная сумма $\Sigma =$ _____, смСмоченная поверхность $\Omega = 2 \cdot \alpha_0 \cdot \Sigma =$ _____, см²

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И МОЩНОСТИ ЭУ ПЕРЕСЧЕТОМ С МОДЕЛИ НА НАТУРУ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: провести опыт ходовых испытаний модели транспортного судна и выполнить пересчет сопротивления воды движению судна с модели на натуру.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Сопротивление судна в условиях скоростных испытаний на мерной линии при использовании способа Фруда, определяется как

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (10.1)$$

где R_{FO} - сопротивление трения эквивалентной гладкой пластины, кН;

R_R - остаточное сопротивление, кН;

R_A - корреляционная поправка, кН;

R_{AP} - сопротивление выступающих частей, кН.

Сопротивление обычно представляется в виде

$$R = (C_{FO} + C_R + C_A + C_{AP}) \rho \Omega v^2 / 2, \quad (10.2)$$

где C_{FO} - коэффициент сопротивления трения эквивалентной гладкой пластины ("экстраполятор трения"); обычно принимается по формуле Прандтля-Шлихтинга

$$C_{FO} = 0,455(\lg Re)^{-2,58}, \quad (10.3)$$

где $Re = \frac{vL}{\nu}$ - число Рейнольдса,

C_R - коэффициент остаточного сопротивления, определяемый порезультатам испытаний в опытовом бассейне модели проектируемого судна. Для геометрически подобных модели и судна C_R зависит только от числа Фруда

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}.$$

C_A - корреляционная поправка (известная также как "надбавка на шероховатость"), учитывает масштабный эффект вязкости, влияние не моделируемых факторов, а также сопротивление воздуха, волнения на море и рыскания судна во время проведения скоростных испытаний. Определяется из сравнения сопротивления судов данного типа при натурных испытаниях и сопротивления тех же судов, полученного пересчетом результатов испытаний их моделей по способу Фруда: $C_A = f(L)$

C_{AP} - коэффициент сопротивления выступающих частей, определяется по результатам экстраполяции на большие числа Re коэффициента сопротивления модели судна, снабженной выступающими частями и той же модели без выступающих частей ("голого корпуса"); для малых моделей испытания с выступающими частями не делаются. В этом случае оценка C_{AP} принимается

по рекомендациям, в зависимости от числа винтов, рулей и полноты обводов, для $Z_p=1$, $C_{AP} = f(L)$.

Ω - смоченная поверхность голого корпуса судна, m^2 ; определяется по теоретическому чертежу судна интегрированием "кривой смоченных полу периметров" шпангоутов $l = f(x)$ по x : как $\Omega = 2 \int_L l(x) dx$.

Сопротивление судна, должно представляться как $R = C_T(Re, Fr) \rho \Omega v^2 / 2$, где коэффициент полного сопротивления судна $C_T(Re, Fr)$ зависит как от числа Фруда, так и от числа Рейнольдса, и не может быть разделен на слагаемые, зависящие либо только от числа Фруда, либо только от числа Рейнольдса. Поэтому способ Фруда принципиально является приближенным.

Непосредственные результаты испытаний модели опытовыми бассейнами представляются в виде графика в координатах "скорость - сопротивление, мощность".

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Обработка результатов опыта.

Таблица 10.1 – Сопротивление судна по результатам испытаний его модели

$L_M = 1,00$ м; $\Omega_M =$ _____ m^2 ; $\rho_M = 1,000$ $тм^{-3}$; $v_M = 1,15 \cdot 10^{-6}$ $m^2 c^{-1}$;

$L = 120$ м; $B = 20$ м; $d = 8$ м; $\Omega =$ _____ m^2 ; $\rho = 1,025$ $тм^{-3}$; $v = 1,15 \cdot 10^{-6}$ $m^2 c^{-1}$;

Элементы расчета	Дистанция пробега 6 м											
	$v, m \cdot c^{-1}$ (по данным испытаний)											
Масса груза, г	200			300			400			500		
Время пробега, с												
Среднее время пробега, с												
Скорость пробега, м/с												
1. $R_M(v_M), Н$	2			3			4			5		
2. $Re_M = v_M \cdot L_M / \nu_M$												
3. $Fr = v_M / \sqrt{g \cdot L_M}$												
4. $C_M = R_M / \left(\frac{\rho_M}{2} \cdot \Omega_M v_M^2 \right)$												
5. $C_{FOM} = 0,455 \cdot (lg Re_M)^{-2,58}$												
6. $C_R = C_M - C_{FOM}$												
7. $Re = Fr \cdot \sqrt{g \cdot L^3} / \nu$												
8. $C_{F0} = 0,455 \cdot (lg Re)^{-2,58}$												

9. $C_A + C_{AP}$	0,7E-4	0,7E-4	0,7E-4	0,7E-4
10. $C_T = C_R + C_{F_0} + C_A + C_{AP}$				
11. $v = Fr \cdot \sqrt{g \cdot L}$				
12. $R_T = C_T \frac{\rho}{2} \cdot \Omega v^2$, Н				
13. $P_E = R_T \cdot v$, Вт				

6. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных, графики сопротивления и мощности (на одной системе координат) и выводы по работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление воды движению судна?
2. От каких факторов зависит скорость судна при заданной мощности?
3. Как изменяется мощность ЭУ в зависимости от скорости движения?

Лабораторная работа № 11 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГРЕБНОГО КОЛЕСА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель работы: провести опыт ходовых испытаний модели транспортного судна и выполнить пересчет сопротивления воды движению судна с модели на натуру.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Физическая модель состоит из нескольких компонентов: квадратное плавучее основание, с отверстием в середине; колесо установленное на подшипниках в середине плавучего основания из такого расчета, что нижняя кромка лопастей совпадает с днищем плавучего основания; слева и справа от ГК установлены выюшки для намотки троса соединенного с протяжной системой опытового бассейна гравитационного типа; грузы разной массы устанавливаются на диагонали плавучего основания в углах, для создания разной глубины погружения плиц ГК в воду. Схема установки во время эксперимента представлена на рисунке 11.1.

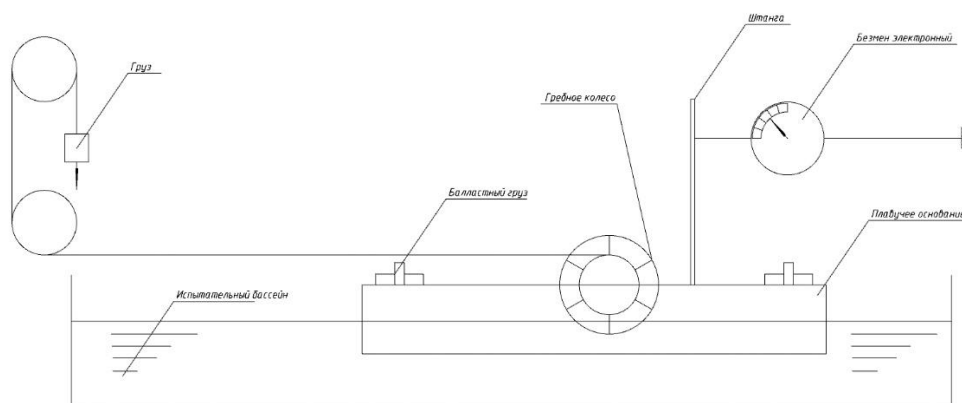


Рисунок 11.1 – Схема установки для исследования работы

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Исходные данные по ГК представлены в таблице 11.1. Расчет выполняется в таблице 11.2.

Таблица 11.1 – Исходные данные по ГК

Понтон						По расчету		По формуле	
						Осадка, d, см	Водоизмещение, кг	Осадка, d, см	Водоизмещение, кг
Длина	510 мм	51 см				0,5	1,05	0,5	1,05
Ширина	510 мм	51 см				1,0	2,11	1,0	2,11
Высота борта	60 мм	6 см				1,5	3,16	1,5	3,16
Длина окна	260 мм	26 см				2,0	4,21	2,0	4,21
Ширина окна	190 мм	19 см				2,5	5,27	2,5	5,27
Водоизмещение	3,4 кг	12642 см ³	12,642 кг			3,0	6,32	3,0	6,32
Размер шлиц и колеса						3,5	7,37	3,5	7,37
Диаметр	210 мм	21 см				4,0	8,43	4,0	8,43
Ширина	100 мм	10 см				4,5	9,48	4,5	9,48
Высота	40 мм	4 см				5,0	10,54	5,0	10,53
Количество	9 шт					5,5	11,59	5,5	11,59
						6,0	12,64	6,0	12,64

Таблица 11.2 – Расчет тяги гребного колеса

№	Масса груза, кг	Осадка, d, см								
		1			2			3		
1	Груз 1 (1,4)									
2	Груз 2 (2,8)									
3	Груз 3 (3,3)									
4	Среднее по грузу 1									
5	Среднее по грузу 2									
6	Среднее по грузу 3									

Тяга гребного колеса представлена на рисунке 11.2 (пример оформления)

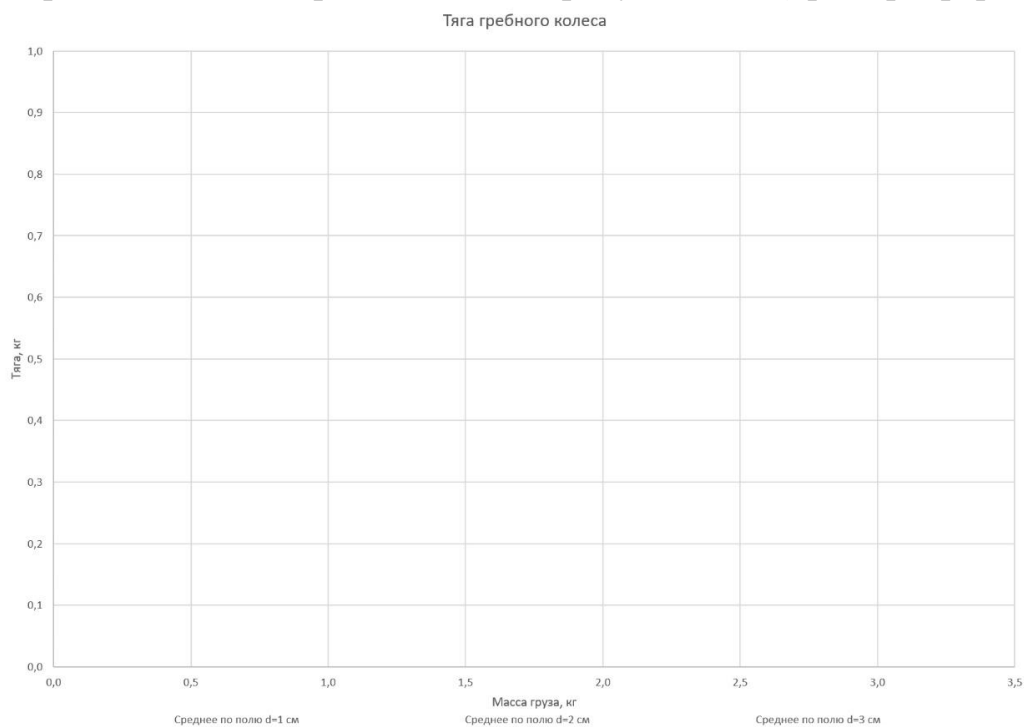


Рисунок 11.2 – Тяга гребного колеса

4. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт выполняется каждым студентом самостоятельно и должен включать: таблицы с результатами обработки полученных данных, графики сопротивления и мощности (на одной системе координат) и выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое судовой движитель?
2. Какие бывают судовые движители, перечислить?
3. Что такое гребное колесо?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статика корабля: учебник / Рождественский В.В., Луговский В.В., Борисов Р.В., Мирохин Б.В. – Л.: Судостроение, 2005. – 240 с.
2. Жинкин, В. Б. Теория и устройство корабля: учебник для бакалавриата и специалитета / В. Б. Жинкин. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 407 с. — (Серия: Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-08977-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/442109> (дата обращения: 15.05.2019).

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
5,5	25,0	3,0	19,4
6,6	31,1	3,6	16,3
7,7	37,4	4,1	14,1

СТАТИКА И ХОДКОСТЬ СУДОВ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Составитель: **Балашов** Михаил Георгиевич,
Лекарев Геннадий Викторович,
Мылымко Вячеслав Степанович

В авторской редакции

Изд. № 98/2024. Объем 2,5 п.л. Усл.печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,45.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»