

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.  
СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ  
И ДВИЖИТЕЛИ СУДОВ**

---

**Методические указания  
к выполнению лабораторных работ**

Севастополь  
СевГУ  
2024

**УДК 629.5.015.22:629.5.036(076.5)**  
**ББК 39.455.9я73**  
**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»

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

**Т338 Теория корабля. Сопротивление воды и движители судов:** 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. – 16 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. Сопротивление воды и движители судов».

УДК 629.5.015.22:629.5.036(076.5)  
ББК 39.455.9я73

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 для обучающихся по дисциплине «Теория корабля. Сопротивление и движители» 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. Определение сопротивления<br>плохообтекаемых тел (методом всплытия, часть 1) ..... | 5  |
| Лабораторная работа № 2. Определение сопротивления<br>плохообтекаемых тел (методом всплытия, часть 2) ..... | 7  |
| Лабораторная работа № 3. Расчет смоченной поверхности<br>модели судна серии 60 .....                        | 9  |
| Лабораторная работа № 4. Определение сопротивления<br>и мощности ЭУ пересчетом с модели на натуру .....     | 11 |
| Лабораторная работа № 5. Исследование работы гребного<br>колеса.....                                        | 14 |
| Библиографический список .....                                                                              | 16 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для проведения лабораторных работ используются модели, имеющиеся в лаборатории мореходных испытаний: плохообтекаемых тел, серии 60, гребного колеса, катамарана. Прогоны судов совершаются на мерной линии бассейна или методом свободного всплытия.

# Лабораторная работа № 1

## 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

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (1.1)$$

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".

#### 1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

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

**Шар 2**  $d=0,107$  м,  $\Omega = \pi d^2 = \underline{\hspace{2cm}}$  м<sup>2</sup>;

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

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

Коэффициент кинематической вязкости принимается  $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

Таблица 1.1 – Вычисление буксировочного сопротивления и мощности судна

| №  | Расчеты величины и их обозначений                                              | Шар 1<br> | Шар 2<br> | Таблетка<br> | Конус 1<br> | Конус 2<br> |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 № 2 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

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (2.1)$$

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".

### 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

**Куб**  $a = \underline{0,08}$  м, площадь поверхности  $\Omega = 6a^2 = \underline{\hspace{2cm}}$  м<sup>2</sup>

**Полусфера 1, 2**  $r = \underline{0,108}$  м,  $\Omega = 3\pi r^2 = \underline{\hspace{2cm}}$  м<sup>2</sup>

**Цилиндр**  $r = \underline{0,03}$  м,  $h = \underline{0,12}$  м,  $\Omega = 2\pi r \cdot (r+h) = \underline{\hspace{2cm}}$  м<sup>2</sup>

**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  $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

Таблица 2.1 – Вычисление буксировочного сопротивления и мощности судна

| №  | Расчеты величины и их обозначений                                | Куб<br> | Полусфера 1<br> | Полусфера 2<br> | Цилиндр<br> | Яйцо 1<br> | Яйцо 2<br> |
|----|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 № 3**  
**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  $\Omega = 2 \cdot a_0 \cdot \Sigma =$  \_\_\_\_\_, см<sup>2</sup>

### 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 3.1 – Вычисление смоченной поверхности модели судна серии 60

| №<br>шп-та | $L_n$ , см | $S_n$ , см <sup>2</sup> | $S_{n+1} - S_{n-1}$ | $tg \alpha = \frac{(3)}{2 \cdot a_0 \cdot L_n}$ | $\frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{(1 + (4)^2)}$ | $l' = (1) \cdot (5)$ |
|------------|------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|
|            | 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  $\Omega = 2 \cdot a_0 \cdot \Sigma =$  \_\_\_\_\_, см<sup>2</sup>

## Лабораторная работа № 4

### 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

$$R = R_{FO} + R_R + R_A + R_{AP}, \quad (4.1)$$

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

$$R = (C_{FO} + C_R + C_A + C_{AP}) \rho \Omega v^2 / 2, \quad (4.2)$$

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

$$C_{FO} = 0,455 (\lg Re)^{-2,58}, \quad (4.3)$$

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 сопротивле-

ния 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  $Z_P=1$ ,  $C_{AP} = f(L)$ .

$\Omega$  - 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".

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Обработка результатов опыта.

Таблица 4.1 – Сопротивление судна по результатам испытаний его модели

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

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

| Элементы расчета                                                      | Дистанция пробега 6 м                     |  |  |     |  |  |     |  |  |     |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|--|-----|--|--|-----|--|--|-----|--|--|
|                                                                       | $v, м \cdot с^{-1}$ (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. $C_{F_{0M}} = 0,455 \cdot (\lg Re_M)^{-2,58}$                      |                                           |  |  |     |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 6. $C_R = C_M - C_{F_{0M}}$                                           |                                           |  |  |     |  |  |     |  |  |     |  |  |

|                                                     |        |        |        |        |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 7. $Re = Fr \cdot \sqrt{g \cdot L^3} / v$           |        |        |        |        |
| 8. $C_{F_0} = 0,455 \cdot (\lg Re)^{-2,58}$         |        |        |        |        |
| 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                        |        |        |        |        |

#### 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 № 5 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 рис. 5.1.

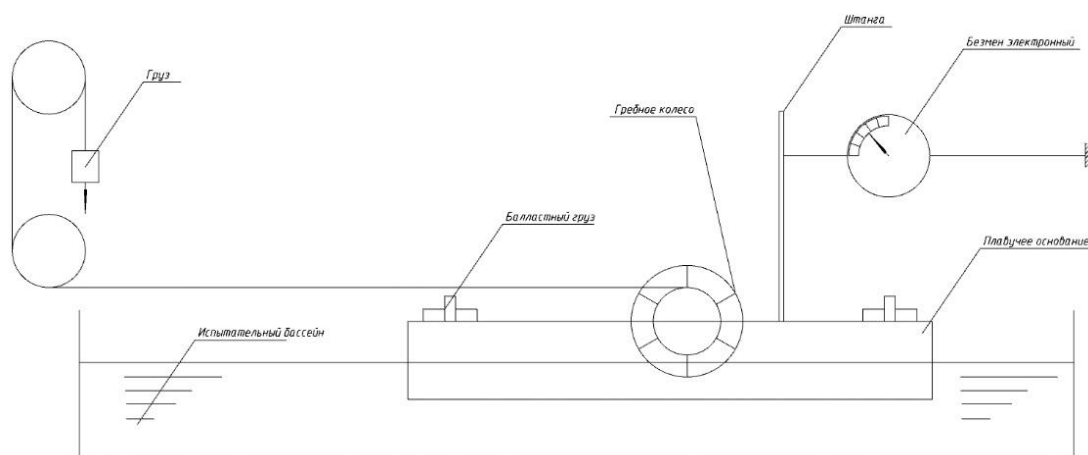


Рис. 5.1. Схема установки для исследования работы

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

Исходные данные по ГК представлены в табл. 5.1. Расчет выполняется в табл. 5.2.

Таблица 5.1 – 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 <sup>3</sup> | 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 5.2 – 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 рис. 5.2 (пример оформления)

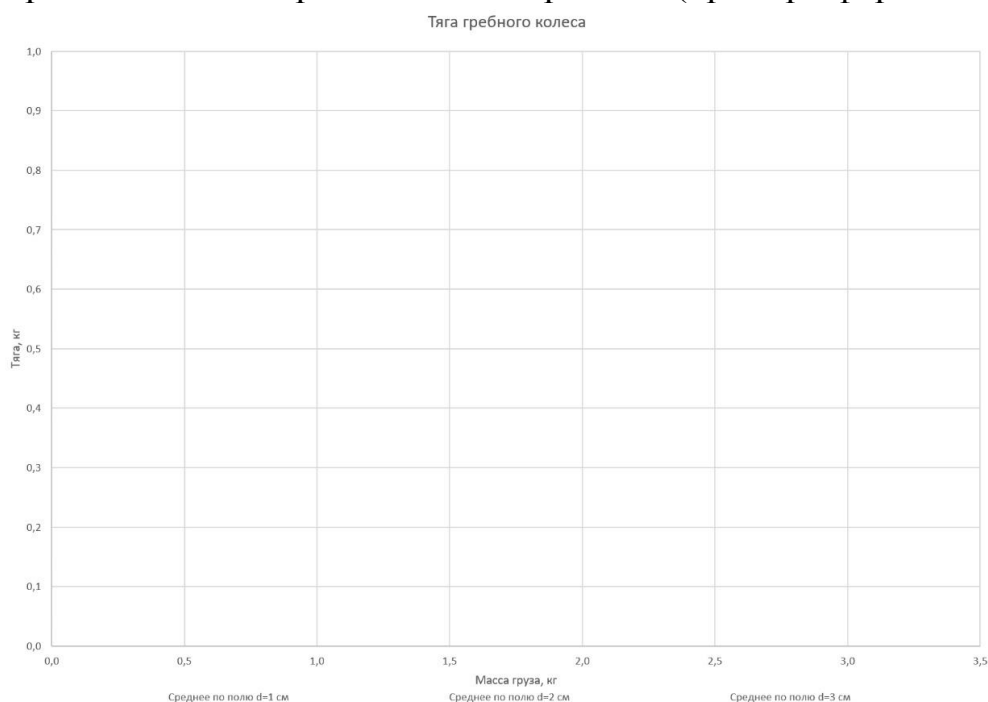


Рис. 5.2. Тяга гребного колеса

#### 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. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08977-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/442109> (дата обращения: 13.05.2024)

### ТЕОРИЯ КОРАБЛЯ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ И ДВИЖИТЕЛИ СУДОВ

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ*

Составители: **Балашов** Михаил Георгиевич  
**Мылымко** Вячеслав Степанович

В авторской редакции

Изд. № 97/2024. Объем 1 п.л. Усл.печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,98.  
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»