

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Новиков Денис Владимирович  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 11.11.2024 11:16:01  
Уникальный программный ключ:  
3357c68ce48e14f695c95789ac7a9678e502be60

## «Анализ технико-эксплуатационных характеристик транспортных судов».

В процессе выполнения работы необходимо выявить особенности общего расположения судна, указанного в задании. Для этого следует найти упомянутое в задании судно в справочниках серийных речных судов или в учебниках, сети интернет и детально изучить особенности его компоновки. В результате анализа общего расположения судна необходимо выявить особенности размещения надстроек, рулевой рубки, МО, а также помещений различного назначения (пассажирские каюты, салоны, грузовые трюмы и т.д.).

Изучение особенностей компоновки судна, определенного заданием, целесообразно выполнять в следующей последовательности. Необходимо установить:

1. Назначение судна.
2. Главные размерения судна (расчетные длину и ширину, высоту борта, осадку).
3. Место расположения надстройки и рулевой рубки. Определить число ярусов надстройки.
4. Расположение помещений в корпусе (по отсекам).
5. Расположение помещений в надстройке (по палубам).
6. Характеристики жилых помещений (число кают и мест в них), а также общественных и санитарных помещений для пассажиров.
7. Характеристики жилых, общественных и санитарных помещений для экипажа.
8. Характеристики главных двигателей (число двигателей и их марки)ю
9. Характеристики судовых движителей (тип и число)ю
10. Характеристики судовых устройств (перечень и назначение).
11. Характеристики общесудовых систем (перечень и назначение).
12. Установить состав и характеристики электрооборудования судна, используемого для работы судовых устройств и систем.

### 1. Вычерчивание схемы общего расположения судна.

Изображение корпуса делается упрощенно, без показа набора и принятых условных обозначений. На продольном разрезе судна судна и плане трюма утолщенной линией изображаются очертания корпуса, а

также попавшие в сечение поперечные и продольные переборки, внутренние борта, второе дно и платформы.

Надстройки показываются схематично. Изображение корпуса, надстроек, МО, трюмов должны давать представление об архитектурно- конструктивном типе и назначении судна, а также месте расположения соответствующего оборудования.

Судовое энергетическое оборудование принимается на основе общесудовой спецификации и должно быть показано на схеме общего расположения. В его состав включаются главные двигатели, дизель-генераторы, котлы и электрооборудование.

Энергетическое оборудование изображается на схеме тонкими линиями без соблюдения масштаба. Условно в виде прямоугольника изображаются главные двигатели, дизель-генераторы и котлы, а в виде окружности- электродвигатели, компрессоры.

Электродвигатели, насосы и другие механизмы, входящие в системы обслуживающие СЭУ, общесудовые системы, а также аккумуляторные батареи на схеме не изображаются. На схеме указывается лишь отсек, в котором расположено упомянутое оборудование. Как правило, вся указанная группа судового оборудования располагается в МО.

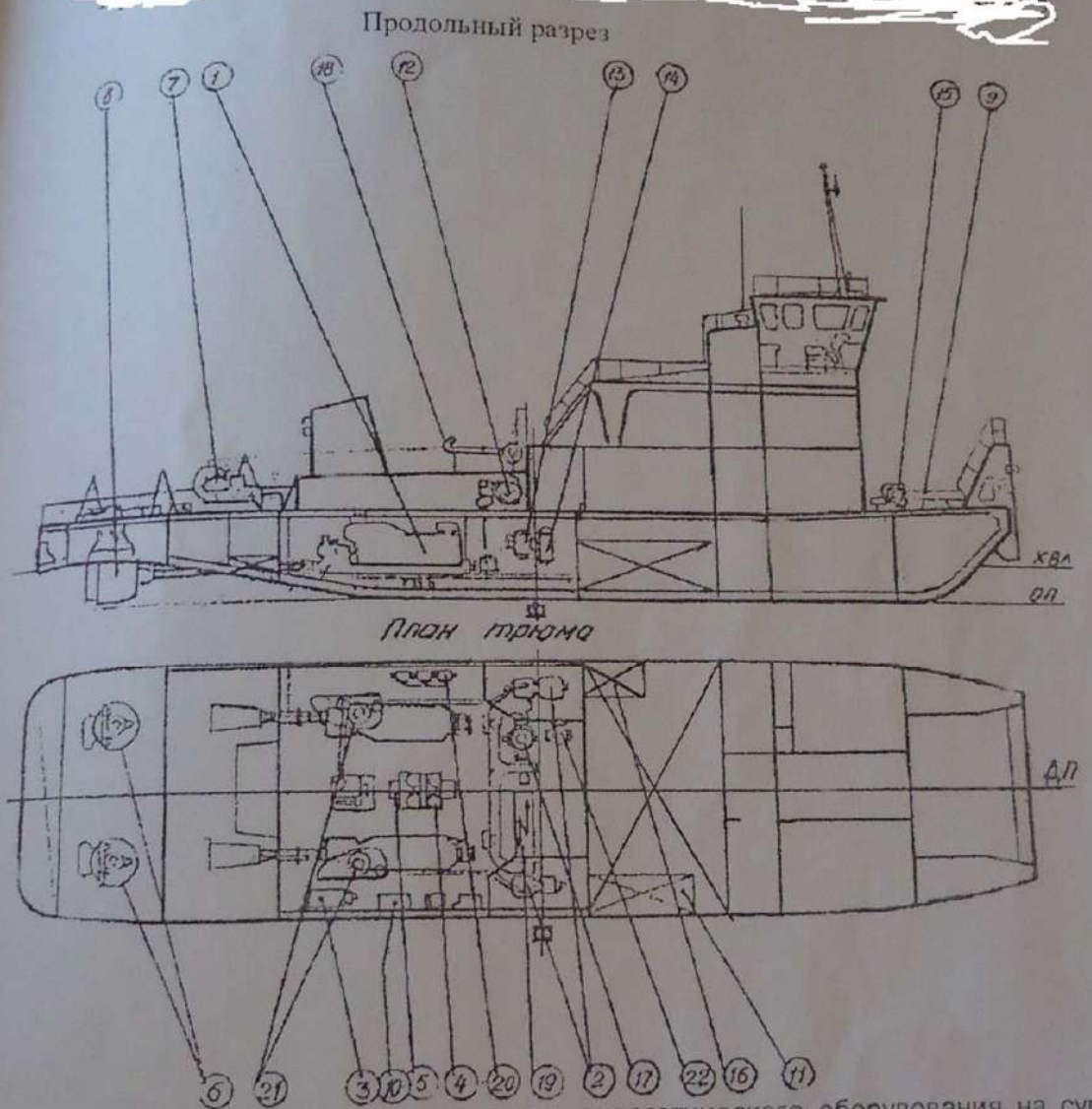


Рис. Схема расположения основного энергетического оборудования на судне.  
 1 - гл. двигатель; 2 - дизель-генератор; 3 - котлоагрегат; 4 - балоны сжатого воздуха;  
 5 - компрессор; 6 - рулевые машины; 7 - буксирная лебедка; 8 - движительно-рулевой комплекс; 9 - автосцеп; 10 - расходный бак; 11 - бак основного запаса топлива;  
 12 - вентилятор; 13 - теплообменник; 14 - гидрофор; 15 - брашпиль; 16 - сточно-фановая цистерна; 17 - пожар. насос; 18 - сан. насос; 19 - ГРЦ; 20 - маслопрокачив. насосы; 21 - утилизационные котлы; 22 - осушительный насос.

## 2. Составление общесудовой спецификации

Общесудовая спецификация составляется на основе материалов, приведенных в справочных по серийным судам и включает в себя основные показатели по судну в целом- характеристики корпуса, СЭУ, двигателей, судовых систем и устройств, электрорадионавигационного оборудования.

Общесудовая спецификация по корпусу и механизмам выполняется в следующей форме:

1. Назначение судна.
2. Тип судна.
3. Район плавания
4. Класс судна
5. Пассажировместимость, чел.
6. Грузоподъемность, т
7. Главные размерения судна (габаритные длина и ширина, высота от основной плоскости до верхней кромки несъемных частей), м
8. Водоизмещение судна при осадке в грузу и порожнем, т
9. Автономность плавания судна по запасам топлива, сут.
10. Тяговое усилие (для буксиров-толкачей), кН.
11. Скорость хода судна на глубокой воде, км/ч.
12. Форма обводов корпуса (коэффициенты полноты ватерлинии, мидельшпангоута, водоизмещения).
13. Материал корпуса и надстройки.
14. Система набора корпуса судна.
15. Количество экипажа.
16. Главные двигатели (количество, марка двигателя и мощность).
17. Двигатели (открытый гребной винт, винт в поворотной или неподвижной насадке, количество и материал винтов).
18. Судовые устройства (перечень устройств).
19. Общесудовые системы (перечень систем).
20. Вспомогательные механизмы (типы дизель-генераторов, их мощность).
21. Системы обслуживания СЭУ (перечень систем с указанием потребителей электроэнергии, их количества. Марки и мощности электродвигателя).
22. Электроснабжение (основные параметры тока и напряжения).
23. Источники электроэнергии (типы, марки и мощность генераторов тока).
24. Средства внешней связи (тип и марка радиостанции).



25. Средства судовой радиосвязи и радиовещания (марка систем и устройств. Системы сигнализации).

26. Приборы управления судном (количество и тип).

### **3. Сравнительный анализ эксплуатационно-технических показателей судов**

Выполнения анализа начинается с выбора по справочной литературе значений характеристик по базовому (заданному) судну. Затем выбираются для сравнения еще два судна. Эти суда принимаются по следующим условиям: класс судна должен быть таким же как у базового (или близким), мощность главной СЭУ и грузоподъемность не должны существенно отличаться от соответствующих значений базового судна.

Эксплуатационно-технические показатели позволяют оценить те качества судна, которые определяют его пригодность в различных условиях эксплуатации. Набор эксплуатационно-технических показателей для различных типов судов, модифицируется в зависимости от особенностей типа судов.

К натуральным показателям относятся следующие технико-эксплуатационные характеристики: главные размерения корпуса судна, грузоподъемность, пассажироместимость, тяга на гаке или сила упора, скорость хода судна, мощность главной энергетической установки, нагрузка масс судна (составляющие массы судна), массовое водоизмещение судна, численность экипажа, сроки службы, провозная способность и др. Эти показатели непосредственным образом характеризуют качества судов. Однако для сравнения судов удобнее применять относительные показатели и коэффициенты.

В качестве анализируемых характеристик принимаются класс судна, его пассажироместимость (грузоподъемность), водоизмещение в грузу, главные размерения (расчетные), суммарная мощность главных двигателей, скорость хода, относительные величины,  $L/B, L/H, B/T$ , а также  $0,12n_{\text{пас}}/D$  и  $n_{\text{пас}}*V/N$  – для пассажирских судов,  $P_r/D$  и  $P_rV/N$  – для грузовых судов,  $(0,12 n_{\text{пас}}+P_r) V/N$ - для грузопассажирских судов. Все упомянутые данные заносятся в таблицу.

Для приближенной оценки условий обеспечения ходкости, прочности и остойчивости судов выполняется расчет соотношений их главных

размерений  $L/V$ ,  $L/H$  и  $V/T$ . Для оценки транспортных возможностей сравниваемых судов необходимо выполнить расчеты коэффициентов утилизации судов (для пассажирских судов –  $0,12n_{\text{пас}}/D$ ; для грузовых судов –  $P_r/D$ ; для грузопассажирских судов  $(0,12n_{\text{пас}}+P_r)/D$ ) и транспортной эффективности судов (для пассажирских судов  $n_{\text{пас}}V/N$ , чел км/кВт; для грузовых судов  $P_rV/N$ , т.км/кВт; для грузопассажирских судов –  $(0,12n_{\text{пас}}+P_r)V/N$ , т км/кВт ч). При этом необходимо помнить, что мощность главных двигателей в этих расчетах принимается в кВт, а не в лошадиных силах, как приводится во многих справочниках. Перевод в необходимую размерность делается, исходя из известного соотношения  $1 \text{ л.с.} = 0,736 \text{ кВт}$ .

При расчете коэффициента утилизации пассажирских судов показатель  $0,12$  обозначает, что масса пассажира с багажом принята равной  $0,12 \text{ т}$ .

В заключительной части работы проводится сравнительный анализ относительных показателей, указывается влияние показателя на то или иное качество судна, а также устанавливается (выявляется) соотношение качеств сравниваемых судов. При этом следует полнее раскрывать причинно-следственные связи.

Анализ технико-эксплуатационных характеристик судов ведется в следующей последовательности. Прежде всего, сравниваются класс судна и его пассажироместимость или грузоподъемность. При анализе пассажироместимости необходимо учитывать не только число посадочных мест, но и их комфортабельность (выписать и сравнить каюты каких категорий размещены на судне).

Навигационные качества судов приближенно можно оценить по соотношению их главных размерений. Например, для водоизмещающих относительно тихоходных судов при постоянном водоизмещении с увеличением значения  $L/V$  сопротивление воды будет уменьшаться и, следовательно, условия для обеспечения ходкости будут лучше. По соотношению  $L/H$  можно выполнить сравнительную оценку условиям прочности корпуса. При одинаковой длине условия обеспечения прочности корпуса у судна, имеющего меньшее значение  $L/H$ , будут лучше. При прочих равных условиях по соотношению  $V/T$  можно судить об остойчивости судна. С уменьшением  $V/T$  остойчивость судов становится выше.

Техническое совершенство и потенциальные транспортные возможности сравниваемых судов можно оценить по коэффициенту утилизации и значению показателей транспортной эффективности. Можно ожидать, когда

выше коэффициент утилизации, судно спроектировано лучше. Значение показателей транспортной эффективности характеризуют, прежде всего, производительность и экономичность судна, как транспортного средства. В самом деле, более высокое значение этого показателя указывает на то, что судно потенциально может выполнять большую работу, приходящуюся на единицу мощности главных двигателей.

Таблица 1- Сравнительный анализ эксплуатационно-технических показателей судов

Характеристики	Анализируемые суда	
	Заданный вариант	Сравниваемые суда
Номер проекта		
Класс судна		
Пассажировместимость, $n_{пас}$ , чел		
Грузоподъемность, $P_{г,т}$		
Объем грузовых трюмов, $m^3$		
Водоизмещение в грузу, $D, т$		
Главные размерения (расчетные), м: Длина, L Ширина, В Высота борта, Н Осадка, Т		
Суммарная мощность главных двигателей, N, кВт		
Скорость, V, км/ч		
Соотношение главных размерений: L/V L/H В/Т		
Коэффициент утилизации $0,12 \frac{n_{пас}}{D}$ или $\frac{P_{г,т}}{D}$		
Транспортная эффективность судна $\frac{n_{пас} \cdot V}{N} \left( \frac{чел. \cdot км}{кВт \cdot ч} \right)$ или $\frac{P_{г,т} \cdot V}{N} \left( \frac{т км}{кВт ч} \right)$		

## **4. Систематизация энергетического оборудования базового судна**

Целью выполнения этой части работы является систематизация энергетического оборудования с разделением по видам энергии: механическая, электрическая, тепловая. При этом имеется в виду, что судно снабжено производителями (источниками) того или иного вида энергии и на нем имеются потребители энергии. Между производителями и потребителями энергии находятся промежуточное оборудование (промежуточные звенья): проводники энергии, накопители (аккумуляторы), распределители, преобразователи и др.

Имеющуюся информацию по энергетическому оборудованию в отчете необходимо представить с использованием следующей рубрикации:

### 4.1 Механическая энергия

#### 4.1.1 Источники механической энергии

#### 4.1.2 Потребители механической энергии

#### 4.1.3 Промежуточное оборудование

### 4.2 Электрическая энергия

#### 4.2.1 Источники электрической энергии

#### 4.2.2 Потребители электрической энергии

#### 4.2.3 Промежуточное оборудование

### 4.3 Тепловая энергия

#### 4.3.1 Источники тепловой энергии

#### 4.3.2 Потребители тепловой энергии

#### 4.3.3. Промежуточное оборудование

По каждому виду оборудования в отчете даются основные показатели: тип и марка механизма (оборудования), назначение и количество однотипных единиц оборудования, мощность и частота вращения, напряжение тока, теплопроизводительность и т.д.

Номер задания	Номер проекта	Тип судна, класс Регистра
1	20	Грузопассажирский дизель-электроход мощностью 3×662 кВт. Класс «* O»
2	26 - 37	Грузопассажирский теплоход мощностью 3×386 кВт. Класс «* O»
3	588	Грузопассажирский теплоход мощностью 3×275 кВт. Класс «* O»
4	939	Пассажирский двухкорпусный теплоход мощностью 2×166 кВт. Класс «* P»
5	860	Грузопассажирский теплоход мощностью 3×294 кВт. Класс «* O»
6	92-016	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* O», (постройка ЧССР)
7	301	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* O», (постройка ГДР)
8	302	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* M (лёд)», (постройка ГДР).
9	302 М 302 МК	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* M (лёд)», (постройка ГДР)
10	Ку 040	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* O», (постройка Австрии)
11	Ку 056	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* M», (постройка Австрии)
12	Ку 065	Пассажирский теплоход туристического назначения. Класс «* O», (постройка Австрии)
13	81080	Пассажирский теплоход мощностью 2×110 кВт. Класс «* O (лёд)»
14	507	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 5300т, мощностью 2×736 кВт. Класс «* O»
15	1565	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 5000т, мощностью 2×663 кВт. Класс «* O»
16	1566	Составной сухогрузный теплоход грузоподъемностью 10000т, мощностью 2×663 кВт. Класс «* O»
17	791	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 2700т, мощностью 2×486 кВт. Класс «* M»
18	1557	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 2700т, мощностью 2×486 кВт. Класс « P 4/1 C» Морского Регистра (★)
19	781	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 2000т, мощностью 2×486 кВт. Класс «★P 4/1 C» Морского Регистра.
20	576	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 2000т, мощностью 2×368 кВт. Класс «* O».
21	559Б	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 1200т, мощностью 2×295 кВт. Класс «* O».
22	0225	Сухогрузный теплоход грузоподъемностью 2100т, мощностью 2×662 кВт. Класс «* M-СП», (постройка Финляндии).

23	292	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 2100т, мощностью 2×662 кВт. Класс «* М-СП», (постройка Финляндии).
24	326.1	Контейнеровоз грузоподъёмностью 1000т, мощностью 2×441 кВт. Класс «* М-пр (лёд)», (постройка ГДР).
25	1743	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 2100т, мощностью 2×515 кВт. Класс «* М».
26	P32БУ	Самоходная шаланда грузоподъёмностью 2900-3350т, мощностью 2×565 кВт. Класс «* М-пр (лёд)»
27	P19	Сухогрузный двухкорпусный теплоход грузоподъёмностью 1000т, мощностью 2×663 кВт. Класс «* О».
28	P86А	Сухогрузный теплоход-площадка грузоподъёмностью 700-1000т, мощностью 2×221 кВт. Класс «* Р».
29	P97И	Сухогрузный теплоход-площадка с изгибающим устройством, мощностью 2×300 кВт. Класс «* О».
30	81110	Сухогрузный теплоход-площадка грузоподъёмностью 1200т, мощностью 2×220 кВт. Класс «* Р».
31	P143	Составной сухогрузный теплоход с изгибающим устройством для малых рек грузоподъёмностью 311т, мощностью 440 кВт. Класс «* Р».
32	P168	Сухогрузный теплоход для перевозки овощей и тарно-штучных грузов грузоподъёмностью 625/1350 т, мощностью 2×398 кВт. Класс «* О-пр (лёд)».
33	19610	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 3900/5500т, мощностью 2×972 кВт. Класс «КМ★ЛЗ 1 АЗ». <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
34	507	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 5300т, мощностью 2×736 кВт. Класс «* О»
35	488 АМ/4	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 3000т, мощностью 2×640 кВт. Класс «КМ ЛЗ II-СП А1» (постройка <input checked="" type="checkbox"/> Португалии).
36	19611	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 2800/4100т, мощностью 2×972 кВт. Класс «КМ ★ЛЗ 1А3». <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
37	787	Сухогрузный теплоход грузоподъёмностью 1885т, мощностью 2×440 кВт. Класс «КМ★ЛЗ II-СП А1».



Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волжская государственная академия водного транспорта»

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

## Расчет характеристик винта при выборе гребного электродвигателя

Методические указания и задания  
для студентов очного (лабораторная работа)  
и заочного (контрольная работа) обучения специальности  
180404 «Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики»

Составители – А.А. Кеслер, Е.В. Фунтикова



Нижний Новгород  
Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ»  
2011

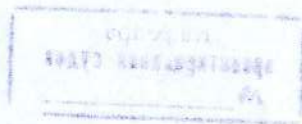


Расчет характеристик винта при выборе гребного электродвигателя : метод. указания и задания для студ. оч. (лабор. раб.) и заоч. (контр. раб.) обуч. специальности 180404 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» / сост. – А.А. Кеслер, Е.В. Фунтикова. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 28 с.

Дана последовательность расчета силы сопротивления движению судна с использованием показателей судна-прототипа. Представлены рекомендации по определению характеристик винта и выбору гребного электродвигателя.

Методические указания составлены в соответствии с программами по дисциплине «Теория и устройство судов» для студентов очной и заочной форм обучения специальности 180404 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

Работа рекомендована к изданию кафедрой проектирования и технологии постройки судов (протокол № 8 от 24.03.2011 г.).



## Введение

Целью работы является закрепление теоретических знаний по гидромеханике судна и получение навыков по определению элементов винтовых движителей и выбору электродвигателя гребной электрической установки (ГЭУ).

ГЭУ – это система электрического привода гребных винтов судна. Современные ГЭУ могут быть различных типов, но в состав каждой из них входят:

- первичный двигатель (ДВС, паровая или газовая турбина);
- электрический генератор переменного или постоянного тока, приводимый в движение первичным двигателем;
- гребные электродвигатели постоянного или переменного тока различных типов;
- гидравлические движители – гребные винты или водометные насосы.

В зависимости от числа гребных валов ГЭУ подразделяют на одно-, двух- и трехвальные, а по способу передачи движения от электродвигателей на гребные винты – на установки с редукторной и с прямой передачей.

По роду тока ГЭУ двойного рода подразделяют на установки переменного, постоянного и двойного рода тока. В качестве гребных электродвигателей в ГЭУ переменного тока используются электродвигатели переменного тока, в ГЭУ постоянного – электродвигатели постоянного тока. ГЭУ двойного рода тока имеют электродвигатели постоянного тока, которые получают электроэнергию от синхронных генераторов через преобразователи переменного тока в постоянный.

В ходе работы студенту необходимо выполнить:

- приближенный расчет силы сопротивления движению судна;
- расчет элементов гребного винта, а также необходимой мощности и частоты вращения гребного электродвигателя;
- выбор гребного электродвигателя для судна.

В приложении 1 представлены варианты исходных данных для выполнения работы. Они включают конструктивные главные размеры корпуса судна, м: длину ( $L$ ), ширину ( $B$ ) и осадку ( $T$ ). Кроме того, варьируются значения коэффициента полноты водоизмещения ( $\delta$ ) и скорости хода судна ( $v_0$ , км/ч).



Количество движителей ( $x$ ) принимается в зависимости от заданной ширины судна:

при  $B \leq 7,5$  м принимается  $x = 1$ ;

при  $B > 7,5$  м —  $x = 2$ .

Номер варианта выбирается студентом по двум последним цифрам шифра зачетной книжки.

Значения характеристик в приложении 1 даны с учетом того, что в работе производится выбор гребного электродвигателя для пассажирского судна, имеющего обычную (нетоннельную) корму.

### 1. Приближенный расчет силы сопротивления движению судна на глубокой тихой воде

При движении судна возникает сопротивление его движению со стороны окружающей среды; оно включает несколько составляющих:

- сопротивление трения;
- сопротивление формы (вихревое сопротивление);
- волновое сопротивление;
- сопротивление выступающих частей;
- сопротивление воздуха.

При выполнении расчета сопротивления движению судов сопротивление формы корпуса и волновое сопротивление объединяют в одну составляющую полного сопротивления, которая называется остаточным сопротивлением.

Полное сопротивление движению судна определяется по формуле

$$R = c \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (1)$$

где  $c$  — коэффициент полного сопротивления;

$\rho$  — плотность воды (для пресной воды  $\rho = 1 \text{ т/м}^3$ );

$S$  — смоченная поверхность корпуса судна,  $\text{м}^2$ ;

$v$  — скорость хода судна,  $\text{м/с}$ .

Смоченная поверхность корпуса приближенно рассчитывается по формуле

$$S = L (0,55 + 0,45 \delta^2) (B + 2T),$$

где  $L, B, T$  — длина, ширина и осадка судна по конструктивную ватерлинию (КВЛ) соответственно, м;

$\delta$  — коэффициент полноты водоизмещения.

Коэффициент полного сопротивления рассчитывается по формуле

$$C = C_o + C_r + \Delta C_r + C_{вч} + C_v,$$

где  $C_o$  — коэффициент остаточного сопротивления;

$C_r$  — коэффициент сопротивления трения эквивалентной гидродинамически гладкой пластины;

$\Delta C_r$  — надбавка к коэффициенту сопротивления  $C_r$ , учитывающая влияние шероховатости поверхности корпуса судна;

$C_{вч}$  — коэффициент сопротивления, вызванного выступающими частями (кронштейнами гребных валов, рулевыми органами и др.);

$C_v$  — коэффициент воздушного сопротивления надводной части судна.

Величина  $C_o$  зависит от числа Фруда ( $Fr_V$ ), характеризующего скоростной режим судна, и формы корпуса. Число Фруда по водоизмещению определяется по формуле

$$Fr_V = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \sqrt[3]{V}}},$$

где  $v$  — скорость хода судна,  $\text{м/с}$ ;

$V$  — объемное водоизмещение корпуса судна,  $\text{м}^3$ ;

$g$  —  $9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения.

Для расчета коэффициента остаточного сопротивления используется формула

$$C_o = C_o' \frac{\chi_{L/B} \chi_{B/T} \chi_\delta \bar{S}'}{\chi'_{L/B} \chi'_{B/T} \chi'_\delta \bar{S}}, \quad (2)$$



- где  $C'_0$  – коэффициент остаточного сопротивления судна-прототипа при некотором значении числа Фруда ( $Fr_v$ );
- $\chi_{L/B}, \chi_{B/T}, \chi_\delta$  – поправочные множители для расчетного судна;
- $\chi'_{L/B}, \chi'_{B/T}, \chi'_\delta$  – аналогичные множители для судна-прототипа;
- $\bar{S}, \bar{S}'$  – относительная смоченная поверхность расчетного судна и судна-прототипа соответственно.

Относительная смоченная поверхность расчетного судна находится по формуле

$$\bar{S} = \frac{S}{V^{2/3}},$$

где  $V = \delta LBT$  – объемное водоизмещение корпуса,  $m^3$ .

Выбор судна-прототипа производится исходя из показателей  $L/B$ ,  $\delta$ ,  $B/T$  и  $\bar{S}$  расчетного судна по табл. 1.1. При этом следует, прежде всего, обратить внимание на близость к судну-прототипу значений параметров  $L/B$  и  $\delta$ , а затем  $B/T$  и  $\bar{S}$ .

Таблица 1.1

Характеристики судов-прототипов

№ судна-прототипа	$L/B$	$B/T$	$\delta$	$\bar{S}'$
1	6,77	4,00	0,500	6,90
2	5,72	4,01	0,465	7,10
3	6,60	4,95	0,573	7,53
4	7,75	5,27	0,575	8,00
5	8,10	5,05	0,710	8,05
6	9,35	5,64	0,656	8,77
7	7,10	8,07	0,737	9,45

После выбора судна-прототипа производится расчет силы сопротивления движению заданного судна по форме табл. 1.2. При этом вначале определяются и вносятся в табл. 1.2 исходные показатели по расчетному судну и судну-прототипу.

Режимы движения расчетного судна задаются пятью значениями числа Фруда: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8.

Значение коэффициента остаточного сопротивления выбранного судна-прототипа ( $C'_0$ ) находится с использованием рис. 1.1.

Расчет по табл. 1.2 выполняется следующим образом. Для каждого из принятых чисел Фруда по имеющимся значениям  $(L/B)$ ,  $(B/T)$ ,  $\delta$  – для расчетного судна и  $(L/B)'$ ,  $(B/T)'$ ,  $\delta'$  – для судна-прототипа с графиков снимаются значения  $\chi_{L/B}$ ,  $\chi'_{L/B}$ ,  $\chi_{B/T}$ ,  $\chi'_{B/T}$ ,  $\chi_\delta$ ,  $\chi'_\delta$ . Соответствующие графики представлены на рис 1.2, 1.3, 1.4.

После расчета коэффициента остаточного сопротивления ( $C'_0$ ) находятся другие составляющие коэффициента полного сопротивления движению расчетного судна.

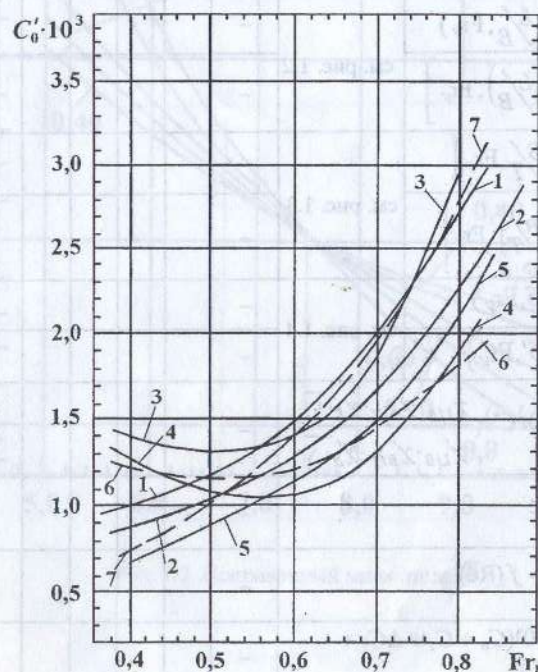


Рис. 1.1. Зависимости коэффициента остаточного сопротивления для судов-прототипов (на поле графика даны номера судов-прототипов)



Таблица 1.2

Расчет сопротивления движению судна

Характеристики расчетного судна и константы: $L/B = \dots; B/T \dots; \delta = \dots; V = \dots \text{ м}^3; S = \dots \text{ м}^2; \rho = 1,0 \text{ т/м}^3; g = 9,81 \text{ м/с}^2$								
№ п/п	Расчетные формулы	Размерность	Режимы движения					Примечание
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1	$Fr_V$	-						судно-прототип №
2	$v = Fr_V \sqrt{g \cdot V^{1/3}}$	м/с						
3	$10^3 C_o = f(Fr_V)$	-						
4	$\chi_{L/B} = f(L/B, Fr_V)$	-						$(L/B)' = \dots$
5	$\chi'_{L/B} = f\left[\left(\frac{L}{B}\right)', Fr_V\right]$	см. рис. 1.2						
6	$\chi_{B/T} = f\left(\frac{B}{T}, Fr_V\right)$	-						$(B/T)' = \dots$
7	$\chi'_{B/T} = f\left[\left(\frac{B}{T}\right)', Fr_V\right]$	см. рис. 1.3						
8	$\chi_\delta = f(\delta, Fr_V)$	-						$\delta' = \dots$
9	$\chi'_\delta = f(\delta', Fr_V)$	см. рис. 1.4						
10	$10^3 C_o = 10^3 C_o \cdot \frac{\chi_{L/B} \cdot \chi_{B/T} \cdot \chi_\delta \cdot \bar{S}'}{\chi'_{L/B} \cdot \chi'_{B/T} \cdot \chi'_\delta \cdot \bar{S}}$	-						$\bar{S}' = \dots;$ $\bar{S} = \dots$
11	$Re = \frac{v \cdot L}{\nu}$	-						
12	$10^3 \cdot C_\tau = f(Re)$	-						
13	$10^3 \cdot C = 10^3(C_o + C_\tau + \Delta C_\tau + C_{вч} + C_a)$	-						
14	$R = C \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot v^2$	кН						
15	$v_ч = 3,6 \cdot v$	км/ч						

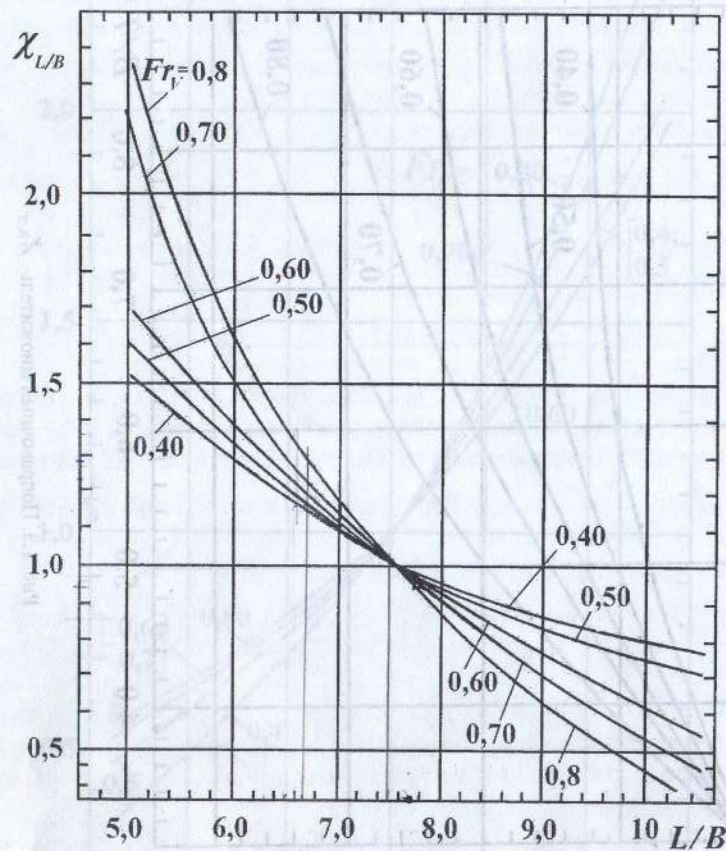


Рис. 1.2. Поправочный множитель  $\chi_{L/B}$



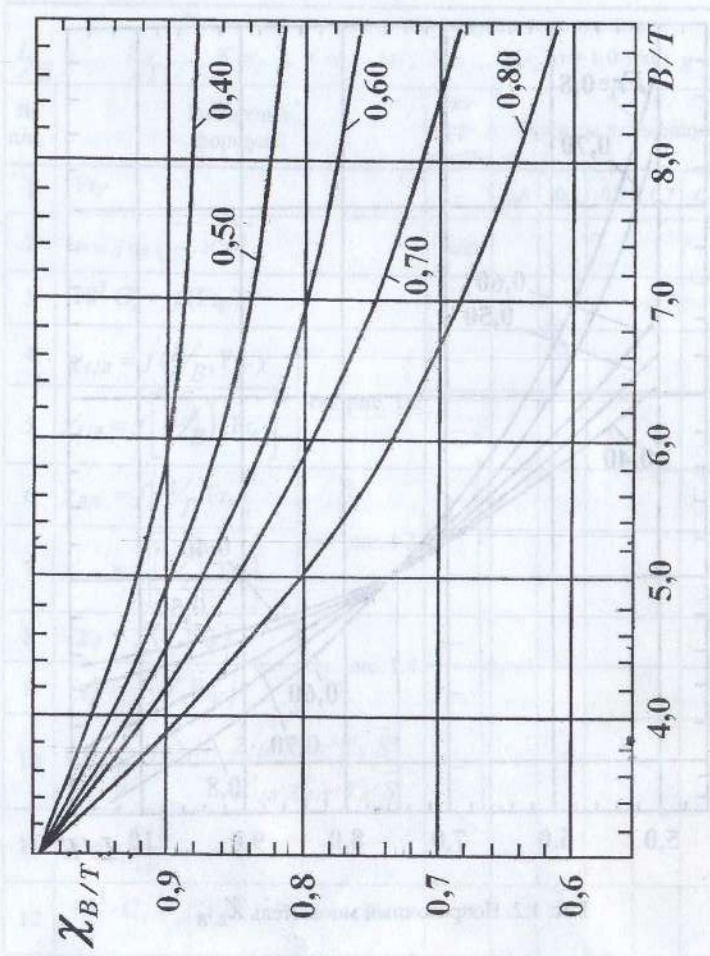


Рис. 1.3. Поправочный множитель  $\chi_{B/T}$

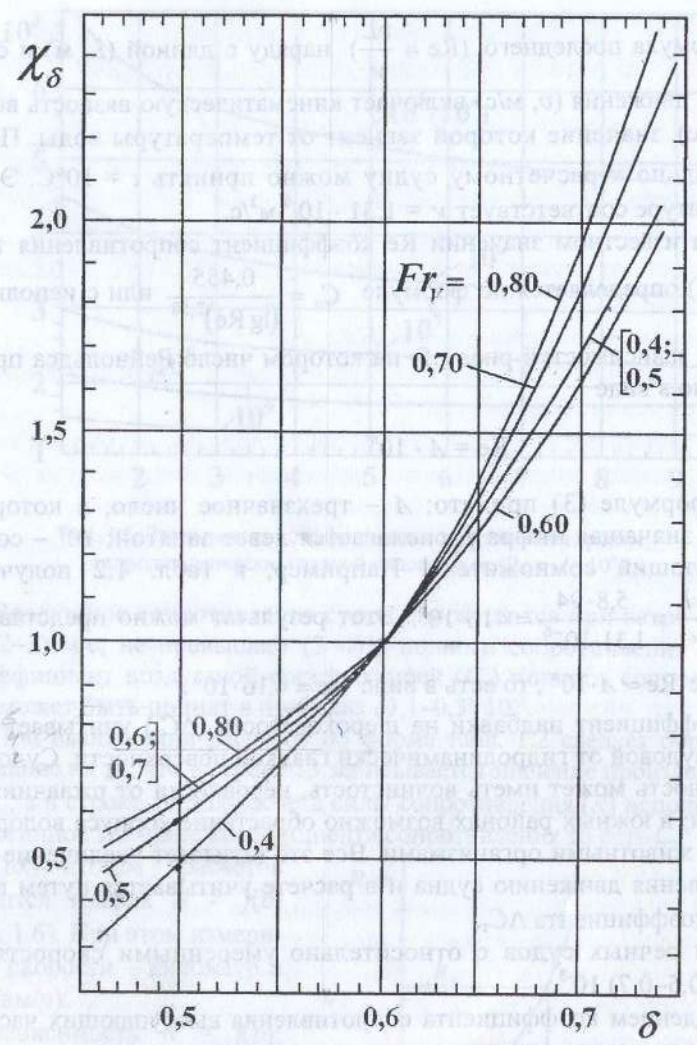


Рис. 1.4. Поправочный множитель  $\chi_\delta$

Коэффициент сопротивления трения гидродинамически гладкой пластины определяется в зависимости от числа Рейнольдса (Re).



Формула последнего ( $Re = \frac{vL}{\nu}$ ) наряду с длиной ( $L$ , м) и скоростью движения ( $v$ , м/с) включает кинематическую вязкость воды ( $\nu$ , м<sup>2</sup>/с), значение которой зависит от температуры воды. Применительно к расчетному судну можно принять  $t = 10^\circ\text{C}$ . Этой температуре соответствует  $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

При известном значении  $Re$  коэффициент сопротивления трения ( $C_T$ ) определяется по формуле  $C_T = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}}$  или с использованием зависимостей рис. 1.5, на котором число Рейнольдса представлено в виде

$$Re = A \cdot 10^n. \quad (3)$$

В формуле (3) принято:  $A$  – трехзначное число, в котором первая значащая цифра располагается левее запятой;  $10^n$  – соответствующий сомножитель. Например, в табл. 1.2 получено  $Re = \frac{v \cdot L}{\nu} = \frac{5,8 \cdot 94}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 416 \cdot 10^6$ . Этот результат можно представить

в форме  $Re = A \cdot 10^n$ , то есть в виде  $Re = 4,16 \cdot 10^8$ .

Коэффициент надбавки на шероховатость ( $\Delta C_T$ ) учитывает отличие судовой от гидродинамически гладкой поверхности. Судовая поверхность может иметь волнистость, неровности от ржавчины и окраски; в южных районах возможно обрастание корпуса водорослями и животными организмами. Все это вызывает увеличение сопротивления движению судна и в расчете учитывается путем введения коэффициента  $\Delta C_T$ .

Для речных судов с относительно умеренными скоростями  $\Delta C_T = (0,5-0,7) 10^{-3}$ .

Введением коэффициента сопротивления выступающих частей ( $C_{в.ч.}$ ) учитывается сопротивление, вызываемое конструкциями судна, находящимися за пределами «голового корпуса», то есть гребными валами и их кронштейнами, рулями, вертикальными и бортовыми килями. Значение этого коэффициента для большинства речных судов не превышает  $(0,25-0,3) 10^{-3}$ .

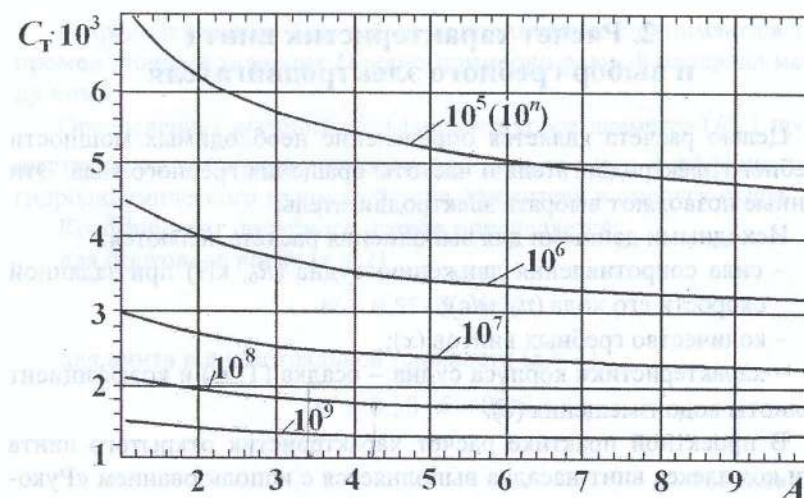


Рис. 1.5. Зависимость коэффициента сопротивления трения гидродинамически гладкой пластины от ( $Re = A \cdot 10^n$ )

Воздушное сопротивление судов, движущихся при ветре силой до (2–3) м/с, не превышает (3–4)% полного сопротивления воды. Коэффициент воздушной составляющей ( $C_{в.}$ ) полного сопротивления может быть принят в пределах  $(0,1-0,3) 10^{-3}$ .

При выполнении расчетов по форме табл. 1.2 следует обратить внимание на то, что в строке 13 записывается значение произведения  $10^3 \cdot C$ , а в строке 14 для расчета силы сопротивления ( $R$ ) используется истинное значение коэффициента сопротивления то есть  $C$ .

По итогам расчетов строится график  $R = f(v)$  (рис. 1.6). При этом измеритель скорости – километр в час (км/ч).

Зависимость  $R = f(v)$ ; позволяет определять силу сопротивления движению ( $R_0$ ) расчетного судна при заданной скорости движения ( $v_0$ ).

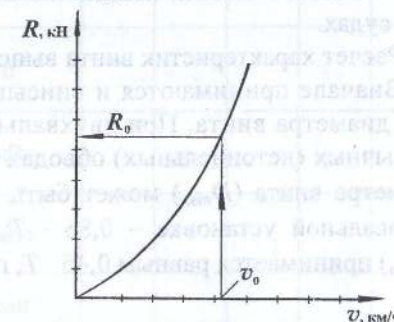


Рис. 1.6. Зависимость силы сопротивления движению от скорости хода судна



## 2. Расчет характеристик винта и выбор гребного электродвигателя

Целью расчета является определение необходимых мощности гребного электродвигателя и частоты вращения гребного вала. Эти данные позволяют выбрать электродвигатель.

Исходными данными для выполнения расчета являются:

- сила сопротивления движению судна ( $R_0$ , кН) при заданной скорости его хода ( $v_0$ , м/с);
- количество гребных винтов ( $x$ );
- характеристики корпуса судна – осадка ( $T$ , м) и коэффициент полноты водоизмещения ( $\delta$ ).

В проектной практике расчет характеристик открытого винта или комплекса винт-насадка выполняется с использованием «Руководства по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания»\* с приложением к нему в виде альбома расчетных диаграмм.

В данной работе в качестве движителя судна принят открытый винт. Такой конструктивный тип движителя является характерным для водоизмещающих пассажирских судов.

Выбор дискового отношения ( $\Theta$ ) и числа лопастей ( $z$ ) в работе допускается не обосновывать, так как эти элементы винта существенно влияют на величину потребляемой мощности. Для расчета принят винт с дисковым отношением  $\Theta = 0,55$  и числом лопастей  $z = 4$ . Винты с такими показателями широко применяются на речных судах.

Расчет характеристик винта выполняется по форме табл. 2.1.

Вначале принимаются и вписываются в табл. 2.1 пять значений диаметра винта. При двухвальной пропульсивной установке и обычных (нетоннельных) обводах кормы максимальное значение диаметра винта ( $D_{\max}$ ) может быть принято равным  $0,75 \cdot T$ ; при одновальной установке –  $0,85 \cdot T$ ; минимальный диаметр винта ( $D_{\min}$ ) принимается равным  $0,45 \cdot T$ , где  $T$  – осадка судна.

\* Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания / под ред. А.М. Басина, Е.И. Степанюка – Л.: Транспорт, 1977. – 272 с.

В пределах между  $D_{\min}$  и  $D_{\max}$  дополнительно принимаются три промежуточных значения  $D$  через примерно равный интервал между ними.

Определению значений коэффициента упора-диаметра ( $K'_d$ ) предшествуют расчеты ряда показателей и, прежде всего, коэффициентов гидродинамического взаимодействия движителя и корпуса судна.

Коэффициент попутного потока определяется:

для бортового винта ( $x = 2$ )

$$W = 0,55 \cdot \delta - 0,20;$$

для винта в диаметральной плоскости ( $x = 1$ )

$$W = 0,50 \cdot \delta - 0,05.$$

Таблица 2.1

Расчет характеристик винта

Расчетные формулы	Единица измерения	Диаметр винта, м		
		$D_{\max}$		$D_{\min}$
$K'_d = D \cdot v_p \cdot \sqrt{\rho/T_0}$				
$\left. \begin{matrix} \lambda_p \\ H/D \\ \eta_p \end{matrix} \right\} = f(K'_d)$				
$n_c = \frac{v_p}{\lambda_p \cdot D}$	с <sup>-1</sup>			
$P_d = \frac{T_0 \cdot v_p}{\eta_p}$	кВт			
$P_e = \frac{P_d}{\eta_a}$	кВт			
$n_M = 60 \cdot n_c$	мин <sup>-1</sup>			
$H = D \cdot H/D$	м			





Для расчета коэффициента засасывания винта используются зависимости:

$$t = 0,8 \cdot W(1 + 0,25 \cdot W) \text{ — для бортового винта;}$$

$$t = 0,6 \cdot W(1 + 0,67 \cdot W) \text{ — для винта в ДП.}$$

Затем, исходя из заданной скорости движения судна ( $v_0$ ) и соответствующего сопротивления его движению ( $R_0$ ), определяются скорость набегания воды на винт ( $v_p$ , м/с) и полный необходимый упор винта ( $T_0$ , кН):

$$v_p = v_0(1 - W); \quad T_0 = \frac{R_0}{x(1 - t)}$$

При полученных постоянных значениях  $v_p$  и  $T_0$ , а также при  $\rho = 1 \text{ т/м}^3$  (плотность жидкости) выполняется расчет коэффициента  $K'_d$  для каждого из принятых  $D_i$ .

Относительная поступь винта ( $\lambda_p$ ), его шаговое отношение ( $H/D$ ) и гидравлический КПД винта ( $\eta_p$ ) определяются исходя из значений коэффициента  $K'_d$  по диаграмме, представленной на рис. 2.1.

Последующие расчеты по табл. 2.1 выполняются для принятого ряда значений  $D_i$  с использованием снятых с диаграммы показателей.

Расчетом определяются:

- $n_{ci}$  (затем  $n_{mi}$ ) — оптимальная частота вращения вала винта с диаметром  $D_i$ , то есть частота, при которой винт с  $D_i$  имеет максимальный КПД;
- $P_{di}$  — мощность на валу винта (минимальная мощность, которую необходимо подвести к винту);
- $P_{ei}$  — минимальная мощность, которая должна быть создана на выходном фланце двигателя;
- $H_i$  — шаг винта с диаметром  $D_i$ .

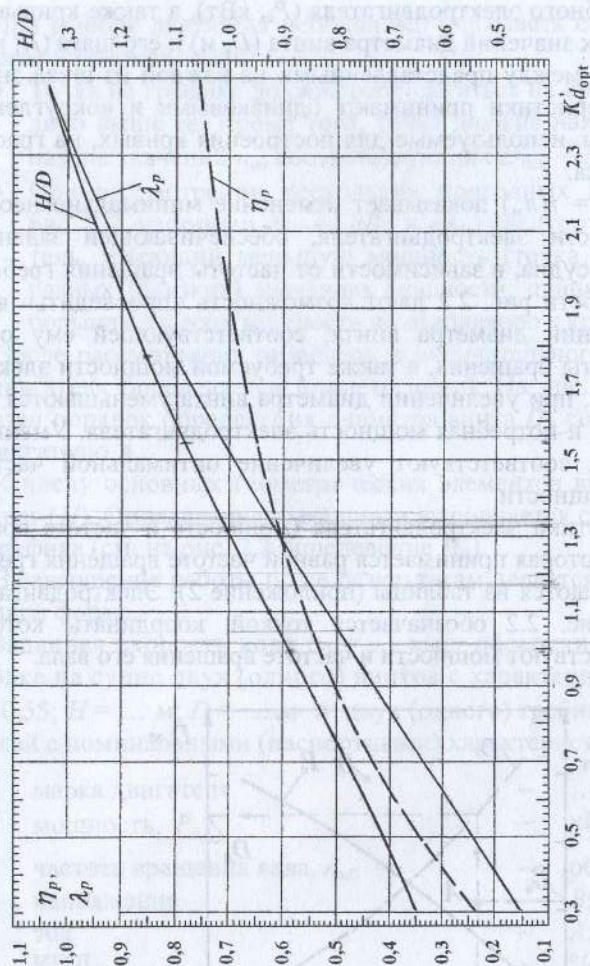


Рис. 2.1. Зависимости  $H/D$ ,  $\eta_p$ ,  $\lambda_p$  от  $K'_d$  для серии открытых гребных винтов с  $z = 4$ ,  $\theta = 0,55$

Мощность на выходном фланце двигателя определяется

по формуле  $P_{ei} = \frac{P_{di}}{\eta_v}$ , где  $\eta_v = 0,97-0,98$  — КПД валопровода.

Результаты расчета по табл. 2.1 представляются в виде графика, изображенного на рис. 2.2. В зависимости от частоты вращения гребного вала ( $n_m$ , мин<sup>-1</sup>) на график наносятся кривая необходимой



мощности гребного электродвигателя ( $P_e$ , кВт), а также кривые соответствующих значений диаметра винта ( $D$ , м) и его шага ( $H$ , м).

Интервалы между представленными на каждой из шкал значениями характеристики принимают одинаковыми и «округленными». Величины, используемые для построения кривых, на графике не фиксируются.

Кривая  $P_e = f(n_m)$  показывает изменение минимально необходимой мощности электродвигателя, обеспечивающей заданную скорость хода судна, в зависимости от частоты вращения гребного вала. Зависимости рис. 2.2 дают возможность «проследить» взаимосвязь значений диаметра винта, соответствующей ему оптимальной частоты вращения, а также требуемой мощности электродвигателя. Так, при увеличении диаметра винта уменьшаются частота вращения и потребляемая мощность электродвигателя. Уменьшению диаметра соответствуют увеличение оптимальной частоты вращения и мощности.

Характеристики электродвигателя (мощность и частота вращения его вала, которая принимается равной частоте вращения гребного вала) выбираются из таблицы (приложение 2). Электродвигатель на графике рис. 2.2 обозначается точкой, координаты которой ( $P_e, n_m$ ) соответствуют мощности и частоте вращения его вала.

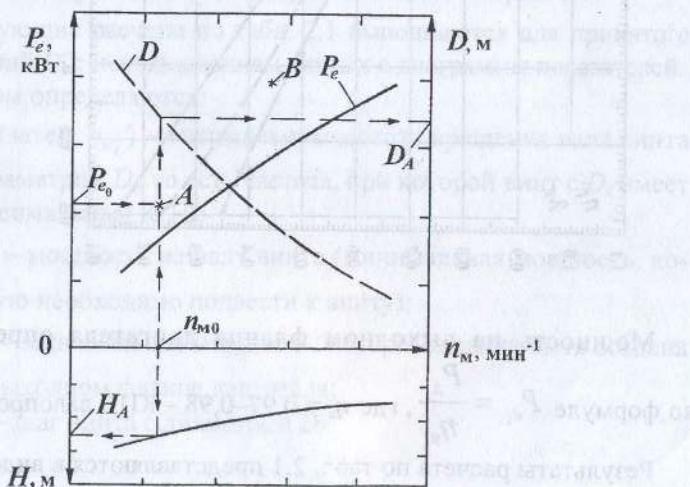


Рис. 2.2. К выбору гребного электродвигателя

При выборе двигателя необходимо учитывать следующие требования и рекомендации.

- Точка на графике должна располагаться на кривой  $P_e = f(n_m)$  либо выше ее. Кроме того, точка должна находиться в диапазоне значений  $n_m$ , соответствующих  $D_{\min} \dots D_{\max}$ .
- При рассмотрении нескольких пригодных двигателей (на рис. 2.2, например, точки «В» и «А») следует принять двигатель, имеющий меньшую мощность (точка «А») или, при равных (близких) значениях мощности, принять двигатель с большим запасом мощности по отношению к кривой  $P_e = f(n_m)$ .

После рассмотрения вариантов и окончательного выбора электродвигателя определяется диаметр винта. На рис. 2.2 стрелками показан порядок определения диаметра винта  $D_A$  соответствующего двигателю А.

К числу основных геометрических элементов винта относится его шаг ( $H$ ). Определение шага винта выполняется с использованием графика (см. на рис. 2.2 определение  $H_A$ ).

В завершение работы по ее результатам делается вывод по следующей форме.

Заданная скорость хода  $v_0 = \dots$  км/ч обеспечивается при установке на судне двух (одного) винтов с характеристиками  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,55$ ;  $H = \dots$  м;  $D = \dots$  м и двух (одного) гребных электродвигателей с номинальными (паспортными) характеристиками:

марка двигателя	-	...
мощность, $P_{e0}$	-	кВт;
частота вращения вала, $n_{m0}$	-	об/мин;
напряжение	-	В;
ток	-	А;
КПД	-	%.

### Оформление работы

Работа оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4 (210×297). Записка должна включать текст, объясняющий содержание и порядок выполнения работы, расчет по форме таблиц 1.2 и 2.1, графики  $R = f(v)$  и по форме рис. 2.2, а также вывод по работе.



Процедура расчета характеристик, указанных в табл. 1.2 и 2.1, отдельно не показывается. В других случаях, при определении значения характеристики, после записи формулы даются значения входящих в нее показателей и только затем – конечный результат.

Первой страницей записки является титульный лист (номер страницы на нем не проставляется). На титульном листе указывается название работы: «Расчет характеристик винта при выборе гребного электродвигателя».

На второй странице записки дается текст задания на контрольную работу.

При оформлении графика «К выбору гребного электродвигателя» вместо стандартного буквенного обозначения выбранного двигателя следует около «точки» дать условное обозначение двигателя в виде буквы «А».

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### Варианты задания на контрольную работу

Номер варианта	Характеристики корпуса судна				Скорость хода, $v_0$ , км/ч
	$L$ , м	$B$ , м	$T$ , м	$\delta$	
00	40	6,5	1,6	0,550	18,0
01	40	6,5	1,6	0,600	17,0
02	42	7,0	1,7	0,550	18,0
03	42	7,0	1,7	0,600	17,5
04	44	7,2	1,8	0,500	18,0
05	44	7,2	1,8	0,500	19,0
06	46	7,4	1,9	0,550	18,0
07	46	7,4	1,9	0,500	19,0
08	48	7,5	1,9	0,500	19,0
09	48	7,5	1,9	0,600	19,5
10	50	7,6	1,9	0,600	20,0
11	50	7,6	1,9	0,550	19,5
12	44	7,8	1,8	0,600	19,0
13	44	7,8	1,8	0,550	20,0
14	46	7,9	2,0	0,650	19,5
15	46	7,9	2,0	0,600	20,0
16	48	8,0	2,0	0,650	20,5
17	48	8,0	2,0	0,600	21,0
18	50	8,1	2,1	0,570	20,0
19	50	8,1	2,1	0,600	21,0
20	52	8,2	2,1	0,570	21,0
21	52	8,2	2,1	0,600	22,0
22	54	8,4	2,2	0,570	22,5
23	54	8,4	2,2	0,570	21,0
24	56	8,5	2,2	0,600	21,0
25	56	8,5	2,2	0,600	23,0
26	58	8,6	2,3	0,600	21,5
27	58	8,6	2,3	0,550	23,0
28	60	8,7	2,30	0,580	22,0
29	60	8,7	2,30	0,580	23,0
30	62	8,7	2,30	0,600	22,0
31	62	8,7	2,30	0,600	21,0

См. продолжение



Номер варианта	Характеристики корпуса судна				Скорость хода, $v_0$ , км/ч
	L, м	B, м	T, м	$\delta$	
32	64	8,7	2,30	0,650	22,0
33	64	8,7	2,30	0,600	21,5
34	66	8,8	2,40	0,650	22,0
35	66	8,8	2,40	0,550	23,0
36	68	8,9	2,40	0,650	22,0
37	68	8,9	2,40	0,550	21,0
38	70	9,0	2,40	0,500	22,0
39	70	9,0	2,40	0,550	22,0
40	72	9,0	2,40	0,550	23,0
41	72	9,0	2,40	0,550	22,0
42	74	9,1	2,40	0,550	21,5
43	74	9,1	2,40	0,550	22,0
44	60	9,0	2,35	0,600	22,0
45	60	9,0	2,35	0,550	21,5
46	62	9,0	2,35	0,600	22,5
47	62	9,0	2,35	0,550	21,0
48	64	10,0	2,50	0,700	22,5
49	64	10,0	2,50	0,650	23,0
50	66	10,5	2,50	0,700	22,5
51	66	10,5	2,50	0,650	22,5
52	68	10,5	2,50	0,650	21,5
53	68	10,5	2,50	0,600	22,5
54	70	11,0	2,55	0,570	22,5
55	70	11,0	2,55	0,600	21,0
56	72	11,0	2,55	0,570	22,0
57	72	11,0	2,60	0,600	23,0
58	74	10,5	2,60	0,600	23,0
59	74	10,5	2,55	0,500	21,0
60	76	11,0	2,60	0,650	21,0
61	76	11,0	2,60	0,600	22,0
62	78	11,5	2,70	0,650	23,0
63	78	11,5	2,70	0,700	23,0
64	80	11,5	2,70	0,700	23,5
65	80	11,5	2,70	0,650	22,0
66	82	12,0	2,80	0,700	21,5

См. продолжение

Номер варианта	Характеристики корпуса судна				Скорость хода, $v_0$ , км/ч
	L, м	B, м	T, м	$\delta$	
67	82	12,0	2,80	0,650	23,0
68	84	12,0	2,80	0,650	23,0
69	84	10,8	2,75	0,700	22,0
70	86	10,8	2,75	0,710	22,0
71	86	12,0	2,80	0,650	22,0
72	88	12,0	2,80	0,650	22,0
73	88	12,0	2,80	0,700	22,5
74	90	12,0	2,80	0,570	22,5
75	90	12,0	2,85	0,570	23,0
76	92	12,5	2,85	0,570	23,0
77	92	12,5	2,85	0,600	21,0
78	94	12,0	2,80	0,600	22,0
79	94	12,0	2,80	0,600	21,0
80	96	13,0	2,80	0,650	21,0
81	96	13,0	2,80	0,650	23,0
82	98	13,0	2,70	0,650	23,5
83	98	13,0	2,70	0,650	22,0
84	100	12,5	2,70	0,640	21,0
85	100	12,5	2,70	0,640	22,0
86	102	13,0	2,70	0,640	22,5
87	102	13,0	2,75	0,600	22,5
88	104	14,2	2,75	0,600	22,0
89	104	14,2	2,75	0,600	23,0
90	106	14,0	2,70	0,570	22,0
91	106	14,0	2,75	0,570	23,0
92	108	14,5	2,9	0,700	23,5
93	108	14,5	2,9	0,600	23,5
94	110	13,0	2,85	0,700	23,0
95	110	13,0	2,85	0,670	23,0
96	115	14,8	2,9	0,700	23,0
97	115	14,5	2,9	0,710	22,0
98	120	15,0	3,0	0,710	22,0
99	120	15,0	3,0	0,720	22,5



Каталог электродвигателей

Тип электродвигателя	Номинальные характеристики				
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Сила тока, А	КПД, %
<b>Асинхронные электродвигатели</b>					
4АНК 355М12У3	110	500	265	265	90,0
4АНК 355S10У3	110	600	283	242	90,5
4АНК 315S8У3	110	750	225	311	91,5
4АНК 280М6У3	110	1000	230	297	91,5
4АНК 355М10У3	132	600	330	257	91,0
4АНК 315М8У3	132	750	247	364	92,0
4АНК 315S6У3	132	1000	257	320	92,0
4АНК 280 4У3	132	1500	250	330	92,0
4АНК 355 S 8У3	160	750	285	353	92,5
4АНК 315М6У3	160	1000	291	352	92,5
4АНК 355М8У3	200	750	350	359	92,5
4АНК 355S6У3	200	1000	304	411	93,0
4АНК 315 4У3	200	1500	312	396	93,0
4АНК 355М6У3	250	1000	380	401	93,0
4АНК 355М4У3	400	1500	505	485	94,0
<b>Электродвигатели постоянного тока</b>					
П 131-4К	55	300	220	289	85,6
П 131-4К	75	400	220	382	89,3
П 132-4К	75	300	220	385	88,5
П 131-6К	100	500	220	503	90,4
П 132-6К	100	400	220	505	80,0
П 133-6К	100	300	220	513	89,0
П 132-6К	125	500	220	624	91,1
П 133-6К	125	400	220	630	90,4
П 142-6К	125	300	220	640	88,6
П 133-8К	160	500	220	795	91,6
П 142-6К	160	400	220	815	89,4
П 143-6К	160	300	220	820	88,9
П 142-9К	200	500	220	1000	91,2
П 143-9К	200	400	220	1000	90,9
П 151-8К	200	300	220	1020	89,1

См. продолжение

Тип электродвигателя	Номинальные характеристики				
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Сила тока, А	КПД, %
П 143-9К	250	500	220	1240	91,5
П 151-8К	250	400	220	1270	90,2
П 152-8К	250	300	220	1270	89,8
П 151-8К	320	500	220	1580	91,7
П 152-8К	320	400	220	1587	91,6
П 153-8К	320	300	220	1592	91,2
П 152-8К	400	500	330	1318	92,1
П 153-8К	400	400	330	1322	91,7
П 171-8К	400	300	330	1340	90,5
П 153-8К	500	500	330	1632	92,9
4П-450-26-500-У3	500	500	600	910	91,8
П 171-8К	500	400	330	1650	91,9
4П-450-36-500-У3	500	315	600	925	90,1
П 176-8К	620	190	460	1460	91,8
4П-450-26-630-У3	630	630	600	1128	93,1
П 171-12К	630	500	330	2060	92,6
4П-450-36-630-У3	630	400	600	1145	91,7
2 П 153-5К	700	350	700	1080	92,4
П 18-40-5К	780	252	750	1140	91,1
П 19-40-4К	780	175	630	1360	91,2
П 18-33-5К	780	306	750	1130	91,9
4П-450-28-800-У3	800	800	600	1418	94
4П-450-38-800-У3	800	500	600	1430	93,1
П 19-40-4К	900	210	750	1300	92,2
П 19-45-4К	900	190	750	1300	92,2
П 18-33-9К	900	354	860	1130	92,7
П 18-40-5К	900	292	860	1135	92,2
2 П 176-8К	1240	190	920	1460	91,8
П 176-8К	1420	450	750	2000	94,8



Оглавление

Введение.....	3
1. Приближенный расчет силы сопротивления движению судна на глубокой тихой воде.....	4
2. Расчет характеристик винта и выбор гребного электродвигателя.....	14
Оформление работы.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Варианты задания на контрольную работу	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Каталог электродвигателей.....	24

*Кеслер Анатолий Александрович  
Фунтикова Елена Владимировна*

**Расчет характеристик винта  
при выборе гребного электродвигателя**

Методические указания и задания

Редактор *Н.С. Алёшина*  
Корректор *Д.В. Богданов*  
Компьютерная вёрстка *Л.М. Ступина*

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

А.А. Кеслер

## РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА СУДНА

Учебно-методическое пособие  
к выполнению курсового проекта по дисциплине  
«Теория и устройство судов» для студентов очного и заочного  
обучения по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых  
энергетических установок»

Нижний Новгород  
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
2019



УДК 629.5.015.2

К36

**Кеслер, А.А.**

Расчет и анализ показателей пропульсивного комплекса судна : учебно-метод. пособие к выпол. курс. проекта для студ. оч. и заоч. обуч. по спец-ти 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» / А.А. Кеслер – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – 76 с.

Дана последовательность расчетов по определению силы сопротивления движению судна, по выполнению проектировочного и поверочного расчетов открытого гребного винта и винта в направляющей насадке. Гидродинамические расчеты по движителю выполняются с использованием расчетных диаграмм. Содержится необходимая информация для разработки и построения теоретического чертежа гребного винта. Показаны ходовые и тяговые характеристики и их использование для анализа показателей пропульсивного комплекса судна при различных режимах его эксплуатации.

Пособие также может быть использовано студентами специальности 26.05.06 в дипломном проектировании при выполнении расчетов по пропульсивному комплексу судна.

*Для выполнения курсового проекта по дисциплине «Теория и устройство судов» студентами очного и заочного обучения по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок».*

Рекомендовано к изданию кафедрой проектирования и технологии постройки судов (протокол № 5 от 20.11.2018 г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019

## ВВЕДЕНИЕ

На большинстве самоходных судов большая часть энергозатрат связана с работой главной судовой энергетической установки, т.е. затрат энергии на обеспечение движения судна. При создании судна скорость его поступательного движения определяется в процессе проектирования пропульсивного комплекса, который включает три части: корпус судна – движитель – главный двигатель. Движитель (в большинстве случаев – гребной винт) в этом комплексе является динамическим связующим звеном между двигателем и корпусом; потребляя мощность двигателя, движитель создает силу, воздействующую на корпус.

В процессе проектирования пропульсивного комплекса ставится следующая задача: при заданном значении массы судна (посадке) и номинальных условиях его движения определить такие значения параметров геометрии и работы гребного винта, при которых его к.п.д. будет максимальным. Такая задача решается в результате проекторочного расчета гребного винта, который обычно выполняется в два этапа:

предварительный расчет показателей гребного винта с целью выбора, по результатам этого расчета, типа двигателя;

окончательный расчет гребного винта, обеспечивающего наиболее эффективное использование мощности выбранного двигателя.

В результате такого расчета определяются (обосновываются) базовые геометрические характеристики винта (диаметр, шаг, количество лопастей, дисковое отношение), которые принимаются для последующей разработки теоретического чертежа гребного винта. Полученная таким образом геометрия винта считается неизменной при всех возможных режимах эксплуатации судна, т.е. рассматривается винт с фиксированным шагом (ВФШ).

После определения значений показателей для номинального режима (основного расчетного режима) работы пропульсивного комплекса в курсовой работе предусмотрен расчет комплекса при других возможных эксплуатационных режимах его работы. Такой расчет позволяет получить значения силы упора винта (комплекса винт-насадка) и соответствующей потребляемой им мощности при различных возможных частотах вращения гребного вала и скоро-

стях хода судна. Результаты этого расчета представляются в виде графика – ходовые (тяговые) характеристики судна.

Такое (наглядное) представление зависимостей между показателями пропульсивного комплекса весьма удобно для понимания связей между ними и графического определения значений этих показателей в различных эксплуатационных ситуациях. Знание и умение использовать ходовые (тяговые) характеристики позволяет механику судна избежать перегрузок главного двигателя при эксплуатации или принять меры по повышению эффективности работы пропульсивного комплекса.

Некоторые из возможных ситуаций функционирования пропульсивного комплекса студенту предлагается проанализировать при выполнении курсовой работы.

При выполнении проекта в качестве главного двигателя принимается судовая дизель, а в качестве движителя – открытый винт или винт в насадке с фиксированным шагом (ВФШ). Расчет выполняется применительно к условиям работы винта на водоизмещающем судне.

Форма задания на курсовой проект дана в приложении П.

Пояснительная записка к курсовому проекту должна содержать следующие разделы:

- расчет силы сопротивления движению судна;
- проектировочный расчет винтового движителя;
- определение ходовых или тяговых характеристик судна;
- разработка теоретического чертежа гребного винта.

Курсовой проект также включает графическую часть – теоретический чертеж гребного винта.

При подготовке пояснительной записки и выполнении чертежа необходимо соблюдать требования к оформлению конструкторской документации [1].

## Основные обозначения и сокращения

### Геометрические элементы корпуса судна и модели

- $L_c, L_m$  – длина корпуса судна по КВЛ и модели соответственно;  
 $B_c, B_m$  – ширина корпуса судна по КВЛ и модели соответственно;  
 $T_c, T_m$  – осадка судна по КВЛ и модели соответственно;  
 $V_c$  – объемное водоизмещение судна;  
 $\delta_c$  – коэффициент полноты водоизмещения судна;  
 $S_c, S_m$  – площадь смоченной поверхности корпуса судна и модели соответственно;  
 $\lambda$  – модуль геометрического подобия модели.

### Сопротивление движению судна и модели

- $v_c, v_m$  – скорость движения судна и модели соответственно;  
 $R_c, R_m$  – сила полного сопротивления движению судна и модели соответственно;  
 $Z$  – сила тяги буксира или сила упора толкача;  
 $C_c, C_m$  – коэффициент полного сопротивления движению судна и модели соответственно;  
 $C_m$  – коэффициент сопротивления трения гидродинамически гладкой пластины;  
 $Re, Fr$  – число Рейнольдса и число Фруда соответственно;  
 $\rho$  – плотность воды;  
 $\mu$  – кинематический коэффициент вязкости воды;  
 $P_\delta$  – буксировочная мощность;

### Кинематические и динамические характеристики движителя

- $x$  – количество движителей на судне;  
 $n$  – частота вращения винта;  
 $W$  – коэффициент попутного потока в зоне работы движителя;

- $t$  – коэффициент засасывания корпуса судна движителем;
- $T_k, T$  – сила упора изолированного комплекса винт-насадка и изолированного открытого винта соответственно;
- $T_{ек}, T_e$  – сила эффективного упора комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $v_e, v_p$  – скорость натекания воды на комплекс винт-насадка и на открытый винт соответственно;
- $\lambda_e, \lambda_p$  – относительная поступь комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $K_k, K_l$  – коэффициент упора изолированного комплекса винт-насадка и изолированного открытого винта соответственно;
- $K_{ек}, K_e$  – коэффициент эффективного упора комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $K_2$  – коэффициент момента комплекса винт-насадка или открытого винта;
- $K'_{dk}, K'_d$  – коэффициент упора – диаметра комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $K''_{nk}, K''_n$  – коэффициент мощности – частоты вращения комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $\eta_e, \eta_p$  – к.п.д. комплекса винт-насадка и открытого винта соответственно;
- $\eta_z$  – буксировочный коэффициент полезного действия;
- $P_d$  – мощность на валу винта (мощность, подведенная к винту).

#### Двигатель, редуктор, валопровод

- $P_0$  – номинальная мощность на валу выбранного двигателя;
- $P_z$  – мощность на валу двигателя;
- $\eta_{ред}$  – коэффициент полезного действия редуктора;
- $\eta_в$  – коэффициент полезного действия валопровода.

## Геометрия винта

- $D$  – диаметр винта;  
 $R$  – радиус винта;  
 $H$  – конструктивный шаг винта;  
 $H/D$  – шаговое отношение винта;  
 $z$  – количество лопастей винта;  
 $\theta$  – дисковое отношение винта;  
 $d_o$  – диаметр ступицы в плоскости действия винта;  
 $\bar{r} = r/R$  – относительный радиус сечения лопасти винта;  
 $b_{\text{вх}}$  – отстояние точки входящей кромки спрямленного контура лопасти от ее оси;  
 $b_{\text{вых}}$  – отстояние точки выходящей кромки спрямленного контура лопасти от ее оси  
 $b_e$  – отстояние точки линии наибольших толщин лопасти от ее входящей кромки;  
 $e_o$  – условная толщина лопасти на оси винта (см. рис. 4.3);  
 $e_R$  – толщина лопасти на ее конце;  
 $e$  – наибольшая толщина лопасти на радиусе  $r$ ;  
 $\varphi$  – шаговый угол на радиусе  $r$ .

## Сокращения

- ОВ – открытый винт;  
ВН – винт в насадке;  
БВ – бортовой винт;  
ДВ – винт в диаметральной плоскости корпуса судна;  
ДП – диаметральная плоскость судна.

## 1. Расчет силы сопротивления движению водоизмещающего судна

Методика определения силы сопротивления движению водоизмещающего судна принимается в зависимости от состава исходных данных. При выполнении проекта предполагается, что исходные данные включают результаты экспериментальных замеров силы сопротивления движению модели корпуса судна.

Наличие таких данных позволяет использовать наиболее точный метод определения силы сопротивления движению судна – метод пересчета сопротивления с модели на натуру (судно). Этот метод представлен ниже.

При отсутствии результатов модельных испытаний судна (например, в дипломном проектировании), расчет силы сопротивления выполняется с использованием показателей по судну-прототипу [2].

Расчет сопротивления движению судна с использованием результатов модельных испытаний его корпуса возможен при следующих исходных данных:

- зависимости силы сопротивления движению модели ( $R_m$ ) от ее скорости ( $v_m$ );
- значении модуля геометрического подобия модели ( $\lambda$ ) или значении масштаба испытанной модели ( $M = 1/\lambda$ );
- значений основных геометрических характеристик корпуса судна;
- значении температуры воды в опытовом бассейне ( $t_m$ , °C).

Известно, что сила сопротивления движению судна изменяется пропорционально площади смоченной поверхности ( $S_c$ ) его корпуса.

В настоящей работе расчет  $S_c$  выполняется по приближенной формуле; при этом следует различать два случая – судно однокорпусное и судно двухкорпусное (катамаран).

Для однокорпусного судна<sup>1)</sup>

$$S_c = (\omega_1 + \omega_2) V_c^{2/3}, \text{ м}^2$$

где  $\omega_1, \omega_2$  – безразмерные коэффициенты, определяемые по формулам

$$\omega_1 = \frac{L_c}{\sqrt[3]{V_c}} \left( 0,712 - 0,0152 \frac{L_c}{\sqrt[3]{V_c}} \right) + 2,54;$$

$$\omega_2 = 0,322 \frac{B_c}{T_c} - 0,733;$$

$V_c$  – объемное водоизмещение судна, м<sup>3</sup>.

---

1) Для проверки результата расчёта  $S_c$  по указанной формуле могут быть использованы зависимости:

$$S_c = L_c(0,8 \cdot \delta + 0,2)(B_c + 2 \cdot T_c) - \text{при } \delta \geq 0,7;$$



$$S_c = L_c(0,5 \delta + 0,41)(B_c + 2T_c) - \text{при } \delta < 0,7.$$

При этом различие значений  $S_c$  не превышает 15%.

Значение  $V_c$  может быть получено по формуле  $V_c = \delta \cdot L_c \cdot B_c \cdot T_c$ , где  $L_c$ ,  $B_c$ ,  $T_c$  – длина, ширина и осадка судна по КВЛ соответственно, м;  $\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения.

Смоченная поверхность судна катамаранного типа рассчитывается по формуле  $S_c = 2 \cdot L_c (1,36 \cdot T_c + 1,13 \cdot \delta_k \cdot B_k)$ , где  $B_k$  – ширина по КВЛ одного корпуса судна, м;  $\delta_k$  – коэффициент полноты водоизмещения одного корпуса.

Полученное значение смоченной поверхности судна позволяет, на основе геометрического подобия модели и натуре, определить смоченную поверхность модели

$$S_m = \frac{S_c}{\lambda^2}.$$

Сила полного сопротивления движению судна в курсовой работе определяется для условий спокойной и глубокой воды, то есть при этом не учитывается влияние ряда факторов: ветра, ветрового волнения, течения, стесненности водного пути по глубине и ширине. Расчет силы сопротивления движению выполняется по формуле

$$R = (C_c + C_{oc} + C_{tc} + \Delta C_{tc} + C_{вч} + C_v) \cdot \frac{\rho \cdot v_c^3}{2} \cdot S_c, \text{ кН}, \quad (1.1)$$

где  $C_{oc}$  – коэффициент остаточного сопротивления;  $C_{tc}$  – коэффициент сопротивления трения эквивалентной гидродинамически гладкой пластины;  $\Delta C_{tc}$  – надбавка к коэффициенту  $C_{tc}$ , учитывающая влияние на сопротивление шероховатости поверхности корпуса судна (коэффициент влияния шероховатости);  $C_{вч}$  – коэффициент сопротивления, вызванного выступающими частями (кронштейнами гребных валов, рулевыми органами, бортовыми киями и т.п.);  $C_v$  – коэффициент воздушного сопротивления;  $v_c$  – скорость хода судна, м/с;  $\rho$  – плотность воды, т/м<sup>3</sup>;  $S_c$  – смоченная поверхность судна, м<sup>2</sup>.

Порядок расчета силы сопротивления движению судна формализован в виде таблицы 1.1.

Исходными данными в таблице 1.1 являются ряд значений скорости модели ( $v_m$ ) и соответствующие значения силы сопротивления ее движению ( $R_m$ ). Кроме того, необходимо определить и вписать значения ряда характеристик, обозначенных

в графе «примечание». Далее даны рекомендации по определению исходных данных к расчету по таблице 1.1.

Таблица 1.1

**Расчет силы сопротивления движению судна и буксировочной мощности**

Расчетные величины и формулы	Размерность	Режимы движения			Примечание
$v_m$	м/с	0,660			МОДЕЛЬ $\lambda = \dots$ ; $S_m = \dots \text{ м}^2$ ; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ; $\rho = 1000$ $\text{кг/м}^3$ ; $L_m = \dots \text{ м}$ ; $\mu_m = \dots \text{ м}^2/\text{с}$
$R_m$	Н	0,400			
$C_m = \frac{2R_m}{\rho \cdot S_m \cdot v_m^2}$	–	$7,04 \cdot 10^{-3}$			
$Re_m = \frac{v_m \cdot L_m}{\mu_m}$	–	$0,718 \cdot 10^6$			
$C_{mm} = f(Re_m)$	–	$4,74 \cdot 10^{-3}$			
$C_{om} = C_m - C_{mm}$	–	$2,30 \cdot 10^{-3}$			
$Fr_m = \frac{v_m}{\sqrt{g \cdot L_m}}$	–	0,189			
$v_c = v_m \sqrt{\lambda}$	м/с	5,72			СУДНО $\rho = 1,0 \text{ т/м}^3$ ; $\mu_c = \dots \text{ м}^2/\text{с}$ ; $L_c = \dots \text{ м}$ ; $C_{вч} = \dots$ $C_g = \dots$ $\Delta C_{mc} = \dots$ $S_c = \dots \text{ м}^2$
$Re_c = \frac{v_c \cdot L_c}{\mu_c}$	–	$3,39 \cdot 10^8$			
$C_{mc} = f(Re_c)$	–	$1,80 \cdot 10^{-3}$			
$C_c = C_{oc} + C_{mc} + \Delta C_{mc} + C_{вч} + C_g$	–	$4,92 \cdot 10^{-3}$			
$R_c = C_c \cdot S_c \cdot \frac{\rho v_c^2}{2}$	кН	118			
$P_{\delta} = R_c v_c$	кВт	676			

Вначале определяются значения показателей, приведённых в графе «примечание» и относящихся к судну.

$L_c$  – длина судна по ВКЛ (указана в задании).

$\mu_c$  – кинематический коэффициент вязкости воды, зависящий от её температуры и определяемый по таблице 1.2; его значение для судна может быть принято равным  $1,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , что соответствует температуре  $4^\circ\text{C}$  и максимальной плотности воды.

$S_c$  – полученное выше значение площади смоченной поверхности судна.

$C_{в.ч.}$ ,  $C_{в.}$ ,  $\Delta C_{тс}$  – коэффициенты, характеризующие составляющие полной силы сопротивления движению судна и не зависящие от его скорости.

Значение коэффициента  $\Delta C_{тс}$  принимается по следующим рекомендациям: для судов со сварной обшивкой или клепаной в потай  $\Delta C_{тс} = (0,3 \dots 0,7) \cdot 10^{-3}$ ; при значительных неровностях (изношенности) поверхности корпуса  $\Delta C_{тс} = (0,7 \dots 1,0) \cdot 10^{-3}$ . Минимальные значения коэффициента принимаются для свежеокрашенных поверхностей.

Характерные значения коэффициента  $C_{вч}$  для судов внутреннего плавания лежат в пределах:  $C_{вч} = (0,15 \dots 0,20) \cdot 10^{-3}$  – для двухвальных судов и  $C_{вч} = (0,10 \dots 0,15) \cdot 10^{-3}$  – для одновальных.

Воздушное сопротивление зависит от формы и размеров надводной части судна. Коэффициент воздушного сопротивления ( $C_{в}$ ) может быть принят в пределах  $(0,1 \dots 0,2) \cdot 10^{-3}$  (для пассажирских судов принимается наибольшее значение).

Таблица 1.2

**Зависимость кинематического коэффициента вязкости воды от ее температуры**

$t$ °С	$\mu \cdot 10^{+6}, \frac{M^2}{c}$	$t$ °С	$\mu \cdot 10^{+6}, \frac{M^2}{c}$	$t$ °С	$\mu \cdot 10^{+6}, \frac{M^2}{c}$
0	1,79	12	1,24	20	1,01
2	1,67	13	1,20	22	0,96
4	1,57	14	1,17	24	0,92
6	1,47	15	1,14	26	0,88
8	1,39	16	1,11	28	0,84
9	1,35	17	1,08	30	0,80
10	1,31	18	1,06		
11	1,27	19	1,03		

Примечание: Снятые с таблицы значения должны быть уменьшены в  $10^6$  раз. Так, при  $4^\circ$  истинное значение  $\mu = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Затем находятся значения показателей, представленных в графе «примечание» и относящихся к модели.

$\lambda$  – модуль геометрического подобия модели; он является величиной обратной масштабу ( $M$ ) модели (в задании см.  $\lambda$  или  $M$ );

$L_m, S_m$  – длина и площадь смоченной поверхности модели; их значения определяются на основе соотношений величин при геометрическом подобии объектов, то есть по формулам  $L_m = \frac{L_c}{\lambda}$  и

$$S_m = \frac{S_c}{\lambda^2}.$$

$\mu_m$  – кинематический коэффициент вязкости воды находится по таблице 1.2 при заданной (см. задание) температуре воды в опытовом бассейне.

В перечень исходных показателей по таблице 1.1 входят ряд соответствующих значений скорости модели ( $v_m$ ) и силы сопротивления её движению ( $R_m$ ); их значения приведены в задании на выполнение работы.

Расчёт значений силы полного сопротивления движению судна ( $R_c$ ) и буксировочной мощности ( $P_o$ ) при той или иной скорости хода судна выполняется по таблице 1.1 независимо (однотипно).

В процессе такого расчёта находится значение числа Рейнольдса ( $Re$ ), которое определяет режим пограничного слоя воды, обтекающей поверхность корпуса модели или судна. В количественном выражении режим также характеризуется коэффициентом сопротивления трения гидродинамически гладкой пластины.

В отечественной практике коэффициент сопротивления трения гидродинамически гладкой пластины рассчитывается по формуле

$$C_m = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}}, \quad (1.2)$$

где  $Re = \frac{vL}{\mu}$  – число Рейнольдса,  $\mu$  – кинематический коэффициент вязкости воды, зависящий от ее температуры.

Систематизированные результаты расчетов по формуле (1.2) приведены в таблице 1.3.

Значимость модельных испытаний корпуса судна для расчета  $R_c$  заключается в том, что по их результатам определяются значения коэффициента остаточного сопротивления для судна  $C_{oc}$ , то есть определяется показатель, который зависит от особенностей формы корпуса и наиболее точно может быть получен только на основании модельного эксперимента.

Таблица 1.3

**Зависимость коэффициента сопротивления трения от числа Рейнольдса**

$Re$	$C_m \cdot 10^3$	$Re$	$C_m \cdot 10^3$	$Re$	$C_m \cdot 10^3$	$Re$	$C_m \cdot 10^3$	$Re$	$C_m \cdot 10^3$
$1 \cdot 10^5$	7,19	$1 \cdot 10^6$	4,45	$1 \cdot 10^7$	3,01	$1 \cdot 10^8$	2,12	$1 \cdot 10^9$	1,56
$2 \cdot 10^5$	6,16	$2 \cdot 10^6$	3,94	$2 \cdot 10^7$	2,69	$2 \cdot 10^8$	1,95	$2 \cdot 10^9$	1,45
$3 \cdot 10^5$	5,66	$3 \cdot 10^6$	3,68	$3 \cdot 10^7$	2,52	$3 \cdot 10^8$	1,83	$3 \cdot 10^9$	1,38
$4 \cdot 10^5$	5,35	$4 \cdot 10^6$	3,51	$4 \cdot 10^7$	2,42	$4 \cdot 10^8$	1,76	$4 \cdot 10^9$	1,33
$5 \cdot 10^5$	5,11	$5 \cdot 10^6$	3,36	$5 \cdot 10^7$	2,36	$5 \cdot 10^8$	1,70	$5 \cdot 10^9$	1,29
$6 \cdot 10^5$	4,97	$6 \cdot 10^6$	3,26	$6 \cdot 10^7$	2,30	$6 \cdot 10^8$	1,66	$6 \cdot 10^9$	1,27
$7 \cdot 10^5$	4,77	$7 \cdot 10^6$	3,18	$7 \cdot 10^7$	2,25	$7 \cdot 10^8$	1,64	$7 \cdot 10^9$	1,25
$8 \cdot 10^5$	4,66	$8 \cdot 10^6$	3,12	$8 \cdot 10^7$	2,20	$8 \cdot 10^8$	1,62	$8 \cdot 10^9$	1,23
$9 \cdot 10^5$	4,55	$9 \cdot 10^6$	3,06	$9 \cdot 10^7$	2,16	$9 \cdot 10^8$	1,60	$9 \cdot 10^9$	1,21

Примечание: Снятые с таблицы значения  $C_m$  должны быть уменьшены в  $10^3$  раз. Например, для  $Re = 2 \cdot 10^7$  истинное значение  $C_m = 2,69 \cdot 10^{-3}$ .

Коэффициент  $C_{oc}$  равен коэффициенту остаточного сопротивления модели  $C_{om}$  при равных значениях числа Фруда для судна и модели, то есть при  $\left( Fr_m = \frac{v_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} \right) = \left( Fr_c = \frac{v_c}{\sqrt{g \cdot L_c}} \right)$  или

(как следствие) при следующем соотношении скоростей  $v_c = v_m \sqrt{\lambda}$  (см. табл. 1.1).

После определения  $C_{oc}$ ,  $C_{mc}$  и с учетом принятых значений  $\Delta C_{mc}$ ,  $C_{вч}$  и  $C_{в}$  находится значение коэффициента полного сопротивления движению судна ( $C_c$ ) (см. таблицу 1.1).

В качестве примера в таблице 1.1 даны результаты расчета показателей по судну и его модели при следующих данных:

$$L_c = 93,0 \text{ м}; \lambda = 75; S_c = 1468 \text{ м}^2; \mu_{\#} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\mu_c = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; C_{вч} = 0,17 \cdot 10^{-3}; C_{в} = 0,15 \cdot 10^{-3}; \Delta C_{mc} = 0,5 \cdot 10^{-3}.$$

В итоге расчетов по таблице 1.1 определяется, наряду с силой буксировочного сопротивления движению судна ( $R_c$ ),

буксировочная мощность ( $P_{\delta}$ ). Буксировочная мощность может быть использована для приближенного (предварительного) определения необходимой мощности главного двигателя судна по формуле

$$P_{\mathcal{E}} = \frac{P_{\delta}}{x \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{проп}}, \text{ кВт},$$

где  $x$  – количество (двигателей);  $\eta_{пер}$  – к.п.д. передачи мощности от двигателя к движителю;  $\eta_{проп}$  – пропульсивный к.п.д. судна.

Коэффициент  $\eta_{пер}$  при использовании зубчатого редуктора и валопровода может быть принят в пределах 0,95...0,96.

Пропульсивный к.п.д. существенно зависит от скорости хода судна; при расчетной (номинальной) скорости его значение лежит в пределах:

0,58...0,66 – для водоизмещающих пассажирских и грузопассажирских судов;

0,50...0,60 – для грузовых судов (для грузовых судов с приставкой принимается минимальное значение);

0,38...0,48 – для толкаемых и буксируемых составов (при  $v = 10 \dots 14$  км/ч).

Итоговые зависимости, полученные в табл. 1.1, представляются в графическом виде (рис. 1.1) на листе формата А4.

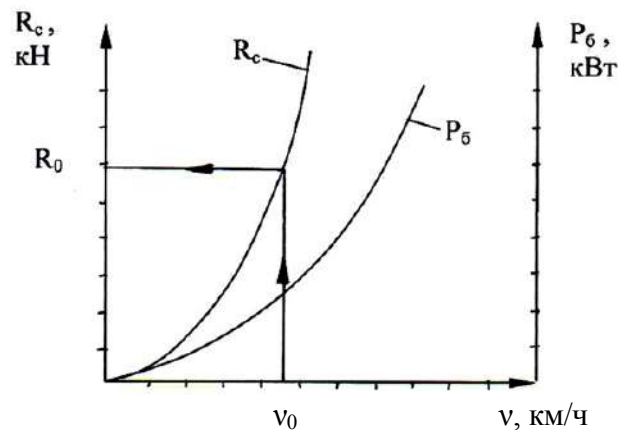


Рис. 1.1. Зависимости силы сопротивления движению ( $R_c$ ) и буксировочной мощности ( $P_0$ ) от скорости хода судна

По рисунку 1.1, исходя из заданной скорости движения судна ( $v_0$ ), определяется сила сопротивления его движению ( $R_0$ ), которая входит в число исходных показателей при выполнении расчётов по движителю.

## **2. Проектировочный расчет гребного винта**

### **2.1. Цель, этапы расчета и общие указания**

Проектировочный расчет выполняется с целью определения значений основных элементов винта (открытого или работающего в направляющей насадке), при которых обеспечиваются наиболее высокие показатели его гидромеханической эффективности (наиболее эффективное использование мощности выбранного главного двигателя).

Проектировочный расчет выполняется в два этапа.

**П е р в ы й э т а п** – расчет элементов винта при выборе главного двигателя. В этом расчете исходят из заданной скорости судна и значения силы сопротивления соответствующей этой скорости. Значение диаметра винта принимается с учетом условий его размещения за кормой и осадки судна.

Путем расчета получают значения частоты вращения вала винта и мощности, которую необходимо подвести к винту. Знание этих показателей позволяет, с учетом выбранной схемы передачи мощности, принять главный двигатель.

**В т о р о й э т а п** – расчет элементов винта, обеспечивающего наиболее эффективное использование мощности, подводимой от главного двигателя на номинальном (расчетном) режиме его работы. На этом этапе определяются максимально достижимая скорость движения судна или максимальная сила буксировки (толкания), создаваемая буксиром (толкачем). Полученные в результате второго этапа расчета значения геометрических характеристик винта принимаются в качестве окончательных и используются в последующих расчётах.

В курсовом проекте второй этап является непосредственным

продолжением первого. В дипломном проектировании второй этап может иметь самостоятельное значение, когда, например, выполнена модернизация (замена) установленного на судне двигателя и необходимо уточнить показатели движителя.

В качестве движителя может быть принят открытый винт (ОВ) или комплекс: гребной винт – кольцеобразная направляющая насадка (ВН).

Тип движителя в расчете принимается в зависимости от типа заданного судна. Для буксиров, танкеров, грузовых судов с приставкой и без нее проектируется ВН; для пассажирских и грузо-пассажирских судов, паромов, разъездных судов и катамаранов (пассажирских и грузовых) принимается ОВ.

Схемы расчета движителя на втором этапе различаются в зависимости от состава исходных данных [3]:

- для грузовых, пассажирских, грузо-пассажирских судов, паромов и грузовых судов с постоянной приставкой расчет движителя ведется с использованием кривой сопротивления движению заданного судна; этот вариант расчета далее представлен под рубрикой «небуксирное судно» (п. 2.3.1);
- для буксиров и толкачей расчет движителя выполняется при заданной силе тяги на гаке или силе толкания; этот вариант расчета представлен под рубрикой «буксирное судно» (п. 2.3.2).

## **2.2. Расчет элементов гребного винта при выборе главного двигателя**

### **2.2.1. Исходные данные и расчет коэффициентов взаимодействия корпуса судна и движителя.**

Состав исходных данных (см. задание) для вариантов расчета «небуксирное судно» и «буксирное судно» включает:

- характеристики корпуса судна ( $L_c$ ,  $B_c$ ,  $T_c$ ,  $\delta$ );
- тип кормовых обводов корпуса судна;
- скорость хода судна или состава, которая должна быть обеспечена расчетом ( $v_0$ );
- количество гребных винтов ( $x$ );



- сила сопротивления движению судна ( $R_0$ ) (в частности, грузового теплохода с приставкой) при заданной скорости хода ( $v_0$ , см. п.1).

Для варианта «буксирное судно», кроме того, указывается заданная сила тяги буксира или сила упора толкача ( $Z$ ).

Исходные показатели в расчетно-пояснительной записке должны быть представлены в упорядоченном виде.

Расчет коэффициентов взаимодействия корпуса и движителя на данном этапе выполняется по приближенным формулам.

Коэффициент попутного потока при расчете открытого винта находится по выражению:

$W = 0,55\delta - 0,20$  – для бортового винта (соответствует случаям установки за корпусом судна 2-х или 3-х винтов).

$W = 0,50\delta - 0,05$  – для винта в диаметральной плоскости (ДП).

Коэффициент засасывания поверхности корпуса судна открытым винтом определяется по формулам:

при обычных (нетоннельных) обводах

$$t = 0,8 W(1 + 0,25W) \text{ – для бортового винта,} \quad (2.1)$$

$$t = 0,6 W(1 + 0,67W) \text{ – для винта в ДП;} \quad (2.2)$$

$$\text{при тоннельных обводах принимается} \quad t = W \quad (2.3)$$

Коэффициент попутного потока при расчете винта в насадке вычисляется по формулам:

$W = 0,65 (0,55 \cdot \delta - 0,20)$  – для бортового винта,

$W = 0,65 (0,50 \cdot \delta - 0,05)$  – для винта в ДП.

Коэффициент засасывания поверхности корпуса винтом в насадке принимается равным коэффициенту  $W$ , то есть  $t = W$ .

Для толкача с составом и грузового теплохода с приставкой полученное значение коэффициента  $W$  следует дополнить поправкой  $\Delta W$ , которая учитывает влияние толкаемого состава (приставки) на величину попутного потока. Значение  $\Delta W$  принимается по заданию или рассчитывается по формуле

$$\Delta W = 0,17 \frac{\delta' L'}{\delta L_c} W,$$

где  $\delta$ ,  $\delta'$  – коэффициент полноты водоизмещения толкача (грузового теплохода) и расположенной непосредственно перед

ним баржи (приставки) соответственно;  $L_c$ ,  $L'$  – длина толкача (теплохода) и расположенной перед ним баржи (приставки) соответственно. При отсутствии значений  $\delta'$  и  $L'$  поправка приближенно принимается равной  $\Delta W = 0,1$ .

Коэффициент попутного потока  $W_c$  при расчете движителя толкача (теплохода с приставкой) принимается равным  $W_c = W + \Delta W$ , а коэффициент засасывания –  $t_c = 0,9 W_c$ .

### **2.2.2. Расчет минимально необходимой мощности главного двигателя.**

Расчет значений необходимой мощности главного двигателя и соответствующих частот вращения вала винта выполняется в форме таблицы 2.1. При этом мощность и частота определяются применительно к различным возможным (допустимым) значениям диаметра винта ( $D$ ).

Наряду с диаметром винта, для выполнения расчета по таблице 2.1, необходимо знать значение упора комплекса винт-насадка ( $T_n$ ) или открытого винта ( $T$ ), а также величину скорости потока, набегающего на винт в насадке ( $v_n$ ) или на открытый винт ( $v_p$ ).

Порядок определения этих показателей представлен ниже.

- Назначаются ряд значений  $D$ , при которых винт (винт в насадке) может быть размещен под кормой судна. Предельные значения принимаются в зависимости от осадки судна ( $T_c$ ) следующими:  $D_{\min} = (0,45 \dots 0,5) T_c$ , а  $D_{\max} = d \cdot T_c$  (где  $d$  – коэффициент). Для судов с обычными (нетоннельными) обводами кормы коэффициент находится в пределах:

$d = 0,80 \dots 0,85$  – для винта в ДП,

$d = 0,65 \dots 0,75$  – для бортового винта.

При тоннельной форме днища в корме коэффициент принимается независимо от положения винта по ширине судна следующим:

$d = 1,15 \dots 1,20$  – для буксиров и толкачей,

$d = 1,0$  – для остальных типов судов.

Между  $D_{\min}$  и  $D_{\max}$  принимаются промежуточные значения  $D$  с примерно равным интервалом между ними. Значение каждого из диаметров округляется до числа кратного 0,05 м и вписывается в таблицу 2.1.

- Скорость потока перед движителем определяется с использованием полученного значения коэффициента попутного потока

( $W_c$  или  $W$ ) и заданной скорости судна ( $v_o$ ) следующим образом:

$v_e = v_o(1 - W_c)$  – для толкача и грузового теплохода с приставкой;

$(v_e$  или  $v_p) = v_o(1 - W)$  – при использовании на судах других типов ВН или ОВ.

• Сила полного упора движителя рассчитывается исходя из известных значений силы сопротивления движению ( $R_o$ ) при заданной скорости ( $v_o$ ) и коэффициента засасывания ( $t$  или  $t_c$ ) по соответствующей из формул:

$$T_k = \frac{R_o + Z}{x(1 - t_c)} \quad \text{– для толкача,}$$

$$T_k = \frac{R_o}{x(1 - t_c)} \quad \text{– для грузового теплохода с приставкой,}$$

$$T_k = \frac{R_o + Z}{x(1 - t)} \quad \text{– для буксира,}$$

$$(T_k \text{ или } T) = \frac{R_o}{x(1 - t)} \quad \text{– при использовании на одиночных судах (грузовых, пассажирских и др.) ОВ или ВН,}$$

где  $Z$  – заданная сила толкания или сила тяги на гаке, кН.

Таблица 2.1

**Определение частоты вращения винта и необходимой мощности двигателя**

Исходные данные <sup>1)</sup> : $T_k =$ кН; $D_{max} =$ м; $v_e =$ м/с; $\rho = 1,0$ т/м <sup>3</sup> ; $\eta_e =$ ; $\eta_{ред} =$ ; $K_3 =$						
Расчетные величины и формулы	Размерность	Диаметр винта, м				
		$D_{min}$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_{max}$
$K'_{dk} = D \cdot v_e \cdot \sqrt{\frac{\rho}{T_k}}$	–					
$\left. \begin{matrix} \lambda_e \\ \eta_e \\ H/D \end{matrix} \right\} = f(K'_{dk})$	–					
	–					
	–					
$n = \frac{v_e}{\lambda_e D}$	с <sup>-1</sup>					

$P_D = \frac{T_k \cdot v_e}{\eta_e}$	кВт					
$P_3 = \frac{P_D \cdot K_3}{\eta_e \cdot \eta_{ред}}$	кВт					
$n_M = n \cdot 60$	мин <sup>-1</sup>					
<sup>1)</sup> Индексы ряда показателей в таблице соответствуют расчету по комплексу винт-насадка. В случае расчета по открытому винту следует выполнить замену: $K'_{dk}$ на $K'_{d'}$ ; $v_e$ на $v_p$ ; $T_k$ на $T$ ; $\lambda_e$ на $\lambda_p$ ; $\eta_e$ на $\eta_p$ .						

На данном (первом) этапе проектировочного расчета выбор дискового отношения и количества лопастей винта не обосновываются, так как эти геометрические характеристики несущественно влияют на величину мощности, потребляемой винтом. С учетом этого рекомендуется использовать диаграмму с наиболее распространенными в эксплуатационной практике характеристиками винта: дисковым отношением ( $\Theta$ ) в пределах 0,55 ... 0,58 и количеством лопастей ( $z$ ) равном 4.

Широкий набор расчетных диаграмм по ОБ и ВН представлен в альбоме [4]; из этого альбома взяты и представлены в настоящем пособии «корпусная» и «машинная» диаграммы для ОБ с  $z = 4$ ,  $\Theta = 0,55$  (приложения А и Б соответственно), а также «корпусная» и «машинная» диаграммы для ВН с  $z = 4$ ,  $\Theta = 0,58$  (приложения В и Г соответственно).

Расчет по форме таблиц 2.1 выполняется с использованием «корпусной» расчетной диаграммы по ОБ или ВН, которые представлены в [4] или в настоящем пособии. Для «входа» в диаграмму рассчитывается значение  $K'_{dk}$  (см. таблицу 2.1) по каждому из принятых значений  $D$ . Точка на диаграмме (см. пример на рис. 2.1) находится по значению  $K'_{dk}$  на кривой, которая имеет обозначение « $(K'_{dk})_{опл}$ » или « $K'_{dk}$  при  $n_{опл}$ ». При этом используется шкала коэффициента  $K_{dk}$ . По установленной таким образом на диаграмме точке (расчетной точке) находятся соответствующие ей значения относительной поступи ( $\lambda$ ), гидравлического к.п.д. движителя ( $\eta_e$ ) и шагового отношения винта ( $H/D$ ).

Процесс их определения поясняется на рисунке 2.1, где в качестве расчетной показана точка «А». По местоположению

точки «А» между кривыми, имеющими обозначение  $H/D = \text{const}$  находится расчетное значение  $-(H/D)^p$ , а по местоположению точки «А» между кривыми, имеющими обозначение  $\eta_e = \text{const}$ , находится значение  $\eta_e^p$ . Значение  $\lambda_e^p$  определяется путем проектирования точки «А» на шкалу  $\lambda_e$ . Примеры на рисунке 2.1 соответствуют:

$$(K'_{dk})^p = 0,725; \lambda_e^p = 0,400; \eta_e^p = 0,520; (H/D)^p = 0,800.$$

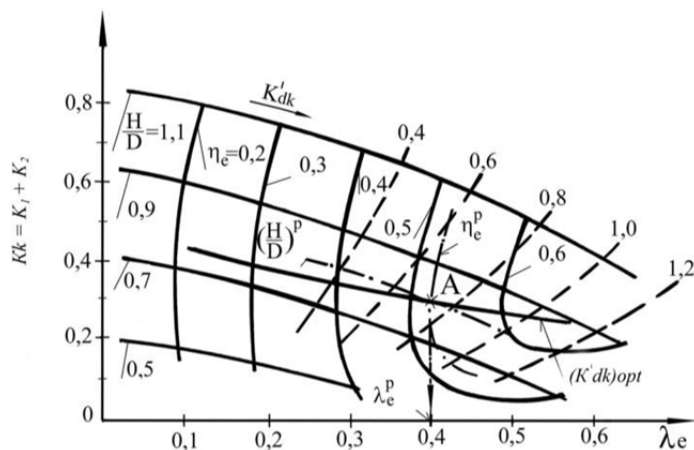


Рис. 2.1. К определению значений  $H/D$ ,  $\lambda_e$ ,  $\eta_e$  по «корпусной» расчетной диаграмме

При выполнении расчетов по форме таблицы 2.1 (а также последующих расчетов, представленных в п. 2.3) наряду с использованием диаграмм из [4] могут быть использованы вспомогательные диаграммы, которые разработаны на основе данных, содержащихся в диаграммах, представленных в приложениях А, Б, В и Г.

Вспомогательные диаграммы разработаны на кафедре проектирования и технологии постройки судов ВГУВТ и представлены в приложениях Д, Ж, И и К. Эти диаграммы построены таким образом, что упрощают (облегчают) определение значений искомых величин.

Снятые с диаграммы показатели используются для расчета

мощности  $P_D$ , которую необходимо подвести к винту, и соответствующей частоты вращения вала винта ( $n$ ) (см. таблицу 2.1).

Необходимая мощность главного двигателя  $P_g$  определяется исходя из  $P_D$  с учетом потерь мощности на подшипниках валопровода и в редукторе. Кроме того, двигатель должен иметь запас (резерв) мощности.

Значения к.п.д. валопровода ( $\eta_b$ ) и редуктора ( $\eta_{ред}$ ) рекомендуются следующими:  $\eta_{ред} = 0,95 \dots 0,97$ ,  $\eta = 0,97 \dots 0,98$ .

Запас мощности двигателя принимается 10%; при расчете  $P_g$  это учитывается введением коэффициента запаса мощности ( $K_3$ ), который принимается равным 1,1.

### 2.2.3. Выбор главного двигателя.

По данным таблицы 2.1 зависимости  $P_g = f(n)$  и  $D = f(n)$  изображаются на верхней части графика (рисунок 2.2), а зависимости  $(H/D) = f(n)$ ,  $K'_{дк} = f(n)$  и  $\lambda_e = f(n)$  – на нижней его части. Зависимость  $P_g = f(n)$  используется для выбора главного двигателя; другие зависимости – при выполнении обоснований, представленных в п.п. 2.3.1.1 и 2.3.1.2.

Таблица с характеристиками двигателей дана в приложении Л. При выборе двигателя необходимо руководствоваться следующими требованиями.

- Точка, характеризующая «положение» двигателя на графике (см. рисунок 2.2) указывается (определяется) по двум показателям: по его номинальной мощности и частоте вращения вала винта ( $n$ ). При этом в качестве  $n$  может быть рассмотрена как частота вращения коленчатого вала дизеля, так и частота вращения на выходе редуктора, который может поставляться с двигателем. В любом случае двигатель может быть принят для его последующей оценки (сравнения с другими двигателями) только при условии, когда «точка» двигателя располагается на кривой  $P_g = f(n)$ , либо выше этой кривой и в диапазоне значений  $n$ , соответствующих интервалу  $D_{max} - D_{min}$ .

- При рассмотрении нескольких пригодных двигателей следует принять двигатель, имеющий меньшую мощность, или, при равных (близких) значениях мощности (на рисунке 2.2 смотри точки «А» и «С»), принять двигатель с большим запасом мощности по отношению к кривой  $P_g = f(n)$ , т.е. двигатель, соответствующий

точке «С»

• Если определяющая двигатель точка располагается в зоне недопустимых режимов (например, т. *Б* находится ниже кривой  $P_э = f(n)$ ), то следует рассмотреть возможность применения этого двигателя с редуктором и за счет этого переместить определяющую его точку в область допустимых режимов. Например, (рисунок 2.2) за счет установки редуктора частота вращения, подаваемая от двигателя на движитель, уменьшена от  $n_{дв}$  (т. *Б*) до  $n_0$  (т. *Б'*).

По данным рисунка 2.2 наиболее предпочтительным является двигатель с редуктором (т. *Б'*).

При выборе двигателя также следует учитывать его массу и удельный расход топлива.

На рассматриваемом рисунке, по результатам выбора двигателя, следует указать только одну точку, обозначив её буквой «*N*». По выбранному двигателю необходимо представить: марку, номинальную мощность ( $P_0$ ), частоту вращения коленчатого вала ( $n_{дв}$ ), частоту вращения вала винта ( $n_0$ ) (если не используется редуктор, то  $n_{дв} = n_0$ ) и, исходя из обозначения марки двигателя, сделать запись «двигатель с газотурбинным наддувом» или «двигатель без наддува».

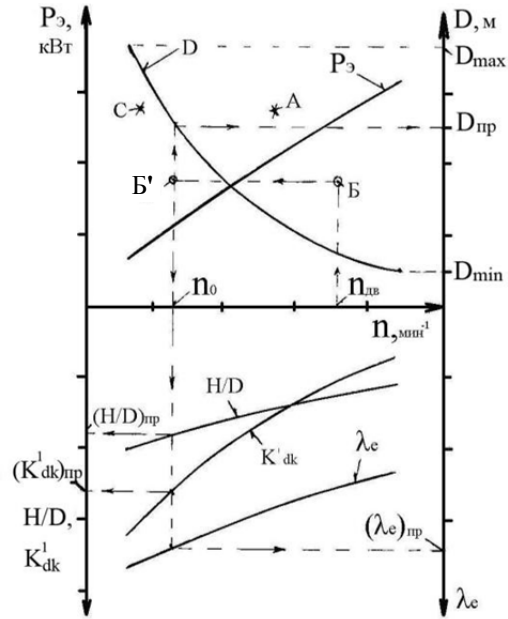


Рис. 2.2. К выбору главного двигателя и определению предварительных показателей винта

Зависимости рисунка 2.2 служат как для выбора двигателя, так и для определения предварительных значений показателей винта: диаметра ( $D_{пр}$ ), относительной поступи винта —  $(\lambda_e)_{пр}$  или  $(\lambda_p)_{пр}$ , шагового отношения винта  $(H/D)_{пр}$ , коэффициента упора-диаметра винта  $(K'_d)_{пр}$  или комплекса винт-насадка  $(K'_{дк})_{пр}$ . Значения этих

показателей используются в последующих расчётах (см. п.п. 2.3.1); здесь они должны быть представлены под заголовком – «Предварительные показатели винта (комплекса винт-насадка)»

### **2.3. Определение характеристик движителя, обеспечивающего полное использование мощности выбранного двигателя**

На данном этапе расчета по известным характеристикам корпуса судна и выбранного двигателя определяются основные элементы гребного винта, который при использовании мощности, подводимой к нему от двигателя на номинальном режиме ( $P_{До}$ ), обеспечивал бы:

- для небуксирного судна – наивысшую скорость хода при заданных условиях плавания;
- для буксирного судна (толкача) – наибольшую тягу на гаке (силу толкания) при заданной скорости движения состава.

#### **2.3.1. Схема расчета движителя для небуксирного судна.**

##### **2.3.1.1. Исходные данные к расчету.**

Исходными данными на этом этапе являются:

- геометрические характеристики корпуса судна ( $L_c, B_c, T_c, V_c, \delta_c$ );
- тип кормовых обводов корпуса судна;
- количество ( $x$ ) и тип движителей ( $OB$  или  $BH$ );
- скорость хода судна по заданию ( $v_o$ , м/с) и кривая сопротивления его движению ( $R = f(v)$ );
- номинальная частота вращения винта ( $n_o$ , см. рисунок 2.2), об/с;
- мощность двигателя ( $P_{До}$ , кВт), подводимая к винту при частоте вращения ( $n_o$ ) (расчет  $P_{До}$  смотри ниже);
- максимальный диаметр гребного винта ( $D_{max}$ , м) и сила полного упора движителя ( $T_k$  или  $T$ , кН) (см. таблицу 2.1);
- коэффициент нагрузки комплекса винт-насадка по упору ( $\sigma_k$ ) (расчет смотри ниже; для открытого винта – не определяется);
- предварительное значение диаметра винта ( $D_{пр}$ , м) и



соответствующие значения коэффициента  $(K'_d)_{пр}$  или  $(K'_{dk})_{пр}$ , шагового отношения  $(H/D)_{пр}$  и относительной поступи  $(\lambda_p)_{пр}$  или  $(\lambda_e)_{пр}$ . Значения этих показателей должны соответствовать частоте вращения винта  $n_o$  (см. рисунок 2.2).

Мощность на валу винта определяется по формуле

$$P_{До} = \frac{P_o \eta_{ред} \eta_v}{K_3},$$

где  $P_o$  – мощность выбранного двигателя, кВт;  $\eta_{ред}$ ,  $\eta_v$  – к.п.д. редуктора (учитывается в случае его использования) и валопровода соответственно;  $K_3$  – коэффициент запаса мощности (см. таблицу 2.1).

Коэффициент нагрузки комплекса ВН определяется по выражению  $\sigma_k = \frac{2,55 T_k}{\rho D^2 v_e^2}$ , где  $T_k$ ,  $v_e$  – упор комплекса ВН (кН) и скорость натекания на него воды (м/с) соответственно (см. таблицу 2.1);  $\rho = 1 \text{ т/м}^3$  – плотность воды;  $D$  – диаметр винта, м, ( $D = D_{пр}$ , см. рисунок 2.2).

### **2.3.1.2. Обоснования к выбору винта по числу лопастей, форме их контура и дисковому отношению.**

На втором этапе проектировочного расчета расчётная диаграмма по движителю выбирается после обоснования количества лопастей гребного винта, формы их контура и значения дискового отношения. Ниже даны такие обоснования.

- Количество лопастей открытого винта принимается по условию:

при  $K'_d < 2,0$  – количество лопастей 4,

при  $K'_d \geq 2,0$  – лопастей 3.

Значение  $K'_d$  находится по схеме, показанной на рисунке 2.2.

Для винта работающего в насадке рекомендуется  $z = 4$  [3].

Форма контура лопасти принимается с учетом следующих обстоятельств.

У открытых гребных винтов форма контура лопасти не оказывает существенного влияния на его к.п.д. и кавитационные характеристики. На практике применяются винты, которые имеют как симметричную, так и несимметричную форму контура лопасти.

Вместе с тем, винты, имеющие саблевидный (несимметричный) контур предпочтительнее, так как их применение приводит к снижению вибрации корпуса судна.

У винтов, работающих в насадке, форма контура лопасти оказывает существенное влияние на к.п.д. движителя. Установлено, что в зависимости от шагового отношения винта и коэффициента нагрузки комплекса ( $\sigma_k$ ) можно выделить области целесообразного применения винтов с саблевидным контуром лопасти (форма Трооста) и усеченным симметричным контуром (форма Каплана). При известных значениях  $(H/D)_{пр}$  и  $\sigma_k$  (см. п.п. 2.3.1.1) выбор формы контура лопасти винта производится по рисунку 2.3.

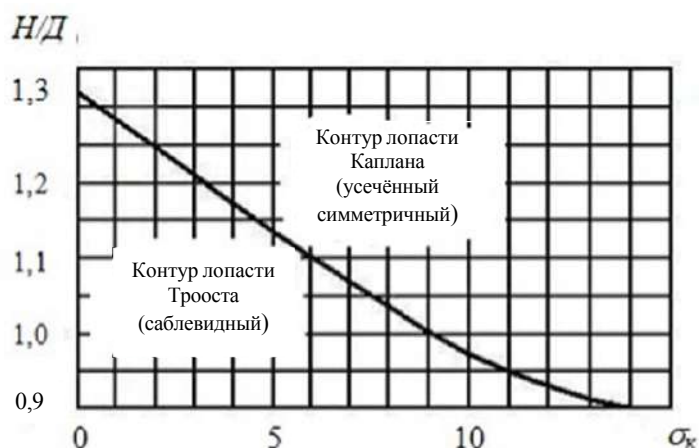


Рис. 2.3. К выбору формы контура лопасти винта в насадке

- Дисковое отношение открытого винта и винта работающего в насадке должно удовлетворять двум условиям: лопасть винта должна обладать достаточной прочностью при работе и, кроме того, на лопастях не должно быть кавитации.

Минимально необходимое дисковое отношение по условию прочности лопастей открытого винта и винта в насадке определяется по формуле

$$\Theta'_{\min} = 0,0813 \left( \frac{a \cdot z}{D \cdot \delta_{\max}} \right)^{2/3} \cdot \sqrt[3]{m T},$$

где  $a$  – коэффициент, зависящий от материала винта<sup>\*)</sup> и принимаемый равным: 0,065 – при использовании углеродистой стали и латуни, а в случае использования нержавеющей стали и бронзы – равным 0,05;  $z$  – количество лопастей винта;  $D$  – диаметр винта, принимаемый равным  $D_{пр}$ , (см. п.п. 2.3.1.1) м;  $\delta_{max} = 0,09$  – предельное значение относительной толщины лопасти;  $m$  – коэффициент, характеризующий возможную максимальную нагрузку на лопасть, – принимается равным для ледоколов 2,0; для буксиров и толкачей 1,5; для судов других типов 1,15;  $T$  – упор гребного винта, кН.

Для винта, работающего в насадке, сила  $T$  определяется как часть упора комплекса винт-насадка по формуле

$$T = \frac{T_s}{1 + t_n},$$

где  $t_n$  – коэффициент засасывания насадки определяемый в зависимости от  $\sigma$  (см. выше) и формы контура лопасти по рисунку 2.4.

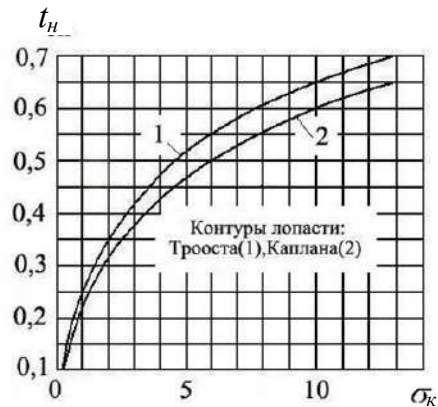


Рис. 2.4. К определению коэффициента засасывания насадки

Условия работы открытого винта и винта в насадке существенно отличаются. В связи с этим изменяется значимость различных факторов в процессе возникновения кавитации на лопастях винта.

Для открытого винта минимально необходимое дисковое отношение по условию отсутствия кавитации определяется по формуле

$$\Theta_{min} = 1275 \xi \cdot \frac{K_c}{p_c} \cdot D^2 \quad (2.4)$$

где  $\xi$  – эмпирический коэффициент, зависящий от нагрузки на винт

<sup>\*)</sup> В качестве материала винтов небыстроходных судов рекомендуется сталь; для быстроходных – латунь и бронза.

и принимаемый для пассажирских судов равным 1,35, а для судов других типов – равным 1,6;  $n$  – частота вращения винта, об/с, принимается равной  $n_o$ ;  $D$  – диаметр винта, м, принимается равным  $D_{np}$ ;  $K_c$  – кавитационная характеристика, определяемая в зависимости от  $(H/D)_{np}$  и  $(\lambda_p)_{np}$  по приложению М;  $p_c$  – абсолютное гидростатическое давление на уровне оси винта, Па.

Значение  $p_c$  определяется по выражению

$$p_c = p_a + \rho g h_s - p_d,$$

где  $p_a = 101300$  Па – атмосферное давление;  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – плотность пресной воды;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $h_s = T_c - D_{np} / 2$  – глубина погружения оси гребного винта;  $p_d$  – давление насыщенных паров воды, принимаемое равным 2000 Па (соответствует  $t^\circ = 17^\circ\text{C}$ ).

Для винта в насадке минимально необходимое дисковое отношение по условию отсутствия кавитации определяется по формуле

$$\Theta'_{\min} = \frac{3270 P_d}{n D^3 p_c},$$

где  $n$ ,  $D$ ,  $p_c$  – см. пояснения к формуле (2.4);  $P_d$  – мощность, подведенная к винту, кВт, принимается равной  $P_{до}$  (см. п.п. 2.3.1.1).

После определения  $\Theta'_{\min}$  и  $\Theta''_{\min}$  большее из них принимается в качестве минимально допустимого значения при выборе расчетной диаграммы, как для открытого винта, так и винта в насадке. Наряду с  $\Theta$  при выборе расчетной диаграммы также учитываются количество лопастей винта и форма лопастей (обоснования см. выше).

### **2.3.1.3. Расчет движителя на полное использование мощности двигателя.**

На втором этапе проектировочного расчета движителя значения коэффициента попутного потока и коэффициента засасывания определяются с большей точностью, чем на первом этапе.

- Коэффициент попутного потока при расчете открытого винта определяется по формуле

$$W = 0,11 + \frac{0,16 \cdot \delta^q}{q} \sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D}}, \quad (2.5)$$

где  $q$  – показатель, значение которого принимается:  $q = 1$  – для винта в ДП,  $q = 2$  – для бортового винта;  $V, \delta$  – водоизмещение,  $\text{м}^3$ , и коэффициент полноты водоизмещения соответственно,  $V = V_c$ ,  $\delta = \delta D$  – диаметр винта, м, ( $D = D_{\text{пр}}$ ).

Коэффициент засасывания для открытого винта определяется по выражению (2.1), (2.2.) или (2.3) с использованием значения  $W$ , полученного по формуле (2.5).

• Коэффициент попутного потока при расчете винта в насадке определяется по формуле<sup>\*)</sup>

$$W = (a \delta + \frac{0,16 \cdot \delta^q}{q} \sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D}}) K_w, \quad (2.6)$$

---

<sup>\*)</sup> Для толкача и грузового теплохода с приставкой дополнительно определяется  $\Delta W$  (см. ниже по тексту).

где  $\delta, D, V$  – смотри пояснения к формуле (2.5); для судов с нетоннельными кормовыми обводами принимается:  $a = 0,043$ ;  $q = 1$  – при размещении винта в ДП и  $q = 2$  – для бортового винта; для судов с тоннельной формой кормы принимается:  $a = (-0,05)$ ,  $q = 1$  независимо от места расположения винта;  $K_w$  – коэффициент, учитывающий увеличение попутного потока в диске винта за счет свеса кормовой оконечности корпуса.

Для судов с нетоннельной формой кормы  $K_w = 1,0$ ; при тоннельной форме кормы  $K_w$  определяется в зависимости от отношения диаметра винта ( $D = D_{\text{пр}}$ ) к осадке судна ( $T = T_c$ ) по рисунку 2.5.

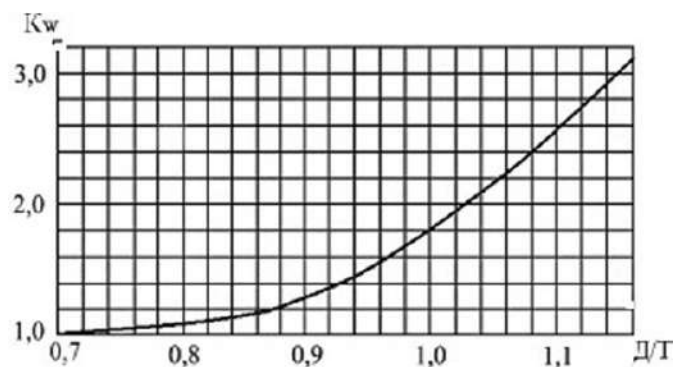


Рис. 2.5. К определению коэффициента увеличения попутного потока

Для толкачей и грузовых теплоходов с приставкой полный коэффициент попутного потока  $W_c$  превышает полученный по формуле (2.6) на величину  $\Delta W$ , то есть  $W_c = W + \Delta W$ . Расчет  $\Delta W$  представлен в п. 2.2.1.

Коэффициент засасывания корпуса судна комплексом винт-насадка определяется по приложению Н в зависимости от  $W$  или  $W_c$  и отношения коэффициента нагрузки комплекса ( $\sigma_k$ ) к коэффициенту расширения насадки ( $\beta$ ). Значение  $\sigma_k$  получено ранее (см. п.п. 2.3.1.1); коэффициент  $\beta$  указан на выбранной расчетной диаграмме.

- Расчет элементов гребного винта на полное использование мощности, подводимой к нему от двигателя в расчетном режиме, выполняется методом последовательных приближений. При этом вначале производится расчет, по которому определяется оптимальный винт, т.е. определяются его характеристики, при которых к.п.д. винта будет наибольшим (см. таблицу 2.2).

Таблица 2.2

**Расчет элементов оптимального движителя при полном использовании мощности двигателя**

Исходные данные <sup>1)</sup> : $x =$ ; $P_D = P_{Do} =$ кВт; $n = n_o =$ $c^{-1}$ ; $v_o =$ м/с; $t_{(c)} =$ ; $W_{(c)} =$ ; $D_{max} =$ м; $\rho = 1,0$ т/м <sup>3</sup>					
Расчетные величины и формулы	Единица измерения	Номер приближения			
		I	II	III	...
$v$	м/с	$v_o$	$v_1$	$v_2$	
$v_e = v (1 - W_{(c)})$	м/с				
$K_{нк}'' = \frac{2,94 v_e}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho v_e}{P_D}}$	–				
$\left. \begin{matrix} \lambda_e \\ \eta_e \\ H / D \end{matrix} \right\} = f(K_{нк}'')$ (определяется по машинной диаграмме)	–				
	–				
	–				
$D = \frac{v_e}{\lambda_e n}$	м				
$T_k = \frac{P_D \eta_e}{v_e}$	кН				
$R = x T_k (1 - t_{(c)})$	кН				
$v = f(K_{нк}'')$ (по кривой сопротивления движению судна, см. раздел 1))	м/с	$v_1$	$v_2$	$v_3$	
<sup>1)</sup> В таблице даны ряд обозначений ( $v_e$ , $K_{нк}''$ , $\lambda_e$ , $\eta_e$ , $T_k$ ), которые используются в расчетах по комплексу ВН. При выполнении таблицы для ОВ следует использовать соответствующие обозначения: $v_p$ , $\kappa''_n$ , $\lambda_p$ , $\eta$					

Расчет по таблице 2.2 начинается с первого приближения исходя из заданной скорости движения судна ( $v_o$ ). Точка на «машинной» диаграмме принимается на линии расположения оптимальных значений коэффициента  $K_{нк}''$ .\*)

Первое приближение завершается определением скорости  $v_1$ , которую следует сопоставить с исходной скоростью этого приближения ( $v_o$ ). Если разница (её абсолютное значение) между ними

–  $\Delta = \left| \frac{v_0 - v_1}{v_0} \right| 100\%$  превышает 1%, то итоговая скорость ( $v_1$ ) принимается в качестве исходной для выполнения второго приближения.

После завершения второго приближения определяется  $\Delta$  применительно к скоростям  $v_1$  и  $v_2$  и решается вопрос о необходимости выполнения следующего приближения по условию:  $\Delta \leq 1\%$ .

Результаты расчета по таблице 2.2 считаются окончательными (приемлемыми), если обеспечено условие  $\Delta \leq 1\%$  и, кроме того, диаметр винта ( $D$ ), полученный расчетом в том или ином приближении не превосходит  $D_{\max}$ .

Итоговые (окончательные) значения характеристик винта и скорость хода судна принимаются по последнему приближению.

Если условие  $D \leq D_{\max}$  не удовлетворяется (возможно уже в первом приближении) следует перейти к расчету по таблице 2.3.

Расчет по таблице 2.3 выполняется при фиксированном значении диаметра винта ( $D_{\max}$ ), а точка на расчетной диаграмме находится по пересечению «вертикали» (при известном значении  $\lambda_e$ ) и «горизонтали» (при известном –  $K_2$ ) Приближения по таблице 2.3 выполняются до удовлетворения условия  $-\Delta \leq 1\%$  (подобно тому, как по таблице 2.2).

Окончательные характеристики винта и достижимая скорость хода судна в таблице 2.3 находятся в последнем приближении.

\*) Если при выполнении расчётов по таблице 2.2 используется «машинная» диаграмма для ОВ, представленная в приложении Б или диаграмма для ВН, представленная в приложении Г, то процесс расчёта может быть упрощён за счёт использования вспомогательной машинной диаграммы, представленной для ОВ в приложении Ж, а для ВН – в приложении К.

Таблица 2.3

**Расчет характеристик винта с заданным диаметром при полном использовании мощности двигателя**

Исходные данные <sup>1)</sup> : $x =$ ; $P_d = P_{до} =$ кВт; $n = n_o =$ с <sup>-1</sup> ; $W_{(C)} =$ ; $D = D_{\max} =$ м; $v_o =$ м/с; $t_{(c)} =$ ; $\rho = 1,0$ т/м <sup>3</sup>
---



Расчетные величины и формулы	Единица измерения	Номер приближения			
		I	II	III	...
$v$	м/с	$v_0$	$v_1$	$v_2$	
$v_e = v (1 - W_{(c)})$	м/с				
$K_2 = \frac{0,159 P_d}{\rho n^3 D^5}$	–				
$\lambda_e = \frac{v_e}{n D}$	–				
$\left. \begin{matrix} \eta_e \\ H / D \end{matrix} \right\} = f(K_2, \lambda_e)$ (по машинной диаграмме)	–				
	–				
$T_k = \frac{P_d \eta_e}{v_e}$	кН				
$R = x T_k$	кН				
$v = f(R)$ , (по кривой сопротивления движению судна)	м/с	$v_1$	$v_2$	$v_3$	
1) Для открытого винта в таблице следует использовать обозначения: $v_p, \lambda_p, T, \eta_p$ .					

### 2.3.2. Схема расчета движителя для буксирного судна.

Исходные данные к расчету формируются по перечню, представленному в п.п. 2.3.1.1. с учетом того, что буксирные судна оборудуются комплексом винт-насадка. Кроме того, в исходные данные необходимо включить значение силы сопротивления движению толкача (буксира) ( $R_6$ ) при заданной скорости хода ( $v_0$ ).

Обоснования к выбору винта по геометрическим параметрам выполняются в соответствии с указаниями, содержащимися в п.п. 2.3.1.2.

Расчет уточненных значений коэффициентов взаимодействия движителя и корпуса судна производится по формулам, представленным в п.п. 2.3.1.3.

Расчет элементов винта на полное использование мощности двигателя вначале выполняется по таблице 2.4. Если в процессе расчета по таблице 2.4 окажется, что  $D > D_{\max}$ , следует перейти к расчету по форме таблицы 2.5, задавшись  $D = D_{\max}$ .

Пояснения к расчетам по таблице 2.4 и таблице 2.5 можно найти в п.п. 2.3.1.3.

Таблица 2.4

**Расчет характеристик оптимального движителя при полном использовании мощности двигателя**

Исходные данные: $x =$ ; $P_D = P_{Do} =$ кВт; $n = n_o =$ с <sup>-1</sup> ; $v_o =$ м/с; $t_{(c)} =$ ; $W_c =$ ; $D_{\max} =$ м; $\rho = 1,0$ т/м <sup>3</sup> ; $R_0 =$ кН		
Расчетные величины и формулы	Единица измерения	Значение
$v$	м/с	$v_o$
$v_e = v(1 - W_{(c)})$	м/с	
$K_{нк}'' = \frac{2,94 v_e}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\rho v_e}{P_D}}$	—	
$\left. \begin{array}{l} \lambda_e \\ \eta_e \\ H / D \end{array} \right\} = f(K_{нк}'' )$	—	
	—	
	—	
$D = \frac{v_e}{\lambda_e n}$	м	
$T_k = \frac{P_D \eta_e}{v_e}$	кН	
$Z = x T_k (1 - t_{(c)}) - R_0$	кН	
$\eta_z = \frac{Z v}{x P_D}$	—	

В таблице 2.4 и таблице 2.5 расчет выполняется в одно приближение. Другой отличительной особенностью таблицы 2.4 и таблицы 2.5 является то, что в итоге расчета определяются максимально достижимая сила буксировки (толкания) ( $Z$ , кН) и буксировочный к.п.д. ( $\eta_z$ ).

**Расчет характеристик винта с максимальным диаметром  
при полном использовании мощности двигателя**

Исходные данные: $x =$ ; $P_D = P_{Do} =$ кВт; $R_o =$ кН; $n = n_o =$ с <sup>-1</sup> ; $D = D_{max} =$ м; $v_o =$ м/с; $W_{(c)} =$ ; $t_{(c)} =$ ; $\rho = 1,0$ т/м <sup>3</sup>		
Расчетные величины и формулы	Единица измерения	Значение
$v$	м/с	$v_o$
$v_e = v (1 - W_{(c)})$	м/с	
$K_2 = \frac{0,159 P_D}{\rho n^3 D^5}$	–	
$\lambda_e = v_e / (n D)$	–	
$\left. \begin{matrix} \eta_e \\ H / D \end{matrix} \right\} = f(K_2, \lambda_e)$	–	
$T_k = \frac{P_D \eta_e}{v_e}$	кН	
$Z = x T_k (1 - t_{(c)}) - R_o$	кН	
$\eta_Z = \frac{Z v}{x P_D}$	–	

### 3. Определение ходовых и тяговых характеристик судна

#### 3.1. Введение

Ходовыми характеристиками называются зависимости, показывающие изменение суммарного эффективного упора движителей и соответствующей эксплуатационной мощности, подводимой от двигателя к движителю, при различных частотах вращения гребного вала и переменной скорости хода судна; кроме того, к этой группе зависимостей относят характеристику корпуса судна – кривую сопротивления его движению в тех или иных

условиях (при той или иной глубине фарватера, состоянии погоды, осадке судна).

Для буксиров и толкачей также показывается зависимость силы тяги на буксирном тросе или силы упора толкача от скорости; в соответствии с чем для этих судов характеристики называются тяговыми.

Ходовые характеристики позволяют «увязать» работу трёх звеньев пропульсивного комплекса судна (корпуса судна – движителей – главного двигателя) в виде, удобном для решения задач, которые могут возникнуть в эксплуатационной практике и при проектировании судна.

Расчет ходовых (тяговых) характеристик, выполняемый в курсовой работе, в основном заключается в определении показателей работы движителя и расчетном согласовании режимов работы двигателя и движителя. Кривые сопротивления движению судна в тех или иных эксплуатационных условиях рассчитываются отдельно и затем наносятся на поле графика – ходовые или тяговые характеристики.

Для расчета ходовых (тяговых) характеристик судна необходимо знать:

- максимальные значения мощности, подводимой к винту от двигателя;
- динамические характеристики движителя при его работе за корпусом судна.

### **3.2. Расчёт максимальных значений мощности, подводимой к винту от двигателя**

В курсовой работе рассматривается механическая схема передачи мощности от двигателя к винту, т.е. посредством гребного вала и, возможно, с использованием редуктора (см. п. 2.2.3). В представленных ниже расчётах значение мощности ставится в соответствие (даётся в зависимости) с частотой вращения винта.

Мощность, подводимая к винту, очевидно меньше, чем мощность на выходном фланце дизеля на величину потерь в опорах валопровода и редукторе (при установке последнего); эти потери



учитываются с использованием к.п.д. валопровода и к.п.д. редуктора (см. п. 2.2.2).

При выполнении проектных расчётов по гребным винтам максимальное значение мощности, отбираемое от дизеля, принимается, как правило, не по его номинальной внешней характеристике<sup>\*)</sup>, а по установленной для проекта ограничительной характеристике двигателя; таким образом часть мощности дизеля относят в запас, который задаётся посредством коэффициента запаса мощности двигателя ( $K_3$ ).

Расчёт максимальных значений мощности, подводимой от двигателя к винту, выполняется исходя из паспортной номинальной внешней характеристики двигателя или приближённым методом.

По приближённому методу значения мощности для получения внешней характеристики дизеля определяются по формулам:

$$\text{для двигателя без наддува} \quad P_3 = P_0 \cdot \bar{n}, \quad (3.1)$$

$$\text{для двигателя с наддувом} \quad P_3 = \frac{P_0(4\bar{n}-1)}{3}, \quad (3.2)$$

где  $P_3$  – мощность на валу двигателя при некоторой частоте вращения вала;

$P_0$  – мощность на валу двигателя при номинальной частоте вращения винта ( $n_0$ ) (при номинальном режиме работы двигателя);

$\bar{n} = n / n_0$  – относительная частота вращения винта.

Исходя из формул (3.1) и (3.2) можно получить следующие зависимости для расчёта максимального значения мощности ( $P_d^{\max}$ ) подводимой к винту:

$$P^{\max} = \frac{P_0 \cdot \bar{n} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{в}}}{K_3} \quad \text{– при использовании двигателя без наддува;}$$

$$P^{\max} = \frac{P_0 \cdot (4\bar{n}-1) \cdot \eta_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{ред}}}{K} \quad \text{– при использовании двигателя с наддувом.}$$

---

<sup>\*)</sup> Номинальная внешняя характеристика – зависимость  $P(n)$  при такой установке аппаратуры подачи топлива, когда номинальная мощность двигателя ( $P_0$ ) обеспечивается при номинальной частоте вращения вала. Такая зависимость получается в результате стендовых испытаний двигателя.

Эти зависимости учитывают механические потери мощности при её передаче от двигателя к винту и «резервирование» мощности ( $K_3$  – коэффициент запаса).

Расчёт максимальных значений мощности, подводимой к винту формализован в виде таблицы 3.1.

Таблица 3.1

**Расчёт максимальных значений мощности, подводимой к винту от двигателя**

Исходные данные: $P_0 = \dots$ кВт; $n_0 = \dots$ с <sup>-1</sup> ; $\eta_v = \dots$ ; $\eta_{ред} = \dots$ ; $K_3 = 1,1$							
Расчётные величины и формулы	Единица измерения	Относительная частота вращения винта, $\bar{n}$					
		0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
$n = \bar{n} \cdot n_0$	с <sup>-1</sup>						$n_0$
$n$	мин <sup>-1</sup>						$n_0$
$P_D^{max} = \frac{P_0 \cdot \bar{n} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_s}{K_3}$ или $P_D^{max} = \frac{P_0 \cdot (\bar{n} - 1) \cdot \eta_v \cdot \eta_{ред}}{K_3}$	кВт						

В таблице 3.1 в относительном виде ( $\bar{n}$ ) заданы ряд практически важных значений частоты вращения винта. Исходя из  $\bar{n}$  необходимо определить абсолютные значения частоты вращения винта в [об/с] и [об/мин], а затем, по выбранному варианту формулы, рассчитать  $P_D^{max}$ .

По данным таблицы 3.1 необходимо в графическом виде показать зависимость  $P_D^{max} = f(n)$  (см. рисунок 3.1).

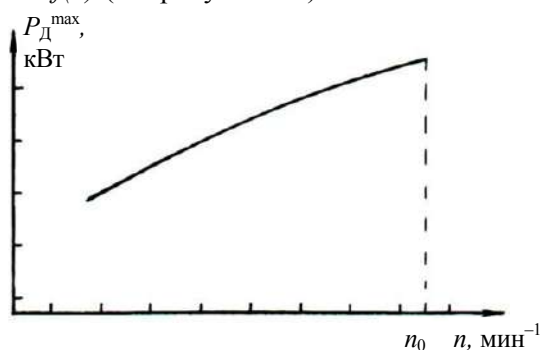


Рис. 3.1. Максимальные значения мощности, подводимой к винту от двигателя

### 3.3. Определение динамических характеристик движителя в относительном виде

Динамические характеристики движителя при его работе за корпусом судна в начале определяют в относительном виде, т.е. в виде зависимостей коэффициента эффективного упора ( $K_e$ ) и коэффициента момента движителя ( $K_2$ ) от относительной поступи ( $\lambda_p$  – для ОВ и  $\lambda_e$  – для ВН).

Расчет динамических характеристик открытого винта выполняется в форме таблицы 3.2, а комплекса ВН – таблицы 3.3.

Таблица 3.2

Расчет динамических характеристик открытого винта

Исходные данные: $z =$ ; $\theta =$ ; $(H/D)_{\text{рас}} =$ ; $\lambda_p^{\text{рас}} =$ ; $t_{\text{рас}} =$						
Расчетные величины и формулы	Относительная поступь					
	0,0			$\lambda_p^{\text{рас}}$		$\lambda_p^{\text{max}}$
$K_1 = f(\lambda_p, H/D)$						
$K_2 = f(\lambda_p, H/D)$						
$S_1 = 1 - \frac{\lambda_p}{H_1/D}$	1,0			$S_1^{\text{рас}}$		
$t = t_{\text{шв}} / S_1$	$t_{\text{шв}}$			$t_{\text{рас}}$		
$K_e = K_1 (1 - t)$						

В качестве исходных данных указываются: количество лопастей ( $z$ ), дисковое отношение ( $\theta$ ) и, для ВН – коэффициент расширения насадки ( $\beta$ ). На данном этапе используются расчётные диаграммы («корпусная» и «машинная») по ОВ или ВН, геометрия которого ранее была принята для выполнения расчётов по движителю при полном использовании мощности двигателя (см. п. 2.3.1.3).

Кроме того, в качестве исходных данных указываются значения  $H/D$ ,  $\lambda_p$  ( $\lambda_e$ ),  $t_{(c)}$  и  $W_{(c)}$ , полученные в последнем приближении расчета на полное использование мощности

выбранного двигателя (см. п. 2.3.1.3).

Режимы работы двигателя в таблице 3.2 и таблице 3.3 задаются 5÷7 значениями относительной поступи в диапазоне от  $\lambda_{p(e)} = 0$  до  $\lambda_{p(e)}^{\max}$ . Максимальное значение поступи снимается с «корпусной» диаграммы по точке лежащей на кривой  $(H/D)_{pac}$  и в пределах «содержательной части» поля диаграммы. Между  $\lambda_{p(e)} = 0$  и  $\lambda_{p(e)}^{\max}$  принимаются ряд промежуточных значений через примерно равный интервал между ними; в соответствующем месте этого ряда вписывается значение  $\lambda_{p(e)}^{pac}$ .

Таблица 3.3

**Расчет динамических характеристик комплекса винт-насадка**

Исходные данные: $z =$ ; $\theta =$ ; $(H/D)_{pac} =$ ; $\lambda_e^{pac} =$ ; $W_{pac} =$ ; $t_{pac} =$ ; $\beta =$ Тип кормы – .....						
Расчетные величины и формулы	Относительная поступь					
	0,0			$\lambda_e^{pac}$		$\lambda_e^{\max}$
$K_k = f(\lambda_e, H/D)$						
$K_2 = f(\lambda_e, H/D)$						
$\sigma_k = 2,55 K_k / \lambda_e^2$						
$t = f(\sigma_k / \beta, W_{pac})$				$t_{pac}$		
$K_{ек} = K_k (1 - t)$						

Значения коэффициента упора снимаются с «корпусной» диаграммы путем проектирования на шкалу  $K_1$  или  $K_k$  точек, соответствующих принятым значениям поступи ( $\lambda$ ) и лежащих на кривой  $(H/D)_{pac}$ . Аналогично с «машинной» диаграммы снимаются значения  $K_2$ . (Если на шкале даны значения  $\sqrt{K_2}$  или  $10K_2$ , то снятое значение следует преобразовать).

Последующие действия по таблице 3.2 и таблице 3.3 выполняются с целью определения значений  $K_e$ . При этом в таблицах используются разные методы определения коэффициента засасывания ( $t$ ), от которого зависит  $K_{e(k)}$ .



- В таблице 3.2 показатель  $S_l$  – скольжение винта, взятое по шагу нулевого упора; его расчёт выполняется по формуле

$$S_1 = 1 - \frac{\lambda_p}{H_1/D},$$

где  $\lambda_p$  – переменное значение поступи (см. таблицу 3.2);  
 $H_1/D$  – шаговое отношение по шагу нулевого упора, определяемое как сумма  $H_1/D = (H/D)_{\text{рас}} + 0,1$  (const).

Для выявления изменения  $t$  (коэффициента засасывания) по таблице 3.2 используется эмпирическое условие:  $t \cdot S_1 = \text{const}$ . В соответствии с этим условием можно записать:  $t_{\text{шв}} \cdot S_1^{\text{шв}} = t_{\text{рас}} \cdot S_1^{\text{рас}}$ , где  $t_{\text{шв}}, S_1^{\text{шв}}$  – значения показателей для режима работы винта на швартовах ( $\lambda_p = 0$ ), а  $t_{\text{рас}}, S_1^{\text{рас}}$ , значения для расчётного режима работы винта ( $\lambda_p^{\text{рас}}$ , см. таблицу 3.2). На основании отмеченного, при известных значениях  $S_1^{\text{шв}} = 1,0$ ;  $t_{\text{рас}}$  и  $S_1^{\text{рас}}$ , коэффициент засасывания на швартовах можно определить по формуле  $t_{\text{шв}} = t_{\text{рас}} \cdot S_1^{\text{рас}}$ .

Затем, с использованием значения  $t_{\text{шв}}$ , определяется значение коэффициента засасывания для других режимов работы винта (при других значениях  $\lambda_p$ ) по формуле  $t = t_{\text{шв}}/S_1$ , где  $S_1$  – соответствующее  $\lambda_p$  значение скольжения винта.

Полученные таким образом значения  $t$  используются для расчёта коэффициента эффективного упора винта ( $K_e$ ).

- При расчёте  $K_{ек}$  для комплекса винт-насадка коэффициент засасывания ( $t$ ) определяется по графику приложения Н. При этом используются рассчитанные значения коэффициента нагрузки комплекса ( $\sigma_k$ ) и заданные величины  $W_{\text{рас}}$  и  $\beta$ .

### 3.4. Расчет и построение динамических характеристик движителя

В состав ходовых (тяговых) характеристик судна входят динамические характеристики движителя.

Выше (см. п.3.3) такие характеристики для ряда скоростных режимов работы движителя ( $\lambda$ ) были получены в относительном виде с использованием расчётных диаграмм ( $K_{1(K)}, K_2$ ) и расчётом ( $K_e$ ).

На этапе определения ходовых (тяговых) характеристик

судна по движителю необходимо получить, в зависимости от частоты его вращения ( $n$ ) и поступательной скорости судна ( $v$ ), значения мощности, которая необходима для работы движителя, и создаваемой движителями (движителем) силы эффективного упора.

При функционировании пропульсивного комплекса (двигатель-двигатель-корпус судна) движитель является промежуточным звеном; он потребляет мощность двигателя, а создаваемая движителями сила упора преодолевает силу сопротивления движению судна. Результаты расчёта значений динамических показателей движителя дают возможность (с использованием графика ходовых (тяговых) характеристик) сопоставлять их с возможностями двигателя и силой буксировочного сопротивления движению судна.

Расчёт динамических характеристик при постоянных частотах вращения движителя выполняются в форме таблицы 3.4. Весь ряд значений  $\lambda_e$  и соответствующие значения  $K_2$  и  $K_{ек}$  в таблицу 3.4 переносятся из таблицы 3.3 (для ОВ – из таблицы 3.2) с сохранением последовательности их записи (см. форму таблицы 3.4),

Таблица 3.4

**Расчет динамических характеристик движителя при постоянных частотах его вращения**

Исходные данные <sup>1)</sup> : $D =$ м; $W =$ ; $n_0 =$ $c^{-1}$ ; $x =$ ; $\rho = 1 \text{ т/м}^3$					
Расчетные величины и формулы	Единица измерения	Относительная поступь и соответствующие значения $K_2$ и $K_{ек}$			
		0.0		$\lambda_e^{\max}$	$\lambda_e$
					$K_2$
				$K_{ек}$	
$n = n_0 ; P_D^{\max} =$ кВт					
$P_D = \frac{K_2 \rho n^5 D^5}{0,159}$	кВт				
$x T_e = x K_{ек} \rho n^2 D^4$	кН				
$v_e = \lambda_e n D$	м/с				
$v = v_e / (1 - W)$	м/с				
$n = n_1 ; P_D^{\max} =$ кВт					

$P_D = \frac{K_2 \rho n^3 D^5}{0,159}$	кВт					
$x \cdot T_e = x K_{ек} \rho n^2 D^4$	кН					
$v_e = \lambda_e n D$	м/с					
$v = v_e / (1 - W_{(c)})$	м/с					
1) При оформлении таблицы для открытого винта следует использовать обозначения: $\lambda_p, v_p, K_e$						

Расчёт  $P_D, (x \cdot T_e), v_e, v$  в таблице 3.4 выполняется однотипно при различных частотах вращения винта:  $n_0; n_1 = 0,95 \cdot n_0; n_2 = 0,90 \cdot n_0; n_3 = 0,85 \cdot n_0; n_4 = 0,80 \cdot n_0; n_5 = 0,70 \cdot n_0$ ; в представленной форме таблицы 3.4 расчёт при  $n_2, n_3, n_4$  и  $n_5$  условно не показан. Частоты вращения винта принимаются те же, что и при определении максимальных значений мощности, подводимой к винту от двигателя (см. таблицу 3.1).

В качестве исходных данных в таблице 3.4 указываются:

$D$  – значение диаметра винта, полученное в результате его расчёта на полное использование мощности выбранного двигателя (см. п.2.3),

$W$  – коэффициент попутного потока (см. п. 2.3.1.3.),

$x$  – количество движителей на судне,

$n_0$  – номинальная частота вращения винта (см. п. 2.2.3).

К числу исходных данных в таблице 3.4 относится максимальная мощность, подводимая от двигателя к винту –  $P_D^{\max}$ ; её значение, в зависимости от частоты вращения винта, принимается по таблице 3.1.

Расчёт по таблице 3.4, для некоторого скоростного режима работы винта ( $\lambda = \text{const}$ ), выполняется с использованием соответствующих значений коэффициентов  $K_2$  и  $K_{ек}$ .

• Последовательность выполнения расчётов по таблице 3.4 имеет особенность: при некотором значении частоты вращения винта расчёт начинают с режима его работы –  $\lambda_e^{\max}$ , т.е. с режима максимальной относительной поступи; затем, последовательно, при меньших значениях  $\lambda_e$ . Такая особенность обусловлена следующими обстоятельствами: по мере уменьшения значения  $\lambda$  (при  $n = \text{const}$ ) мощность на валу винта ( $P_D$ ) увеличивается и, при этом, она не должна превышать максимальной мощности,

подводимой к винту от двигателя ( $P_D^{\max}$ ) при данной частоте  $n$ .

В соответствии с отмеченным, по ходу выполнения расчётов при  $n = \text{const}$ , получаемые значения мощности на валу винта ( $P_D$ ) следует сопоставлять с  $P_D^{\max}$  при данной частоте вращения винта и, после наступления первого случая, когда окажется, что  $P_D > P_D^{\max}$ , расчёт при данной частоте вращения винта следует прекратить. С изменением  $n$  условие – ( $P_D > P_D^{\max}$ ) наступает при других значениях  $\lambda$ .

В результате расчёта по форме таблицы 3.4. определяются, при заданных частотах вращения винта, значения мощности, которая необходима для работы винта ( $P_D$ ), и суммарного эффективного упора движителей ( $x \cdot T_e$ ) в зависимости от скорости движения судна ( $v$ ). Эти зависимости являются основой графика «ходовые (тяговые) характеристики судна» (см. рисунки 3.2. и 3.3).



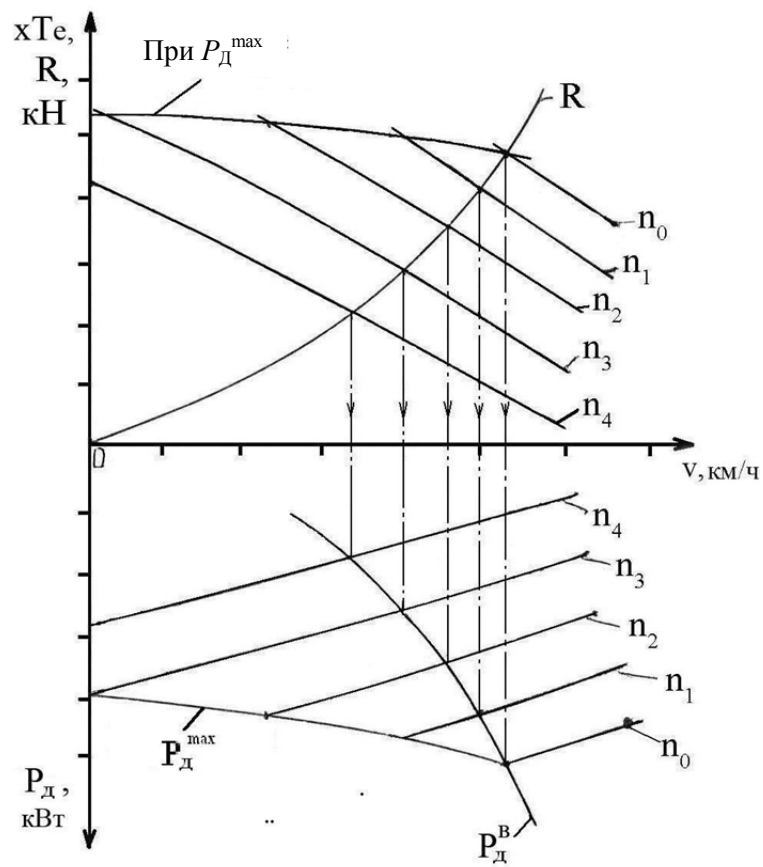


Рис. 3.2. Ходовые характеристики судна

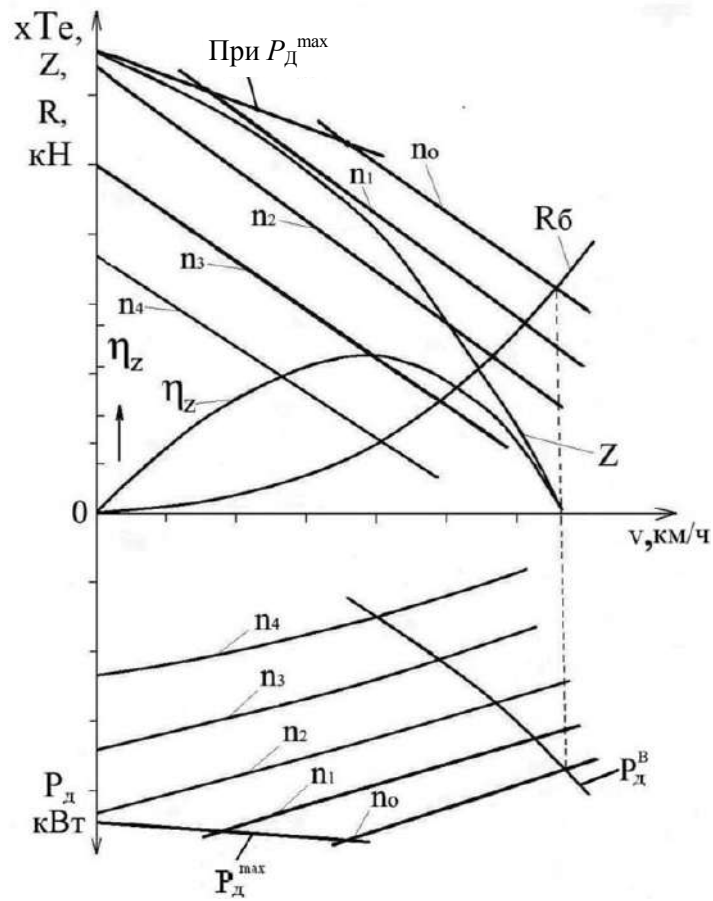


Рис. 3.3. Тяговые характеристики судна

Для построения такого графика рекомендуется использовать лист формата А3. На поле верхнего квадранта графика показываются (наносятся) зависимости, представляющие изменения сил, на поле нижнего квадранта показываются зависимости, характеризующие, при соответствующих скоростных показателях ( $v$  и  $n$ ), изменение мощности на валу движителя.

На координатных осях графика (рис. 3.2 и 3.3) наносятся равномерные шкалы показателей; для представления сил ( $x \cdot T_e$ ,  $R$ ,  $Z$ ,  $R_0$ ) используется общая для них шкала. При построении шкал в качестве максимального значения (с округлением) приближённо можно принять следующие: для шкалы сил –  $1,3 \cdot R_0$ , для скорости –  $1,4 \cdot v_0$ , для мощности –  $1,2 \cdot P_0$ .

Рассмотрим процесс построения на графике зависимостей динамических характеристик движителей по данным таблицы 3.4. При  $n = \text{const}$  по табличным значениям зависимость  $P_d = f(v)$  показывается на поле нижнего квадранта, а зависимость  $(x \cdot T_e) = f(v)$  – на поле верхнего квадранта. Совокупности кривых образуют соответствующие друг другу семейства зависимостей.

Затем на каждой из кривых  $P_d = f(v)$  отмечается точка, которой соответствует  $P_d^{\text{max}}$  (см. таблицу 3.4) при данной частоте  $n$ . По полученным таким образом точкам проводится ограничительная линия (на рисунках 3.2 и 3.3 обозначена –  $P_d^{\text{max}}$ ). Эта линия определяет максимальные значения мощности, которая может быть подведена к винту от двигателя (см. рис. 3.1).

Точки на кривых нижнего квадранта, соответствующие  $P_d^{\text{max}}$ , проектируются на зависимости  $x \cdot T_e = f(v)$  (при  $n = \text{const}$ ). Таким образом находят положение точек ограничительной линии (на рисунках 3.2 и 3.3 см. обозначение – «При  $P_d^{\text{max}}$ ») для поля зависимостей  $(x \cdot T_e) = f(v)$ .

На рисунках 3.2 и 3.3 поле «рабочих» режимов работы движителя ограничено сверху не только условием  $P_d = P_d^{\text{max}}$ , но и –  $n = n_0$ ; т.е. граничными являются также линии, имеющие обозначение  $n_0$ . Нижняя граница поля «рабочих» режимов работы движителя определяется минимально допустимой частотой вращения вала дизеля. В эксплуатационных условиях минимально устойчивая частота вращения его коленвала составляет не менее 30% от номинальной.

После показа на графике «ходовые характеристики судна» зависимостей  $(x \cdot T_e) = f(v, n)$  и  $P_d = f(v, n)$  он дополняется кривой  $R = f(v)$  (см. рис. 1.1). Точки пересечения кривой  $R = f(v)$  и зависимостей  $(x \cdot T_e) = f(v, n)$  позволяют определить положение точек кривой  $P_d^B = f(v, n)$  (построения см. на рисунке 3.1). Зависимость  $P_d^B = f(v, n)$  принято называть «винтовая характеристика двигателя»; она показывает изменение мощности, подводимой от двигателя к движителю, в процессе

наращивания скорости судна при заданной кривой сопротивления его движению.

Тяговые характеристики (рис. 3.3), в отличие от ходовых характеристик, включают кривую тяги на гаке или силы упора ( $Z$ ) буксирного судна, зависимость силы сопротивления самого буксирного судна от скорости хода  $R_6 = f(v)$  и кривую буксировочного к.п.д. ( $\eta_z$ ). Расчёт  $Z$  и  $\eta_z$  выполняется по формулам:

$$Z = x \cdot T_e - R_6; \quad \eta_z = \frac{Z \cdot v}{x \cdot P_{\text{д}}}$$

С использованием полученного графика «ходовые характеристики судна» необходимо проанализировать режимы работы двигателя и движителя при движении судна в условиях, отличающихся от заданных (исходных); например, рассмотреть случай движения судна в полном грузу на мелководье и случай его движения на глубокой воде порожнём.

Для решения этих задач на графике ходовых характеристик необходимо дополнительно нанести две кривые сопротивления движению судна. Дополнительные кривые получаются умножением ординат основной кривой сопротивления движению на 1,25 и 0,75. С использованием дополнительных кривых следует определить максимальную скорость движения судна и развиваемую двигателем мощность; кроме того, необходимо построить винтовые характеристики и указать в каком случае винт будет «лёгким», «тяжёлым» или «нормальным».

## **4. Разработка теоретического чертежа гребного винта**

### **4.1. Построение спрямленного контура лопасти**

Теоретический чертеж гребного винта дает представление о его форме и размерах. Он изображается в двух проекциях. Проекция на плоскость, перпендикулярную к оси вращения, называется нормальной проекцией гребного винта; проекция на вертикальную плоскость параллельную оси винта, – боковой проекцией.

Основой для изображения проекций лопасти винта служит ее спрямленный контур, с помощью которого задается распределение ширины лопасти по ее длине.

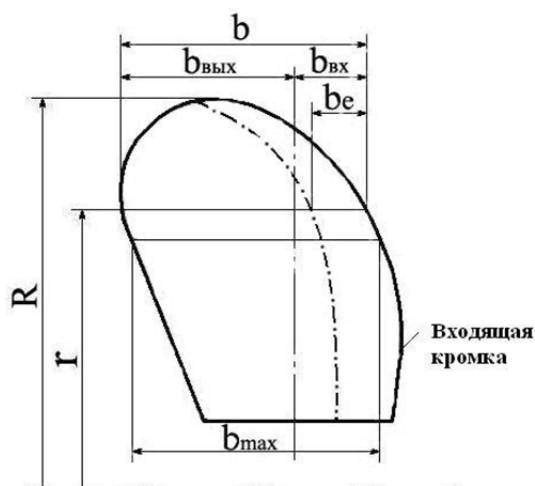
Исходными геометрическими показателями при разработке чертежа винта являются:

- диаметр винта,  $D$ , мм;
- шаг винта,  $H$ , мм;
- количество лопастей,  $z$ ;
- дисковое отношение,  $\Theta$ ;
- форма контура лопасти (саблевидная, симметричная);
- направление вращения винта (правое, левое);
- угол уклона образующей лопасти в корму,  $\gamma_k$ , град;
- относительный диаметр ступицы винта,  $\bar{d}_o$ .

Направление вращения винта рекомендуется принять правое. Угол  $\gamma_k$  для винтов в насадке принимается равным нулю, а для открытых винтов – в пределах от 0 до 15 °. Значение  $\bar{d}_o$  указано на расчетной диаграмме.

Разработка геометрии гребного винта начинается с расчета спрямленного контура лопасти (рис. 4.1 и рис. 4.2). Расчет как саблевидного (типа Трооста), так и усеченного симметричного (типа Каплана) контуров выполняется в следующей последовательности.

Рис. 4.1. Саблевидный спрямленный контур лопасти





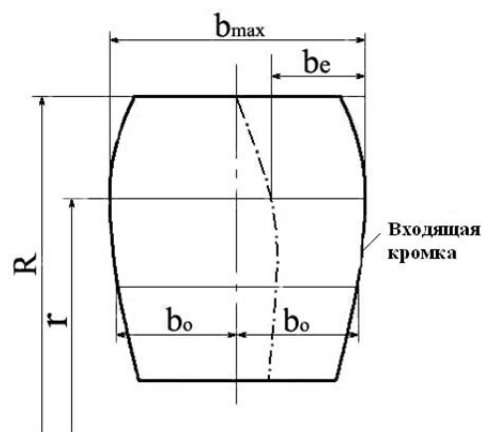


Рис. 4.2. Усеченный симметричный спрямленный контур лопасти

Определяется средняя ширина лопасти ( $b_c$ ), мм:  $b_c = \frac{3,14 R^2 \Theta}{(R - r_o)z}$ .

С использованием  $b_c$  рассчитывается максимальная ширина лопасти, мм:

$$b_{\max} = c b_c, \quad (4.1)$$

где  $c$  – эмпирический коэффициент принимаемый равным: 1,17 – для открытого винта с саблевидной формой и количеством лопастей 3, 4 и 5; 1,10 – для винта в насадке с симметричной формой лопасти; 1,16 – для винта в насадке с саблевидной формой лопасти.

Координаты точек спрямленного контура и линии наибольших толщин рассчитываются с использованием данных табл. 4.1, табл. 4.2 или табл. 4.3.

В этих таблицах координаты точек, используемых для построения кривых, задаются в относительном виде: по высоте – значениями  $\bar{r}$ , а по ширине (по горизонтали) – значениями  $\bar{b}_{ex}$ ,  $\bar{b}_{вых}$ ,  $\bar{b}_e$  и  $\bar{b}_o$ . В составе пояснительной записки выполняемой работы координаты точек (линейные значения  $r$ ,  $b_{ex}$ ,  $b_{вых}$ ,  $b_e$ ,  $b_o$ , а также  $b$ ) должны быть представлены в мм.

Расчет этих показателей при использовании данных табл. 4.1 и 4.2 выполняется по формулам:

$$b_{gx} = \bar{b}_{gx} \cdot b_{\max}, b_{gbx} = \bar{b}_{gbx} \cdot b_{\max}, b = \bar{b} \cdot b_{\max}, b_e = \bar{b}_e \cdot b.$$

Таблица 4.1

Данные для расчета саблевидного контура лопасти открытого винта

Относительный радиус, $\bar{r} = \frac{r}{R}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Относительное расстояние от оси спрямленного контура лопасти до:	входящей кромки, $\bar{b}_{вх}$	0,469	0,526	0,563	0,576	0,561	0,514	0,416	0,234
	выходящей кромки, $\bar{b}_{вых}$	0,292	0,333	0,373	0,408	0,439	0,467	0,484	0,201
Относительная полная ширина лопасти, $\bar{b}$	0,761	0,860	0,936	0,984	1,000	0,981	0,901	0,724	—
Относительное отстояние линии наибольших толщин от входящей кромки, $\bar{b}_e$	0,350	0,350	0,350	0,350	0,389	0,443	0,479	0,500	—

Данные для расчета саблевидного контура лопасти винта в насадке

Относительный радиус, $\bar{r} = \frac{r}{R}$	Относительный радиус,									
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
входящей кромки, $\bar{b}_{вх}$	0,460	0,520	0,560	0,570	0,580	0,570	0,480	0,320	0,17	–
расстояние от оси симметричного контура лопасти до:										
выходящей кромки, $\bar{b}_{вых}$	0,290	0,320	0,350	0,370	0,400	0,430	0,440	0,430	0,390	0,240
Относительная полная ширина лопасти, $\bar{b}$	0,750	0,840	0,910	0,940	0,980	1,000	0,920	0,750	0,560	0,240
Относительное отстояние линии наибольшей толщины от входящей кромки, $\bar{b}_e$	0,350	0,350	0,360	0,355	0,370	0,400	0,450	0,480	0,520	–

Таблица 4.3

Данные для расчета усеченного симметричного контура лопасти винта в насадке

Относительный радиус, $\bar{r} = \frac{r}{R}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
Относительное расстояние от осевой линии лопасти до входящей и выходящей кромок, $\bar{b}_o = \frac{b_o}{b_{\text{макс}}}$	0,34	0,395	0,435	0,465	0,490	0,500	0,500	0,485	0,445	0,300
Относительное отстояние линии наибольших толщин от входящей кромки, $\bar{b}_* = \frac{b_*}{2b_o}$	0,368	0,360	0,360	0,360	0,373	0,385	0,408	0,438	–	0,500



При расчете показателей для симметричного контура (см. табл. 4.3) линейные значения определяются по формулам:

$$b_o = b_{ex} = b_{вых} = \bar{b}_o \cdot b_{max}; b_e = \bar{b}_e \cdot 2b_o.$$

Рассчитанный спрямленный контур строится в качестве исходного на листе чертежа гребного винта.

#### 4.2. Определение размеров ступицы и расчет координат проекций лопасти

Представление о форме ступицы дает рис. 4.3. Диаметр ступицы в плоскости действия винта ( $d_o$ ) определяется с использованием относительного диаметра ( $\bar{d}_o$  см. исходные данные):

$$d_o = \bar{d}_o \cdot D.$$

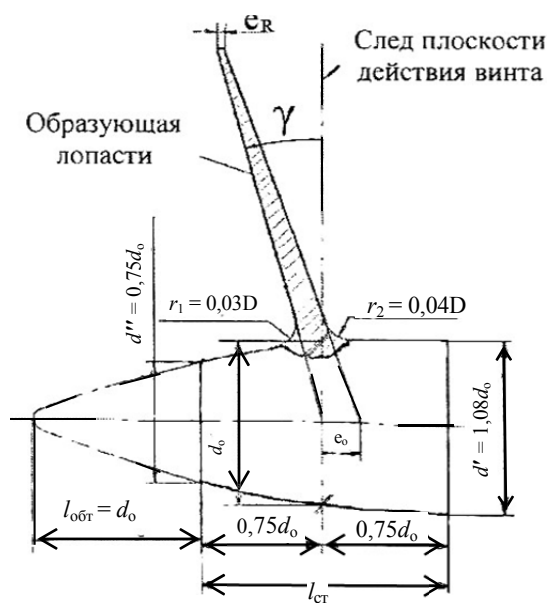


Рис. 4.3. К определению формы ступицы

По приведенным на рис. 4.3 зависимостям рассчитываются длина ступицы ( $l_{ст}$ ), диаметр ступицы по носовому торцу ( $d'$ ) и кормовому ( $d''$ ). Кроме того, определяются длина обтекателя ( $l_{об}$ ) и радиусы галтелей сопряжения лопасти со ступицей ( $r_1, r_2$ ). Если уклон образующей лопасти в корму ( $\gamma$ , град) равен нулю, то галтели по обеим сторонам лопасти выполняются с радиусом  $r_{1(2)} = 0,03D$ .

Внутренняя поверхность ступицы (рис. 4.4) сопрягается с поверхностью конусной части гребного вала. Сила упора винта на переднем ходу передается на вал через его коническую часть. Конусность вала и ступицы при шпоночном соединении между ними принимается равной

$$\frac{d_g - d}{(l_{ст} - r_k - a_y)} = \frac{1}{15},$$

где  $d_g$  – диаметр гребного вала, мм;  $d$  – диаметр малого основания конуса внутренней поверхности ступицы (см. рис. 4.4), мм;  $a_y = 15$  мм – ширина канавки под уплотнение;  $r_k$  – радиус закругления кромки (приближенно принимается равным 4,0 мм).

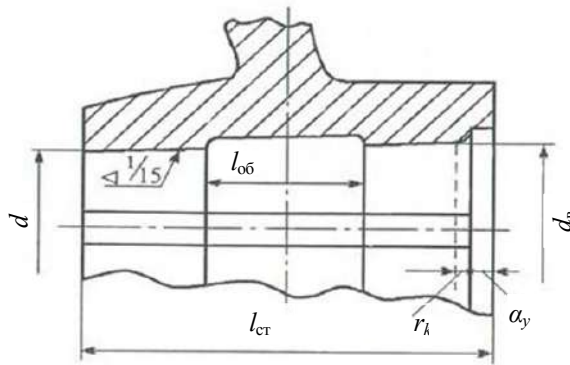


Рис. 4.4. К определению размеров внутренней поверхности ступицы

Диаметр гребного вала, при известном диаметре ступицы ( $d_o$ ), приближенно можно определить по формуле  $d_g = (0,46...0,56) d_o$ .

Шпоночный паз в ступице рекомендуется располагать под одной из лопастей винта.

Высота и ширина шпонки выбираются по ГОСТ 8788 в зависимости от  $d_6$ .

Для уменьшения пригоночной (посадочной) поверхности и уменьшения массы винта внутри ступицы делается полость (так называемое обнижение или рецесс, см. рис. 4.4). Длина этого участка лежит в пределах  $l_{об} = (0,30... 0,45) l_{см}$ .

Наряду со шпоночным соединением вала и ступицы применяется бесшпоночное их соединение – гидропрессовая посадка.

После определения основных размеров ступицы выполняется расчет с целью определения координат точек, необходимых для построения проекций лопасти винта (рис. 4.5). Последовательность такого расчета представлена в форме табл. 4.4.

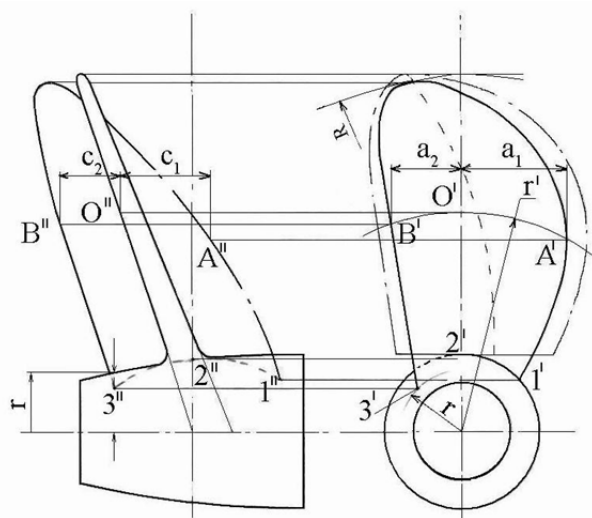


Рис. 4.5. Построение проекций лопасти

Отстояние точек контуров нормальной и боковой проекции лопасти от ее оси определяется по формулам:

$$\varphi = \arctg \frac{H}{2\pi \cdot r};$$

$$\alpha_1 = \frac{b_{\text{вх}} \cos \varphi}{r} \cdot 57,3; \quad \alpha_2 = \frac{b_{\text{вых}} \cos \varphi}{r} \cdot 57,3;$$

$$a_1 = r \sin \alpha_1 - (Y_{\text{вх}} - 0,5 d_{\text{вх}} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}) \cos \varphi;$$

$$a_2 = r \sin \alpha_2 + (Y_{\text{вых}} + 0,5 d_{\text{вых}} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}) \cos \varphi;$$

$$c_1 = \frac{H \alpha_1}{360} + \left[ Y_{\text{вх}} + 0,5 d_{\text{вх}} \operatorname{tg} \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \right] \cos \varphi;$$

$$c_2 = \frac{H \alpha_2}{360} - \left[ Y_{\text{вых}} - 0,5 d_{\text{вых}} \operatorname{tg} \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \right] \cos \varphi.$$

Расчет по табл. 4.4 выполняется для ряда сечений лопасти, положение которых определяется радиусом ( $r$ ); размеры « $b_{\text{вх}}$ » и « $b_{\text{вых}}$ » для этих сечений получены выше (см. п. 4.1).

Таблица 4.4

**Расчет координат точек проекций лопасти**

Исходные данные: $R =$ мм; $H =$ мм; $\bar{e}_o =$ ; $\bar{e}_R =$										
Расчетные величины и формулы	Размерность	Относительный радиус, $\bar{r}$								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$r = rR$	мм									
$b_{\text{вх}}$	мм									
$b_{\text{вых}}$	мм									
$\alpha_1$	град.									
$\alpha_2$	град.									
$\sin \alpha_1$	—									
$\sin \alpha_2$	—									
$\varphi$	град.									
$\cos \varphi$	—									
$\operatorname{tg} \left( \frac{\varphi}{2} \right)$	—									
$\operatorname{tg} \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)$										
$d_{\text{вх}}$	мм									
$d_{\text{вых}}$	мм									

$Y_{\text{вх}}$	мм								
$Y_{\text{вых}}$	мм								
$a_1$	мм								
$a_2$	мм								
$c_1$	мм								
$c_2$	мм								

Отстояние точек контура нормальной проекции лопасти от ее оси ( $a_1, a_2$ , см. рис. 4.5), а также точек боковой проекции ( $c_1, c_2$ ), определяется с учетом закругления входящей и выходящей кромок лопасти (рис. 4.6). Расчет геометрических показателей ( $d_{\text{вх}}, d_{\text{вых}}, Y_{\text{вх}}, Y_{\text{вых}}$ ) кромок лопасти выполняется с использованием относительных значений этих показателей (табл. 4.5) и максимальной толщины лопасти ( $e$ , см. рис. 4.6) на том или ином радиусе. При этом используются следующие формулы:

$$Y_{\text{вх}} = \bar{Y}_{\text{вх}} e; Y_{\text{вых}} = \bar{Y}_{\text{вых}} e; d_{\text{вх}} = \bar{d}_{\text{вх}} e; d_{\text{вых}} = \bar{d}_{\text{вых}} e; e = \bar{e}_0(R - r) + \bar{e}_R r,$$

где  $\bar{e}_0$  – относительная условная толщина лопасти на оси винта ( $e_0$ , см. на рис. 4.3);  $\bar{e}_R$  – относительная толщина на конце лопасти.

Значения  $\bar{e}_0$  и  $\bar{e}_R$  принимаются из табл. 4.6.

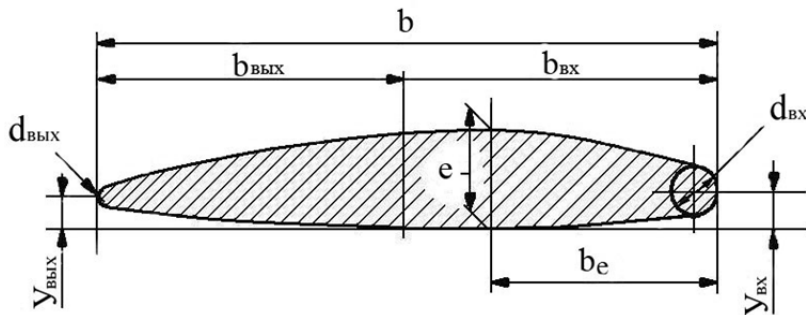


Рис. 4.6. Плосковыпуклый аэродинамический профиль лопасти

Таблица 4.5

Значения относительных ординат  $\bar{Y}_{\text{вх}}, \bar{Y}_{\text{вых}}$  и относительных диаметров  $\bar{d}_{\text{вх}}, \bar{d}_{\text{вых}}$

$\bar{r} = \frac{r}{R}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



$\bar{y}_{\text{ex}}$	0,40	0,38	0,35	0,31	0,20	0,16	0,10	0,10
$\bar{d}_{\text{ex}}$	0,39	0,35	0,33	0,30	0,26	0,22	0,20	0,20
$\bar{y}_{\text{вх}}$	0,30	0,27	0,22	0,14	0,08	0,08	0,08	0,10
$\bar{d}_{\text{вх}}$	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20

Таблица 4.6

**Относительные толщины на конце лопасти и на оси винта**

Число лопастей	3	4	5	6	7	8
$\bar{e}_R = e_R / R$	0,008	0,007	0,007	0,011	0,010	0,009
$\bar{e}_o = e_o / R$	0,100	0,090	0,080	0,090	0,090	0,080

Чертеж винта выполняется на листе формата А1 с использованием гостированного масштаба. Наряду с изображением двух проекций винта (рис. 4.7) на листе необходимо показать основную надпись и основные характеристики винта (диаметр, шаг, дисковое отношение, диаметр ступицы) и двигателя (марку, номинальную мощность, частоту вращения каленвала и выходного фланца редуктора).

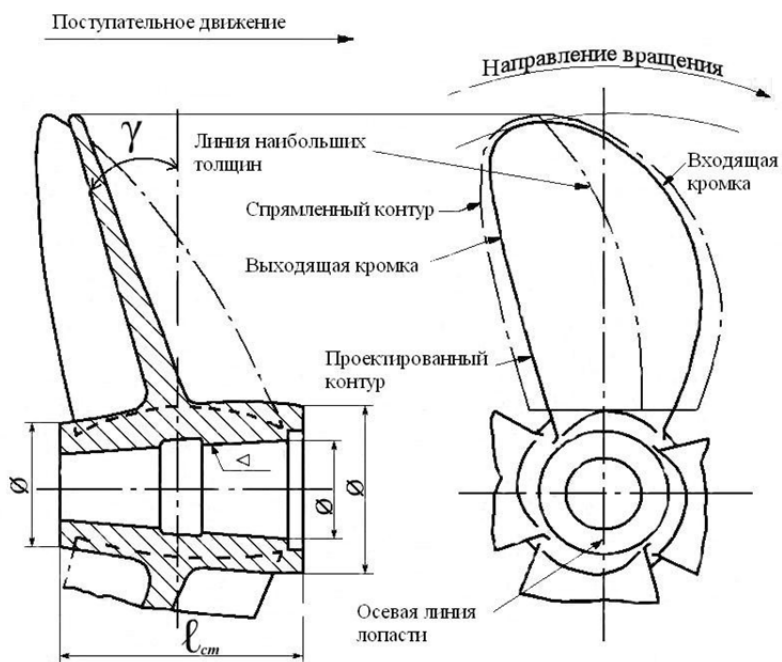


Рис. 4.7. Пример оформления теоретического чертежа гребного винта

Построение начинается с размещения на листе осевых линий с учетом габаритных размеров проекций лопасти и ступицы.

После нанесения контурных линий ступицы показывается положение точек, принадлежащих нормальной проекции лопасти. Для этого, параллельно вертикальной оси нормальной проекции, на расстоянии « $a_1$ » и « $a_2$ » проводятся отрезки до пересечения с дугой, выполненной соответствующим радиусом (см. рис. 4.5). Для винта правого вращения размер « $a_1$ » откладывается от оси вправо, а для винта левого вращения – влево.

Построение боковой проекции лопасти начинается с показа ее образующей и диаграммы максимальных толщин лопасти (условного сечения по линии наибольших толщин). Толщины лопасти –  $e_o$  и  $e_R$  – для винта, как правого, так и левого вращения откладываются от образующей лопасти в сторону носового

торца ступицы. Для нахождения точек контура боковой проекции лопасти используются размеры « $s_1$ » и « $s_2$ », которые откладываются от образующей на уровне соответствующего радиуса лопасти. Размер  $s_i$  в любом случае откладывается в сторону носового торца ступицы и используется для определения, по пересечению вертикали и горизонтали (см. рис. 4.5), положения точки (т.  $A''$  входящей кромки. Аналогично находится положение точки (т.  $B''$ ), принадлежащей выходящей кромки лопасти.

После определения положения всех точек боковой проекции лопасти их соединяют плавной кривой; при этом входящая кромка (от ступицы до верхней точки линии наибольших толщин) показывается штрих-пунктирной линией. Последнее означает, что на боковой проекции лопасть изображается в разрезе по линии наибольших толщин.

В заключении необходимо построить по трем точкам (точки 1, 2 и 3, см. рис. 4.5) линию примыкания лопасти к ступице. При согласованном положении точек ( $1'$  и  $1''$ ,  $2'$  и  $2''$ ,  $3'$  и  $3''$ ) на нормальной и боковой проекциях должны выполняться два условия: точки, например,  $2'$  и  $2''$ , должны находиться на одной горизонтали и, располагаясь на поверхности ступицы, находиться на одной окружности. Последнее означает, что точка  $3'$  располагается на окружности радиусом  $r$ , который получен измерением радиуса ступицы в плоскости расположения точки  $3''$ .

### Библиографический список

1. **Кеслер, А.А.** Оформление общепроектной и технологической документации в курсовых и выпускных квалификационных работах: методическое пособие / А.А. Кеслер, Е.Г. Бурмистров. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2017. – 84 с.

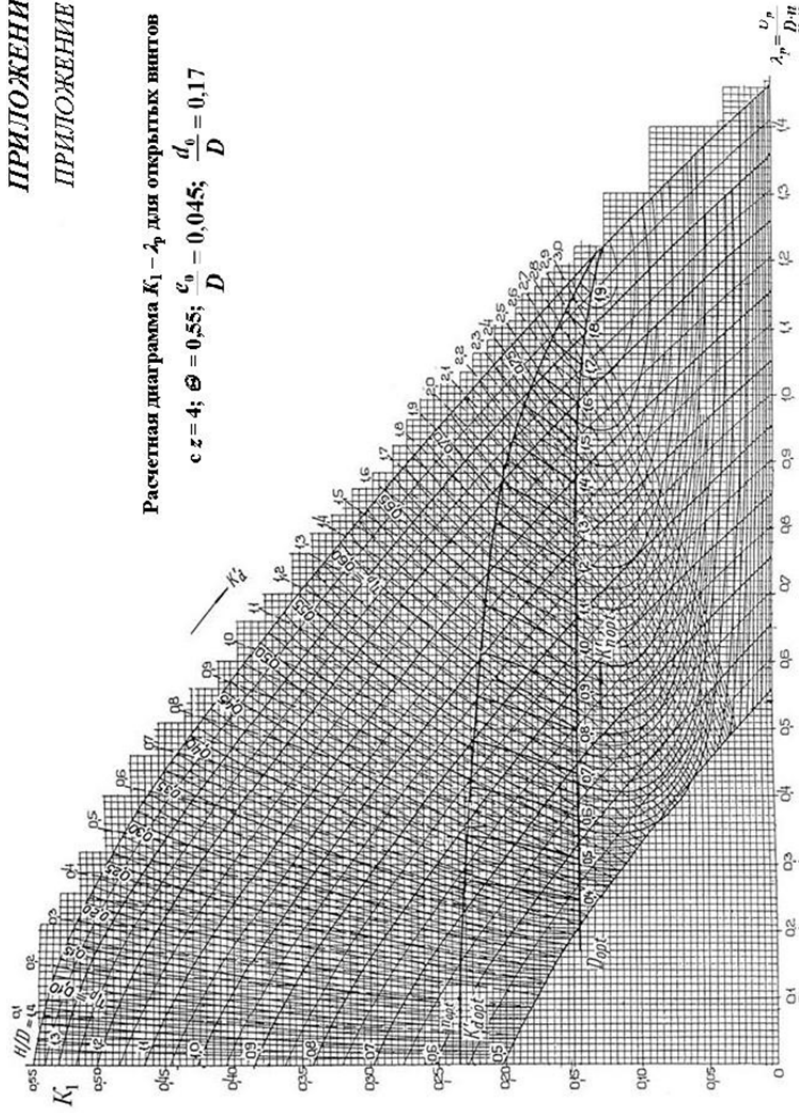
2. **Васильев, А.В.** Гидродинамика судов внутреннего плавания, в 4 ч, ч.1 Расчет сопротивления движению судов внутреннего плавания: Учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.В. Васильев, В.Н. Савинов, П.Н. Егоров. – Н. Новгород, НГТУ, 1996. – 147 с.

3. Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания / Под. ред. А.М. Басина, Е.И. Степанюка – Л.: Транспорт, 1977. – 272 с.

4. Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания / Под ред. А.М. Басина, Е.И. Степанюка – Л.: Транспорт, 1977. Приложение – 40 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**  
**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Расчетная диаграмма  $K_1 - \lambda_p$  для открытых винтов  
 $c z = 4; \varpi = 0,55; \frac{d_0}{D} = 0,045; \frac{d_1}{D} = 0,17$

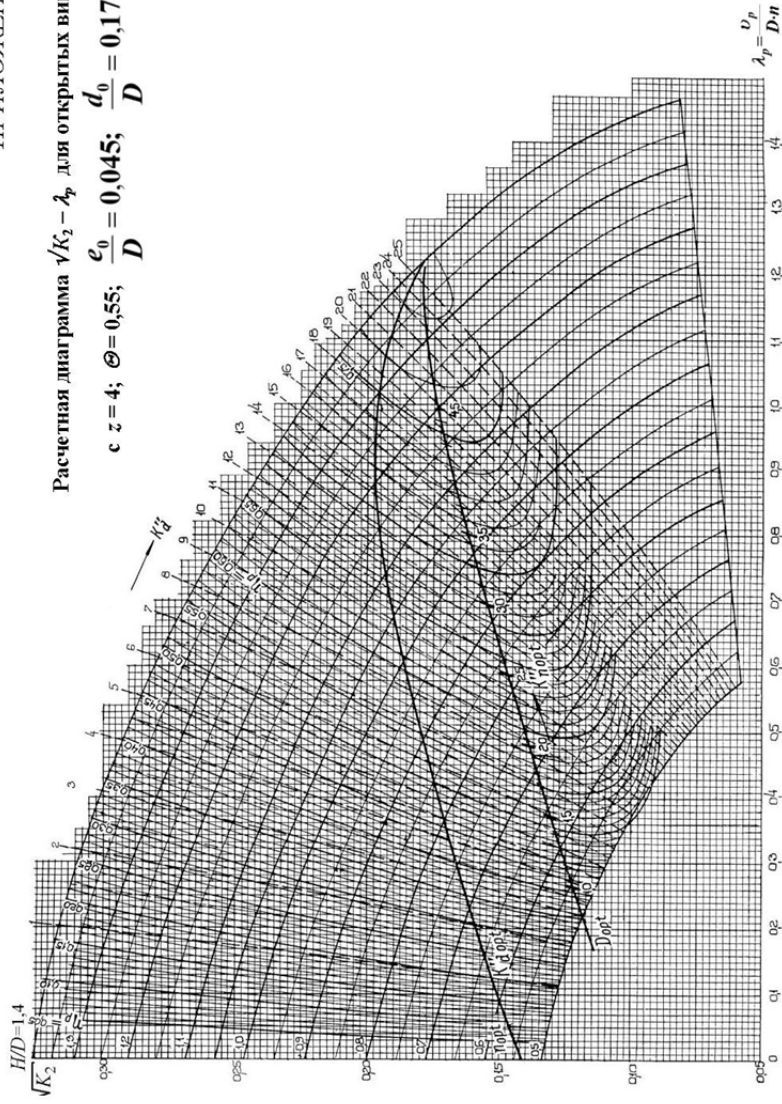




ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчетная диаграмма  $\sqrt{K_2} - \lambda_p$  для открытых винтов

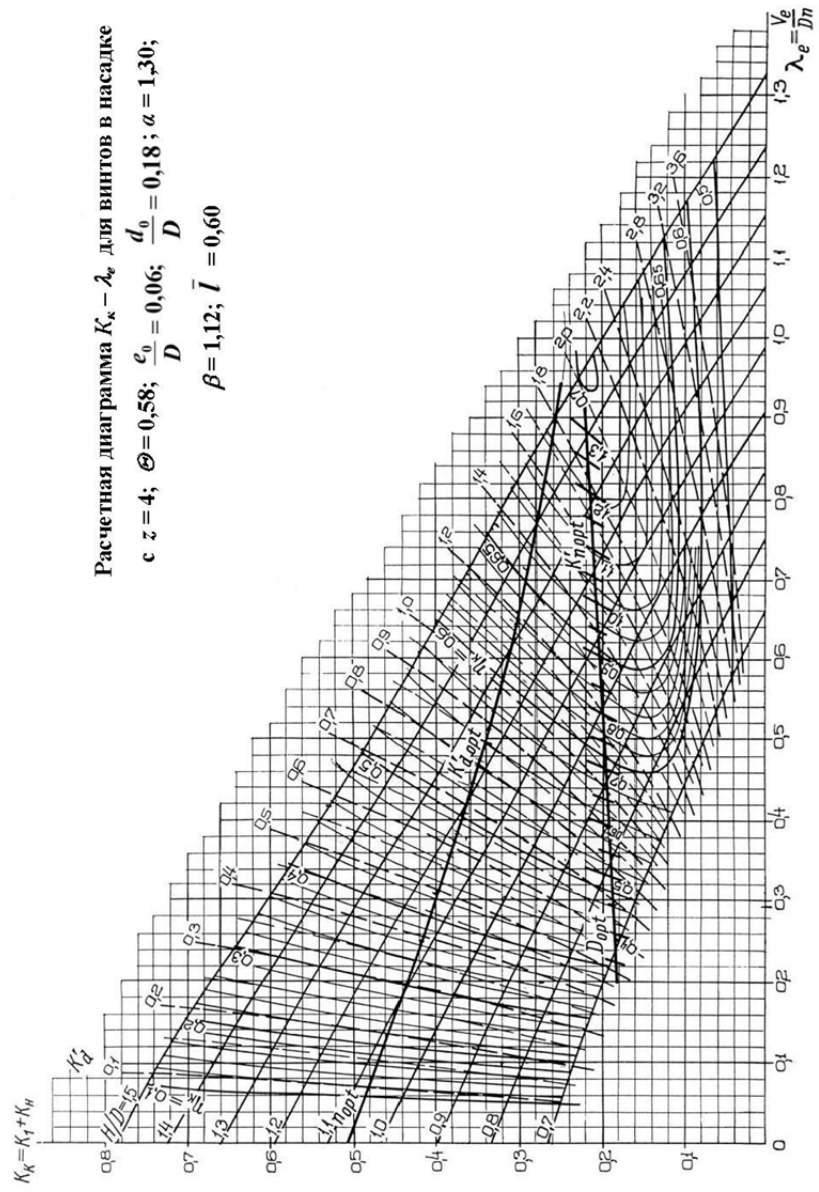
с  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,55$ ;  $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,17$



Расчетная диаграмма  $K_x - \lambda_e$  для винтов в насадке

с  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,58$ ;  $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,18$ ;  $\alpha = 1,30$ ;

$\beta = 1,12$ ;  $\bar{l} = 0,60$



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчетная диаграмма  $10K_2 - \lambda_v$  для винтов в насадке с  $z=4$ ,  
 $\Theta = 0,58$ ,  $\frac{e_0}{D} = 0,060$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,18$ ,  $\alpha = 1,30$ ;  $\beta = 1,12$ ;  $\bar{l} = 0,60$

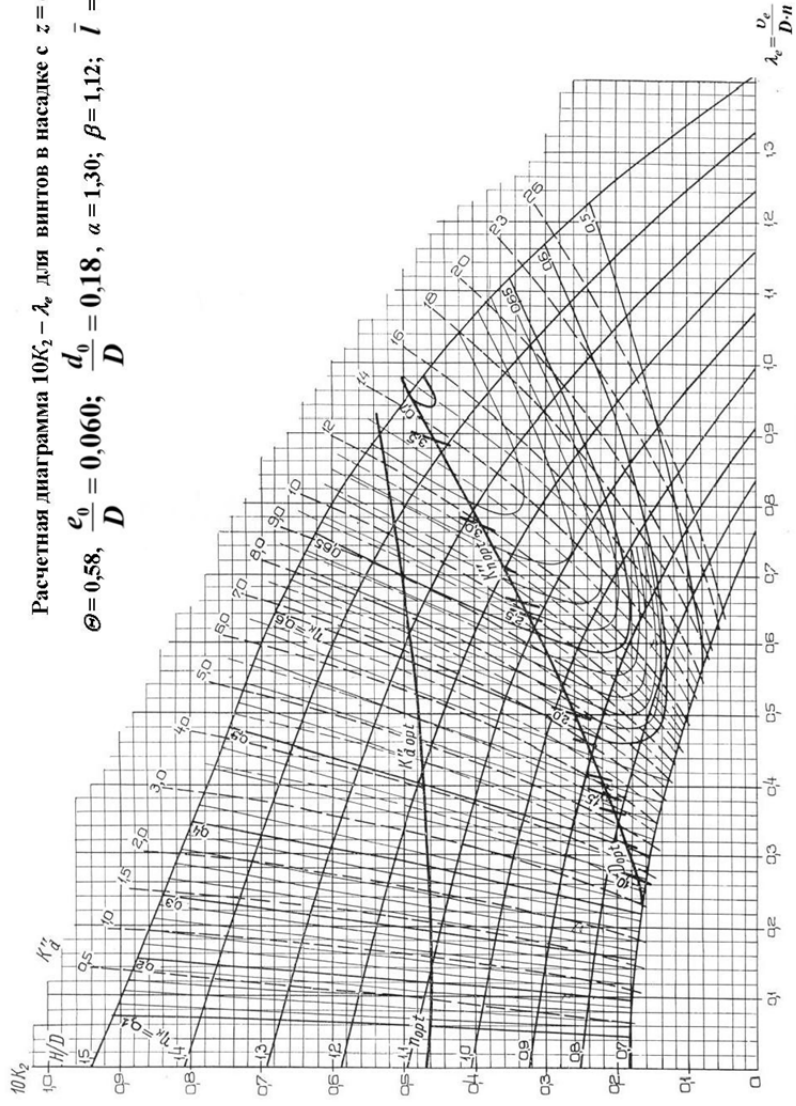


Диаграмма ( $H/D$ ,  $\eta_p$ ,  $\lambda_p$ ) —  $K_{d_{opt}}$  для открытых винтов с  $z = 4$ ,  $\Theta = 0,55$ ;  $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,17$

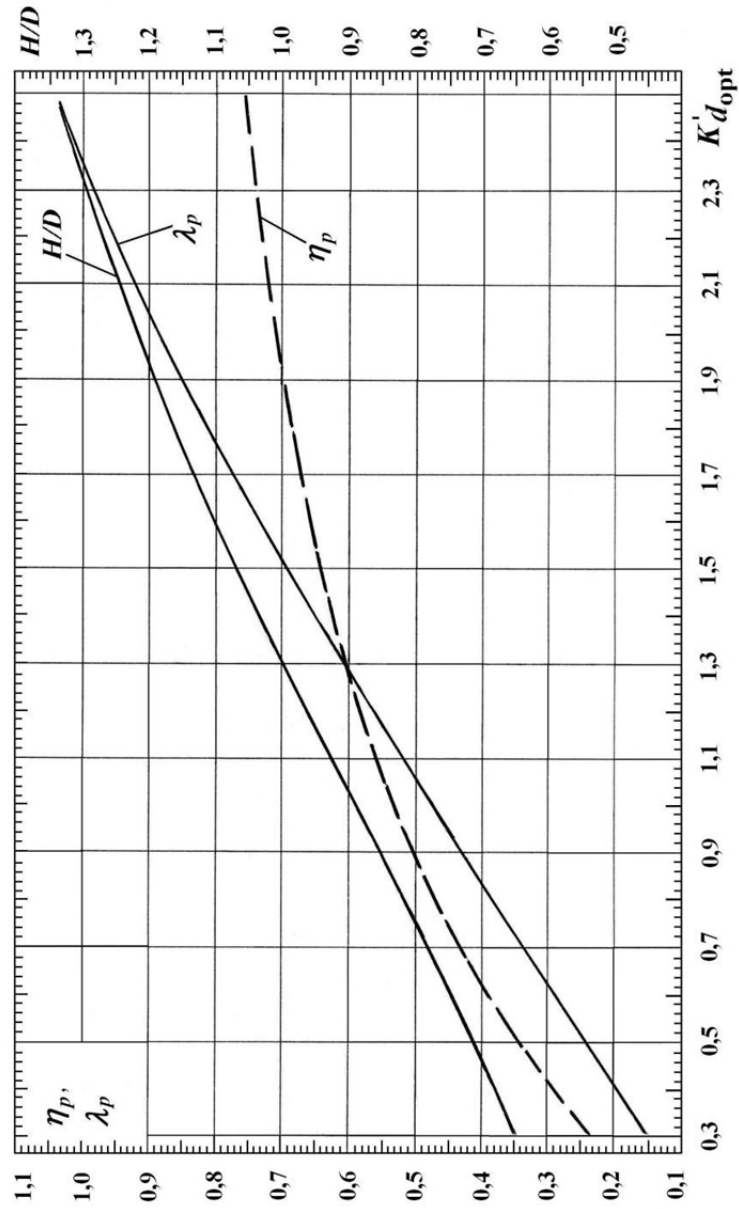


Диаграмма  $(H/D, \eta_p, \lambda_p) - K_{n_{opt}}^{II}$  для открытых винтов с  $z = 4, \Theta = 0,55; \frac{e_0}{D} = 0,045; \frac{d_0}{D} = 0,17$

69

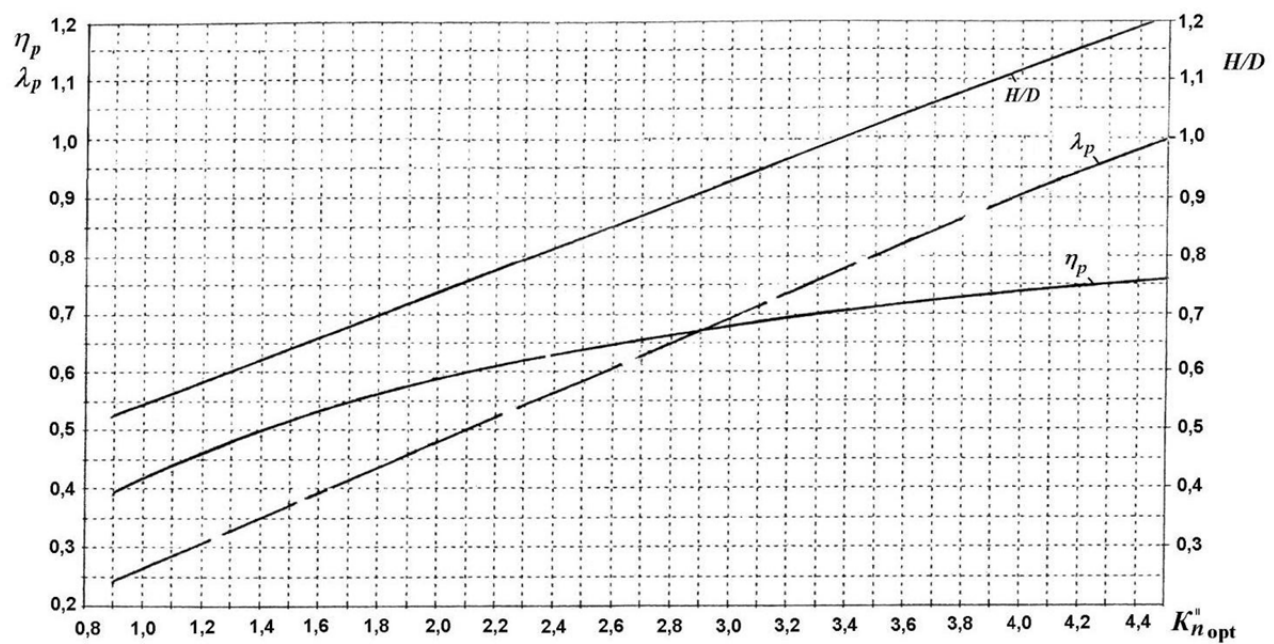


Диаграмма ( $H/D$ ,  $\eta_k$ ,  $\lambda_e$ ) -  $K_{d_{opt}}$  для винтов в насадке с  $z = 4$ ,  $\Theta = 0,58$ ;  $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,18$ ;

$\alpha = 1,30$ ;  $\beta = 1,12$ ;  $\bar{I} = 0,60$

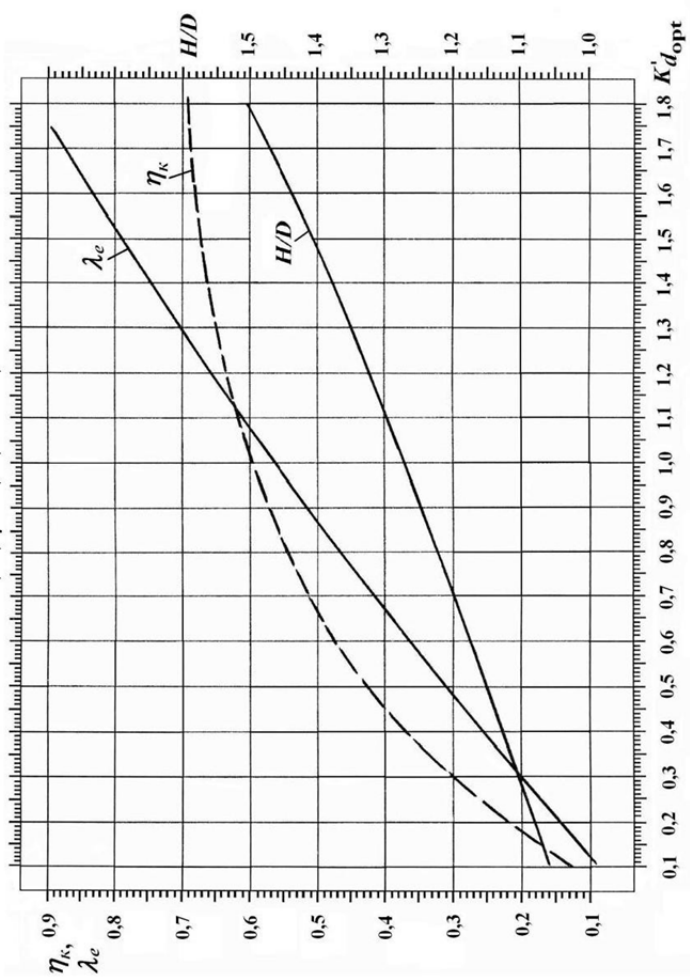
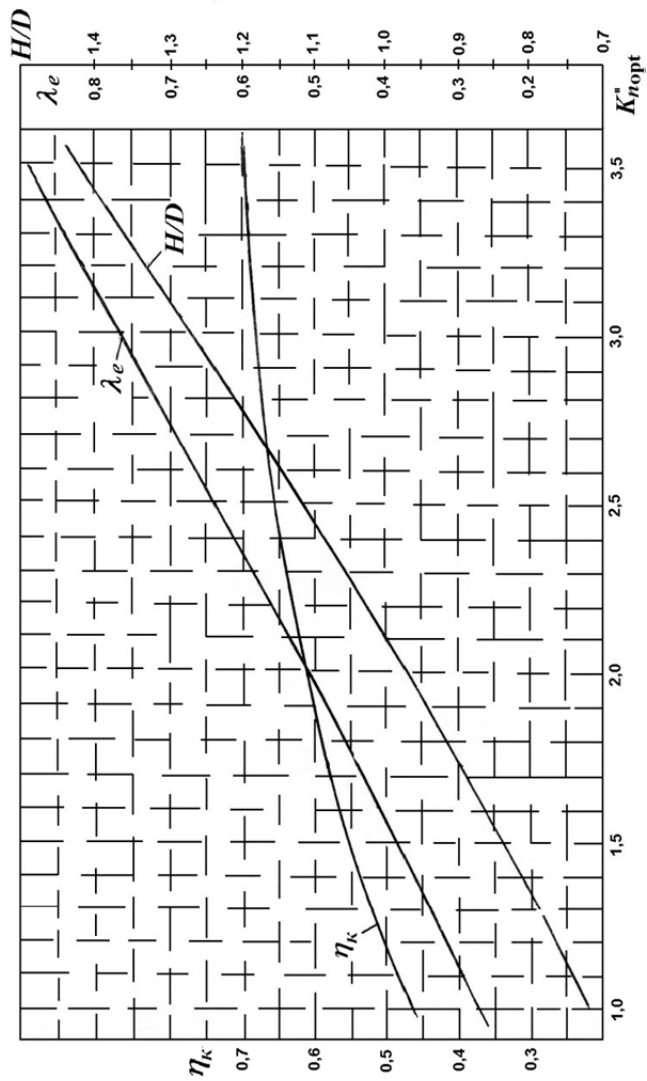




Диаграмма ( $H/D$ ,  $\eta_K$ ,  $\lambda_e$ ) –  $K_{n, opt}^{\parallel}$  для винтов в насадке с  $z = 4$ ,  $\Theta = 0,58$ ;  $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ;  $\frac{d_0}{D} = 0,18$ ;  
 $\alpha = 1,30$ ;  $\beta = 1,12$ ;  $\bar{I} = 0,60$



Судовые дизели

а) Отечественные двигатели

№ п/п	Марка двигателя	Номинальная мощность на фланце основного отбора, кВт	Частота вращения коленчатого вала дизеля, мин <sup>-1</sup>	Частота вращения выходного фланца редуктора или реверс-редуктора, мин <sup>-1</sup>	Масса двигателя или дизель-редукторного агрегата, кг	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
1	6 ЧСП 12/14	66	1550	510; 760	1330	244
2	6 ЧСПН 13/14	110	1500	487; 721	1965	239
3	6 ЧСП 15/18	110	1500	488; 743	1750	224
4	6 ЧСН 15/18	110	1350	668; 440	1770	233
5	6 ЧСП 18/22	110	750	350; 450	4288	233
6	6 ЧНСП 18/22	165	750	350; 450	4350	222
7	6 ЧНСП 15/18	173	1500	508; 735; 1128	1675	222
8	12 ЧСП 15/18	220	1350	458; 662; 882	1800	234
9	6 ЧСПН 18/22	220	750	429; 350; 297	4520	216
10	6 ЧНСП 18/22	232	750	298; 350; 428; 449	4610	218
11	6 ЧСПН 25/34	311	500	314	3120	217
12	6 ЧСП 23/30	330	1000	338; 524	7550	217
13	8 ЧСПН 18/22	368	750	275; 336; 255	7350	218
14	12 ЧН 15/18	383	1500	500; 750	2650	220
15	6 ЧНСП 18/22	463	1000	264; 340; 483	6650	220
16	8 ЧПН 25/34	515	500	300	12000	217
17	6 ЧРН 36/45	562	375	189; 250	29000	215
18	6 ЧРПН 25/34	588	550	250; 300; 350	30000	210
19	6 ЧРН 36/45	618	350	177; 233	29000	215
20	6 ЧН 22/24	640	241		12000	200
21	6 ЧРН 36/45	663	375	189; 250	29000	215
22	6 ЧН 36/45	699	375	250	26000	215
23	6 ЧРН 36/45	736	350	177; 233	29000	224
24	12 ЧСН 18/20	736	1550		2100	203
25	6 ЧРН 36/45	773	375	188; 250	29000	215
26	6 ЧН 23/30	800	800		11500	191
27	12 ЧСН 18/20	809	1550	372	2230	200
28	6 ЧРН 36/45	824	350	177; 233	29000	210
29	6 ЧРН 36/45	882	375	189; 220	29000	213
30	6 ЧРН 36/45	935	425	215; 234	29000	213
31	6 ЧН 23/30	960	900		11500	194
32	12 ЧСН 18/20	990	1550	543	3200	198
33	6 ЧРПН 30/38	1000	580	392	15300	217
34	6 ЧПН 30/38	1029	600	420	14600	224

Продолжение прил. Л

№ п/п	Марка двигателя	Номинальная мощность на фланце основного отбора, кВт	Частота вращения коленчатого вала дизеля, мин <sup>-1</sup>	Частота вращения выходного фланца редуктора или реверс-редуктора, мин <sup>-1</sup>	Масса двигателя или дизель-редукторного агрегата, кг	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
35	6 ЧРН 36/40	1100	300		25000	210
36	6 ЧРН 36/45	1150	500	252; 333	29000	213
37	6 ЧПН 30/38	1287	700		13600	224
38	6 ЧРПН 30/38	1338	690	290; 480	14500	217
39	8 ЧРПН 30/38	1673	690	300; 493	19000	217
40	7 ЧН28/32	1715	775		21000	192
41	6 ЧРН 36/40	1765	500	250	25000	210
42	42 ЧНСП 16/17	1765	1700	874	5450	205
43	8 ЧН28/32	1960	775		23500	192
44	6 ЧРН 36/40	2020	550	275	25000	210
45	6 ДКРН 26/98-12	2190	250		39900	177
46	9 ЧН28/32	2205	775		26500	192
47	42 ЧНСП 16/17	2425	2000	1030	5450	205
48	6 ЧРН 40/46	2500	248		47000	211
49	6 ЧН 40/46	2580	520		39000	204
50	6 ЧН 32/40	2640	750		38000	182
51	16 ДПН 23/2,30	3300	640		45000	225
52	6 ДКРН35/105-10	3354	200		65200	179

**б) Зарубежные двигатели**

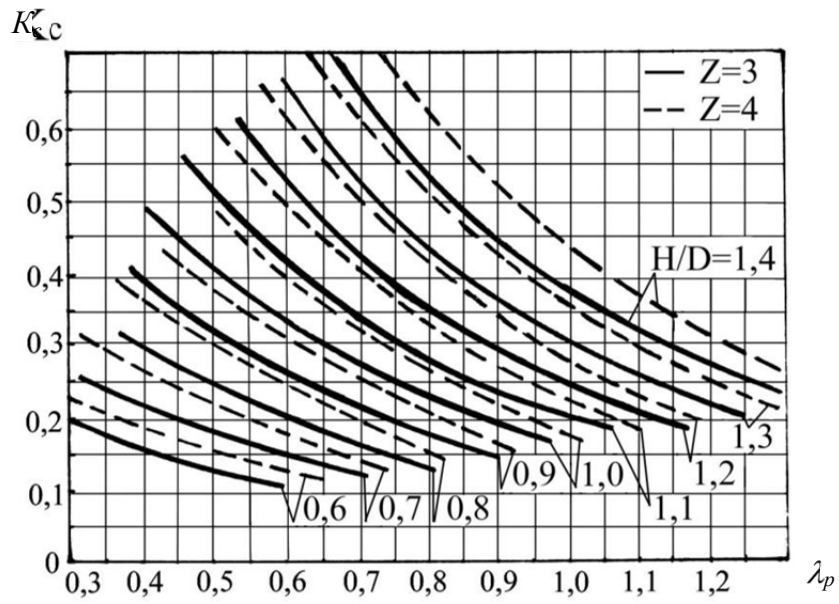
№ п/п	Марка двигателя	Номинальная мощность на фланце основного отбора, кВт	Частота вращения коленчатого вала дизеля, мин <sup>-1</sup>	Частота вращения выходного фланца редуктора или реверс-редуктора, мин <sup>-1</sup>	Масса двигателя или дизель-редукторного агрегата, кг	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
1	4 NVD26-2	99	750		4300	227
2	6 VD 18/15-2	147	1500		2050	243
3	6 NVD26-2	147	750		5100	226
4	6 NVD26A-2	220	750		5200	220
5	6 VD36/24-1U	224	500		8600	218
6	6 VD18/15A-2	225	1500		2100	241
7	6 NVD26A-3	287	1000	281; 323; 345; 368	8600	218
8	8 NVD26A-2	294	750		6300	220

№ п/п	Марка двигателя	Номинальная мощность на фланце основного отбора, кВт	Частота вращения коленчатого вала дизеля, мин <sup>-1</sup>	Частота вращения выходного фланца редуктора или реверс-редуктора, мин <sup>-1</sup>	Масса двигателя или дизель-редукторного агрегата, кг	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
9	6NVD48-U	294	275		8000	217
10	8VD36/24-1U	300	500		10500	218
11	6NVD36A-1	314	375		7650	220
12	6VD36/24A-1U	331	500		7100	218
13	6VD18/15AL-2	347	1500		2250	227
14	8NVD48	397	375		21000	220
15	8VD36/24A-1U	441	500	191; 209; 249; 270	9050	218
16	6NVD48-2U	485	428		18754	229
17	6VD26/20AL-1	530	1000	256; 285	13400	218
18	6NVD48A-U	551	375		19100	217
19	6NVD48A-2U	589	345		16750	217
20	6NVD48A-2U	640	375		23700	218
21	8NVD48-2U	647	428		22645	223
22	6VD26/20AL-2	662	1000	256; 285	13400	218
23	8VD26/20AL-1	706	1000		14500	218
24	6NVD48A-2U	736	428		19045	218
25	8NVD48A-2U	853	375		23700	218
26	8VD26/20AL-2	883	1000		14500	218
27	8SV55-UA	957	333		35000	224
28	8NVD48A-2U	970	428		23745	218
29	6VDS48/42AL-2	2650	500		56000	204
30	12VDS48/42AL-2	5300	500		93000	200
31	12VDS48/42AL-2.1	5820	500		93000	200

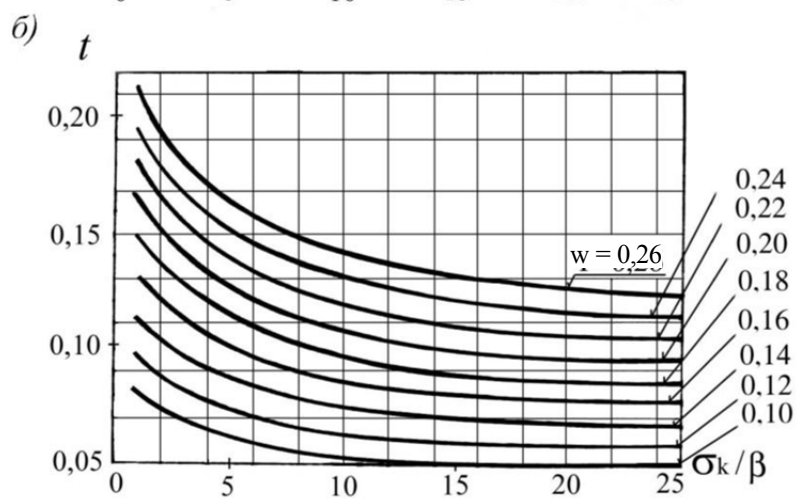
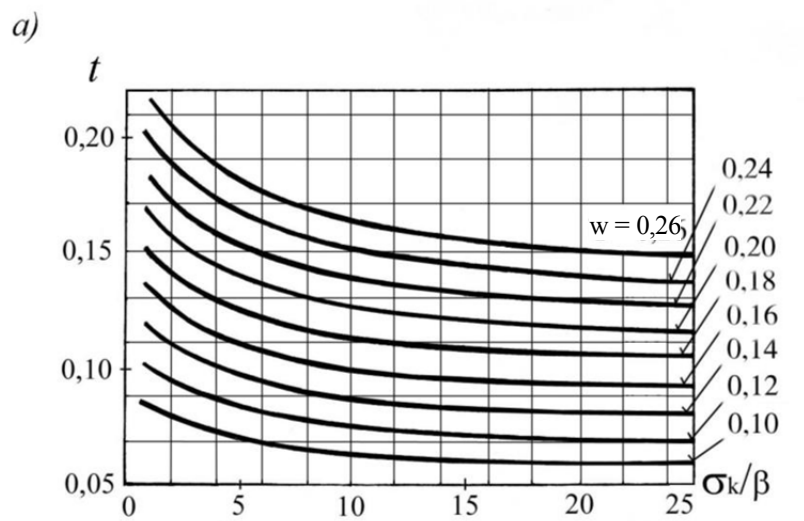
1) Буквенные обозначения в составе марки двигателя:

- A – с газотурбинным наддувом;
- AL – с газотурбинным наддувом и охлаждением;
- U – непосредственно реверсивного исполнения;
- V – четырехтактный
- D – дизель;
- N – среднеходовой (отношение хода поршня к диаметру цилиндра 1,3);
- S – судовой с реверс-редуктором.

Кавитационная характеристика



К определению коэффициента засасывания винтом корпуса судна



a) – при обычных обводах кормы;  
 б) – при тоннельных обводах кормы



Форма задания на курсовой проект

**З А Д А Н И Е**  
**НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА»**

студенту \_\_\_\_\_  
 Ф.И.О., шифр по зачётной книжке

1. Исходные данные по судну

Тип судна	...
Длина по КВЛ, L, м	...
Ширина по КВЛ, В, м	...
Осадка по КВЛ, Т, м	...
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	...
Водоизмещение объёмное, $V, м^3$	...
Скорость хода, $v, км/ч$	...
Количество винтов $x$	...
Форма кормы	...

2. Данные модельных испытаний.

Модуль геометрического пособия  $\lambda = \dots$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = \dots$

Скорость модели, м/с	...	...	...	...	...
Сопротивление движению модели, Н	...	...	...	...	...

3. Содержание:

- расчет силы сопротивления движению судна;
- проектированный расчет движителя;
- определение ходовых или тяговых характеристик;
- разработка и построение теоретического чертежа гребного винта.

Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Срок сдачи работы «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_  
 Ф.И.О.

## Оглавление

Введение .....	3
Основные обозначения и сокращения .....	5
1. Расчет силы сопротивления движению водоизмещающего судна .....	7
2. Проектировочный расчет гребного винта .....	15
2.1. Цель, этапы расчета и общие указания .....	15
2.2. Расчет элементов гребного винта при выборе главного двигателя .....	16
2.2.1. Исходные данные и расчет коэффициентов взаимодействия корпуса судна и движителя .....	16
2.2.2. Расчет минимально необходимой мощности главного двигателя .....	18
2.2.3. Выбор главного двигателя .....	22
2.3. Определение характеристик движителя, обеспечивающего полное использование мощности выбранного двигателя .....	23
2.3.1. Схема расчета движителя для небуксирного судна .....	24
2.3.1.1. Исходные данные к расчету .....	24
2.3.1.2. Обоснования к выбору винта по числу лопастей, форме их контура и дисковому отношению .....	25
2.3.1.3. Расчет движителя на полное использование мощности двигателя .....	28
2.3.2. Схема расчета движителя для буксирного судна .....	32
3. Определение ходовых и тяговых характеристик судна ...	34
3.1. Введение .....	34
3.2. Расчет максимальных значений мощности подводимой к винту от двигателя .....	35
3.3. Определение динамических характеристик движителя в относительном виде .....	38
3.4. Расчет и построение динамических характеристик движителя .....	40
4. Разработка теоретического чертежа гребного винта .....	46
4.1. Построение спрямленного контура лопасти .....	46
4.2. Определение размеров ступицы и расчет координат проекций лопасти .....	52
<i>Библиографический список</i> .....	59

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А.	Расчетная диаграмма $K_1 - \lambda_p$ для открытых винтов с $z = 4$ ; $\Theta = 0,55$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,17$ .	60
Приложение Б.	Расчетная диаграмма $\sqrt{K_2} - \lambda_p$ для открытых винтов с $z = 4$ ; $\Theta = 0,55$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,17$ .	61
Приложение В.	Расчетная диаграмма $K_\kappa - \lambda$ для винтов в насадке с $z = 4$ ; $\Theta = 0,58$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,18$ , $\alpha = 1,30$ ; $\beta = 1,12$ ; $\bar{l} = 0,60$	62
Приложение Г.	Расчетная диаграмма $10K_2 - \lambda_e$ для винтов в насадке с $z = 4$ ; $\Theta = 0,58$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,18$ , $\alpha = 1,30$ ; $\beta = 1,12$ ; $\bar{l} = 0,60$	63
Приложение Д.	Диаграмма $(\frac{H}{D}, \eta^p, \lambda^p) - K'_{d_{opt}}$ для открытых винтов с $z = 4$ , $\Theta = 0,55$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,17$ .	64
Приложение Ж.	Диаграмма $(\frac{H}{D}, \eta^p, \lambda^p) - K''_{n_{opt}}$ для открытых винтов с $z = 4$ , $\Theta = 0,55$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,045$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,17$	65
Приложение И.	Диаграмма $(\frac{H}{D}, \eta^e, \lambda^e) - K'_{d_{opt}}$ для винтов в насадке с $z = 4$ , $\Theta = 0,58$ ; $\frac{e_0}{D} = 0,06$ ; $\frac{d_0}{D} = 0,18$ ; $\alpha = 1,30$ ; $\beta = 1,12$ ; $\bar{l} = 0,60$	66

Приложение К. Диаграмма $(H/D, \eta^*, \lambda^e) - K_{n_{opt}}^{II}$ для винтов в насадке с $z = 4, \Theta = 0,58;$ $\frac{e_0}{D} = 0,06; \frac{d_0}{D} = 0,18; \alpha = 1,30; \beta = 1,12;$ $\bar{l} = 0,60$ .....	67
Приложение Л. Судовые дизели .....	68
Приложение М. Кавитационная характеристика .....	71
Приложение Н. К определению коэффициента засасыва- ния винтом корпуса судна .....	72
Приложение П. Форма задания на курсовую работу .....	73

*Анатолий Александрович Кеслер*

**Расчет и анализ  
показателей пропульсивного  
комплекса судна**

Учебно-методическое пособие

*Отпечатано по авторскому оригиналу  
без редактирования и корректуры*

*Вёрстка М.М. Евстюшкиной*

*Вёрстка М.М. Евстюшкиной*

Подписано в печать 14.12.19. Формат бумаги 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Гарнитура «Таймс». Ризография. Усл. печ. л. 4,3.  
Тираж 80 экз. Заказ 243.

---

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5





**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 01

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	16.5
Осадка по КВЛ $T, м$	3.2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0.803
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5720
Скорость хода $v, км/ч$	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0.271	0.352	0.442	0.579
Соппротивление $R_m, Н$	0.056	0.094	0.151	0.276

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.710	3.150	3.520	4.010	4.420	4.880
Соппротивление, кН	0	29.8	41.3	53.4	72.5	91.5	109.8

5.320	5.790						
137.9	182.5						

Срок сдачи проекта « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 02

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	138
Ширина по КВЛ $B, м$	14,25
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,888
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5530
Скорость хода $v, км/ч$	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,260	0,342	0,470	0,559
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,094	0,180	0,256

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.600	3.030	3.420	3.870	4.320	4.700
Соппротивление, кН	0	32.0	44.0	56.1	85.4	94.9	115.4

5.180	5.590								
143.0	169.7								

Срок сдачи проекта « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 03

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	16,5
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,850
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	6040
Скорость хода $v, км/ч$	20,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,247	0,376	0,455	0,584
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,123	0,180	0,294

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.000	2.470	2.920	3.260	3.760	4.150
Соппротивление, кН	0	20.5	32.5	44.0	56.7	75.6	95.1

4.550	5.000	5.440	5.840				
114.7	142.6	168.0	194.9				

Срок сдачи проекта « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 04

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	112
Ширина по КВЛ $B, м$	15,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,763
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4100
Скорость хода $v, км/ч$	22,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,430	0,547	0,718	0,920
Соппротивление $R_m, Н$	0,180	0,294	0,504	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.429	3.724	4.088	4.434	4.737	5.092
Соппротивление, кН	0	38.9	47.5	59.2	70.0	81.6	96.4

5.413	5.802	6.218	6.625	7.075	7.491	7.967			
111.6	129.1	145.9	171.0	203.0	242.8	285.4			

Срок сдачи проекта « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 05

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	100
Ширина по КВЛ $B, м$	14,7
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,800
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4100
Скорость хода $v, км/ч$	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,467	0,583	0,745	0,932
Соппротивление $R_m, Н$	0,219	0,342	0,581	1,058

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.681	4.044	4.391	4.694	5.049	5.369
Соппротивление, кН	0	49.5	61.5	72.6	84.5	99.6	115.1

5.698	6.062	6.452	6.824	7.275	7.621	8.071			
134.0	152.1	178.0	211.9	251.7	297.5	348.9			

Срок сдачи проекта « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 06

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	120
Ширина по КВЛ $B, м$	17,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,780
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5100
Скорость хода $v, км/ч$	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,378	0,475	0,619	0,750
Соппротивление $R_m, Н$	0,094	0,151	0,266	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.780	4.310	4.750	5.270	5.750	6.190
Соппротивление, кН	0	51.7	70.3	89.0	115.2	142.6	169.4

6.680	7.070	7.500					
204.3	240.3	285.8					

Срок сдачи проекта «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 07

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	112
Ширина по КВЛ $B, м$	15,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,760
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4100
Скорость хода $v, км/ч$	21,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,520	0,635	0,776	0,923
Соппротивление $R_m, Н$	0,256	0,39	0,581	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.200	4.503	4.850	5.162	5.499	5.846
Соппротивление, кН	0	57.8	69.1	80.0	95.5	110.3	128.6

6.175	6.720	7.067	7.491	7.993				
146.9	169.4	203.4	243.1	285.1				

Срок сдачи проекта «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 08

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	112
Ширина по КВЛ $B, м$	15,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,766
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4120
Скорость хода $v, км/ч$	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,480	0,594	0,705	0,916
Соппротивление $R_m, Н$	0,219	0,342	0,504	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.776	4.157	4.486	4.815	5.144	5.491
Соппротивление, кН	0	46.8	58.1	69.1	80.3	95.5	110.1

5.828	6.105	6.625	7.015	7.474	7.933				
128.5	147.7	170.8	203.9	242.9	285.8				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 09

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	110,15
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,3
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,880
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	8770
Скорость хода $v, км/ч$	19,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,7	1,2	1,6	2,2
Соппротивление $R_m, Н$	12,95	33,84	58,86	151,27

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.732	2.425	3.118	3.464	3.811	4.157
Соппротивление, кН	0	11.9	22.1	34.3	41.7	51.3	59.3

4.503	4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.928	7.621		
69.0	79.9	91.3	104.4	117.7	133.1	178.5	268.8		

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 10

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	110,15
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,3
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,816
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	3855
Скорость хода $v, км/ч$	20.0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,7	1,3	1,6	2,2
Соппротивление $R_m, Н$	0,129	37,57	58,37	156,96

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.732	2.425	3.118	3.464	3.811	4.157
Соппротивление, кН	0	13.3	22.1	33.1	40.0	47.9	55.8

4.503	4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.928	7.621		
66.0	76.4	88.4	103.4	118.7	136.6	186.3	278.2		

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 11

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	100,0
Ширина по КВЛ $B, м$	12,2
Осадка по КВЛ $T, м$	2,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,818
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2800
Скорость хода $v, км/ч$	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=10$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,5	1,1	1,5	2,1
Соппротивление $R_m, Н$	7,46	32,00	58,86	145,19

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	0.949	1.581	2.214	2.846	3.479	4.111
Соппротивление, кН	0	3.3	7.5	13.4	21.7	32.5	45.4

4.743	5.376	6.008	6.641				
62.1	83.0	111.6	152.9				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 12

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	90
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	2,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,836
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2740
Скорость хода $v, км/ч$	17,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 20,2$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,411	0,563	0,788	0,945
Соппротивление $R_m, Н$	0,256	0,476	1,010	1,727

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.616	2.906	3.118	3.338	3.613	3.981
Соппротивление, кН	0	17.9	21.1	24.6	29.1	34.3	41.3

4.313	4.759	5.169	5.572	5.975	6.336	6.682			
50.7	62.7	76.9	94.6	114.6	141.0	173.3			

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 13

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	90
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	2,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,836
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2740
Скорость хода $v, км/ч$	18,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,385	0,515	0,675	0,823
Соппротивление $R_m, Н$	0,123	0,218	0,399	0,697

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.425	2.875	3.334	3.707	4.053	4.460
Соппротивление, кН	0	16.7	24.8	32.9	41.0	49.6	61.1

4.832	5.136	5.456	5.846	6.253	6.712	7.127			
72.7	85.0	101.1	119.9	146.6	180.3	226.6			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 14

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	89,4
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	2,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,782
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2540
Скорость хода $v, км/ч$	18,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,6	1,0	1,3	1,6
Соппротивление $R_m, Н$	4,032	11,28	20,07	31,64

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.549	1.936	2.324	2.711	3.098	3.486
Соппротивление, кН	0	6.3	9.0	12.4	16.3	21.5	27.8

3.873	4.260	4.648	5.035	5.422	5.809	6.197			
36.1	45.5	55.0	65.3	76.6	89.5	104.1			

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 15

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	90
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,0
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,782
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2750
Скорость хода $v, км/ч$	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,6	0,9	1,3	1,6
Соппротивление $R_m, Н$	4,41	9,56	21,05	33,21

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.549	1.936	2.324	2.711	3.098	3.486
Соппротивление, кН	0	7.3	10.1	13.7	17.8	23.3	30.4

3.873	4.260	4.648	5.035	5.422	5.809	6.197			
39.2	49.1	58.6	68.5	80.5	93.5	109.3			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 16

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	90,5
Ширина по КВЛ $B, м$	13
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,782
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2940
Скорость хода $v, км/ч$	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,6	1,0	1,3	1,6
Соппротивление $R_m, Н$	4,69	12,87	22,07	34,34

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.549	1.936	2.324	2.711	3.098	3.486
Соппротивление, кН	0	8.2	10.7	14.6	19.1	25.1	32.2

3.873	4.260	4.648	5.035	5.422	5.809	6.197			
41.4	52.5	61.5	71.9	83.4	96.9	113.1			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 17

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	90
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,0
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,764
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2680
Скорость хода $v, км/ч$	18,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,445	0,544	0,629	0,755
Соппротивление $R_m, Н$	0,161	0,247	0,342	0,543

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.854	4.270	4.711	5.144	5.447	5.863
Соппротивление, кН	0	40.5	51.4	65.9	79.6	95.5	113.1

6.183	6.538								
136.7	162.9								

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 18

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	93
Ширина по КВЛ $B, м$	14,3
Осадка по КВЛ $T, м$	2,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,782
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2600
Скорость хода $v, км/ч$	18,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,440	0,574	0,660	0,734
Соппротивление $R_m, Н$	0,161	0,294	0,399	0,543

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.811	4.200	4.573	4.971	5.317	5.716
Соппротивление, кН	0	43.7	66.9	71.4	86.3	102.1	120.8

6.019	6.357						
145.2	172.3						

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 19

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	77,15
Ширина по КВЛ $B, м$	11,0
Осадка по КВЛ $T, м$	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,775
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	1447
Скорость хода $v, км/ч$	16,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=40$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,522	0,653	0,784	0,915
Соппротивление $R_m, Н$	0,456	0,715	1,022	1,55

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.301	3.580	3.858	4.130	4.402	4.680
Соппротивление, кН	0	21.5	26.7	31.4	34.7	39.7	44.1

4.958	5.224	5.502	5.787				
50.5	58.0	67.7	80.1				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 20

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	92
Ширина по КВЛ $B, м$	13
Осадка по КВЛ $T, м$	3,3
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,78
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	3079
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,9	1,3	1,6	1,9
Соппротивление $R_m, Н$	15,21	29,92	48,56	74,56

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.771	3.118	3.464	3.811	4.157	4.503
Соппротивление, кН	0	20.9	26.1	31.3	37.3	44.3	52.2

4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.582				
61.3	72.3	85.3	99.3	114.5	131.6				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 21

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	115
Ширина по КВЛ $B$ , м	14
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,850
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4380
Скорость хода $v$ , км/ч	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,380	0,585	0,800	0,948
Соппротивление $R_m$ , Н	0,294	0,696	1,32	2,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.369	2.687	2.934	3.253	3.606	4.137
Соппротивление, кН	0	20.8	24.4	30.8	37.8	46.5	61.9

4.525	4.879	5.233	5.657	5.940	6.329	6.703			
75.8	89.7	106.1	122.8	143.1	174.0	204.8			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 22

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	115
Ширина по КВЛ $B, м$	14
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,842
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4340
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,345	0,602	0,815	0,960
Соппротивление $R_m, Н$	0,294	0,696	1,32	2,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.086	2.440	2.786	3.253	3.712	4.257
Соппротивление, кН	0	22.8	26.3	32.1	37.9	45.6	60.9

4.667	5.020	5.445	5.763	6.046	6.435	6.788			
74.5	88.4	104.0	121.8	142.1	173.0	204.1			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 23

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	115,35
Ширина по КВЛ $B, м$	13
Осадка по КВЛ $T, м$	3,4
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,825
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4200
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,4	1,0	1,4	2,0
Соппротивление $R_m, Н$	3,48	16,38	31,88	85,35

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	0.775	1.549	2.324	3.098	3.486	3.873
Соппротивление, кН	0	4.6	10.9	21.0	34.7	43.3	53.2

4.260	4.648	5.422	6.197	6.971	7.746				
63.2	73.9	105.3	143.6	206.6	286.9				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 24

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	128,6
Ширина по КВЛ $B$ , м	16,5
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,845
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	6280
Скорость хода $v$ , км/ч	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=12,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,6	1,0	1,4	1,7
Соппротивление $R_m$ , Н	8,93	22,17	42,67	70,04

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.936	2.324	2.711	3.098	3.486	3.873
Соппротивление, кН	0	20.5	28.5	38.0	48.7	59.9	72.4

4.260	4.648	5.035	5.422	5.809	6.197				
86.7	101.8	118.7	141.7	167.7	198.7				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 25

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	107,5
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,872
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4260
Скорость хода $v, км/ч$	17,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=18$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,6	1,0	1,3	1,6
Соппротивление $R_m, Н$	4,91	11,67	21,19	39,73

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.121	2.546	2.970	3.394	3.818	4.243
Соппротивление, кН	0	19.7	26.0	33.3	42.2	52.1	62.9

4.667	5.091	5.515	5.940	6.364	6.788				
77.7	95.4	116.6	144.6	180.6	223.0				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 26

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	123
Ширина по КВЛ $B, м$	16,4
Осадка по КВЛ $T, м$	2,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0.800
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4030
Скорость хода $v, км/ч$	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,283	0,479	0,632	0,768
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,151	0,266	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.830	3.340	3.750	4.320	4.790	5.340
Соппротивление, кН	0	31.0	42.1	54.0	72.3	90.7	116.7

5.840	6.320	6.770	7.200	7.680					
144.0	170.1	206.5	241.8	286.2					

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 27

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	123
Ширина по КВЛ $B, м$	16,4
Осадка по КВЛ $T, м$	2,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,821
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5300
Скорость хода $v, км/ч$	17,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,341	0,502	0,648	0,738
Соппротивление $R_m, Н$	0,094	0,189	0,314	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.000	3.410	3.960	4.460	5.030	5.500
Соппротивление, кН	0	45.4	57.4	76.0	93.6	118.8	146.4

6.000	6.480	6.950	7.380				
171.7	206.7	240.4	285.6				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 28

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	136
Ширина по КВЛ $B, м$	17,4
Осадка по КВЛ $T, м$	4,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,770
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	8200
Скорость хода $v, км/ч$	23,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,224	0,536	0,800	1,170
Соппротивление $R_m, Н$	0,076	0,361	0,791	2,65

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.234	1.592	2.004	2.495	3.068	3.622
Соппротивление, кН	0	7.2	13.9	24.0	36.4	52.2	71.7

4.204	4.794	5.367	5.993	6.485	7.155	7.665	8.855	9.687	10.465
94.7	121.1	156.6	200.0	225.9	281.0	339.7	546.3	786.2	1125.9

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 29

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	140
Ширина по КВЛ $B, м$	17,4
Осадка по КВЛ $T, м$	6
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,776
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	11350
Скорость хода $v, км/ч$	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,265	0,565	0,810	1,165
Соппротивление $R_m, Н$	0,113	0,456	0,935	3,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.395	1.869	2.370	2.907	3.435	3.953
Соппротивление, кН	0	14.9	24.0	35.7	51.3	71.1	94.0

4.427	5.054	5.689	6.082	6.735	7.245	8.005	8.810	9.570	10.420
122.2	155.4	197.2	225.0	279.1	336.6	456.9	648.1	937.2	1319.3

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 30

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	136,8
Ширина по КВЛ $B, м$	16,6
Осадка по КВЛ $T, м$	3,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,816
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	6500
Скорость хода $v, км/ч$	22
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,299	0,640	0,819	0,987
Соппротивление $R_m, Н$	0,112	0,447	0,791	1,36

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.682	2.120	2.674	3.291	3.882	4.517
Соппротивление, кН	0	13.0	22.4	34.5	49.7	69.1	90.7

5.107	5.724	6.270	6.726	7.325	7.826	8.372			
117.7	147.8	187.7	225.2	282.8	341.8	423.0			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 31

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	136,8
Ширина по КВЛ $B, м$	16,6
Осадка по КВЛ $T, м$	4,0
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,82
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	7500
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,294	0,560	0,793	0,943
Соппротивление $R_m, Н$	0,112	0,361	0,791	1,36

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.664	2.120	2.630	3.229	3.846	4.436
Соппротивление, кН	0	12.8	21.8	34.3	49.5	68.2	90.3

5.009	5.635	6.091	6.520	7.093	7.558	8.077			
117.4	151.5	188.8	226.8	284.8	344.7	426.4			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 32

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	116,0
Ширина по КВЛ $B, м$	12,4
Осадка по КВЛ $T, м$	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,656
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2080
Скорость хода $v, км/ч$	25,4
Количество винтов $x$	3
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,640	0,835	1,175	1,470
Соппротивление $R_m, Н$	0,61	0,975	1.95	3,66

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.023	4.525	4.985	5.416	5.904	6.611
Соппротивление, кН	0	45.6	57.7	69.8	81.9	93.4	118.3

7.304	8.309	9.079	9.546	10.394				
143.1	194.7	248.5	305.1	387.8				

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Дата выдачи задания « 2 \_\_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 33

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	80,85
Ширина по КВЛ $B, м$	8,5
Осадка по КВЛ $T, м$	1,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,730
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	906
Скорость хода $v, км/ч$	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,636	0,905	1,130	1,260
Соппротивление $R_m, Н$	0,366	0,732	1,22	1,71

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.684	4.497	5.254	5.812	6.399	6.880
Соппротивление, кН	0	21.7	33.5	45.2	57.7	69.7	82.1

7.248	7.990	8.450					
95.2	121.1	148.7					

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » \_\_\_\_\_ ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 34

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	82,0
Ширина по КВЛ $B, м$	10,2
Осадка по КВЛ $T, м$	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,600
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	1108
Скорость хода $v, км/ч$	24,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=40$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,445	0,915	1,160	1,380
Соппротивление $R_m, Н$	0,247	0,981	1,79	3,13

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.651	2.220	2.814	3.447	4.250	5.376
Соппротивление, кН	0	4.0	7.0	11.0	16.4	24.6	39.8

5.787	6.230	6.590	6.894	7.336	7.716	6.325	8.222		
47.2	56.3	65.6	75.8	92.0	108.4	136.5	148.4		

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

Волжский государственный университет водного транспорта  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 35

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	82,0
Ширина по КВЛ $B$ , м	9,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,585
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	993
Скорость хода $v$ , км/ч	25,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=40$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,453	0,812	1,073	1,335
Соппротивление $R_m$ , Н	0,247	0,839	1,51	2,75

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.733	2.308	2.865	3.105	3.415	4.117
Соппротивление, кН	0	4.0	7.0	11.2	13.5	16.9	25.7

5.136	5.566	6.008	6.432	6.786	7.305	8.127	8.443		
41.7	49.2	58.5	67.7	77.7	93.7	129.5	149.4		

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 36

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	77,6
Ширина по КВЛ $B, м$	9,6
Осадка по КВЛ $T, м$	1,9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,711
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	1006
Скорость хода $v, км/ч$	20,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,553	0,792	1,005	1,096
Соппротивление $R_m, Н$	0,305	0,610	0,975	1,22

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.479	3.910	4.292	4.985	5.600	6.152
Соппротивление, кН	0	22.0	27.8	33.8	45.7	57.7	69.9

6.682	7.106	7.453	7.750				
81.8	94.5	107.5	120.9				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 37

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	62,0
Ширина по КВЛ $B, м$	9,4
Осадка по КВЛ $T, м$	1,9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,576
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	638
Скорость хода $v, км/ч$	22,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 13$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,755	0,950	1,105	1,349
Соппротивление $R_m, Н$	0,366	0,610	0,975	1,71

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.851	5.339	6.145	6.477	6.718	7.135
Соппротивление, кН	0	27.4	33.2	45.2	51.3	57.9	71.3

7.453	7.814	8.153	8.506	9.539					
84.9	98.4	112.2	125.4	180.9					

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 38

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	62,0
Ширина по КВЛ $B$ , м	9,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	1,9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,573
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	635
Скорость хода $v$ , км/ч	21,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,87	1,47	1,90	2,13
Соппротивление $R_m$ , Н	4,37	11,05	24,53	34,34

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.369	4.144	5.112	5.693	6.352	6.933
Соппротивление, кН	0	13.8	19.0	28.3	35.6	47.8	65.3

7.359	7.823	8.249							
80.7	97.2	113.7							

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 39

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	56,0
Ширина по КВЛ $B$ , м	8,6
Осадка по КВЛ $T$ , м	2,15
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,564
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	584
Скорость хода $v$ , км/ч	22,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,60	1,20	1,60	2,00
Соппротивление $R_m$ , Н	2,26	7,36	16,38	34,53

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.324	3.098	3.873	4.648	5.422	6.197
Соппротивление, кН	0	7.1	10.4	15.8	23.5	35.2	53.5

6.971	7.746						
81.5	114.4						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 40

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	39,5
Ширина по КВЛ $B$ , м	5,7
Осадка по КВЛ $T$ , м	1,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,539
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	182
Скорость хода $v$ , км/ч	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=10$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	1,18	1,76	2,00	2,42
Соппротивление $R_m$ , Н	6,87	19,93	29,43	49,05

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.731	4.364	5.060	5.566	5.819	6.072
Соппротивление, кН	0	6.9	9.9	14.9	20.2	22.9	25.9

6.325	7.084	7.653							
29.9	39.9	49.9							

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 41

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	41,76
Ширина по КВЛ $B, м$	6,0
Осадка по КВЛ $T, м$	1,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,492
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	185,5
Скорость хода $v, км/ч$	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=10$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=11,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	1,12	1,59	2,01	2,41
Соппротивление $R_m, Н$	6,87	14,72	29,43	49,05

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.542	4.269	5.028	5.787	6.356	7.020
Соппротивление, кН	0	6.9	9.9	15.0	23.0	30.0	40.0

7.621									
50.0									

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

Волжский государственный университет водного транспорта  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 42

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	40,6
Ширина по КВЛ $B$ , м	6,0
Осадка по КВЛ $T$ , м	1,50
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,504
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	183,5
Скорость хода $v$ , км/ч	20,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=25$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=16$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,681	0,899	1,110	1,353
Соппротивление $R_m$ , Н	0,488	0,853	1,46	2,44

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.935	3.405	3.805	4.175	4.495	4.730
Соппротивление, кН	0	4.6	6.2	7.9	9.5	11.2	12.9

5.200	5.550	6.190	6.765						
16.4	19.9	26.9	34.0						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 43

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	21
Ширина по КВЛ $B, м$	4,45
Осадка по КВЛ $T, м$	0.9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,581
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	48,8
Скорость хода $v, км/ч$	20
Количество винтов $x$	1
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=9$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,80	1,41	2,11	2,53
Соппротивление $R_m, Н$	2,11	8,12	29,65	59,84

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.710	5.400	3.090	3.660	4.230	5.130
Соппротивление, кН	0	0.7	1.5	2.7	4.0	5.9	9.9

5.730	6.330	6.690	7.080	7.590					
14.5	21.6	28.8	35.8	43.7					

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 44

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	24,8
Ширина по КВЛ $B, м$	4,45
Осадка по КВЛ $T, м$	0,9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,54
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	53,6
Скорость хода $v, км/ч$	19,5
Количество винтов $x$	1
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=9$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,84	1,58	2,34	3,12
Соппротивление $R_m, Н$	2,11	8,12	29,65	59,84

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.770	2.520	3.420	4.110	4.740	5.070
Соппротивление, кН	0	0.7	1.5	2.7	4.0	5.9	7.2

6.300	7.020	7.650	8.400				
14.6	21.7	29.0	36.0				

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

Волжский государственный университет водного транспорта  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
 «Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 45

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	42,4
Ширина по КВЛ $B, м$	6
Осадка по КВЛ $T, м$	1,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,489
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	187
Скорость хода $v, км/ч$	25
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=11$   
 Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	1,53	1,82	1,94	2,21
Соппротивление $R_m, Н$	9,69	15,97	19,5	29,31

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.013	5.340	5.506	5.804	6.036	6.103
Соппротивление, кН	0	7.6	14.8	16.1	17.7	21.4	22.2

6.202	6.434	6.567	6.700	6.932	7.330				
23.5	26.1	27.5	29.5	32.8	39.4				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.  
 Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 46

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	36
Ширина по КВЛ $B, м$	5,3
Осадка по КВЛ $T, м$	1,1
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,453
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	95,2
Скорость хода $v, км/ч$	24
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=16$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,82	1,87	2,33	2,83
Соппротивление $R_m, Н$	1,96	9,81	19,62	33,35

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.568	5.300	6.028	6.478	7.067	7.379
Соппротивление, кН	0	4.9	10.8	14.2	16.7	21.8	25.2

7.586	7.794	8.071	8.522	8.730	9.596				
27.6	30.4	33.8	39.7	42.3	54.3				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 47

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	125
Ширина по КВЛ $B$ , м	14
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,850
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4380
Скорость хода $v$ , км/ч	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,380	0,585	0,800	0,948
Соппротивление $R_m$ , Н	0,294	0,696	1,32	2,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.369	2.687	2.934	3.253	3.606	4.137
Соппротивление, кН	0	20.8	24.4	30.8	37.8	46.5	61.9

4.525	4.879	5.233	5.657	5.940	6.329	6.703			
75.8	89.7	106.1	122.8	143.1	174.0	204.8			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 48

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	115
Ширина по КВЛ $B$ , м	14
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,842
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4340
Скорость хода $v$ , км/ч	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,345	0,602	0,815	0,960
Соппротивление $R_m$ , Н	0,294	0,696	1,32	2,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.086	2.440	2.786	3.253	3.712	4.257
Соппротивление, кН	0	22.8	26.3	32.1	37.9	45.6	60.9

4.667	5.020	5.445	5.763	6.046	6.435	6.788			
74.5	88.4	104.0	121.8	142.1	173.0	204.1			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 49

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	115,35
Ширина по КВЛ $B, м$	13
Осадка по КВЛ $T, м$	3,4
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,720
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4200
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,4	1,0	1,4	2,0
Соппротивление $R_m, Н$	3,48	16,38	31,88	85,35

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	0.775	1.549	2.324	3.098	3.486	3.873
Соппротивление, кН	0	4.6	10.9	21.0	34.7	43.3	53.2

4.260	4.648	5.422	6.197	6.971	7.746				
63.2	73.9	105.3	143.6	206.6	286.9				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 50

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	130
Ширина по КВЛ $B$ , м	16.5
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,845
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	6280
Скорость хода $v$ , км/ч	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=15$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=12,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,6	1,0	1,4	1,7
Соппротивление $R_m$ , Н	8,93	22,17	42,67	70,04

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.936	2.324	2.711	3.098	3.486	3.873
Соппротивление, кН	0	20.5	28.5	38.0	48.7	59.9	72.4

4.260	4.648	5.035	5.422	5.809	6.197				
86.7	101.8	118.7	141.7	167.7	198.7				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 51

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	107,5
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,1
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,872
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4260
Скорость хода $v, км/ч$	17,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=18$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=12$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,6	1,0	1,3	1,6
Соппротивление $R_m, Н$	4,91	11,67	21,19	39,73

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.121	2.546	2.970	3.394	3.818	4.243
Соппротивление, кН	0	19.7	26.0	33.3	42.2	52.1	62.9

4.667	5.091	5.515	5.940	6.364	6.788				
77.7	95.4	116.6	144.6	180.6	223.0				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дата выдачи задания « 20\_\_ » \_\_ноября\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 52

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	123
Ширина по КВЛ $B$ , м	16,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	2,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0.780
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4030
Скорость хода $v$ , км/ч	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,283	0,479	0,632	0,768
Соппротивление $R_m$ , Н	0,056	0,151	0,266	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.830	3.340	3.750	4.320	4.790	5.340
Соппротивление, кН	0	31.0	42.1	54.0	72.3	90.7	116.7

5.840	6.320	6.770	7.200	7.680					
144.0	170.1	206.5	241.8	286.2					

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 53

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	121
Ширина по КВЛ $B, м$	16,4
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,821
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5300
Скорость хода $v, км/ч$	17,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,341	0,502	0,648	0,738
Соппротивление $R_m, Н$	0,094	0,189	0,314	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.000	3.410	3.960	4.460	5.030	5.500
Соппротивление, кН	0	45.4	57.4	76.0	93.6	118.8	146.4

6.000	6.480	6.950	7.380						
171.7	206.7	240.4	285.6						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 54

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	136
Ширина по КВЛ $B$ , м	17,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	4,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,770
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	8200
Скорость хода $v$ , км/ч	23,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,224	0,536	0,800	1,170
Соппротивление $R_m$ , Н	0,076	0,361	0,791	2,65

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.234	1.592	2.004	2.495	3.068	3.622
Соппротивление, кН	0	7.2	13.9	24.0	36.4	52.2	71.7

4.204	4.794	5.367	5.993	6.485	7.155	7.665	8.855	9.687	10.465
94.7	121.1	156.6	200.0	225.9	281.0	339.7	546.3	786.2	1125.9

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 55

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	140
Ширина по КВЛ $B$ , м	17,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	6
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,765
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	11350
Скорость хода $v$ , км/ч	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,265	0,565	0,810	1,165
Соппротивление $R_m$ , Н	0,113	0,456	0,935	3,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.395	1.869	2.370	2.907	3.435	3.953
Соппротивление, кН	0	14.9	24.0	35.7	51.3	71.1	94.0

4.427	5.054	5.689	6.082	6.735	7.245	8.005	8.810	9.570	10.420
122.2	155.4	197.2	225.0	279.1	336.6	456.9	648.1	937.2	1319.3

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 56

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L$ , м	134,7
Ширина по КВЛ $B$ , м	16,6
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,816
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	6500
Скорость хода $v$ , км/ч	22
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,299	0,640	0,819	0,987
Соппротивление $R_m$ , Н	0,112	0,447	0,791	1,36

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.682	2.120	2.674	3.291	3.882	4.517
Соппротивление, кН	0	13.0	22.4	34.5	49.7	69.1	90.7

5.107	5.724	6.270	6.726	7.325	7.826	8.372			
117.7	147.8	187.7	225.2	282.8	341.8	423.0			

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 57

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Танкер
Длина по КВЛ $L, м$	136,8
Ширина по КВЛ $B, м$	16,6
Осадка по КВЛ $T, м$	3,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,82
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	7500
Скорость хода $v, км/ч$	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=80$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,294	0,560	0,793	0,943
Соппротивление $R_m, Н$	0,112	0,361	0,791	1,36

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.664	2.120	2.630	3.229	3.846	4.436
Соппротивление, кН	0	12.8	21.8	34.3	49.5	68.2	90.3

5.009	5.635	6.091	6.520	7.093	7.558	8.077			
117.4	151.5	188.8	226.8	284.8	344.7	426.4			

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 58

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L, м$	116,0
Ширина по КВЛ $B, м$	12,4
Осадка по КВЛ $T, м$	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,641
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	2080
Скорость хода $v, км/ч$	25,4
Количество винтов $x$	3
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,640	0,835	1,175	1,470
Соппротивление $R_m, Н$	0,61	0,975	1.95	3,66

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.023	4.525	4.985	5.416	5.904	6.611
Соппротивление, кН	0	45.6	57.7	69.8	81.9	93.4	118.3

7.304	8.309	9.079	9.546	10.394				
143.1	194.7	248.5	305.1	387.8				

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 59

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	83,23
Ширина по КВЛ $B$ , м	8,5
Осадка по КВЛ $T$ , м	1,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,730
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	906
Скорость хода $v$ , км/ч	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=16,5$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,636	0,905	1,130	1,260
Соппротивление $R_m$ , Н	0,366	0,732	1,22	1,71

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.684	4.497	5.254	5.812	6.399	6.880
Соппротивление, кН	0	21.7	33.5	45.2	57.7	69.7	82.1

7.248	7.990	8.450							
95.2	121.1	148.7							

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 60

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	82,0
Ширина по КВЛ $B$ , м	10,2
Осадка по КВЛ $T$ , м	2,5
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,600
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	1108
Скорость хода $v$ , км/ч	24,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=40$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,445	0,915	1,160	1,380
Соппротивление $R_m$ , Н	0,247	0,981	1,79	3,13

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.651	2.220	2.814	3.447	4.250	5.376
Соппротивление, кН	0	4.0	7.0	11.0	16.4	24.6	39.8

5.787	6.230	6.590	6.894	7.336	7.716	6.325	8.222		
47.2	56.3	65.6	75.8	92.0	108.4	136.5	148.4		

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

Волжский государственный университет водного транспорта  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
 «Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 61

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузопассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	82,0
Ширина по КВЛ $B$ , м	9,4
Осадка по КВЛ $T$ , м	2,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,563
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	993
Скорость хода $v$ , км/ч	25,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=40$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,453	0,812	1,073	1,335
Соппротивление $R_m$ , Н	0,247	0,839	1,51	2,75

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.733	2.308	2.865	3.105	3.415	4.117
Соппротивление, кН	0	4.0	7.0	11.2	13.5	16.9	25.7

5.136	5.566	6.008	6.432	6.786	7.305	8.127	8.443		
41.7	49.2	58.5	67.7	77.7	93.7	129.5	149.4		

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 62

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Пассажирское
Длина по КВЛ $L$ , м	75,6
Ширина по КВЛ $B$ , м	9,6
Осадка по КВЛ $T$ , м	1,9
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,711
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	1006
Скорость хода $v$ , км/ч	20,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=14$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,553	0,792	1,005	1,096
Соппротивление $R_m$ , Н	0,305	0,610	0,975	1,22

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.479	3.910	4.292	4.985	5.600	6.152
Соппротивление, кН	0	22.0	27.8	33.8	45.7	57.7	69.9

6.682	7.106	7.453	7.750				
81.8	94.5	107.5	120.9				

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 63

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	16.5
Осадка по КВЛ $T, м$	3.2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0.813
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5720
Скорость хода $v, км/ч$	20
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0.271	0.352	0.442	0.579
Соппротивление $R_m, Н$	0.056	0.094	0.151	0.276

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.710	3.150	3.520	4.010	4.420	4.880
Соппротивление, кН	0	29.8	41.3	53.4	72.5	91.5	109.8

5.320	5.790						
137.9	182.5						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 64

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	127
Ширина по КВЛ $B$ , м	14,25
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,888
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	5530
Скорость хода $v$ , км/ч	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,260	0,342	0,470	0,559
Соппротивление $R_m$ , Н	0,056	0,094	0,180	0,256

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.600	3.030	3.420	3.870	4.320	4.700
Соппротивление, кН	0	32.0	44.0	56.1	85.4	94.9	115.4

5.180	5.590						
143.0	169.7						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 65

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	16,5
Осадка по КВЛ $T, м$	3,4
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,850
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	6040
Скорость хода $v, км/ч$	20,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,247	0,376	0,455	0,584
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,123	0,180	0,294

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.000	2.470	2.920	3.260	3.760	4.150
Соппротивление, кН	0	20.5	32.5	44.0	56.7	75.6	95.1

4.550	5.000	5.440	5.840						
114.7	142.6	168.0	194.9						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 66

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	112
Ширина по КВЛ $B, м$	15,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,754
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4100
Скорость хода $v, км/ч$	22,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,430	0,547	0,718	0,920
Соппротивление $R_m, Н$	0,180	0,294	0,504	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.429	3.724	4.088	4.434	4.737	5.092
Соппротивление, кН	0	38.9	47.5	59.2	70.0	81.6	96.4

5.413	5.802	6.218	6.625	7.075	7.491	7.967			
111.6	129.1	145.9	171.0	203.0	242.8	285.4			

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 67

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	107
Ширина по КВЛ $B, м$	14,7
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,800
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	4100
Скорость хода $v, км/ч$	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,467	0,583	0,745	0,932
Соппротивление $R_m, Н$	0,219	0,342	0,581	1,058

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.681	4.044	4.391	4.694	5.049	5.369
Соппротивление, кН	0	49.5	61.5	72.6	84.5	99.6	115.1

5.698	6.062	6.452	6.824	7.275	7.621	8.071			
134.0	152.1	178.0	211.9	251.7	297.5	348.9			

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 68

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	120
Ширина по КВЛ $B, м$	17,0
Осадка по КВЛ $T, м$	2,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,780
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5100
Скорость хода $v, км/ч$	19,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t = 15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,378	0,475	0,619	0,750
Соппротивление $R_m, Н$	0,094	0,151	0,266	0,419

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.780	4.310	4.750	5.270	5.750	6.190
Соппротивление, кН	0	51.7	70.3	89.0	115.2	142.6	169.4

6.680	7.070	7.500					
204.3	240.3	285.8					

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 69

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	112
Ширина по КВЛ $B$ , м	15,0
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,754
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4100
Скорость хода $v$ , км/ч	21,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,520	0,635	0,776	0,923
Соппротивление $R_m$ , Н	0,256	0,39	0,581	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	4.200	4.503	4.850	5.162	5.499	5.846
Соппротивление, кН	0	57.8	69.1	80.0	95.5	110.3	128.6

6.175	6.720	7.067	7.491	7.993					
146.9	169.4	203.4	243.1	285.1					

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 70

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	116
Ширина по КВЛ $B$ , м	15,0
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,766
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4120
Скорость хода $v$ , км/ч	19,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=75$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,480	0,594	0,705	0,916
Соппротивление $R_m$ , Н	0,219	0,342	0,504	0,915

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	3.776	4.157	4.486	4.815	5.144	5.491
Соппротивление, кН	0	46.8	58.1	69.1	80.3	95.5	110.1

5.828	6.105	6.625	7.015	7.474	7.933				
128.5	147.7	170.8	203.9	242.9	285.8				

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 71

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	110,15
Ширина по КВЛ $B, м$	13,0
Осадка по КВЛ $T, м$	3,3
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,680
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	8770
Скорость хода $v, км/ч$	19,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$   
Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,7	1,2	1,6	2,2
Сопrotивление $R_m, Н$	12,95	33,84	58,86	151,27

Сопrotивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.732	2.425	3.118	3.464	3.811	4.157
Сопrotивление, кН	0	11.9	22.1	34.3	41.7	51.3	59.3

4.503	4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.928	7.621		
69.0	79.9	91.3	104.4	117.7	133.1	178.5	268.8		

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 72

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	121
Ширина по КВЛ $B$ , м	14
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,8
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,842
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	4340
Скорость хода $v$ , км/ч	21
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=50$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,345	0,602	0,815	0,960
Соппротивление $R_m$ , Н	0,294	0,696	1,32	2,08

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.086	2.440	2.786	3.253	3.712	4.257
Соппротивление, кН	0	22.8	26.3	32.1	37.9	45.6	60.9

4.667	5.020	5.445	5.763	6.046	6.435	6.788			
74.5	88.4	104.0	121.8	142.1	173.0	204.1			

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 \_\_\_ » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 73

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	14,25
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,888
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	5530
Скорость хода $v, км/ч$	20,5
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,260	0,342	0,470	0,559
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,094	0,180	0,256

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.600	3.030	3.420	3.870	4.320	4.700
Соппротивление, кН	0	32.0	44.0	56.1	85.4	94.9	115.4

5.180	5.590						
143.0	169.7						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 74

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L, м$	135
Ширина по КВЛ $B, м$	16,5
Осадка по КВЛ $T, м$	3,2
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,88
Водоизмещение объёмное $V, м^3$	6040
Скорость хода $v, км/ч$	20,0
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=100$

Температура воды в бассейне,  $^{\circ}C, t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m, м/с$	0,247	0,376	0,455	0,584
Соппротивление $R_m, Н$	0,056	0,123	0,180	0,294

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	2.000	2.470	2.920	3.260	3.760	4.150
Соппротивление, кН	0	20.5	32.5	44.0	56.7	75.6	95.1

4.550	5.000	5.440	5.840						
114.7	142.6	168.0	194.9						

Срок сдачи работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Дата выдачи задания « 2 » ноября \_\_\_\_\_ 2021 г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

**Волжский государственный университет водного транспорта**  
**Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 75

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	110,15
Ширина по КВЛ $B$ , м	13,0
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,0
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,880
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	8770
Скорость хода $v$ , км/ч	19,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$

Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,7	1,2	1,6	2,2
Сопrotивление $R_m$ , Н	12,95	33,84	58,86	151,27

Сопrotивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.732	2.425	3.118	3.464	3.811	4.157
Сопrotивление, кН	0	11.9	22.1	34.3	41.7	51.3	59.3

4.503	4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.928	7.621		
69.0	79.9	91.3	104.4	117.7	133.1	178.5	268.8		

Срок сдачи работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 20 \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ октября \_\_\_\_\_ 2020 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_



**Волжский государственный университет водного транспорта  
Кафедра проектирования и технологии постройки судов**

**Задание**

на курсовой проект по дисциплине  
«Теория и устройство судна»

студенту \_\_\_\_\_

Вариант № 76

**1. Исходные данные по судну**

Тип судна	Грузовое
Длина по КВЛ $L$ , м	110,15
Ширина по КВЛ $B$ , м	13,0
Осадка по КВЛ $T$ , м	3,3
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta$	0,771
Водоизмещение объёмное $V$ , м <sup>3</sup>	8770
Скорость хода $v$ , км/ч	19,6
Количество винтов $x$	2
Форма кормы	Обычная

**2. Данные модельных испытаний**

Модуль геометрического подобия  $\lambda=12,5$   
Температура воды в бассейне, °С,  $t=15$

Результаты буксировочных испытаний

Скорость модели $v_m$ , м/с	0,7	1,2	1,6	2,2
Соппротивление $R_m$ , Н	12,95	33,84	58,86	151,27

Соппротивление движению судна

Скорость, м/с	0	1.732	2.425	3.118	3.464	3.811	4.157
Соппротивление, кН	0	11.9	22.1	34.3	41.7	51.3	59.3

4.503	4.850	5.196	5.543	5.889	6.235	6.928	7.621		
69.0	79.9	91.3	104.4	117.7	133.1	178.5	268.8		

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Дата выдачи задания « 20 \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ октября \_\_\_\_\_ 2020 \_\_\_\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Кузнецова В.В. \_\_\_\_\_

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волжская государственная академия водного транспорта»

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

## Решение задач по плавучести и остойчивости

Методические указания и задания  
на выполнение расчетно-графических работ  
для студентов очного и заочного обучения специальности  
180404 «Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики» и студентов заочного обучения  
специальности 180507 «Менеджмент организации»

Составитель – Е.В. Фунтикова

Нижний Новгород  
Издательство ФБОУ ВПО «ВГАВТ»  
2012

**Решение** задач по плавучести и остойчивости : метод. указания и задания на выполнение расчетно-графических работ для студ. оч. и заоч. обуч. специальности 180404 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и студ. заоч. обуч. специальности 180507 «Менеджмент организации» / сост. – Е.В. Фунтикова. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 20 с.

Указания содержат сведения о плавучести и остойчивости судна. Даны основные положения метода начальной остойчивости, рассмотрены задачи по плавучести с использованием грузовой шкалы и грузового размера, задачи по проверке остойчивости при различных вариантах загрузки судна.

Методические указания написаны в соответствии с программой по дисциплине «Транспортные средства» для специальности 180507 «Менеджмент организации».

Работа рекомендована к изданию кафедрой проектирования и технологии постройки судов (протокол № 12 от 14.06.2012 г.).

## Введение

Целью этой работы является изучение мореходных качеств судна и закрепление теоретических знаний по плавучести и остойчивости путем решения практических задач с использованием грузовой шкалы.

В ходе работы перед студентом стоят следующие задачи.

1. Изучить разделы по плавучести и остойчивости судна.
2. Научиться работать с грузовой шкалой и грузовым размером судна, решать задачи по плавучести с их использованием.
3. Проверить остойчивость судна по допустимому значению метацентрической высоты при различных вариантах загрузки.

В приложении I представлены варианты заданий для выполнения работы.

В связи с тем, что данная работа направлена на изучение плавучести и остойчивости судна, она содержит, наряду с методическими указаниями, общие сведения по этим навигационным качествам, а также пояснения к терминам и определениям основных положений плавучести и начальной остойчивости.

### 1. Общие сведения по плавучести и остойчивости судна

Выполнение данной работы предусматривает ознакомление с такими мореходными качествами судна, как плавучесть и остойчивость.

#### 1.1. Плавучесть судна

Плавучесть – способность судна находиться в положении равновесия относительно поверхности воды при заданной нагрузке.

На смоченную поверхность корпуса судна непрерывно действуют силы давления воды и силы тяжести всех частей судна и грузов.

Равнодействующая вертикальных составляющих сил давления воды на смоченную поверхность корпуса судна называется силой поддержания.



Согласно закону Архимеда сила поддержания

$$D = \rho \cdot g \cdot V,$$

где  $V$  – объем подводной части судна,  $\text{м}^3$ ;  
 $\rho$  – плотность воды,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Точка приложения равнодействующей сил поддержания  $S$  называется центром величины (рис. 1).

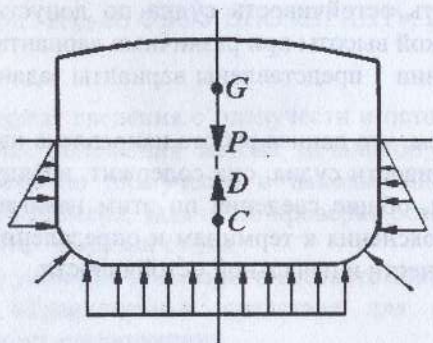


Рис. 1. Силы, действующие на судно

Равнодействующая сил тяжести  $P$  приложена в центре тяжести судна – точка  $G$ .

Первым условием равновесия плавающего судна является равенство силы тяжести и силы поддержания:

$$P = \rho g V.$$

Это и есть основное уравнение плавучести.

Для того чтобы судно не имело поперечных и продольных наклонов (крена и дифферента), необходимо, чтобы центр величины и центр тяжести в прямом положении судна лежали на одной вертикали, т.е.

$$X_C = X_G;$$

$$Y_C = Y_G = 0.$$

Это второе условие равновесия плавающего судна.

Объем погруженной части судна ( $V$ ) называется объемным водоизмещением, а величина  $\rho \cdot V$  называется массовым водоизмещением.

Каждой осадке судна соответствует свое объемное и массовое водоизмещение.

Водоизмещение порожнем – водоизмещение судна без запасов, расходных материалов, грузов и людей.

Водоизмещение в полном грузу – водоизмещение судна при его осадке по конструктивную ватерлинию.

Грузовым размером называется плавная кривая, абсциссы которой в определенном масштабе представляют водоизмещение судна при данной осадке (рис. 2). Грузовой размер служит для определения водоизмещения при данной осадке или, наоборот, определения осадки при данном водоизмещении.

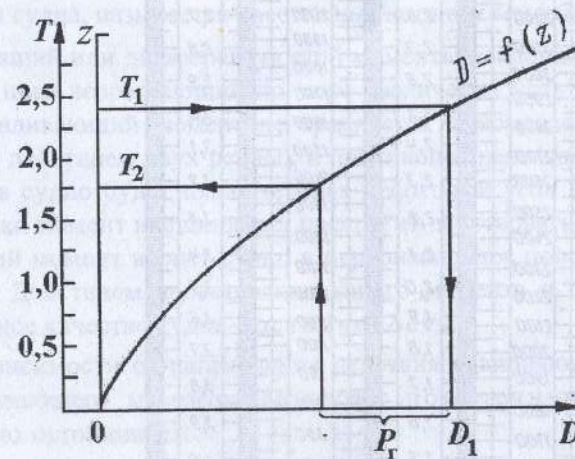


Рис. 2. Грузовой размер

Грузовая шкала выражает зависимость между осадкой судна, его водоизмещением, дейдвездом (массой переменных грузов), числом тонн, вызывающим изменение осадки на 1 см в пресной и морской воде (рис. 3). Основой для построения грузовой шкалы служит грузовой размер.



## 1.2. Остойчивость судна

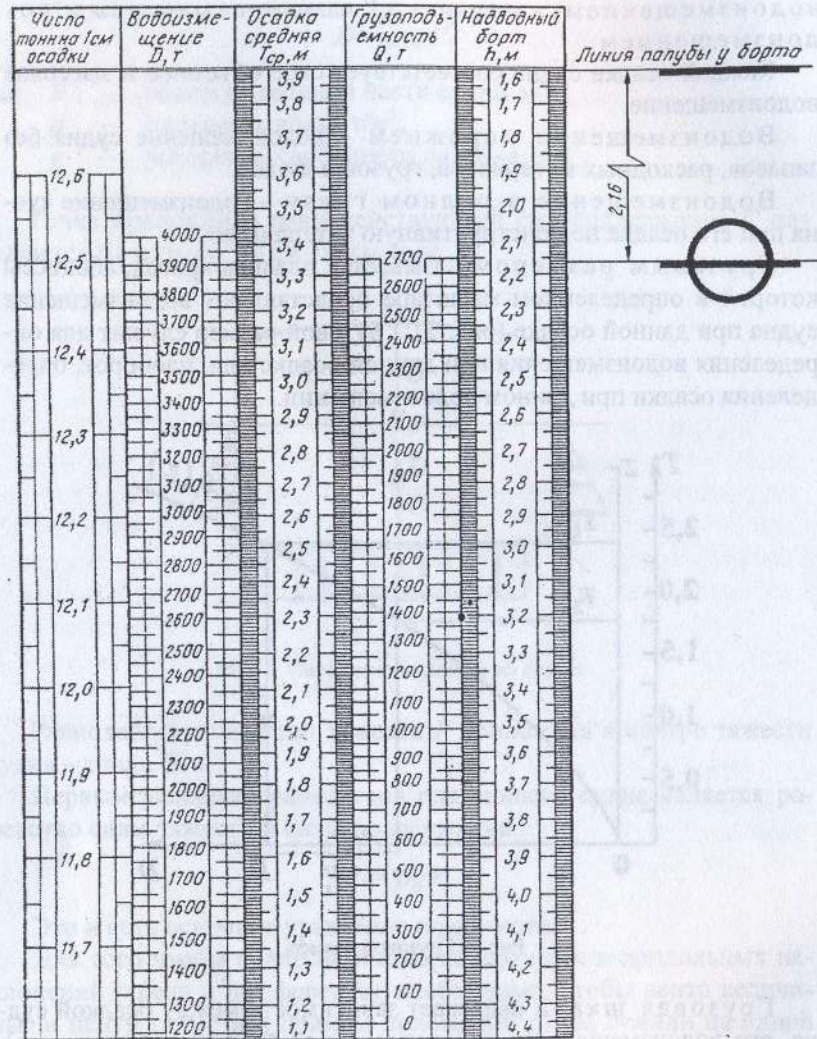


Рис. 3. Грузовая шкала

Остойчивость – способность судна, наклоненного внешними силами, возвращаться в исходное положение равновесия после прекращения действия этих сил.

Остойчивость – чрезвычайно важное мореходное качество судна. Недостаточная остойчивость при определенных условиях является непосредственной причиной опрокидывания и гибели судна, грузов и людей.

Момент внешних сил, стремящихся наклонить судно в поперечной плоскости, называется кренящим моментом ( $M_{кр}$ ), а в продольной – дифференцирующим моментом ( $M_{диф}$ ).

Момент сил тяжести и поддержания, направленный против наклонения судна, называется восстанавливающим моментом.

Кренящий или дифференцирующий моменты наклоняют судно до тех пор, пока возрастающий по мере увеличения угла наклонения восстанавливающий момент не сравняется с моментом внешних сил. Под действием двух равных и противоположно направленных моментов судно будет плавать, имея некоторый угол наклонения. Как только момент внешних сил прекратит действовать, восстанавливающий момент вернет судно в первоначальное положение равновесия. Действием восстанавливающего момента и объясняется мореходное качество судна – остойчивость.

В зависимости от направления действия наклоняющего и восстанавливающего моментов различают поперечную и продольную остойчивость.

В зависимости от значения величины угла наклонения различают начальную остойчивость при малых углах ( $10-12^\circ$ ) и остойчивость на больших углах крена (конечных углах наклонения). На малых углах наклонения для определения восстанавливающего момента используется метacentрическая формула остойчивости (метод начальной остойчивости). При больших углах наклонения используется другой метод.



### 1.3. Метацентрическая формула остойчивости

Определения, входящих в формулу величин (рис. 4):

- центр кривизны траектории, по которой перемещается центр величины, называется метацентром ( $m_0$ ). Он находится как точка пересечения линий действия силы поддержания (в исходном положении равновесия и в наклоненном состоянии судна);
- расстояние от центра тяжести судна до метацентра называется метацентрической высотой ( $h_0$ );

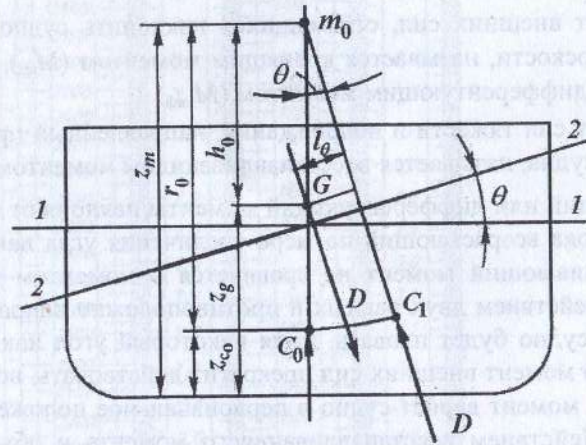


Рис. 4. Элементы начальной остойчивости (поперечное наклонение):

- $m_0$  – начальный поперечный метацентр;
- $r_0$  – начальный поперечный метацентрический радиус;
- $h_0$  – начальная поперечная метацентрическая высота, м;
- $z_m$  – аппликата метацентра, м;
- $z_{c_0}$  – аппликата центра величины, м;
- $z_g$  – аппликата центра массы судна, м.

– радиус кривизны траектории центра величины называется метацентрическим радиусом ( $r_0$ ). В методе начальной остойчивости траектория центра величины заменяется дугой окружности с радиусом равным метацентрическому;

– величина восстанавливающего момента определяется по формулам:

$$M_{\Theta} = D \cdot l_{\Theta} = D \cdot h_0 \cdot \sin \Theta \text{ – при поперечном наклонении;}$$

$$M_{\Psi} = D \cdot l_{\Psi} = D \cdot h_0 \cdot \sin \Psi \text{ – при продольном наклонении,}$$

где  $l$  – плечо восстанавливающего момента, м.

Плечо восстанавливающего момента – это перпендикуляр, опущенный из центра тяжести судна на линию действия силы поддержания.

По Правилам Российского Речного Регистра остойчивость судна должна удовлетворять ряду требований. Проверка соответствия судна этим требованиям выполняется как на этапе его проектирования, так и в процессе эксплуатации судна. В перечень требований Регистра к остойчивости входит требование к начальной поперечной остойчивости, т.е. остойчивости судна на тихой воде при посадке прямо (угол крена равен  $0^\circ$ ). Проверка такой остойчивости заданного судна студентами выполняется в соответствии с настоящими указаниями.

Метацентрическая высота судна в соответствии с рис. 4 определяется по формуле

$$h_0 = z_m - z_g. \quad (1)$$

Аппликата центра массы судна ( $z_g$ ) зависит от количества принятого груза и распределения его по высоте судна.

Начальная поперечная остойчивость судна регламентируется Речным Регистром путем проверки условия выполнения допустимого значения метацентрической высоты ( $h_{per}$ ), т.е. выполняется условие

$$h_i \geq h_{per}, \quad (2)$$

где  $h_i$  – фактическое значение метацентрической высоты при  $i$ -м состоянии судна по загрузке.

## 2. Порядок выполнения практической работы

Целью работы является приобретение навыков в решении задач по плавучести и остойчивости судна. Работа выполняется по индивидуальным заданиям. Номер варианта задания определяется преподавателем по приложению 1.



### 2.1. Задачи по плавучести судна с использованием грузовой шкалы

Исходные данные:

- грузовая шкала для сухогрузного теплохода;
- осадка судна принимается по варианту задания.

Постановка задач:

1. При заданной осадке определить водоизмещение судна, грузоподъемность, массу груза, изменяющего осадку на 1 см.

2. Определить количество груза, которое может принять судно до полной загрузки.

3. Вычислить, какое количество груза можно принять дополнительно или требуется снять с судна при прохождении мелководного участка глубиной 3 м, если под килем достаточно иметь запас в 30 см.

Грузовая шкала используется следующим образом: на грузовой шкале отмечается, согласно условию, точка, и к ней горизонтально прикладывается линейка. Точки пересечения линейки со шкалами укажут остальные искомые величины.

При решении задач предполагается, что судно не имеет крена и дифферента.

### 2.2. Задачи по плавучести судна с использованием грузового размера

Исходные данные принимаются по варианту задания:

- главные размерения судна;
- водоизмещение судна при соответствующей осадке.

Постановка задач:

1. Построить грузовой размер, соответствующий условиям эксплуатации судна в пресной воде  $D_i = f(T_i)$ .

Для построения грузового размера следует осадку судна ( $T$ ) разделить на 4 равные части и найти приращение осадки  $\Delta T$ , тогда  $T_1 = \Delta T$ ,  $T_2 = 2\Delta T$ ,  $T_3 = 3\Delta T$ ,  $T_4 = T$ . Каждой осадке соответствует водоизмещение, указанное в задании.

2. Определить осадку судна порожнем.

Массу судна в таком состоянии ( $D_1$ ) можно определить в зависимости от его полного водоизмещения ( $D_{пол}$  соответствует осадке по КВЛ) по формуле

$$D_1 = k_n \cdot D_{пол},$$

где  $k_n$  – коэффициент, значение которого для трюмных сухогрузных судов может быть принято равным 0,3.

3. Определить осадку судна при 50% загрузке.

Определяем массу груза:

$$P_{гр50\%} = 0,5 (D_{пол} - D_1).$$

Вычисляем массу судна с грузом:

$$D_2 = D_1 + P_{гр50\%}.$$

По грузовому размеру найдем осадку судна с грузом.

4. Определить, какое количество груза приняли на судно при увеличении его осадки порожнем на 1,5 м.

По грузовому размеру определим массу судна с грузом  $D_3$  при новой осадке и вычислим массу груза:

$$P_{гр} = D_3 - D_1.$$

### 2.3. Задачи по остойчивости судна

Исходные данные принимаются по варианту задания:

- главные размерения судна;
- значения аппликата метацентра судна при соответствующей осадке.

Постановка задач:

1. Построить кривую начальной остойчивости – график зависимости аппликаты метацентра судна от его осадки  $z_m = f(T_i)$  в пресной воде ( $\rho = 1 \text{ т/м}^3$ ) (рис. 5).

2. Произвести проверку остойчивости при следующих вариантах загрузки:

- судно порожнем;
- судно в грузу;
- при вертикальном перемещении груза.



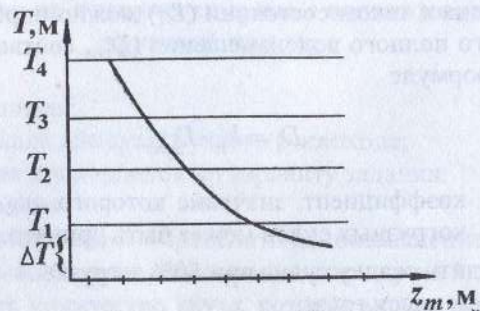


Рис. 5. Кривая начальной остойчивости  $z_m = f(T_i)$

### Судно порожнем

Апplikату центра массы судна ( $z_{g1}$ ) при рассматриваемом состоянии можно определить в зависимости от высоты борта ( $H$ ) по формуле

$$z_{g1} = k \cdot H,$$

где  $k$  – коэффициент, значение которого для трюмных сухогрузных судов может быть принято равным 0,7.

Апplikата метacentра ( $z_{m1}$ ) находится в зависимости от осадки судна по кривой начальной остойчивости. В свою очередь осадка определяется по грузовому размеру при известном водоизмещении

$V_1 = \frac{D_1}{\rho}$ . При известных значениях  $z_{g1}$  и  $z_{m1}$  расчетное значение метацентрической высоты определяется по формуле

$$h_1 = z_{m1} - z_{g1}.$$

В заключение необходимо проверить выполнение требования Речного Регистра к начальной остойчивости порожнего судна (формула 2), т.е. сопоставить значения  $h_1$  и  $h_{пер}$ , где  $h_{пер} = 0,2$  м (норма Регистра).

### Судно в грузу

В трюм судна приняли груз с апplikатой центра тяжести  $z_{g_{гр}} = 2,2$  м (рис. 6).

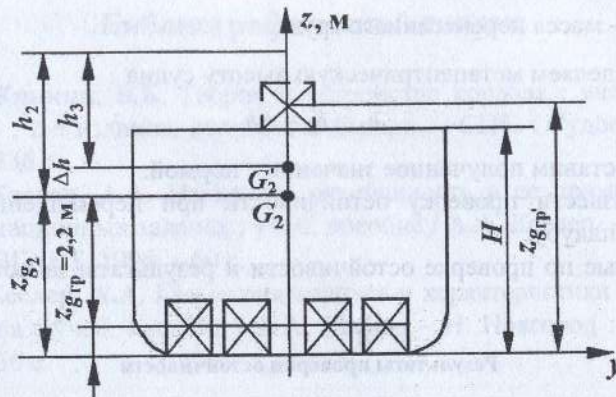


Рис. 6. Судно в грузу

Массу груза  $P_{гр}$  принять по п. 2.2 при увеличении осадки на 1,5 м. По кривой начальной остойчивости при известной осадке определим апplikату метacentра  $z_{m2}$ .

При известном значении массы судна с грузом, расчет апplikаты центра массы этого судна выполняется по формуле

$$z_{g_2} = \frac{D_1 z_{g_1} + P_{гр} z_{g_{гр}}}{D_3}, \text{ м.}$$

Вычисляем метацентрическую высоту судна

$$h_2 = z_{m2} - z_{g_2}.$$

Сравним ее значение с нормой.

Перемещение груза

Четверть груза переместили вверх на палубу так, что его апplikата центра тяжести стала

$$z_{g_{гр}'} = z_{g_{гр}} + H.$$

Находим изменение метацентрической высоты судна:

$$\Delta h = \frac{P_{гр} (z_{g_{гр}'} - z_{g_{гр}})}{D_3},$$



где  $P_{гр}$  – масса перенесенного груза.

Определяем метацентрическую высоту судна

$$h_3 = h_2 - \Delta h.$$

Сопоставим полученное значение с нормой.

Произвести проверку остойчивости при перемещении всего груза на палубу.

Данные по проверке остойчивости и результаты занести в таблицу.

Результаты проверки остойчивости

Варианты загрузки	Показатель, единица измерения				Результат проверки
	Масса судна, $D$ , т	Апplikата центра массы судна, $z_g$ , м	Апplikата метацентра, $z_m$ , м	Метацентрическая высота, $h$ , м	
Судно порожнем					
Судно в грузу					
Частичное перемещение груза	–				
Перемещение всего груза	–				

### 3. Оформление работы

Работа оформляется на листах формата А4 и должна содержать: титульный лист (приложение 2), исходные данные с указанием номера варианта, решение задач по плавучести с построением грузового размера, решение задач по остойчивости с графиком кривой.

### Библиографический список

1. **Жинкин, В.Б.** Теория и устройство корабля : учеб. / В.Б. Жинкин ; 2-е издание, исправл. и дополн. – СПб. : Судостроение, 2000. – 336 с.
2. **Кеслер, А.А.** Начальная остойчивость и ее применение в эксплуатационных задачах : учеб. пособие / А.А. Кеслер. – Н. Новгород : ВГАВТ, 1996. – 60 с.
3. **Кеслер, А.А.** Геометрия корпуса и характеристики плавучести судна : учеб. пособие / А.А. Кеслер – Н. Новгород : ВГАВТ, 1993. – 56 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	п. 2.1		п. 2.2									
	Осадка, м	Высота борта, м	Осадка, м	$D_b, \text{ м}^3$				$Z_{\text{mis}}, \text{ м}$				
				№ ВЛ				№ ВЛ				
				Н	Т	1	2	3	4 квл	1	2	3
1	3,3	5,5	3,4	910	1920	2960	4040	16,4	9,1	7,5	7,9	
2	3,25	5,4	3,5	1122	2367	3655	4385	20,9	11,2	8,2	6,9	
3	3,2	5,0	3,0	897	1845	2824	3862	23,4	12,0	8,8	7,3	
4	3,15	5,4	3,2	920	1942	2998	4090	20,7	11,0	7,7	6,3	
5	3,0	5,0	3,2	663	1393	2148	2935	19,0	10,0	7,3	6,1	
6	2,95	5,4	3,0	663	1419	2209	3025	11,8	6,5	5,1	4,5	
7	2,9	4,5	3,0	632	1302	1991	2704	14,0	7,7	6,0	5,4	
8	2,85	4,5	2,8	631	1299	1986	2716	19,0	10,0	7,3	6,1	
9	2,8	5,0	3,2	900	1898	2931	3968	17,4	9,32	6,9	5,9	
10	2,75	5,1	3,2	942	1939	2963	4058	19,7	10,4	7,6	6,5	
11	2,7	5,0	3,0	615	1300	2002	2721	21,1	14,9	8,5	7,1	
12	2,65	5,2	3,1	617	1300	2008	2728	19,0	10,0	7,3	6,1	
13	2,6	4,8	2,8	752	1548	2361	3219	25,8	13,5	9,6	7,8	
14	2,55	5,4	3,8	1010	2131	3290	4489	12	6,6	5,3	4,8	
15	2,5	5,0	3,0	731	2085	3106	4573	16,9	9,2	7,0	6,1	
16	2,45	4,0	2,6	455	923	1404	1937	15,9	8,4	6,6	5,9	
17	2,4	5,5	3,5	908	1915	2957	4029	15,4	8,4	6,3	5,5	
18	2,38	5,2	3,0	850	1785	2760	3755	21,0	11,5	8,0	6,8	
19	2,35	5,8	3,8	1308	2759	4260	5811	17,9	10,2	8,1	7,2	
20	2,3	4,8	3,0	662	1396	2156	2940	16,4	8,8	6,5	5,6	
21	2,25	5,2	3,0	848	1788	2762	3754	21,1	11,2	8,1	6,8	
22	2,2	4,8	3,2	796	1680	2595	3543	23,8	10,2	7,2	6,0	
23	2,35	5,6	3,0	889	1874	2894	3933	19,4	10,3	7,6	6,4	
24	2,3	5,5	3,1	829	1748	2700	3682	21,4	11,3	8,2	6,8	

Окончание прил. 1

№ варианта	п. 2.1		п. 2.2									
	Осадка, м	Высота борта, м	Осадка, м	$D_b, \text{ м}^3$				$Z_{\text{mis}}, \text{ м}$				
				№ ВЛ				№ ВЛ				
				Н	Т	1	2	3	4 квл	1	2	3
25	2,25	5,8	3,3	982	2072	3200	4363	20,6	10,9	8,3	7,1	
26	2,2	5,2	3,1	805	1697	2621	3575	15,9	8,6	6,4	5,5	
27	2,15	5,0	2,8	540	1136	1743	2358	13,9	7,5	5,6	4,8	
28	2,0	5,5	3,6	1167	2461	3800	5165	19,0	10,2	7,6	6,5	
29	1,95	5,2	3,0	690	1454	2245	3062	15,8	8,5	6,3	5,4	
30	1,9	5,3	3,3	968	2037	3145	4344	18,9	9,9	7,5	6,6	
31	1,85	5,1	3,3	1046	2258	3487	4757	23,1	12,2	9,2	7,6	
32	1,8	5,6	3,6	1167	2461	3800	5185	22,6	12,0	8,8	7,4	
33	1,75	4,5	3,0	584	1186	1806	2455	13,5	7,3	5,5	4,8	
34	1,7	4,6	2,8	678	1430	2210	3014	19,5	10,3	7,8	5,8	
35	1,65	4,5	3,2	768	1620	2478	3328	19,5	10,4	7,6	6,4	
36	1,6	4,8	3,0	786	1644	2534	3443	21,2	11,2	8,1	6,8	
37	1,55	5,0	3,2	930	1960	3028	4130	21,2	11,6	8,4	6,5	
38	1,5	5,5	3,6	1227	2587	3995	5449	21,3	11,4	8,3	7,1	
39	1,45	5,2	3,2	810	1666	2548	3472	15,6	8,5	3,8	2,3	
40	1,4	5,0	3,5	972	2025	3165	4317	19,1	9,8	6,7	5,1	
41	1,35	4,8	2,8	611	1298	3429	4170	21,3	11,1	7,6	6,2	
42	1,33	5,5	3,5	533	1625	2755	3921	17,4	9,5	7,1	6,2	
43	1,3	5,2	3,4	987	2061	3214	4384	19,7	10,5	7,7	6,5	
44	1,28	5,0	3,0	585	1233	1902	2593	13,8	7,5	5,6	4,9	
45	1,25	4,8	2,6	518	1091	1685	2298	15,2	8,8	6,7	5,9	
46	1,23	5,0	3,0	649	1369	2114	2883	19,3	10,2	7,5	6,3	
47	1,2	5,0	3,3	584	1232	1901	2593	13,8	7,5	5,6	4,9	
48	1,18	5,5	3,6	1193	2515	3884	5298	20,5	10,9	8,1	6,9	
49	1,15	4,9	3,3	822	1692	2588	3539	19,0	10,1	7,5	6,3	
50	1,1	5,0	3,2	757	1597	2466	3364	16,5	8,9	6,6	5,7	



Федеральное агентство морского и речного транспорта  
 Федеральное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Волжская государственная академия водного транспорта»

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ**

**ПО ПЛАВУЧЕСТИ И ОСТОЙЧИВОСТИ**

Вариант №

Разработал студент:  
 (номер группы, подгруппы)

Ф.И.О.

Проверил:  
 (должность и ученая  
 степень преподавателя)

Ф.И.О.

**Оглавление**

Введение .....	3
1. Общие сведения по плавучести и остойчивости судна .....	3
1.1. Плавучесть судна .....	3
1.2. Остойчивость судна .....	7
1.3. Метацентрическая формула остойчивости .....	8
2. Порядок выполнения практической работы .....	9
2.1. Задачи по плавучести судна с использованием грузовой шкалы .....	10
2.2. Задачи по плавучести судна с использованием грузового размера .....	10
2.3. Задачи по остойчивости судна .....	11
3. Оформление работы.....	14
Библиографический список.....	15
Приложение 1.....	16
Приложение 2 .....	18

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Волжская государственная академия водного транспорта

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

Е.В. Фунтикова

# Конструкция корпусов судов

Методические указания и задания



Н. Новгород

2009



**Фунтикова, Е.В.**

Конструкция корпусов судов : метод. указ. и задания на выполнение лаб. работы / сост. – Е.В. Фунтикова. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009 – 28 с.

Даны основные определения и понятия по конструкции корпуса судов, рассмотрены системы набора перекрытий и корпуса, а также правила изображения элементов и частей корпусных конструкций.

Методические указания написаны в соответствии с программами по дисциплинам: «Теория и устройство судов» для специальностей 180402 «Судовождение», 180403 «Эксплуатация судовых энергетических установок», 180404 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»; «Энциклопедия речного флота» для специальности 180101 «Кораблестроение»; «Транспортные средства» для специальности 080507 «Менеджмент организации».

*Для студентов очного обучения.*

Работа рекомендована к изданию кафедрой проектирования и технологии постройки судов (протокол № 12 от 30.06.2009 г.).

© ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009

## Введение

Целью этой работы является изучение корпусных конструкций и закрепление теоретических знаний по конструкции корпуса судна.

В ходе работы студентам необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить элементы судовых конструкций и системы набора.
2. Ознакомиться с правилами изображения элементов корпусных конструкций и научиться читать конструктивные чертежи.
3. Выполнить чертежи узлов типовых соединений балок набора и указать их месторасположение на сечениях корпуса в соответствии с заданием.

В *Приложении 1* представлены варианты заданий для выполнения работы.

В связи с тем, что данная работа направлена на изучение корпусных конструкций судов, она содержит, наряду с методическими указаниями, пояснения к терминам и определениям основных корпусных элементов и конструкций, общие сведения по системам набора перекрытий и корпуса, а также необходимые данные для чтения чертежей.



## 1. Общие сведения по конструкции корпуса судна

### 1.1. Термины и определения основных корпусных элементов и конструкций

Выполнение данной работы предусматривает ознакомление с конструктивными особенностями конструкции корпусов судов и освоение основных понятий и определений. Приведенные ниже термины и определения конструктивных элементов и корпусных конструкций соответствуют ГОСТ 13641 [1].

*Корпус судна* – коробчатая металлическая конструкция, состоящая из набора, обшивки, переборок, настилов палуб и платформ судна, обеспечивающая создание силы плавучести, прочность и возможность размещения людей, грузов и оборудования.

*Наружная обшивка* – непроницаемая оболочка корпуса, которая вместе с подкрепляющим ее набором образует борта, днище и оконечности судна.

Наружную обшивку корпуса сваривают из отдельных листов, длинные стороны которых направляют вдоль судна. Швы листов, идущие поперек судна, называют стыками, а идущие вдоль судна – пазами [4].

*Пояс наружной обшивки* – ряд листов обшивки в продольном направлении, имеющих общие пазы (рис. 1).

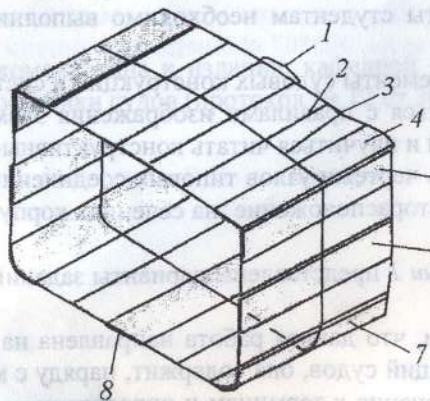


Рис. 1. Элементы оболочки корпуса:

1 – пояс; 2 – паз; 3 – стык; 4 – палубный стрингер; 5 – ширстрек;  
6 – ледовый пояс; 7 – скуловой пояс; 8 – килевой пояс

Некоторые участки обшивки имеют специальные названия:

*ширстрек* – верхний пояс бортовой наружной обшивки, примыкающий к верхней палубе;

*ледовый пояс* – утолщенные листы наружной обшивки в районе действия ледовой нагрузки;

*скуловой пояс* – пояс наружной обшивки в районе скулы;

*горизонтальный киль* – средний пояс днищевой наружной обшивки, расположенный симметрично относительно диаметральной плоскости;

*палубный стрингер* – участок палубы, примыкающий к борту.

*Настил* – полотнище из листового металла, расположенное в горизонтальной плоскости. Различают настил палубы, платформы, второго дна.

Подкрепляющие обшивку металлические балки образуют набор корпуса.

*Набор корпуса* – каркас из продольных и поперечных балок, который придает корпусным конструкциям судна заданную форму и вместе с обшивкой и настилом обеспечивает им необходимую прочность и жесткость.

Балки набора делятся на рамные и холостые (рис. 2). Балки рамного набора изготавливают, как правило, сварными усиленного таврового профиля или гнутыми Г-образного профиля. По высоте рамные балки в 3–4 раза больше холостых. Балки холостого набора изготавливают из профилей стального проката: полособульба (симметричного и несимметричного), угольника (равнополочного и неравнополочного).

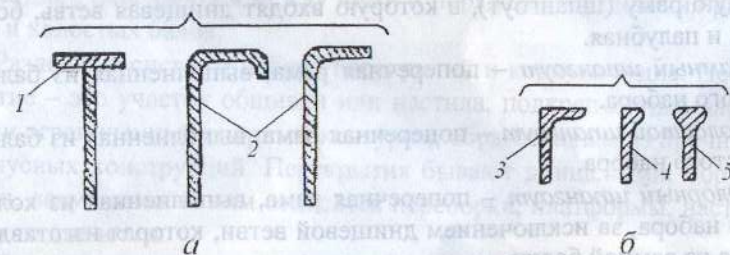


Рис. 2. Поперечные сечения рамных и холостых балок набора:

а – рамные балки; б – холостые балки; 1 – тавровая балка; 2 – Г-образные балки;  
3 – угольник; 4 – полособульба несимметричный; 5 – полособульба симметричный



Балки набора, расположенные в разных местах корпуса в определенном направлении имеют свои названия (рис. 3).

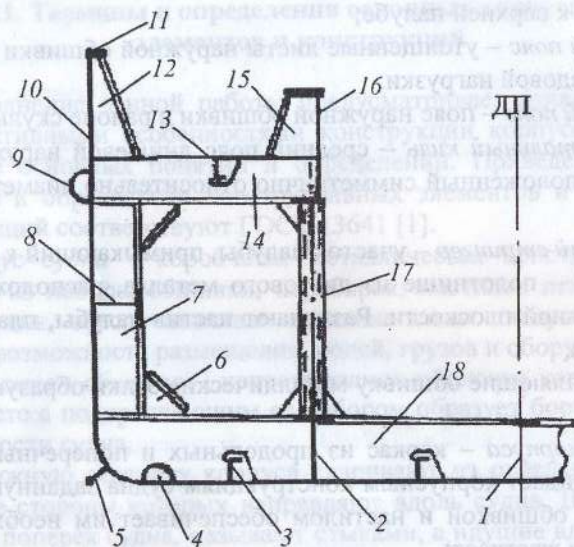


Рис. 3. Элементы корпуса:

- 1 – диаметральный кильсон; 2 – боковой кильсон;  
 3 – днищевое продольное ребро жесткости; 4 – голубница (отверстие);  
 5 – скуловой киль; 6 – кница; 7 – бортовой рамный шпангоут;  
 8 – бортовой стрингер; 9 – привальный брус; 10 – фальшборт; 11 – планширь;  
 12 – стойка фальшборта; 13 – продольное подпалубное ребро жесткости;  
 14 – рамный полубимс; 15 – бракета; 16 – комингс; 17 – пиллерс; 18 – флор

Поперечные балки, идущие в одной плоскости, образуют шпангоутную раму (шпангоут), в которую входят днищевая ветвь, бортовая и палубная.

*Рамный шпангоут* – поперечная рама, выполненная из балок рамного набора.

*Холостой шпангоут* – поперечная рама, выполненная из балок холостого набора.

*Флорный шпангоут* – поперечная рама, выполненная из холостого набора, за исключением днищевой ветви, которая изготавливается из рамной балки.

*Бимс* – поперечная балка шпангоутной рамы, проходящая под палубой или платформой.

*Полубимс* – бимс, проходящий не по всей ширине корпуса, например, от борта до выреза в палубе.

*Кильсон* – усиленная (рамная) днищевая продольная балка набора; на судах с двойным дном – в виде вертикального листа.

*Бортовой стрингер* – усиленная (рамная) продольная балка бортового перекрытия.

*Карлингс* – усиленная (рамная) продольная балка палубного перекрытия.

*Ребро жесткости* – балка холостого набора, подкрепляющая лист обшивки, настила или стенку балки рамного набора и обеспечивающая местную жесткость.

*Комингс* – конструкция, окаймляющая вырез в палубе, переборке, платформе, выгородке.

*Пиллерс* – отдельно стоящая стойка для поддержания палубы.

В узлах соединения балок набора и присоединения их к обшивке для обеспечения прочности и жесткости конструкции устанавливают специальные листовые детали различной формы: *кницы* и *бракеты*. По свободной кромке (неприваренной) эти детали могут иметь отогнутый фланец или приваренную полосу.

## 1.2. Системы набора перекрытий и корпуса судна

При конструировании корпуса судна применяются различные системы набора [5].

*Система набора* – определенное расположение балок набора в корпусе судна, отличающееся ориентацией балок (вдоль или поперек судна), расстоянием между ними и порядком чередования рамных и холостых балок.

Различают системы набора перекрытий и корпуса судна. Перекрытие – это участок обшивки или настила, подкрепленный набором и ограниченный опорным контуром, образованным из прочных корпусных конструкций. Перекрытия бывают днищевыми, бортовыми, палубными. К ним относятся переборки, платформы, настил второго дна и т. д.

Существуют две системы набора перекрытий: поперечная и продольная. При поперечной системе набора чаще расположены поперечные балки, а при продольной – продольные. В обоих слу-



чаях набор перекрытия включает рамные и холостые балки, при этом рамные балки устанавливаются и вдоль и поперек судна. Холостые балки при поперечной системе устанавливаются только поперек, а при продольной – вдоль судна. Поэтому при поперечной системе расстояние между поперечными балками меньше, чем между продольными балками, а при продольной системе наоборот.

Системы набора корпуса бывают поперечной, продольной и смешанной (в средней части корпуса).

При поперечной системе набора корпуса днищевые, бортовые и палубное перекрытия имеют поперечную систему набора (рис. 4).

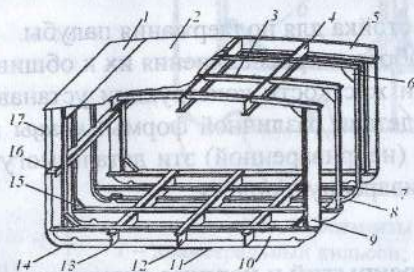


Рис. 4. Конструкция корпуса с поперечной системой набора:  
1 – стрингер палубный; 2 – настил палубы; 3 – бимс; 4 – карлингс; 5 – бимс рамный; 6 – кница бимсовая; 7 – угольник подсланевый; 8 – шангоут; 9 – шангоут рамный; 10 – флор; 11 – киль горизонтальный; 12 – киль вертикальный; 13 – стрингер днищевой; 14 – пояс скуловой; 15 – кница скуловая; 16 – стрингер бортовой; 17 – ширстрек

В поперечных плоскостях располагаются рамные и холостые шангоутные рамы. Вдоль судна располагаются только рамные балки (кильсоны, стрингеры, карлингсы). При такой конструкции обеспечивается местная прочность корпуса: хорошее восприятие поперечного сжатия, возникающего от давления ледяного поля, и ударные нагрузки при швартовке и навалах. Недостатком поперечной системы набора является малая прочность при общем продольном изгибе. Поэтому данная система применяется на судах с небольшой относительной длиной, при  $L/H < 15$ . К ним относятся буксиры, толкачи, катера, ледоколы, небольшие пассажирские суда. Поперечная система набора более технологична, особенно при криволинейных обводах корпуса. Поэтому она используется в оконечностях большинства судов.

При продольной системе набора корпуса днищевые, бортовые и палубное перекрытия имеют продольную систему набора (рис. 5).

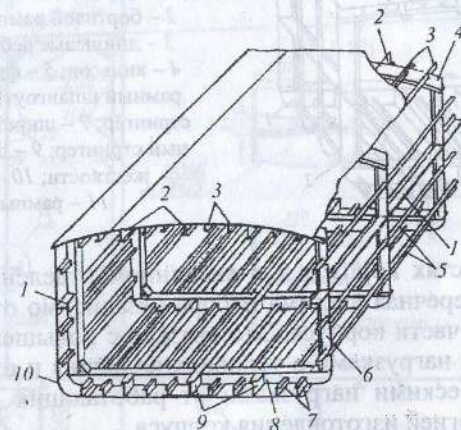


Рис. 5. Конструкция корпуса с продольной системой набора:  
1 – бортовой стрингер; 2 – карлингсы; 3 – палубные ребра жесткости; 4 – рамный бимс; 5 – бортовые ребра жесткости; 6 – бортовой рамный шангоут; 7 – днищевые ребра жесткости; 8 – флор; 9 – кильсоны; 10 – скуловой пояс

В поперечных плоскостях располагаются только рамные шангоутные рамы. Вдоль судна располагаются как рамные балки (кильсоны, стрингеры, карлингсы), так и холостые (ребра жесткости). Данная система позволяет обеспечить повышенную прочность корпуса при общем продольном изгибе. Однако при этой системе корпус судна плохо приспособлен к восприятию местных нагрузок на борта. Продольная система набора корпуса нашла ограниченное применение. Она используется на крупных несамходных речных наливных судах и судах технического флота.

При смешанной системе набора корпуса применяются различные сочетания систем набора отдельных перекрытий. Наибольшее распространение получила смешанная система академика Ю.А. Шиманского. При этой системе в средней части корпуса днищевые и палубные перекрытия набираются по продольной системе, а бортовые – по поперечной (рис. 6). Вследствие этого обеспечиваются общая продольная прочность корпуса и местная прочность бортов при воздействии внешних нагрузок. Система Шиманского применяется на большинстве судов при длине корпуса более 60 м.



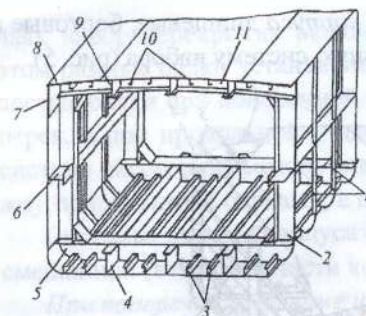


Рис. 6. Конструкция корпуса со смешанной системой набора:  
 1 – бортовые холостые шпангоуты;  
 2 – бортовой рамный шпангоут;  
 3 – днищевые ребра жесткости;  
 4 – кильсон; 5 – флор (днищевой рамный шпангоут); 6 – бортовой стрингер; 7 – ширстрек; 8 – палубный стрингер; 9 – палубные ребра жесткости; 10 – карлингс;  
 11 – рамный бимс

В оконечностях корпуса и в машинном отделении всегда используется поперечная система набора независимо от системы набора в средней части корпуса. Это связано с повышенными гидродинамическими нагрузками в условиях волнения и от работы винтов, с динамическими нагрузками от работающих двигателей, а также с технологией изготовления корпуса.

В зависимости от назначения и конструктивного типа судна различают следующие виды конструкций:

- с одинарными бортами и дном (рис. 7);
- с двойными бортами и двойным дном (рис. 8);
- с одинарными бортами и двойным дном (рис. 9).

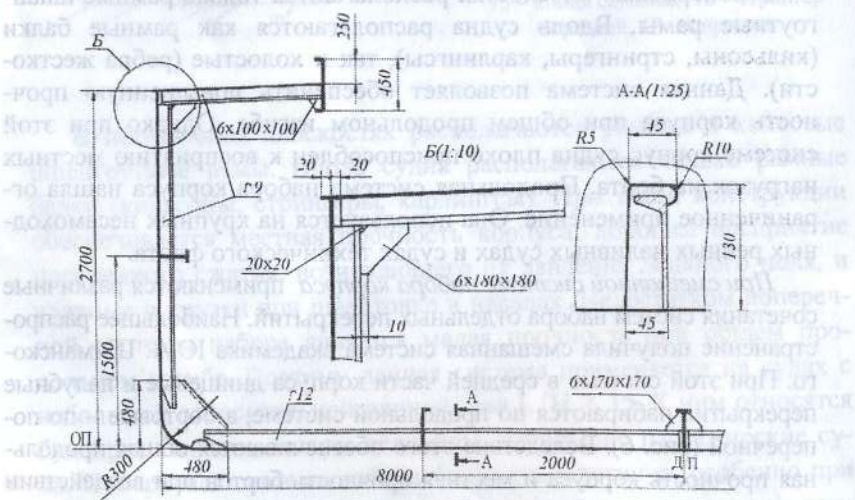


Рис. 7. Холостой шпангоут судна с одинарными бортами и дном с поперечной системой набора

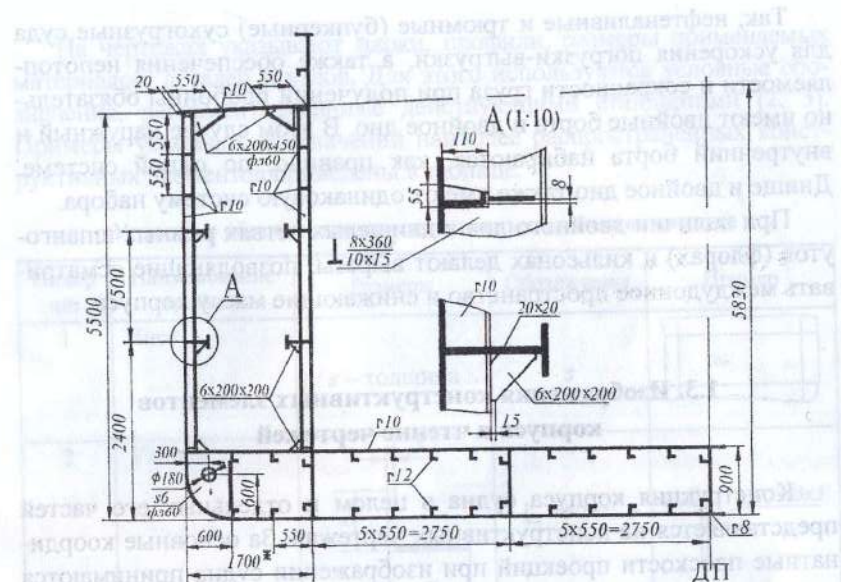


Рис. 8. Холостой шпангоут судна с двойными бортами и двойным дном со смешанной системой набора



Рис. 9. Рамный шпангоут судна с одинарными бортами и двойным дном со смешанной системой набора



Так, нефтеналивные и трюмные (бункерные) сухогрузные суда для ускорения погрузки-выгрузки, а также обеспечения непотопляемости и сохранности груза при получении пробоины обязательно имеют двойные борта и двойное дно. В этом случае наружный и внутренний борта набираются, как правило, по одной системе. Днище и двойное дно также имеют одинаковую систему набора.

При наличии двойного дна в днищевых ветвях рамных шпангоутов (флорах) и кильсонах делают вырезы, позволяющие осматривать междудонное пространство и снижающие массу корпуса.

### 1.3. Изображения конструктивных элементов корпуса и чтение чертежей

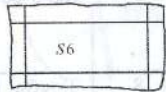
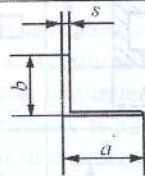
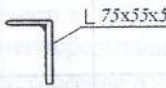
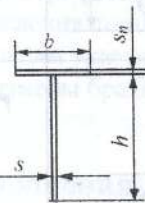
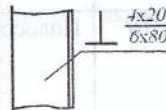
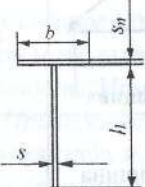
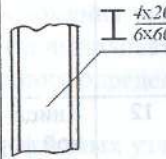
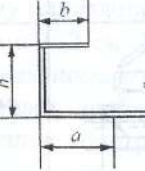
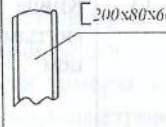
Конструкция корпуса судна в целом и отдельных его частей представляется на конструктивных чертежах. За основные координатные плоскости проекций при изображении судна принимаются диаметральной плоскость (ДП), основная плоскость и плоскость мидель-шпангоута. Дополнительные плоскости проекций принимаются параллельными указанным основным. Так как набор симметричен относительно ДП, то, как правило, поперечные сечения показывают для одной половины корпуса. В этом случае их размещают попарно: справа – по рамному шпангоуту, слева – по холостому, или наоборот.

Основные чертежи конструкции корпуса выполняют в масштабах уменьшения 1:25, 1:50, 1:100.

Части конструкции, требующие дополнительных пояснений, представляются в виде дополнительных узлов (выносных элементов). Для этого рассматриваемая часть конструкции на основном изображении ограничивается сплошной тонкой замкнутой линией – кругом или овалом с обозначением номера узла на полке линии-выноске. На свободном поле чертежа выделенный участок изображается в увеличенном масштабе с дополнительными проекциями, в случае необходимости. Над узлом указывается его номер и масштаб. Узлы могут даваться также в виде ограниченных сечений и разрезов (см. рис. 7–9).

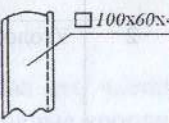
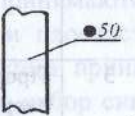
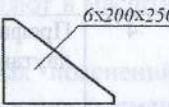
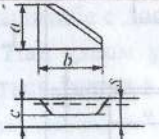
На чертежах указывают марки, профили, размеры применяемых материалов, деталей и узлов. Для этого используются условные обозначения, регламентированные действующими стандартами [2, 3]. Примеры условных обозначений наиболее распространенных конструктивных элементов приведены в таблице.

Условные обозначения конструктивных элементов корпуса

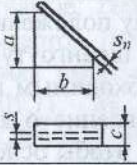
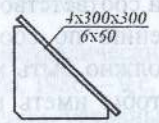
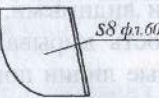
Номер п/п	Наименование профиля	Размеры	Обозначение	Пример
1	Лист	$s$ – толщина	$s$	
2	Уголок		$\angle a \times b \times s$	
3	Профиль тавровый		$\perp \frac{s \times h}{s_n \times b}$	
4	Профиль двутавровый		$\perp \frac{s \times h}{s_n \times b}$	
5	Швеллер		$\square h \times a \times b \times s$	



Продолжение табл.

Номер п/п	Наименование профиля	Размеры	Обозначение	Пример
6	Профиль зетовый равнополочный		$\angle h \times a \times s$	
7	Труба круглого сечения		$\phi d \times s$	
8	Труба прямоугольного сечения		$\square a \times b \times s$	
9	Пруток		$\bullet d$	
10	Полособульб	-	☞ номер	
11	Прямоугольная кница		$s \times a \times b$	
12	Кница сложной формы	$s$ – толщина	$s$	
13	Кница с отогнутым фланцем		$s \times a \times b_{\text{фл.с}}$	

Окончание табл.

Номер п/п	Наименование профиля	Размеры	Обозначение	Пример
14	Кница с полкой по свободной кромке		$\frac{s \times a \times b}{s_n \times c}$	
15	Бракета с отогнутым фланцем	$s$ – толщина $c$ – ширина фланца	$S_{\text{фл.с}}$	

Линейные размеры указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Толщина листов обозначается буквой  $S$  и на изображениях листов в плане проставляется непосредственно на листе. Размеры прокатных и сварных профилей указываются с помощью выносных линий с полкой, над которой дается обозначение, номер или размеры профиля. Размеры прямоугольных книц задаются в виде произведения толщины на размеры катетов, а для книц сложной конфигурации указывается лишь толщина. Таким же образом указываются размеры бракет.

## 2. Порядок выполнения лабораторной работы

Целью работы является определение месторасположения узлов соединений балок набора и их вычерчивание. Работа выполняется по индивидуальным заданиям. Номер варианта задания определяется преподавателем по Приложению 1.

На формате А4 без масштаба в зависимости от заданных узлов изображаются половины сечений по шпангоутам с перпуском за ДП: слева – по холостому или флорному, справа – по рамному. Расстояние между сечениями 1–2 см. На сечениях заданные узлы обводятся кругом с указанием номера на полке выносной линии.

Для вычерчивания узлов необходимо произвести замеры элементов полунатурных узлов конструкции корпуса миллиметровой линейкой.



Каждый узел изображается на отдельном листе формата А4 в масштабе по правилам черчения. Масштаб может быть принят из следующего ряда 1:1; 1:2; 1:2,5; 1:4. Основная проекция узла должна соответствовать его рабочему положению в составе корпуса (сечению по соответствующему шпангоуту). Количество проекций должно быть минимально необходимым и достаточным для того, чтобы иметь полное представление о конструкции соединения. Проекция выбираются такими, чтобы основные элементы узла были видимыми. Детали, попадающие в плоскость сечения (поверхность вырыва) заштриховываются или затушевываются. Невидимые линии показываются штриховой линией. На проекциях узлов должны быть проставлены все размеры, необходимые для изготовления деталей узлов, с использованием стандартных условных обозначений, приведенных в таблице «Условные обозначения конструктивных элементов корпуса». Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях.

Сварные швы на чертежах узлов не показываются и не обозначаются.

В основной надписи указывается вид соединения балок набора в соответствии с заданием (см. Приложение 1).

### 3. Оформление работы

Работа оформляется на листах формата А4 и должна содержать: титульный лист, рисунок поперечных сечений корпуса по шпангоутам (рамному, холостому или флорному) в соответствии с вариантом задания, чертежи узлов корпусных конструкций. Пример выполнения и оформления работы представлен в Приложении 2.

### Библиографический список

1. ГОСТ 13641. Элементы металлического корпуса надводных кораблей и судов конструктивные. Термины и определения. – Введен 01.07.81. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 29 с.
2. ГОСТ 2.410. Правила выполнения чертежей металлических конструкций. – Введен 01.01.71. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
3. ОСТ 5Р.0714-94. Стандарт отрасли. Обозначения условные графические. Конструктивные элементы металлического корпуса разраб. Центральным науч.-исслед. ин-том «Лот» ; введен 01.07.1995. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 13 с.
4. Кеслер, А.А. Теория и устройство судов : метод. указания к выпол. курс. проекта (часть 2) : для студ. заоч. обуч. специальностей «Судовождение на морских путях» (1606), «Судовождение на внутренних водных путях» (1607) / А.А. Кеслер, С.В. Давыдова. – Н. Новгород : ВГАВТ, 2000. – 52 с.
5. Кеслер, А.А. Общее устройство судов внутреннего и смешанного плавания : учеб. пособие для студ. оч. и заоч. обуч. по специальностям 180402 «Судовождение», 180404 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» / А.А. Кеслер, Е.В. Фунтикова, С.В. Давыдова. – Н. Новгород : ВГАВТ, 2006. – 112 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Перечень узлов
1	Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном. Соединение холостого бимса с комингсом. Скуловое соединение рамного шпангоута.
2	Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером. Соединение рамного бимса с комингсом. Скуловое соединение холостого шпангоута.
3	Пересечение холостого бимса с карлингсом. Скуловое соединение флорного шпангоута. Узел окончания продольного ребра жесткости на днищевой ветви флорного шпангоута.
4	Пересечение продольного ребра жесткости с рамным бимсом. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора.
5	Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном.
6	Пересечение флора с кильсоном. Соединение холостого бимса с комингсом. Скуловое соединение холостого шпангоута.
7	Пересечение флора с продольным ребром жесткости. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном.
8	Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута. Крепление пиллерса к настилу второго дна.
9	Пересечение холостого бимса с карлингсом. Скуловое соединение холостого шпангоута. Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером.

Продолжение прил. 1

№ варианта	Перечень узлов
10	Пересечение рамного бимса с карлингсом. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном.
11	Соединение рамного бимса с комингсом. Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном. Скуловое соединение рамного шпангоута.
12	Соединение холостого бимса с комингсом. Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном. Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора.
13	Соединение бортовой ветви рамного шпангоута с рамным бимсом. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута.
14	Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном. Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора. Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом.
15	Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Соединение бортовой ветви холостого шпангоута с холостым бимсом.
16	Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном.
17	Крепление пиллерса к настилу второго дна. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером.



№ варианта	Перечень узлов
18	Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Скуловое соединение рамного шпангоута. Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном.
19	Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом. Скуловое соединение холостого шпангоута. Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном.
20	Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером. Соединение холостого бимса с комингсом.
21	Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута. Пересечение флора с кильсоном. Скуловое соединение флорного шпангоута.
22	Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Скуловое соединение рамного шпангоута. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером.
23	Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном.
24	Соединение бортовой ветви рамного шпангоута с рамным бимсом. Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора. Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером.
25	Соединение бортовой ветви холостого шпангоута с холостым бимсом. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном.
26	Пересечение флора с кильсоном. Соединение бортовой ветви холостого шпангоута с холостым бимсом. Скуловое соединение рамного шпангоута.

№ варианта	Перечень узлов
27	Пересечение днищевой ветви холостого шпангоута с кильсоном. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе рамного шпангоута. Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом.
28	Скуловое соединение холостого шпангоута. Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером. Соединение холостого бимса с комингсом.
29	Скуловое соединение флорного шпангоута. Узел окончания продольного ребра жесткости на днищевой ветви флорного шпангоута. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером.
30	Скуловое соединение рамного шпангоута. Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном. Пересечение холостого бимса с карлингсом.
31	Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером. Крепление пиллерса к настилу второго дна. Пересечение рамного бимса с карлингсом.
32	Узел окончания продольного ребра жесткости на рамном бимсе. Пересечение рамного бимса с карлингсом. Скуловое соединение холостого шпангоута.
33	Узел окончания продольного ребра жесткости на днищевой ветви рамного шпангоута. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута. Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером.
34	Узел окончания продольного ребра жесткости на днищевой ветви флорного шпангоута. Скуловое соединение флорного шпангоута. Пересечение холостого бимса с карлингсом.
35	Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора. Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером.



№ варианта	Перечень узлов
36	Пересечение продольного ребра жесткости с рамным бимсом. Скуловое соединение рамного шпангоута. Пересечение бортовой ветви холостого шпангоута с бортовым стрингером.
37	Пересечение рамного бимса с карлингсом. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Пересечение кильсона с поперечной переборкой.
38	Пересечение бортовой ветви рамного шпангоута с бортовым стрингером. Скуловое соединение холостого шпангоута при поперечной системе набора. Соединение пиллерса с рамным бимсом и карлингсом.
39	Пересечение днищевой ветви рамного шпангоута с кильсоном. Соединение пиллерса с рамным шпангоутом и кильсоном. Пересечение продольного ребра жесткости с поперечной переборкой.
40	Пересечение флора с продольным ребром жесткости. Скуловое соединение флорного шпангоута. Соединение палубного стрингера с ширстреком в районе холостого шпангоута.

## ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Волжская государственная академия водного транспорта

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

## КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСОВ СУДОВ

Вариант №

Разработал студент:  
(номер группы, подгруппы)

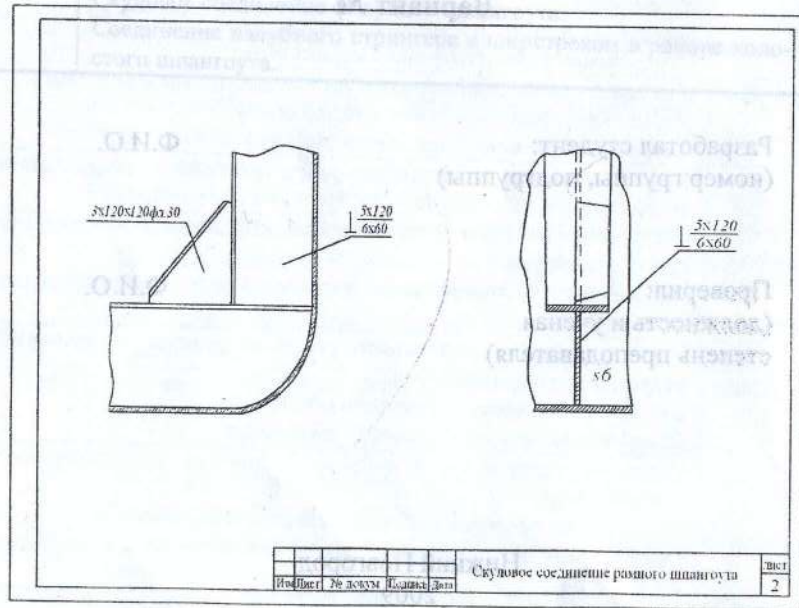
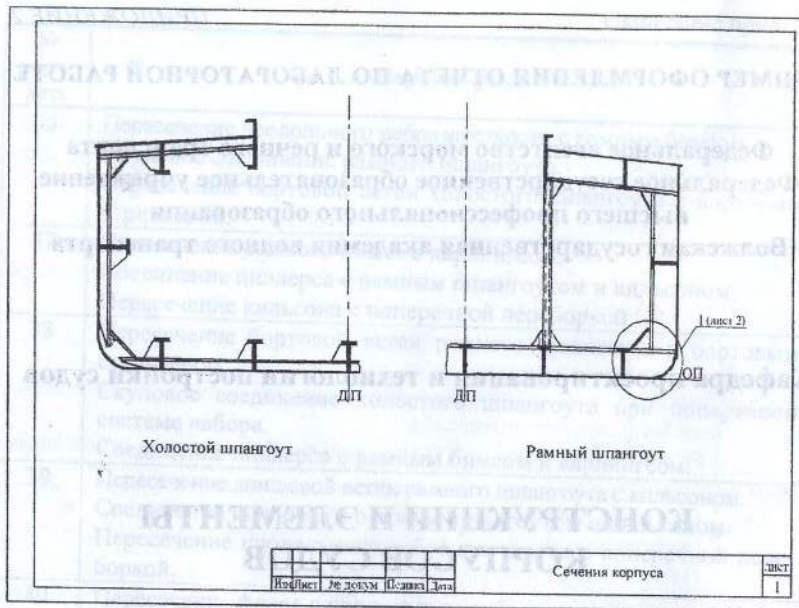
Ф.И.О.

Проверил:  
(должность и ученая  
степень преподавателя)

Ф.И.О.

Нижний Новгород  
2009





## Оглавление

Введение.....	3
1. Общие сведения по конструкции корпуса судна.....	4
1.1. Термины и определения основных корпусных элементов и конструкций.....	4
1.2. Системы набора перекрытий и корпуса судна.....	7
1.3. Изображения конструктивных элементов корпуса и чтение чертежей.....	12
2. Порядок выполнения лабораторной работы.....	15
3. Оформление работы.....	16
Библиографический список.....	17
Приложение 1.....	18
Приложение 2.....	23

## Вопросы к зачету по дисциплине «Теория и устройство судна»

1. Классификация судов внутреннего и смешанного плавания.
2. Классификация судов по району плавания
3. Классификация судов по эксплуатационному назначению
4. Навигационные качества судов.
5. Архитектурно-конструктивные особенности судов.
6. Общее устройство судов.
7. Эксплуатационные показатели судов.
8. Специальные системы судна.
9. Специальные устройства судна.
10. Ходовые испытания судов.
11. Основные составляющие сопротивления воды движению судов.  
Сопротивление трения.
12. Составляющие сопротивления воды: вихревое (формы)
13. Составляющие сопротивления воды: волновое
14. Влияние путевых условий на сопротивление воды движению судов.
15. Назначение и классификация движителей.
16. Геометрия гребных винтов.
17. Основные элементы и соотношения гребных винтов
18. Расчетные диаграммы и кривые действия винта
19. Виды гребных винтов (ВФШ, ВРШ)
20. Взаимодействие гребного винта и корпуса судна. Пропульсивный к.п.д. судна.
21. Направляющие насадки к гребным винтам и области их рационального применения.
22. Типы расчетов винтовых движителей. Этапы проекторочного расчета движителя.
23. Поверочные расчеты движителя. Характеристики винта и режимы работы ДВС, используемые при выполнении поверочных работ.
24. Ходовые характеристики судна и их использование для решения эксплуатационных задач.
25. Кавитация гребных винтов.
26. Общесудовые системы
27. Судовые устройства
28. Теоретический чертеж гребного винта.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**  
(спец.26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

- 1 Классификация судов внутреннего и смешанного плавания.
- 2 Кавитация гребных винтов.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**  
(спец.26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Классификация морских судов.
2. Ходовые характеристики судна и их использование для решения эксплуатационных задач.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Виды грузов, перевозимых на судах
2. Поверочные расчеты движителя.  
Характеристики винта и режимы работы  
ДВС, используемые при выполнении  
поверочных работ.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Навигационные качества судов.
2. Типы расчетов винтовых движителей.  
Этапы проектировочного расчета  
движителя.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Эксплуатационно-технические и экономические показатели судов.
2. Движительный комплекс гребной винт – насадка.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Главные размерения судна и коэффициенты полноты.
2. Взаимодействие гребного винта и корпуса судна, пропульсивный к.п.д. судна.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Теоретический чертеж корпуса судна
2. Геометрические, кинематические и гидродинамические характеристики гребных винтов.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Форма обводов корпуса судна
2. Назначение и классификация судовых движителей.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Архитектурно-конструктивные типы судов.
2. Влияние путевых условий на сопротивление движению судна.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5А

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Условия равновесия плавающего судна.
2. Остаточное сопротивление.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Изменения средней осадки при приеме (снятии) малого груза.
2. Сопротивление трения.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Грузовой размер.
2. Основные составляющие сопротивления движению судна.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Грузовая марка.
2. Общесудовые устройства.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Определение геометрических характеристик корпуса судна. Кривые элементов плавучести и начальной остойчивости.
2. Общесудовые и специальные системы.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Метод начальной остойчивости.
2. Прочность корпуса судна.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Изменение начальной остойчивости и посадки судна при перемещении груза.
2. Системы набора перекрытий и корпуса судна в целом.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Изменение начальной остойчивости и посадки судна при приеме (снятии) груза.
2. Конструкция и терминология элементов корпуса судна.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования

**ВОЛЖСКИЙ**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: 603950, г.Н.Новгород, Н-5,  
ул.Нестерова, 5

Кафедра Проектирования и технологии  
постройки судов  
6 семестр 3 курса 20 /20 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**  
(спец. 26.05.06)

по дисциплине "Теория и устройство судна".

1. Влияние на остойчивость подвешенных и жидких грузов.
2. Остойчивость при больших углах крена.

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**  
**по дисциплине «Теория и устройство судна»**  
для студентов 3 курса специальности 26.05.06  
очной формы обучения

1. Классификация судов внутреннего и смешанного плавания.
2. Классификация морских судов.
3. Виды грузов, перевозимых на судах
4. Навигационные качества судов.
5. Эксплуатационно-технические и экономические показатели судов.
6. Главные размерения судна и коэффициенты полноты.
7. Теоретический чертеж корпуса судна
8. Форма обводов корпуса судна.
9. Архитектурно-конструктивные типы судов.
10. Условия равновесия плавающего судна.
11. Изменения средней осадки при приеме (снятии) малого груза.
12. Грузовой размер.
13. Грузовая марка.
14. Определение геометрических характеристик корпуса судна. Кривые элементов плавучести и начальной остойчивости.
15. Метод начальной остойчивости.
16. Изменение начальной остойчивости и посадки судна при перемещении груза.
17. Изменение начальной остойчивости и посадки судна при приеме (снятии) груза.
18. Влияние на остойчивость подвешенных и жидких грузов.
19. Остойчивость при больших углах крена.
20. Конструкция и терминология элементов корпуса судна.
21. Системы набора перекрытий и корпуса судна в целом.
22. Прочность корпуса судна.
23. Общесудовые и специальные системы.
24. Общесудовые устройства.
25. Основные составляющие сопротивления движению судна.
26. Сопротивление трения.
27. Остаточное сопротивление.
28. Влияние путевых условий на сопротивление движению судна.
29. Назначение и классификация судовых движителей.
30. Геометрические, кинематические и гидродинамические характеристики гребных винтов.
31. Взаимодействие гребного винта и корпуса судна, пропульсивный к.п.д. судна.
32. Движительный комплекс гребной винт – насадка.
33. Типы расчетов винтовых движителей. Этапы проекторочного расчета движителя.
34. Поверочные расчеты движителя. Характеристики винта и режимы работы ДВС, используемые при выполнении поверочных работ.
35. Ходовые характеристики судна и их использование для решения эксплуатационных задач.
36. Кавитация гребных винтов.