

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования



Государственный университет
морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ НА СУДАХ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ

**Методические указания
по выполнению курсового проекта**

**Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова
2017**



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С. О. МАКАРОВА**

Институт ВОДНОГО ТРАНСПОРТА
Кафедра транспортной логистики

**БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗКИ
МАССОВЫХ ГРУЗОВ НА СУДАХ
СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ**

Методические указания
по выполнению курсового проекта

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова
2017

УДК 656.6

ББК 39.48

Б40

- Б40 Безопасность перевозки массовых грузов на судах смешанного плавания: метод. указания по выполнению курсового проекта / сост. В.Н. Лебедев — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2017. — 68 с

Выполнение курсового проекта предусматривает практическое изложение и применение материалов лекций, читаемых по курсу «Безопасность перевозки грузов» и «Технология перевозок».

Методические указания включают теоретическую и расчетную часть, индивидуальное задание, исходные материалы для выполнения курсового проекта и библиографический список.

Предназначены для студентов всех форм обучения по направлению бакалавриата 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства», а также в качестве методического обеспечения для других специальностей и направлений, связанных с организационными аспектами безопасности и технологии перевозки грузов на водном транспорте.

Рекомендованы к изданию на заседании кафедры Транспортной логистики. Протокол № 4 от 11 октября 2017 г.

Рецензент:

Нырков А.П., д-р техн. наук, профессор, кафедра комплексного обеспечения информационной безопасности (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова).

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала
С.О. Макарова», 2017

© В.Н. Лебедев, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1.1. Цели и задачи курсового проекта.....	5
1.2. Требования к оформлению и составу курсового проекта	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ УСЛОВИЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА ...	7
2.1. Выбор и описание направления перевозки	7
2.2. Определение названия груза и его транспортных характеристик.....	9
2.3. Выбор и описание судов по вариантам.....	10
2.4. Определение количества (массы) груза	10
2.4.1. Ограничения по количеству (массе) груза	10
2.4.2. Определение массы фактически погруженного груза.....	14
2.4.2.1. Определение массы навалочного и генерального груза ...	14
2.4.2.2. Определение массы палубного груза	15
2.4.3. Определение водоизмещения и средней осадки после окончания погрузки	19
2.4.4. Основные показатели по определению количества груза	20
2.5. Организация размещения и крепления груза на судне.....	20
2.5.1. Общие требования к размещению груза по трюмам.....	20
2.5.2. Расчет весовых нагрузок планируемой загрузки судна	21
2.5.3. Расчет дифферента и осадок судна	23
2.5.3.1. Расчет дифферента и осадок судна планируемой загрузки	23
2.5.3.2. Корректировка весовых нагрузок и дифферента судна	24
2.5.4. Особенности размещения и укладки груза на судне	30
2.5.4.1. Особенности размещения навалочного груза на судне	30
2.5.4.2. Особенности размещения генерального груза на судне ...	30
2.5.4.3. Размещение груза на люковых крышках.....	31
2.5.5. Применение сепарационных и прокладочных материалов ...	31
2.5.6. Крепление груза.....	31
2.6. Проверка элементов остойчивости судна	31
2.6.1. Проверка по критерию погоды (основному критерию)	32
2.6.2. Проверка по исправленной начальной метацентрической высоте.....	33

2.6.3. Проверка по максимальному плечу диаграммы статической остойчивости	33
2.6.4. Проверка по углу заката диаграммы статической остойчивости.....	34
2.6.5. Проверка по амплитуде качки	34
2.6.6. Выводы по проверке элементов остойчивости судна	34
2.7. Проверка местной прочности корпуса судна	35
2.8. Грузовой план судна.....	36
2.9. Технологический режим перевозки груза	37
2.10. Документы, необходимые в целях обеспечения безопасности перевозки груза	37
2.11. Выводы по второму разделу курсового проекта.....	39
3. ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА СУДНА В ЗАДАННОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ПЕРЕВОЗКИ	39
3.1. Расчет основных показателей использования судна	39
3.2. Выбор оптимального типа судна.....	42
Библиографический список.....	43
Приложение 1. Выбор варианта задания и исходных данных для выполнения курсового проекта.....	45
Приложение 2. Образец выполнения титульного листа	66
Приложение 3. Форма Грузового плана судна	67

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цели и задачи курсового проекта

Целью курсового проекта является практическое применение студентами теоретических основ учебного курса «Безопасность перевозки грузов» и «Технология перевозок», умение самостоятельно ориентироваться в ситуациях, приближенных к реальным, возникающим в практической деятельности транспортных организаций, занимающихся вопросами перевозки груза в речных и морских условиях плавания.

При выполнении курсового проекта студентам приходится применять знания, полученные при изучении таких дисциплин, как «Теория и устройство судов», «Экономическая география транспорта», «Организация грузовой и коммерческой работы на транспорте» и др.

Основная задача курсового проекта – это самостоятельный выбор оптимального типа судна в рамках заданной транспортно-технологической схемы перевозки массового груза.

К отдельным задачам курсового проекта относятся: выбор и краткое описание маршрута перевозки груза с выявлением основных факторов, влияющих на безопасность перевозки груза, определение количества (массы) груза, которое необходимо погрузить на заданное судно в заданном направлении перевозки, установление необходимого дифферента судна для принятия оптимального количества груза, выбор рационального способа размещения и крепления груза в трюмах и на люковых крышках, определение количества сепарационных и прокладочных материалов и средств крепления, проверка элементов остойчивости и местной прочности судна после погрузки, разработка предварительного грузового плана, описание технологического режима перевозки заданного груза, уточнение состава необходимой документации по безопасной перевозке груза, определение эксплуатационных показателей расчетного рейса, необходимых для выбора оптимального типа судна смешанного для перевозки массового груза по внутренним водным путям и морским бассейнам.

На завершающем этапе выполнения курсового проекта определяется оптимальный тип судна смешанного плавания для безопасной перевозки массового груза по внутренним водным путям и морским бассейнам.

1.2. Требования к оформлению и составу курсового проекта

Курсовой проект должен содержать следующие разделы и подразделы:

Содержание

Введение

1 раздел. Определение основных условий технологии перевозки

- 1.1. Выбор и описание направления перевозки
- 1.2. Определение названия груза и его транспортных характеристик
- 1.3. Выбор судов по вариантам

2 раздел. Технологические операции при перевозке груза

- 2.1. Определение количества (массы) груза
- 2.2. Размещение и крепление груза на судне
- 2.3. Проверка элементов остойчивости судна
- 2.4. Проверка местной прочности корпуса судна
- 2.5. Составление грузового плана судна
- 2.6. Технологический режим перевозки груза
- 2.7. Документы, необходимые в целях обеспечения технологии перевозки груза

3 раздел. Обоснование оптимального типа судна в заданной транспортно-технологической схеме перевозки

- 3.1. Расчет основных показателей использования судна
- 3.2. Выбор оптимального типа судна

Заключение

Список литературы

Титульный лист курсового проекта оформляется в соответствии с формой, указанной в Приложении 2.

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах формата А4 текстовым редактором WORD, шрифт — кегль 12, а в таблицах 11; межстрочный интервал — 1,5, а в таблицах 1,2; отступы по 20 мм сверху, снизу, слева и справа.

Формулы, таблицы и рисунки нумеруются в пределах каждого раздела, на них должна быть ссылка в тексте курсового проекта. Нумерация формул или таблиц не должна автоматически переноситься в курсовой проект из текста методических указаний.

Оформление таблиц, формул и рисунков должно соответствовать требованиям к подготовке рукописей к изданию.

Ссылки на порядковые номера таблиц, рисунков и формул в тексте обязательны, они даются в скобках.

Во «Введении» следует показать значение и актуальность читаемого учебного курса «Безопасность перевозки грузов» или «Технология перевозок» в практической деятельности предприятий морского и речного транспорта. Цели и задачи курсового проекта, выполняемого в рамках данного учебного курса, необходимо отразить в увязке с конкретными условиями индивидуального задания.

Курсовой проект содержит три основных раздела, каждый из которых должен начинаться с нового листа. В разделах необходимо излагать тот материал, который непосредственно относится к теме индивидуального задания (в отношении груза, судна, направления и условий перевозки и др.). При проведении расчетов показывается последовательность вычислений с приведением результатов по тексту курсового проекта. Конечные результаты вписываются в предлагаемые таблицы. Рекомендуется показывать расчеты по каждому показателю сразу по двум вариантам в одной таблице, указывая перед каждым расчетом номер варианта или номер проекта судна или то и другое.

Исходные данные учебно-методического пособия должны использоваться только в целях выполнения курсового проекта и не являются основанием для иных расчетов. Исходные данные и материалы, не относящиеся к теме по индивидуальному заданию, вносить в текст курсового проекта не следует.

При использовании исполнителем цитат, выдержек и сведений из каких-либо источников, то обязательно указывается ссылка на эти источники.

В «Заключении» следует обобщить основные результаты выполнения по разделам и подразделам и сделать окончательный вывод по рассмотренной теме курсового проекта.

Курсовой проект представляется для проверки до начала или в начале учебной сессии для проверки преподавателем и подлежит защите. Исправления по замечаниям помещаются на оборотной чистой стороне листа напротив соответствующего замечания. Защита курсового проекта осуществляется путем устного собеседования с преподавателем, проверившим курсовой проект или преподавателем, читающим курс лекций по данному учебному курсу.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ УСЛОВИЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА

2.1. Выбор и описание направления перевозки

Направление перевозки определяется в два этапа. На первом этапе по двум последним цифрам номера зачетной книжки следует войти в табл. 1

прил. 1 «Выбор варианта задания и исходных данных для выполнения курсового проекта». На пересечении горизонтальной строчки (выбирается по предпоследней цифре № зачетной книжки) и вертикального столбца (выбирается по последней цифре № зачетной книжки) по числителю указанного выражения определяется порядковый номер направления перевозки.

С порядковым номером направления перевозки следует войти в табл. 2 прил. 1 «Выбор направления перевозки». По таблице находится порт погрузки и порт выгрузки груза. Студентом самостоятельно определяется и анализируется общее направление перевозки по кратчайшему водному (речному и морскому) пути. Направление перевозки изображается в виде рисунка (схемы). На рисунке (схеме) показываются:

- порты погрузки и выгрузки;
- пункт перехода из речных условий плавания в морские воды;
- участки пути ограниченных глубин или лимитирующих участков (шлюзы, каналы и т.п.), с указанием участка пути на ВВП с наименьшей проходной осадкой судна;
- другие поясняющие сведения, имеющие отношение к курсовому проекту (расстояния, названия рек, каналов, проливов, морей и др.).

Знание условий погрузки, перевозки и выгрузки груза в целях организации технологии перевозки груза на выбранном направлении перевозки являются обязательным, они могут коренным образом повлиять на принятие решения о транспортировке груза, изменения или отказа от ранее предполагавшейся схемы доставки груза.

Порты погрузки и выгрузки. Студенту необходимо выполнить краткое описание пункта погрузки, его месторасположение (в каком регионе Российской Федерации и на каких внутренних водных путях), связь с другими видами транспорта. Рекомендуются, если имеется такая информация, дать общую характеристику порта или причала, глубину у причалов, протяженность причальной линии порта, на переработку каких грузов ориентирован порт, а также наличие и состав перегрузочной техники, наличие складов, их емкость для перегрузки заданного груза. Более подробно может быть представлена иная информация по обработке груза, указанного в задании.

Аналогично описывается порт выгрузки.

Путевые условия. Немаловажное значение для безопасности перевозки груза играют путевые условия судоходства. Студенту необходимо показать участки речного и морского пути, по которым проходит маршрут, с указанием их протяженности и характерных участков реки, включая участки с наименьшими глубинами, наличие шлюзов, лимитирующих

участков, и т.п., а также раскрыть внешние факторы, которые могут повлиять на безопасность перевозки заданного груза, включая климатические условия, ветро-волновой режим, возможность ледостава, приливо-отливные явления и т.п., сезон перевозки.

2.2. Определение названия груза и его транспортных характеристик

Название груза определяется аналогично направлению перевозки также в два этапа. На первом этапе по двум последним цифрам номера зачетной книжки следует войти в табл. 1 прил. 1 «Выбор варианта задания и исходных данных для выполнения курсовой работы». На пересечении горизонтальной строки (выбирается по предпоследней цифре № зачетной книжки) и вертикального столбца (выбирается по последней цифре № зачетной книжки) по знаменателю указанного выражения определяется вид груза (буква «г» — генеральный, буква «н» — навалочный/насыпной) и его порядковый номер, с которыми следует войти соответственно в табл. 3 прил. 1 «Выбор навалочного/насыпного груза» или соответственно в табл. 4 прил. 1 «Выбор генерального груза/ груза в упаковке».

Транспортные характеристики груза. После выбора вида груза с использованием дополнительной литературы требуется описать его транспортные характеристики, в том числе те физико-химические свойства и особенности груза, которые необходимо учитывать для обеспечения безопасности перевозки груза, включая:

- транспортное наименование груза (если есть синонимы, рекомендуется привести их названия);
- для генерального груза: вид упаковки (транспортной тары) по заданию; габаритные размеры грузового места или укрупненного грузового места (УГМ); УПО по заданию; масса брутто и нетто грузового места или УГМ; допустимая высота укладки в ярусах; пределы удельно-погрузочного объема (УПО) в $\text{м}^3/\text{т}$ в зависимости от применяемой тары; указание на имеющиеся правила и стандарты по грузу; содержащиеся требования безопасности к транспортировке груза;
- для навалочного/насыпного груза: пределы удельного погрузочного объема (УПО) в $\text{м}^3/\text{т}$ (в т.ч. УПО по заданию), пределы угла естественного откоса (УЕО) в градусах (в т.ч. УЕО по заданию), указание на имеющиеся правила и стандарты по грузу, имеющиеся требования безопасности к транспортировке груза;

– для опасного груза: дополнительно к вышеприведенным характеристикам следует показать его опасные свойства, в том числе указать — класс опасности, степень опасности. Следует учесть, что опасный навалочный груз может иметь не класс опасности, а относиться к веществу опасному при перевозке в массе, т.н. «вещество опасное навалом» (ВОН).

Кроме указанных выше транспортных характеристик студент вправе включить в текст курсового проекта дополнительные сведения о транспортных характеристиках груза.

2.3. Выбор и описание судов по вариантам

По последней цифре номера зачетной книжки из табл. 5 прил. 1 «Выбор судов по вариантам» устанавливается два варианта судов, по которым определяется тип судна и номер проекта судна. Эти суда включаются в сравниваемые транспортно-технологические схемы перевозки.

В табл. 7 и 8 прил. 1 приводятся основные характеристики судов, требуемые для определения в качестве исходных данных для расчетов и определения эксплуатационных показателей в рамках курсового проекта.

Необходимо в табличной форме показать основные характеристики выбранных судов, раскрыть особенности этих типов судов, указать для перевозки каких видов грузов они используются, в каких морских и речных районах могут эксплуатироваться.

Рекомендуется представить схематический вид судна или его фотографию.

2.4. Определение количества (массы) груза

2.4.1. Ограничения по количеству (массе) груза

Предельное количество груза, которое в условиях курсового проекта допускается погрузить на судно, зависит от:

а) грузоподъемности судна в м^3 ;

Для грузового судна смешанного плавания — грузоподъемность означает максимальную вместимость грузовых трюмов, при этом должно соблюдаться условие, чтобы:

$$W \geq P_{\text{тр}}^{\text{max}} \cdot \mu, \text{ м}^3 \quad [2.1]$$

где W — грузоподъемность судна, м^3 (см. табл. 8, прил. 1);

$P_{\text{тр}}^{\text{max}}$ — максимальная масса груза в грузовых трюмах, т.;

μ — УПО груза, $\text{м}^3/\text{т}$ (см. табл. 3 и 4, прил. 1).

$$W = \sum_{i=1}^{n_{\text{тр}}} V_{\text{тр}}^i, \text{ м}^3 \quad [2.2]$$

где $V_{\text{тр}}^i$ — вместимость i -го грузового трюма, м^3 (см. табл. 8, прил. 1);

$n_{\text{тр}}$ — количество грузовых трюмов, ед. (см. табл. 8, прил. 1).

Отсюда, максимальное количество (масса) груза, которое может быть погружено в грузовые трюмы по первому критерию составляет:

$$P_{\text{тр}}^{\text{max}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{тр}}} V_{\text{тр}}}{\mu}, \text{ тонн} \quad [2.3]$$

или

$$P_{\text{тр}}^{\text{max}} = \frac{W}{\mu}, \text{ тонн} \quad [2.4]$$

где $P_{\text{тр}}^{\text{max}}$ — максимальная масса груза в грузовых трюмах, тонн;

μ — удельный погрузочный объем груза, $\text{м}^3/\text{т}$.

Данный критерий недостаточен для определения необходимого количества груза, поэтому необходимо перейти к следующему критерию.

б) полной грузоподъемности (дедвейт) судна в тоннах;

Дедвейт (полная грузоподъемность) включает в себя такие составляющие, как чистая грузоподъемность и судовые запасы (припасы). Данный критерий предполагает соблюдение условия (в рамках курсового проекта), чтобы:

$$\Delta_w = P_c^{\text{max}} + q_c, \text{ тонн} \quad [2.5]$$

где Δ_w — полная грузоподъемность (дедвейт) судна, погруженного по грузовую ватерлинию, тонн (см. табл. 7, прил. 1);

P_c^{max} — максимальная масса груза, принимаемого на судно, тонн;

q_c — максимальная (100%) сумма переменных весовых нагрузок на судне, тонн (см. табл. 7, прил. 1).

Отсюда, максимальное количество (масса) груза, которое может быть погружено на судно по второму критерию составляет:

$$P_c^{\text{max}} = \Delta_w - q_c, \text{ тонн} \quad [2.6]$$

Второго критерия может быть недостаточно для определения максимально возможного количества груза, так как он не учитывает всех ограничений.

в) допустимой средней осадки судна по грузовую ватерлинию, м;

Средняя осадка погруженного судна не должна превышать допустимой средней осадки судна по грузовую ватерлинию на миделе судна в пресной воде или средней осадки судна по грузовую ватерлинию на миделе судна в пресной или морской воде:

$$d_{\max} \leq d_w^n (d_w^c), \text{ м} \quad [2.7]$$

где $d_{\max}$ — максимально допустимая средняя осадка судна, м;

d_w^n — средняя осадка судна по грузовую ватерлинию (ГВЛ) на миделе судна в пресной воде, м (см. табл. 7, прил. 1);

d_w^c — средняя осадка судна по грузовую ватерлинию (ГВЛ) на миделе судна в морской (соленой) воде, м.

Количество (масса) груза по критерию допустимой средней осадки судна по грузовую ватерлинию определяется через весовое водоизмещение судна с использованием формулы:

$$P_c^{\max} = \Delta - \Delta_0 - q_c, \text{ тонн} \quad [2.8]$$

где Δ — водоизмещение судна по грузовую ватерлинию, тонн (см. табл. 13, прил. 1);

Δ_0 — вес судна порожнем (доковый вес), тонн (см. табл. 7, прил. 1);

q_c — максимальная (100%) сумма переменных весовых нагрузок на судне, тонн (см. табл. 7, прил. 1).

Весовое водоизмещение судна по грузовую ватерлинию находится из табл. 13 Приложения 1 по значению средней осадки на миделе судна по грузовую ватерлинию в пресной воде (см. табл. 7 прил. 1). Значение весового водоизмещения вычисляется методом нахождения пропорции (метод интерполирования). Пример расчета по судну пр. 16290:

$$\Delta = 3805 + (4894 - 3805) (4,38 - 4,0) : (5,0 - 4,0) = 4219 \text{ т}$$

Третий критерий также недостаточен для определения максимально возможного количества груза, так как он не учитывает всех ограничений.

г) допустимой средней осадки судна в условиях ограниченных глубин, м.

Маршрут перевозки груза может включать участки пути, где проходная осадка судна меньше, чем средняя осадка по грузовую ватерлинию. В рамках курсового проекта следует рассматривать случаи ограниченных глубин только на речных участках пути, условно полагая, что морской путь более глубоководный. Допустимая средняя осадка в условиях ограниченных глубин на речных участках пути определяется из соотношения:

$$d_{\max}^{\text{ог}} = h_{\text{гар}} - h_{\text{зап}}, \text{ м} \quad [2.9]$$

где $d_{\max}^{\text{ог}}$ — максимально допустимая средняя осадка судна, м;

$h_{\text{гар}}$ — гарантированная глубина судового хода или участка пути, м;

$h_{\text{зап}}$ — норма запаса воды под днищем судна, м.

Гарантированная глубина единой глубоководной системы ВВП РФ установлена 4 м, но государственная программа уточняет гарантированные габариты судовых ходов для отдельных речных участков (см. табл. 6 Приложения 1), которые нужно учесть при использовании формулы 2.9.

Максимально допустимый запас воды под днищем судна при глубине судового хода более 3 метров согласно «Правил плавания на внутренних водных путях» равен:

– на каменистом грунте — 25 см;

– на песчаном грунте — 20 см.

– при прохождении шлюза — 40 см (исключением являются Кочетовский и Городецкие шлюзы, где запас воды под днищем судна не менее 25 см).

В условиях курсового проекта для рек Волга, Дон и Шексна следует принять песчаный, а для рек Кама, Свирь и Нева, Онежского озера и Ладожского озера – каменистый грунт. Глубина над порогом (королем) шлюза представлена в таб. 6 прил. 1, ее следует принять за основу при определении запаса воды под днищем.

Максимальное количество груза, которое может быть погружено на судно по четвертому критерию при наличии 100% судовых запасов определяется по формуле (2.8) с тем отличием, что *средняя осадка судна в пресной воде определяется не по грузовой ватерлинии, а для условий ограниченных глубин на речных участках пути* (см. табл. 6 и 13 прил. 1).

Если максимально допустимая средняя осадка в условиях ограниченных глубин превышает осадку по грузовой ватерлинии, расчет производится по критерию в). Следует учесть в дальнейшем, что, при средней осадке погруженного судна равной максимально допустимой осадке в условиях ограниченных глубин, это предполагает дифферент судна при прохождении этого участка равным нулю. Четвертый критерий тоже недостаточен для определения максимально возможного количества груза для загрузки судна.

Результаты расчетов максимального количества груза, определенного по четырем критериям, необходимо внести в табл. 2.1, проанализировать и провести выбор вариантов для дальнейших расчетов.

Таблица 2.1

Количество груза в тоннах, принятое на основе критериев

Критерий по п. 2.4.1.	Максимальное количество (масса) груза, тонн ($P^{\max}_c$)		Принимается за основу (P^1_c)	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
а)				
б)				
в)				
г)				

За основу дальнейших расчетов выбирается наименьшее из значений максимального количества (массы) груза, определенных по указанным критериям, которое и вносится в соответствующий столбец и строку таблицы «принимается за основу». Если наименьшее из значений относится к первому критерию, это может означать возможность размещения груза на люковых крышках судна. За основу в этом случае принимается наименьшее из значений максимального количества (массы) груза, определенных по критериям б), в) или г).

Следует учесть, что в условиях курсового проекта на люковых крышках судов не перевозятся грузы: навалочный груз, бумага в рулонах, хлопок в кипах, груз в бочках и биг-бэгах. Максимальное количество (масса) такого груза принимается по критерию а).

После анализа выбранных значений по двум вариантам судов следует сделать предварительный вывод о том, будет ли использована полностью грузоподъемность и грузовместимость судна, будут ли использованы только грузовые трюмы при загрузке судна или потребуется размещение груза на люковых крышках трюмов для полной загрузки судна и др.

2.4.2. Определение массы фактически погруженного груза

2.4.2.1. Определение массы навалочного и генерального груза

При планировании загрузки судна в речных условиях навалочным (насыпным) или генеральным грузом необходимо учитывать наличие лимитирующих и мелководных участков на внутренних водных путях (шлюзы, перекаты, каналы и т.п.) по маршруту перевозки, осадку и грузоподъемность судна на действующую ватерлинию.

Определение массы груза по установленным критериям P_c^1 (табл. 2.1.) предполагает наличие на борту судна 100% судовых запасов. В реальных же условиях рейса при погрузке на судне зачастую имеются судовые запасы в меньшем количестве. Для более полного использования грузоподъемности судна в рамках курсового проекта следует принять дополнительное количество груза за счет разности полных (p_c) и фактических судовых запасов (p_c^Φ), кроме тех случаев, когда принять дополнительный груз невозможно из-за ограничений емкости грузовых трюмов или иных ограничений.

Количество массового груза, планируемое к погрузке только в грузовые трюмы, определяется по формуле:

$$P_c = P_c^1 + (q_c - q_c^\Phi), \text{ тонн} \quad [2.10]$$

где P_c — масса погруженного на судно груза, т;

P_c^1 — наименьшее из значений максимального количества груза, принятое за основу в табл. 2.1, т;

q_c — максимальная (100%) сумма переменных весовых нагрузок на судне, т (см. табл. 7, прил. 1);

q_c^Φ — фактическое количество судовых запасов на судне, т (см. табл. 7, прил. 1).

Если P_c^1 принято за основу по критерию а) при полном использовании грузместимости судна прием дополнительного груза в грузовые трюмы не учитывать.

Количество массового генерального груза, планируемое к погрузке с использованием люковых крышек и учетом ограничений, определяется:

$$P_c = P_{тр} + P_{лк}, \text{ тонн} \quad [2.11]$$

где P_c — масса погруженного на судно груза, т;

$P_{тр}$ — масса груза, погруженного в грузовые трюмы, т;

$P_{лк}$ — масса груза, погруженного на люковые крышки трюмов, т.

При использовании этой формулы значение $P_{тр}$ следует принимать по критерию а).

Количество (масса) груза, погруженного на люковые крышки трюмов ($P_{лк}$) вычисляется для конкретного груза согласно методике п. 2.4.2.2.

2.4.2.2. Определение массы палубного груза.

Погрузка груза на люковые крышки (палубный груз) в курсовом проекте практически касается только пиломатериалов, круглого леса и труб

большого диаметра. Для укладки палубного груза необходимо учитывать следующие ограничения:

- обзорность из рулевой рубки;
- размеры люковых крышек ($L_{\text{лк}} \times B_{\text{лк}}$) — см. табл. 8, прил. 1;
- размеры грузовых единиц ($l_{\text{г}}$, $b_{\text{г}}$, $h_{\text{г}}$, $l_{\text{бр}}$ и др.) — см. табл. 4, прил. 1;
- масса в тоннах или плотная масса в т/м^3 грузовых единиц;
- допустимая нагрузка на люковые крышки — см. табл. 8, прил. 1;
- допустимая высота палубного груза, м.

В условиях курсового проекта считается, что обзорность из рулевой рубки обеспечивается при соблюдении допустимой высоты палубного груза ($h_{\text{доп}}^{\text{п}}$), которая в речных условиях плавания принимается равной:

- для пиломатериалов — 2,5 м;
- для круглого леса — 2,7 м;
- для труб большого диаметра — 3,0 м.

Фактически погруженное на люковые крышки количество (масса) груза ($P_{\text{лк}}$) в условиях курсового проекта определяется из соотношения:

$$P_{\text{лк}}^1 \geq P_{\text{лк}} \leq P_{\text{лк}}^2, \text{ тонн} \quad [2.12]$$

где $P_{\text{лк}}^1$ — масса груза на люковых крышках, определенная без учета ограничений по размещению груза с учетом только критериев по табл. 2.1, тонн;

$P_{\text{лк}}^2$ — масса груза на люковых крышках, определенная с учетом ограничений по размещению груза, тонн;

$P_{\text{лк}}$ — устанавливается равным наименьшему значению $P_{\text{лк}}^1$ или $P_{\text{лк}}^2$.

Масса (вес) генеральных грузов, размещаемых на люковых закрытиях трюмов без учета ограничений по размещению груза ($P_{\text{лк}}^1$), определяется по формуле:

$$P_{\text{лк}}^1 = P_{\text{с}} - P_{\text{тр}}, \text{ тонн} \quad [2.13]$$

где $P_{\text{с}}$ — масса погруженного на судно груза (см. формулу (2.11)), т;

$P_{\text{тр}}$ — масса груза в грузовых трюмах (см. формулу (2.11)), т.

Ниже даны методики для определения массы конкретного вида груза, размещаемого на люковых крышках, с учетом ограничений ($P_{\text{лк}}^2$).

а) пиломатериалы в пакетах

Масса (вес) пиломатериалов, размещаемых на люковых крышках судов ($P_{\text{лк}}^2$), находится перемножением объема пиломатериалов на его плотную массу (см. табл. 2.2).

Таблица 2.2

Плотная масса лесоматериалов, т/м³

№	Наименование лесоматериалов	Плотная масса, т/м ³
1.	Круглый лес (береза)	0.87
2.	Круглый лес (осина)	0.76
3.	Пиловочник хвойный	0.65
4.	Пиломатериалы	0.60

Объем пиломатериалов определяется перемножением общей площади основания пакетов пиломатериалов на высоту пакета и количество ярусов палубного груза. Общая площадь основания пакетов пиломатериалов должна быть близка к значению общей площади люковых крышек.

$$P_{\text{лк}}^2 = \sum_{i=1}^{n_{\text{лк}}} \rho \cdot (l_{\text{п}} \cdot k^1) \cdot (b_{\text{п}} \cdot k^2) \cdot h_{\text{пг}}, \text{ тонн} \quad [2.14]$$

где ρ — плотная масса пиломатериалов, т/м³ (см. табл. 2.2);

$l_{\text{п}}$ — длина одного пакета пиломатериалов, м (см. табл. 4, прил. 1);

$b_{\text{п}}$ — ширина одного пакета пиломатериалов, м (см. табл. 4, прил. 1);

k^1 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения:

$$k^1 = L_{\text{лк}} : l_{\text{п}}, \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);} \quad [2.15]$$

$L_{\text{лк}}$ — длина одной люковой крышки, м (см. табл. 8, прил. 1);

k^2 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения:

$$k^2 = B_{\text{лк}} : b_{\text{п}}, \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);} \quad [2.16]$$

$B_{\text{лк}}$ — ширина одной люковой крышки, м (см. табл. 8, прил. 1);

$h_{\text{пг}}$ — высота палубного груза, м

$$h_{\text{пг}} = h_{\text{п}} \cdot R_{\text{шт}}^{\text{п}}, \text{ м} \quad [2.17]$$

где $h_{\text{п}}$ — высота пакета пиломатериалов, м (см. табл. 4, прил. 1);

$R_{\text{шт}}^{\text{п}}$ — число ярусов штабеля палубного груза пиломатериалов, ед.

$$R_{\text{шт}}^{\text{п}} = \frac{h_{\text{п}}^{\text{доп}}}{h_{\text{п}}}, \text{ ед.} \quad [2.18]$$

где $h_{\text{п}}^{\text{доп}}$ — допустимая высота палубного груза (для пиломатериалов).

б) круглый лес, перевозимый россыпью

Максимальный вес (масса) круглого леса, размещаемого на люковых крышках судов ($P_{\text{лк}}^2$), находится как произведение объема круглого леса (м³) на его плотную массу (см. табл. 2.2). Объем круглого леса, размещаемый на люковых крышках судна, определяется в кубометрах путем перемножения площади, занимаемой круглым лесом, на допустимую среднюю высоту шта-

бея (каравана) палубного груза. За ширину штабеля палубного груза принимается ширина люковых крышек. За длину штабеля, размещенного на отдельной люковой крышке, принимается произведение длины бревна на целое число, получаемое от деления общей длины люковой крышки на длину отдельного бревна.

При расчетах необходимо принимать за основу размеры бревен, указанные в табл. 4 прил. 1 и ограничения, приведенные выше.

$$P_{\text{лк}}^2 = \sum_{i=1}^{n_{\text{лк}}} 0,64\rho \cdot (l_{\text{б}} \cdot k^3) \cdot B_{\text{лк}} \cdot h_{\text{пт}}, \text{ тонн} \quad [2.19]$$

где ρ — плотная масса круглого леса, т/м³ (см. табл. 2.2);

$l_{\text{б}}$ — длина одного бревна, м (см. табл. 4, прил. 1);

k^3 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения:

$$k^3 = L_{\text{лк}} : l_{\text{б}}, \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);} \quad [2.20]$$

$B_{\text{лк}}$ — ширина люковых крышек, м (см. табл. 8, прил. 1);

$h_{\text{пт}}$ — высота палубного груза, м (для круглого леса);

0,64 — коэффициент перевода из «складочной» в «плотную» меру.

в) трубы большого диаметра

Трубы большого диаметра размещаются на всю площадь люковых крышек и укладываются ярусами в отдельные штабели. Вес (масса) труб большого диаметра ($P_{\text{лк}}$), размещаемых на люковых крышках, определяется по формуле:

$$P_{\text{лк}}^2 = p_{1\text{м}} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\text{шт}}} N_{\text{т}}^i, \text{ тонн} \quad [2.21]$$

где $P_{\text{лк}}^2$ — масса (вес) труб на люковых крышках, т;

$p_{1\text{м}}$ — масса (вес) одной трубы, т;

$N_{\text{т}}^i$ — количество труб в i -ом штабеле палубного груза, ед;

$n_{\text{шт}}$ — количество штабелей труб на люковых крышках, ед.

Масса (вес) одной трубы ($p_{1\text{м}}$) определяется по формуле:

$$p_{1\text{м}} = 24,66 \cdot s_{\text{т}} (D_{\text{н}} - s_{\text{т}}) \cdot l_{\text{т}}, \text{ тонн} \quad [2.22]$$

где $l_{\text{т}}$ — длина трубы, м (см. табл. 4, прил. 1);

$s_{\text{т}}$ — толщина трубы, м (см. табл. 4, прил. 1);

$D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубы, м (см. табл. 4, прил. 1).

Количество труб, размещаемых в i -ом штабеле груза ($N_{\text{т}}^i$) определяется:

$$N_{\text{т}}^i = 0,5R_{\text{шт}}^{\text{т}} (2N_{\text{осн}} - R_{\text{шт}}^{\text{т}} + 1), \text{ ед.} \quad [2.23]$$

где $N_{\text{осн}}$ — число труб в основании штабеля труб, ед.;

$R_{шт}^T$ — количество ярусов труб в штабеле палубного груза, ед.

Количество труб в основании палубного штабеля труб ($N_{осн}$):

$$N_{осн} = \frac{B_{ст}}{D_n}, \text{ ед.} \quad [2.24]$$

где $B_{ст}$ — расстояние между стойками палубного груза, м (условно принять равным ширине люковой крышки ($B_{ст} = B_{л}$ - см. табл. 8 прил. 1).

Количество ярусов труб в штабеле груза ($R_{шт}^T$) определяется кратным целому числу (без округления) в выражении:

$$R_{шт}^T = \frac{1,1 h_{п}^{доп}}{D_n}, \text{ ед.} \quad [2.25]$$

где $h_{п}^{доп}$ — допустимая высота штабеля труб, м (ограничения п. 2.4.2.2.).

D_n — наружный диаметр трубы, м (см. табл. 4, прил. 1).

Количество штабелей труб на всех люковых крышках определяется:

$$n_{шт} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{лк}} L_{лк}}{l_T + 0,5}, \text{ ед.} \quad [2.26]$$

где $n_{шт}$ — количество штабелей труб на люковых крышках, ед.

$L_{лк}$ — длина отдельной люковой крышки, м (см. табл. 8, прил. 1);

$n_{лк}$ — количество люковых крышек, ед. (см. табл. 8, прил. 1);

l_T — длина трубы, м (см. табл. 4, прил. 1);

0,5 — минимальный зазор между трубами, м.

2.4.3. Определение водоизмещения и средней осадки после окончания погрузки

Весовое водоизмещение судна после погрузки (в пресной воде) определяется:

$$\Delta^\Phi = P_c + \Delta_0 + q_c^\Phi, \text{ тонн} \quad [2.27]$$

где Δ^Φ — весовое водоизмещение судна после погрузки, т;

P_c — количество погруженного груза, т (см. раздел 2.4.2);

Δ_0 — вес судна порожнем (доковый вес), т (см. табл. 7, прил. 1);

q_c^Φ — масса судовых запасов после окончания погрузки, т (см. табл. 7, прил. 1).

Средняя осадка судна после погрузки ($d_{ср}^n$) находится по значению фактического водоизмещения (Δ^Φ) с применением метода интерполирования (нахождения пропорции) по табл. 13 прил. 1.

Пример расчета средней осадки по судну пр. 16290:

$$d_{\text{ср}}^n = 3,50 + (3379 - 3274) (3,70 - 3,50) : (3484 - 3274) = 3,50 + 0,10 = 3,60 \text{ м}$$

Необходимо также найти разницу между средней осадкой судна по грузовую ватерлинию и средней осадкой судна после погрузки ($\partial d_{\text{ср}}^n$).

$$\partial d_{\text{ср}}^n = d_{\text{w}}^n - d_{\text{ср}}^n, \text{ м} \quad [2.28]$$

2.4.4. Основные показатели по определению количества груза

Результаты расчетов по подразделу 2.4 для двух вариантов перевозки необходимо свести в общую табл. 2.3. Дать краткий анализ показателей с точки зрения загрузки судна.

Таблица 2.3

Показатели, связанные с определением количества груза

№	Показатель	Условное обозначение	Вариант 1	Вариант 2
1.	Весовое водоизмещение судна по грузовую ватерлинию, т	Δ		
2.	Весовое водоизмещение судна после погрузки на среднюю осадку, т	Δ^Φ		
3.	Масса (вес) груза, погруженного на судно, т	P_c		
4.	Масса (вес) груза, погруженного на люковые крышки, т	$P_{\text{лк}}$		
5.	Масса (вес) груза, погруженного в грузовые трюмы, т	$P_{\text{тр}}$		
6.	Средняя осадка судна в пресной воде после погрузки, м	$d_{\text{ср}}^n$		
3.	Максимально допустимая осадка судна на участке с ограниченной глубиной, м	$d_{\text{max}}^{\text{ор}}$		

2.5. Организация размещения и крепления груза на судне

2.5.1. Общие требования к размещению груза по трюмам

На данном этапе работы необходимо распределить груз по отдельным трюмам (в тоннах и м^3). Первоначально для исключения чрезмерных нагрузок на днище трюма, прогибов и перегибов корпуса судна груз размещается равномерно по трюмам, для этого в курсовом проекте рекомендуется размещать его пропорционально вместимости грузовых трюмов. Для предварительной оценки размещения груза по отдельным грузовым трюмам судна предлагается использовать формулу:

$$P^i = \frac{P_{\text{тр}} \cdot V^i}{W}, \text{ тонн} \quad [2.29]$$

где P^i — масса груза в i -м грузовом трюме, т;

V^i — объем i -го грузового трюма, м^3 (см. табл. 8, прил. 1);

$P_{\text{тр}}$ — вес груза, погруженного в грузовые трюмы, т. (см. табл. 2.3.);

W — грузоподъемность судна, м^3 (см. табл. 8, прил. 1).

На следующем этапе необходимо определить объем заполнения трюмов грузом, т.е. объем груза в отдельном трюме (с учетом пустот), используя следующую формулу:

$$V_{\text{г}}^i = P^i \cdot \mu, \text{ м}^3 \quad [2.30]$$

где $V_{\text{г}}^i$ — объем груза в i -м трюме, м^3 ;

P^i — масса груза в i -м трюме, т;

μ — удельный погрузочный объем груза, $\text{м}^3/\text{т}$.

Затем следует определить степень заполнения грузового трюма по формуле (λ):

$$\lambda = \frac{100 V_{\text{г}}^i}{V^i}, \% \quad [2.31]$$

2.5.2. Расчет весовых нагрузок планируемой загрузки судна

Весовые нагрузки и координаты весовых нагрузок для конкретного судна выбираются по табл. 9 прил. 1. В таблице для каждой статьи весовой нагрузки судна имеются исходные данные для самостоятельных расчетов:

— масса весовой нагрузки в тоннах;

— возвышение центра тяжести над основной линией судна — аппликата центра тяжести ($z_{\text{г}}$) в метрах;

— отстояние центра тяжести от миделя судна — абсцисса центра тяжести ($x_{\text{г}}$) в метрах.

Следует обратить внимание, что в табл. 9 отсутствуют данные весовых нагрузок по грузу в трюмах и палубному грузу, а также аппликата центра тяжести палубного груза, которые необходимо рассчитать самостоятельно.

Следует также иметь в виду, что координаты для грузовых трюмов $x_{\text{г}}$ и $z_{\text{г}}$ приведены для условий полного их заполнения заданным грузом, поэтому, если степень заполнения трюма грузом меньше (см. формулу (2.31), то возвышение центра тяжести этого груза над основной линией — аппликата центра тяжести ($z_{\text{г}}$) определяется по табл. 19 прил. 1.

Аппликату центра тяжести палубного груза ($z_{\text{пг}}^{\text{тр}}$) необходимо рассчитывать самостоятельно для грузов, размещаемых на люковых крышках:

а) пиломатериалы и круглый лес:

$$z_g^{пг} = h_{дд} + h_{тр} + h_{лк} + \frac{h_{пг}}{2}, \text{ м} \quad [2.32]$$

где $z_g^{пг}$ — аппликата центра тяжести палубного груза, м;

$h_{дд}$ — высота второго дна (дна трюма), м (см. табл. 7, прил. 1);

$h_{тр}$ — высота грузового трюма с комингсом, м (см. табл. 8, прил. 1);

$h_{лк}$ — высота люковой крышки, м (см. табл. 8, прил. 1);

$h_{пг}$ — высота палубного груза, м.

Высота палубного груза пиломатериалов в пакетах и круглого леса, перевозимого россыпью ($h_{пг}$) при $P_{лк}^1 > P_{лк}^2$ определяется в п. 2.4.2.2. Но, если $P_{лк}^1 < P_{лк}^2$, то требуется уточнение высоты палубного груза $h_{пг}$, используя формулы 2.33 и 2.34:

а) для пиломатериалов в пакетах:

$$h_{пг} = \frac{P_{лк}}{\rho \cdot (l_{п} \cdot k^1) \cdot (b_{п} \cdot k^2)}, \text{ м} \quad [2.33]$$

б) для круглого леса, перевозимого россыпью:

$$h_{пг} = \frac{P_{лк}}{0,64\rho \cdot (l_{б} \cdot k^3) \cdot B_{лк}}, \text{ м} \quad [2.34]$$

где $P_{лк}$ — масса (вес) палубного груза ($P_{лк} = P_{лк}^1$), т;

Остальные составные части формулы - известны по формулам 2.14 и 2.19.

б) трубы большого диаметра:

$$z_g^{пг} = h_{дд} + h_{тр} + h_{лк} + h_{шт}^т, \text{ м} \quad [2.35]$$

где $h_{шт}^т$ — высота центра тяжести штабеля труб большого диаметра, м;

Остальные составные части формулы - известны по формуле 2.32.

$$h_{шт}^т = \frac{h_{пг} \left[N_{осн} + 2(R_{шт}^т - 1) \right]}{3(N_{осн} + R_{шт}^т - 1)}, \text{ м} \quad [2.36]$$

где $N_{осн}$ — число труб в основании штабеля труб (см. п. 2.4.2.2), ед.;

$R_{шт}^т$ — количество ярусов труб в штабеле (см. п. 2.4.2.2), ед.

$h_{пг}$ — высота штабеля палубного груза труб (см. формулу 2.37), м;

$$h_{пг} = D_{н} \left[1 + 0,866(R_{шт}^т - 1) \right], \text{ м} \quad [2.37]$$

Выше определено, что если $P_{лк}^1 < P_{лк}^2$, то масса палубного груза устанавливается по значению $P_{лк} = P_{лк}^1$. В рамках курсового проекта значения $R_{шт}^т$ остается таким, как рассчитано в п. 2.4.2.2, в связи с этим может

измениться число штабелей, что далее дает возможность устанавливать необходимый дифферент, размещая трубы относительно миделя судна.

Расчет весовых нагрузок судна

Значения весовых нагрузок судна и значения x_g и z_g для двух вариантов определенные выше, следует внести в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Расчет весовых нагрузок судна

№	Наименование нагрузки	Вес (Р), т	x_g от L/2, м	$M_{x,tm}$	z_g от ОЛ, м	$M_{z,tm}$
1.	Судно порожнем					
2.	Груз в трюме № 1					
3.	Груз в трюме № ...					
4.	Палубный груз					
5.	Топливо и масло					
6.	Вода					
7.	Прочие запасы					
	Всего : $\Delta^\Phi =$		$x_g =$		$z_g =$	

В таблице остаются незаполненными клетки для значений M_x и M_z . При отсутствии палубного груза строка «палубный груз» не заполняется.

Следующим шагом является определение статических моментов нагрузок относительно миделя (M_x) и основной плоскостью (M_z) для каждого вида весовых нагрузок, для этого в табл. 2.4 каждую весовую нагрузку перемножают на значение абсциссы ц.т. (x_g) и отдельно на значение аппликаты ц.т. (z_g). Значения M_x и M_z суммируются по столбцам.

Значения x_g и z_g для всей системы судно-груз определяются расчетным путем, при этом сумма моментов M_x и M_z соответственно делится на значение суммы весовых нагрузок судна, представляющих собой весовое водоизмещение судна Δ^Φ .

2.5.3. Расчет дифферента и осадок судна

2.5.3.1. Расчет дифферента и осадок судна планируемой загрузки

Варианты загрузки судна (см. табл. 2.4) следует проверить на дифферент и определить значение осадок судна в носовой и кормовой части.

Дифферент определяется по формуле:

$$\psi = \frac{(x_g - x_c) \cdot \Delta^\Phi}{100 M_{1\text{см}}}, \text{ м} \quad [2.38]$$

где Δ^Φ — весовое водоизмещение судна на среднюю осадку судна, т;

x_c — абсцисса центра величины судна, м (см. табл. 15, прил. 1);

x_g — абсцисса центра тяжести судна, м (см. табл. 2.4);

$M_{1\text{см}}$ — момент, дифференцирующий судно на 1 сантиметр осадки, т·см (см. табл. 17 прил. 1).

Осадка судна носом (в носовой оконечности судна) d_n определяется по формуле:

$$d_n = d_{cp}^n + \frac{\psi(0,5 L - x_f)}{L}, \text{ м} \quad [2.39]$$

Осадка судна кормой (в кормовой оконечности судна) d_k определяется по формуле:

$$d_k = d_{cp}^n - \frac{\psi(0,5 L + x_f)}{L}, \text{ м} \quad [2.40]$$

где: d_{cp}^n — средняя осадка судна в пресной воде, м. (см. табл. 2.3);

ψ — дифферент судна, м (см. формулу (2.38));

x_f — абсцисса центра тяжести ватерлинии (см. табл. 16, прил. 1);

L — длина судна расчетная, м (см. табл. 7, прил. 1).

Необходимо проанализировать полученные величины ψ , d_n и d_k и определить возможность прохода судна через участки пути с ограниченными глубинами, а также необходимость дифферентовки судна (изменения дифферента).

2.5.3.2. *Корректировка весовых нагрузок и дифферента судна*

Дифферент судна может определяться по формуле:

$$\psi = d_n - d_k, \text{ м} \quad [2.41]$$

Оптимальным размещением груза на судне по условиям курсового проекта является наличие дифферента в корму (разности носовой и кормовой осадки судна) в интервале от 0 до –40 см. При наличии дифферента в нос или излишнего дифферента в корму необходимо перераспределить некоторое количество груза в грузовых трюмах или на люковых крышках для создания необходимого дифферента судна. Следует также учесть, что на изменение дифферента и средней осадки судна влияет расходование судовых запасов (топливо, вода) за время следования судна от пункта погрузки до участка с ограниченными глубинами. Поэтому необходимо так рассчитать

нагрузку судна, чтобы на период прихода судна к участку с ограниченными глубинами дифферент приближался к нулю или же максимальная осадка (осадка судна кормой) при наличии дифферента не превышала проходную осадку на этом участке. Первоначально в расчет принимается наиболее опасный (по проходной осадке) речной участок или шлюз на маршруте, затем следует рассмотреть другие участки пути/шлюзы.

***Расчет статического момента судна
от израсходованных запасов топлива и воды.***

Время следования судна от порта погрузки до участка с ограниченными глубинами определяется по нормам следования транзитных судов по ВВП для соответствующего направления (см. табл. 22, прил. 1):

$$t^{ог} = t_x^{ог} + t_{ст}^{ог}, \text{ сут.} \quad [2.42]$$

где: $t^{ог}$ — время следования судна от порта погрузки до участка речного пути с ограниченными глубинами, сут.;

$t_x^{ог}$ — ходовое время от порта погрузки до участка с ограниченными глубинами, сут.;

$t_{ст}^{ог}$ — стояночное время в пути от порта погрузки до участка с ограниченными глубинами, сут. (время шлюзования, стоянки в каналах и т.п.).

Количество топлива ($q^{ог}_т$) и воды ($q^{ог}_в$), израсходованное при следовании судна до участка с ограниченными глубинами, определяется:

$$q^{ог}_т = \sigma_x^т t_x^{ог} + \sigma_{ст}^т t_{ст}^{ог}, \text{ тонн} \quad [2.43]$$

$$q^{ог}_в = \sigma^в t^{ог}, \text{ тонн} \quad [2.44]$$

где: $q^{ог}_т$ — количество (масса) топлива, израсходованного за время следования судна до участка с ограниченными глубинами, т;

$q^{ог}_в$ — количество (масса) пресной воды, израсходованной за время следования судна до участка с ограниченными глубинами, т;

$\sigma_x^т$ — суточный расход топлива на ходу, т/сут. (см. табл. 10, прил.1);

$\sigma_{ст}^т$ — суточный расход топлива на стоянке, т/сут. (см. табл. 10, прил.1);

$\sigma^в$ — суточный расход воды, т/сут. (см. табл. 10 прил.1).

Общее количество судовых запасов, израсходованных за время следования судна до участка с ограниченными глубинами ($q^{ог}_з$) равно:

$$q^{ог}_з = q^{ог}_т + q^{ог}_в, \text{ тонн} \quad [2.45]$$

Далее необходимо определить суммарный статический момент судна от количества израсходованного запаса топлива и воды.

$$M_x^{из} = q_t^{ог} \cdot x_g^T + q_b^{ог} \cdot x_g^B, \text{ тм} \quad [2.46]$$

где $M_x^{из}$ — суммарный статический момент относительно миделя судна от количества израсходованного запаса топлива и воды, т·м;

x_g^T — абсцисса центра тяжести цистерны топлива, м (см. табл. 10, прил. 1);

x_g^B — абсцисса центра тяжести цистерны пресной воды, м (см. табл. 10, прил. 1).

Расчет изменения дифферента и средней осадки судна от расходования судовых запасов.

Изменение дифферента за время следования судна от порта до участка речного пути с ограниченными глубинами ($\partial\psi$) определяется:

$$\partial\psi = \frac{M_x^{из}}{100 M_{1см}} , \text{ м} \quad [2.47]$$

где: $M_{1см}$ — момент, дифференцирующий судно на 1 см осадки, т·см (см. табл. 17 прил. 1).

Изменение средней осадки за время следования судна от порта до участка речного пути с ограниченными глубинами определяется:

$$\partial d_{cp} = -\frac{q_3^{ог}}{100 q_{1см}} , \text{ м} \quad [2.48]$$

где $q_{1см}$ — числа тонн на 1 см осадки судна, т/см (см. табл. 18, прил. 1);

$q_3^{ог}$ — общее количество судовых запасов, израсходованных за время следования судна участка с ограниченными глубинами, тонн (см. формула 2.45).

Установление окончательного дифферента судна.

Дифферент, необходимый для нормальной посадки судна после загрузки и достаточный для последующего прохождения участка речного пути с ограниченными глубинами (ψ^1), может быть установлен по двум взаимосвязанным условиям:

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial\psi \geq \psi^1 \geq \partial\psi + 2(d_{cp}^n + \partial d_{cp} - d_{max}^{ог}) , \text{ м} \\ (-0,4) \leq \psi^1 \leq 0 , \text{ м} \end{array} \right. \quad [2.49]$$

Дифферент, полученный по формуле (2.49) требует дополнительной проверки по формуле (2.50). Учитывая, что дифферент установлен для наиболее опасного участка, следует проверить возможность прохода с этим дифферентом через ранее расположенные участки или шлюзы на маршруте следования судна по методике, изложенной выше (см. п. 2.5.3.2.)

Пример 1. Рейс Череповец – Азов. Наиболее опасный участок (р. Н.Дон) имеет $d_{\max}^{\text{ор}} = 3,40$ м. Принимается $d_{\text{ср}}^{\text{н}} = 3,40$ м. При прохождении этого участка $\psi^1 = -0,23$ м. Требуется проверить дифферент на первом шлюзе Рыбинский ($d_{\max}^{\text{о}} = 3,60$ м) и участке Городец – Балахна ($d_{\max}^{\text{о}} = 3,50$ м). Проверка: а) Рыбинский шлюз: $t_{\text{х}}^{\text{ор}} = 0,3$ сут; $t_{\text{ст}}^{\text{ор}} = 0,0$ сут; $\partial\psi = 0$; $\partial d_{\text{ср}} = 0$; Отсюда, $\psi^1 = 0 + 2(3,4 + 0 - 3,6) = -0,4$ м; б) по участку Городец – Балахна: $t_{\text{х}}^{\text{ор}} = 1,6$ сут; $t_{\text{ст}}^{\text{ор}} = 0,1$ сут; $\partial\psi = -0,06$ м; $\partial d_{\text{ср}} = -0,01$ м; Отсюда, $\psi^1 = -0,06 + 2(3,40 - 0,01 - 3,50) = -0,28$ м; Таким образом, окончательный дифферент устанавливается равным ($\psi^1 = -0,23$ м).

Проверка по участку Городец – Балахна: а) $-0,06 > -0,23 > -0,28$; б) $-0,4 < -0,23 < 0$.

Корректировка весовых нагрузок для необходимой посадки судна

Установив необходимый дифферент, определяется новая абсцисса центра тяжести системы судно - груз ($x_{\text{г}}^1$) по формуле:

$$x_{\text{г}}^1 = \frac{x_{\text{с}} \cdot \Delta^{\Phi} + 100M_{\text{лсм}} \cdot \psi^1}{\Delta^{\Phi}}, \text{ м} \quad [2.51]$$

При известном $x_{\text{г}}^1$ определяется статический момент нагрузок относительно миделя судна ($M_{\text{х}}^1$), необходимый для нормальной посадки судна:

$$M_{\text{х}}^1 = \Delta^{\Phi} \cdot x_{\text{г}}^1, \text{ тм} \quad [2.52]$$

Далее определяется разность между статическим моментом нагрузок относительно миделя по предварительной загрузке судна ($M_{\text{х}}^0$) и статическим моментом нагрузок относительно миделя ($M_{\text{х}}^1$), необходимым для нормальной посадки судна $\partial M_{\text{х}}^1$:

$$\partial M_{\text{х}}^1 = M_{\text{х}}^0 - M_{\text{х}}^1, \text{ тм} \quad [2.53]$$

На последнем этапе расчета следует обратиться к таблице весовых нагрузок, подсчитанной для предварительной загрузки судна.

Если $\partial M_{\text{х}}^1 \neq 0$, то требуется корректировка таблицы весовых нагрузок по трюмам или палубному грузу. Это достигается следующим образом.

Случай 1. Грузовместимость трюмов используется не полностью и груз размещается только в грузовых трюмах.

Следует переместить такое количество груза из одних трюмов в другие, чтобы сумма статических моментов перемещенных нагрузок равнялась $\partial M_{\text{х}}^1$. При этом суммируются статические моменты как по трюмам, из которых перемещается груз, так и статические моменты по трюмам, в которые груз перемещается. Если величина $\partial M_{\text{х}}^1$ незначительна или судно имеет только один трюм, допускается перемещение груза в отдельном трюме,

путем изменения x_g по этому трюму, на величину не более $1/4$ длины трюма. После перемещения следует проверить, чтобы нагрузка в трюме, куда груз перемещен, не превышала допустимую нагрузку на днище трюма, а новый объем груза в трюме не превышал вместимости трюма, т.е. степень загрузки должна быть $\leq 100\%$. Порядок расчета показать.

Пример: тх «Сормовский» и $\partial M^1_x = 2000$ тм. Предположим, что груз следует переместить из трюма №1 ($x_g = 33,88$ м) в трюм №4 ($x_g = -23,2$ м). Отсюда, $2000 / [33,88 - (-23,2)] = 35$ (тонн). Количество перемещаемого груза 35 тонн: $(-2000) / [(-23,2) - 33,88] = 35$.

Случай 2. Грузовместимость трюмов используется полностью и груз размещается только в грузовых трюмах (груз с высоким УПО).

Учитывая, что переместить груз из одних трюмов в другие нет возможности, необходимо: или переместить груз в самом трюме путем незначительного изменения x_g или недогрузить некоторое количество груза в одном или нескольких трюмах, чтобы сумма статических моментов этих грузов равнялась ∂M^1_x . Если позволяет средняя осадка, можно принять водный балласт в междудонное пространство под трюм с координатами x_g соответствующего трюма и z_g равной половине высоты балласта в междудонном пространстве (двойное дно), имеющем прямоугольную форму. Максимальное количество балласта в балластной цистерне и абсцисса соответствующей балластной цистерны в районе соответствующего трюма приведено в табл.12 прил. 1. При недогрузе или принятии балласта учесть изменение весового водоизмещения.

Пример: тх «Сормовский» и $\partial M^1_x = -2000$ тм. В балластные танки под трюмом №4 ($x_g = -23,2$ м) следует принять $(-2000 \text{ тм}) / (-23,2 \text{ м}) = 86,2$ тонн балласта. Количество балласта в танке 200 тонн, высота междудонного пространства 0,89 м. Отсюда $z_g = 86,2 / 200 \times 0,89 / 2 = 0,19$ м, Следовательно: весовую нагрузку 86,2 т; $x_g = -23,2$ м; $z_g = 0,19$ м включить в табл. 2.4.

Случай 3. Грузовместимость трюмов используется полностью, но груз размещается не только в грузовых трюмах, но и на палубе.

Этот случай аналогичен предыдущему, но действия по перемещению груза, уменьшению его количества по сравнению с предварительным размещением или принятию балласта касаются только люковых крышек.

Пример: тх «Сормовский». Палубный груз 800 тонн и $\partial M^1_x = -2000$ тм. Тогда, для создания необходимого дифферента центр штабеля палубного груза сместить на 2,5 метра в сторону кормы. $(-2000) / 800 = -2,5$ (метра).

Таблица 2.5

Показатели, связанные с определением весовых нагрузок, осадок и дифферента

№	Показатель	Обозначение	Вариант	
			1	2
1.	Водоизмещение судна, т (грузовой план 1)	Δ^Φ		
2.	Водоизмещение судна, т (грузовой план 2)	$\Delta^{1\Phi}$		
3.	Всего груза в трюмах, т (грузовой план 1)	$P_{1тр}$ и др.		
4.	Всего груза в трюмах, т (грузовой план 2)	$P_{1тр}$ и др.		
5.	Груз на люковых крышках, т (грузовой план 1)	$P_{лк}$		
6.	Груз на люковых крышках, т (грузовой план 2)	$P_{лк}^n$		
7.	Средняя осадка судна, м (после погрузки)	$d_{ср}^n$		
8.	Изменение средней осадки при подходе к участку пути с ограниченными глубинами, м	$\partial d_{ср}$		
9.	Осадка судна носом, м (грузовой план 1)	d_n		
10.	Осадка судна носом, м (грузовой план 2)	d_n^n		
11.	Осадка судна кормой, м (грузовой план 1)	d_k		
12.	Осадка судна кормой, м (грузовой план 2)	d_k^n		
13.	Дифферент судна, м (грузовой план 1)	ψ		
14.	Дифферент судна, м (грузовой план 2)	ψ^1		
15.	Изменение дифферента судна при подходе к участку пути с ограниченными глубинами, м	$\partial \psi$		
16.	Абсцисса Ц.Т. судна, м (грузовой план 1)	x_g		
17.	Абсцисса Ц.Т. судна, м (грузовой план 2)	x_g^1		
18.	Аппликата Ц.Т. судна, м (грузовой план 1)	z_g		
19.	Аппликата Ц.Т. судна, м (грузовой план 2)	z_g^1		
20.	Абсцисса центра величины судна с грузом, м	x_c		
21.	Абсцисса центра тяжести ватерлинии, м	x_f		
22.	Момент, дифферентующий судно на 1 см, тсм (судно с грузом)	$M_{1см}$		
23.	Расход топлива до участка пути с ограниченными глубинами, т	$q^{ог}_т$		
24.	Расход пресной воды до участка пути с ограниченными глубинами, т	$q^{ог}_в$		
25.	Общее время следования судна до участка пути с ограниченными глубинами, сут	$t^{ог}$		
26.	в т.ч: ходовое время, сут.	$t^{ог}_х$		
27.	стояночное время в пути, сут.	$t^{ог}_{ст}$		

После корректировки весовых нагрузок следует представить таблицу уточненных весовых нагрузок по двум рассматриваемым судам с определением новых P^i , x_g , z_g , M_x , M_z , Δ^Φ . Затем необходимо уточнить новый дифферент (должен совпадать с принятым ψ^1), уточнить среднюю осадку (должна

совпадать с принятой d_{cp}^n) и осадки носом и кормой после окончания погрузки судна, используя вышеприведенные формулы и методику расчетов.

(Расчеты, связанные с прохождением участка с ограниченной глубиной и расходом судовых запасов на данном этапе производить уже не требуется).

Если таблица весовых нагрузок судна не требует корректировки (по одному или двум вариантам), за основу следует принять предварительное размещение груза, указав об этом в тексте курсового проекта.

Результаты всех расчетов по определению осадок судна, дифферента и весовых нагрузок для двух вариантов транспортно-технологической схемы перевозки заданного груза на заданном направлении необходимо свести в табл. 2.5 и проанализировать.

2.5.4. Особенности размещения и укладки груза на судне

2.5.4.1. Особенности размещения навалочного груза на судне

Этот пункт выполняют студенты, имеющие вариант перевозки навалочного и насыпного груза. Необходимо кратко раскрыть общие требования к размещению груза с учетом реального размещения груза по своим вариантам перевозки.

Следует показать, какие опасные свойства могут проявлять навалочные и насыпные грузы в процессе перевозки, какие действия должны быть приняты на судне для обеспечения безопасной и сохранной перевозки груза, в первую очередь в отношении груза по своему варианту перевозки.

Исполнитель должен описать требования к штивке груза согласно своему варианту, показать с какой целью осуществляется штивка. Показать другие способы предотвращения смещения навалочного (насыпного) груза, которые можно применить при плавании судна в морских условиях по отношению к заданному грузу.

2.5.4.2. Особенности размещения генерального груза на судне

Настоящий пункт курсового проекта выполняют студенты, имеющие вариант перевозки генерального груза.

Показать общие требования к размещению и укладке груза согласно индивидуального задания, которые зависят от размеров грузовых единиц, прочности тары и упаковки, конструктивных особенностей груза, опасных свойств груза, возможности его смещения и других факторов. Исполнителю требуется также показать основные требования действующих правил безопасной перевозки данного груза в морских условиях плавания.

Показать, какие действия должны быть предприняты на судне для обеспечения безопасной и сохранной перевозки груза по своему варианту перевозки.

2.5.4.3. Размещение груза на люковых крышках

Необходимость перевозки груза на люковых крышках и общие требования к размещению и укладке груза на люковых крышках раскрывают студенты, имеющие в задании груз, размещаемый на люковых крышках, используя в качестве источников национальные правила по безопасной перевозке.

2.5.5. Применение сепарационных и прокладочных материалов

Касательно всех вариантов - показать с какой целью могут применяться сепарационные и прокладочные материалы и какие материалы могут использоваться в их качестве.

Вкратце изложить общие требования правил безопасной перевозки грузов в отношении применения сепарационных и прокладочных материалов для грузов.

2.5.6. Крепление груза

Для всех вариантов - необходимо показать: в каких целях осуществляется крепление груза; основные нормативные документы, регламентирующие требования к креплению груза на судне; судовой документ, определяющий требования к креплению груза на судне;

Для генеральных грузов указать, какие материалы и средства могут использоваться для крепления заданного груза на судне; какой способ крепления может быть применен для заданного груза.

Для вариантов с навалочным грузом указать, обладает ли груз или нет свойством сцепления частиц (см. табл. 3 прил. 1). Для вариантов с навалочным грузом, не обладающим сцеплением частиц, требуется показать один из методов крепления груза: «блюдец», «бандлинг», «метод стропинга» и др.

2.6. Проверка элементов остойчивости судна

После погрузки груза на судно капитан должен удостовериться в безопасности дальнейшей перевозки, особенно в морских районах плавания.

В реальных условиях по судовым документам, одобренным признанным классификационным обществом, проверяется соответствие загрузки судна требованиям остойчивости. Требуется проверить следующие критерии остойчивости судна:

— критерий погоды (основной критерий)	$K \geq 1,0$
— исправленная начальная метацентрическая высота	$h > 0 \text{ м}$
— максимальное плечо диаграммы статической остойчивости	$\ell_{\max} \geq 0,20 \text{ м}$
— угол заката диаграммы статической остойчивости (ДСО)	$\Theta_v \geq 50 \text{ град}$
— угол крена, соответствующий максимуму ДСО	$\Theta_m \geq 30 \text{ град}$
— расчетная амплитуда качки (угол крена)	$\Theta \leq 30 \text{ град}$

2.6.1. Проверка по критерию погоды (основному критерию)

Проверка по критерию погоды (основному критерию) в рамках курсового проекта осуществляется в соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства (РМРС) для судов класса R2-RSN (ранее «II СП»). Остойчивость судна по критерию погоды (основному критерию) считается достаточной, если в расчетных наихудших погодных условиях оно выдерживает давление ветра, иначе кренящий момент от давления ветра M_v равен или меньше опрокидывающего момента M_c , т.е. $M_v \leq M_c$ или

$$K = \frac{M_c}{M_v} \geq 1,0 \quad [2.54]$$

где K — критерий погоды (основной критерий), ед;

M_c — опрокидывающий момент, тс•м;

M_v — кренящий момент от давления ветра, тс•м.

Учитывая, что наиболее жесткие условия в реальном рейсе возникают при накренивании судна при бортовой качке, опрокидывающий момент в условиях курсового проекта условно принимается равным статическому моменту нагрузок относительно основной плоскости (M_z), т.е. $M_c = M_z$,

Величина кренящего момента M_v считается постоянной за весь период накренивания судна и определяется по формуле:

$$M_v = 0,001 \cdot p_v \cdot A_v \cdot z, \text{ тс} \cdot \text{м} \quad [2.55]$$

где p_v — давление ветра, кгс/м² (принимается в зависимости от плеча парусности и района плавания судна – см. табл. 24, прил. 1);

A_v — площадь парусности судна, м² (см. табл. 29, прил. 1). Для нахождения A_v по указанной таблице необходимо использовать значение средней осадки судна в загруженном состоянии в морских условиях плавания. Приближенное значение осадки судна с учетом плотности морской воды конкретного бассейна можно определить по формуле 2.57 и табл. 11 прил. 1:

z — плечо парусности — отстояние центра парусности от плоскости действующей ватерлинии, м (равно разности между отстоянием центра парусности от ОП и средней осадке судна в морских условиях плавания). В условиях курсового проекта z определяется по приближенной формуле:

$$z = \frac{A_v}{2L}, \text{ м} \quad [2.56]$$

где L — длина судна расчетная, м (см. табл. 7, прил. 1).

Приближенное значение при переходе осадки судна из воды одной плотности в другую, учитывая особенности судов смешанного плавания, можно определить по формуле:

$$d_{cp}^n = \gamma \cdot d_{cp}^c \quad [2.57]$$

где d_{cp}^n — средняя осадка судна в пресной воде, м;

d_{cp}^c — средняя осадка судна в морской (соленой) воде, м;

γ — плотность воды, т/м³ (см. табл. 11, прил. 1);

2.6.2. Проверка по исправленной начальной метацентрической высоте

Исправленная начальная метацентрическая высота определяется по формуле:

$$h = z_m - z_g - \partial h, \text{ м} \quad [2.58]$$

где h — исправленная метацентрическая высота, м;

z_m — возвышение поперечного метацентра над основной плоскостью судна, м (см. табл. 13, прил. 1);

z_g — аппликата центра тяжести судна, м (по последнему варианту грузового плана);

∂h — поправка на влияние свободных поверхностей в судовых танках и цистернах, м (условно принимается равным 0).

Исправленная начальная метацентрическая высота по требованиям классификационных обществ всегда должна быть положительной, т.е. больше 0. Остойчивость ухудшается при значениях h близких к нулю.

2.6.3. Проверка по максимальному плечу диаграммы статической

Для построения диаграммы статической остойчивости в зависимости от типа судна используется формула

$$l_{ст} = l_{\phi} - (z_g + \partial h) \sin \Theta, \text{ м} \quad [2.59]$$

где $l_{ст}$ — плечо статической остойчивости (восстанавливающее плечо), м;

l_{ϕ} — значение плеч остойчивости формы, м (определяется по таблице пантакорен, для условий курсового проекта см. табл. 23, прил. 1);

Θ — угол крена, град.

Необходимо построить диаграмму статической остойчивости судна и определить максимальное плечо статической остойчивости (l_{max}), которое должно быть:

$$\ell_{\max} \geq 0,25 \text{ м для судов } L \leq 80 \text{ м};$$

$$\ell_{\max} \geq 0,20 \text{ м для судов } L \geq 105 \text{ м}.$$

Для промежуточных длин судов величина $\ell_{\max}$ определяется интерполяцией.

По максимальному плечу статической остойчивости определяется угол крена, соответствующий максимуму ДСО (соответствующий угол крена — Θ_m).

2.6.4. Проверка по углу заката диаграммы статической остойчивости

Предел положительной статической остойчивости или угол заката (угол обрыва) диаграммы статической остойчивости в условиях курсового проекта должен быть не менее 50 градусов, т.е. $\Theta_v \geq 50$ град. Фактический угол заката (угол обрыва) определяется по диаграмме статической остойчивости в реальной или перспективной точке пересечения кривой диаграммы с горизонтальной линией (линией угла крена).

2.6.5. Проверка по амплитуде качки

Расчетная амплитуда качки (угол крена) вычисляется по формуле:

$$\Theta = Y \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot k, \text{ град} \quad [2.60]$$

где Y — множитель, принимаемый по табл. 25 прил. 1 в зависимости от района плавания и отношения $\sqrt{h}/B$, град;

X_1 — множитель, принимаемый по табл. 26 прил. 1 в зависимости от отношения B/d_{cp} (безразмерный). Приближенное значение осадки судна в морской воде конкретного бассейна можно определить по формуле 2.57 и табл. 11 прил. 1.:

X_2 — множитель, принимаемый по табл. 27 прил. 1 в зависимости от коэффициента общей полноты судна C_B (безразмерный);

k — коэффициент, принимаемый по табл. 28 прил. 1 в зависимости от отношения A_k/LB , выраженного в %, где A_k — суммарная габаритная площадь боковой проекции брускового киля в m^2 , а LB — произведение расчетной длины судна на ширину судна.

2.6.6. Выводы по проверке элементов остойчивости судна

Результаты расчетов по подразделу 2.6 необходимо свести в сводную табл. 2.7. Необходимо проанализировать результаты расчетов и сравнить их по вариантам (по судам).

Таблица 2.7

Элементы остойчивости судна

№	Показатель	Обозначение	Вариант 1	Вариант 2
1.	Критерий погоды (основной критерий), ед	K		
2.	Начальная метacentрическая высота, м	h		
3.	Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости, м	$\ell_{\max}$		
4.	Угол заката диаграммы статической остойчивости, град	Θ_v		
5.	Расчетная амплитуда качки, град	Θ		
6.	Опрокидывающий момент, тс•м	M_c		
7.	Кренящий момент от давления ветра, тс•м	M_v		
8.	Давление ветра, кгс/м ²	p_v		
9.	Возвышение ц.т. площади парусности над плоскостью действующей ватерлинии, м	z		
10.	Площадь парусности судна, м ²	A_v		
11.	Аппликата центра величины судна, м	z_c		
12.	Возвышение поперечного метacentра над основной плоскостью, м	z_m		
13.	Аппликата центра тяжести судна, м (после исправления весовых нагрузок)	z_g		
14.	Поправка на влияние свободных поверхностей в балластных и прочих судовых танках и цистернах, м	δh		

2.7. Проверка местной прочности корпуса судна

При плавании в морских условиях судно испытывает значительное действие гидростатических и гидродинамических сил, особенно в условиях шторма. В связях корпуса судна при этом возникают напряжения, которые при неправильной загрузке судна и большом волнении могут привести к нарушению прочности корпуса или появлению остаточных деформаций. На каждом судне имеются инструкции по последовательности загрузки судна, распределению груза по грузовым помещениям, верхней палубе и люковым закрытиям.

В условиях курсового проекта местная прочность корпуса судна проверяется разными методами, например, соответствием загрузки отдельных грузовых помещений и размещения груза на люковых закрытиях путем сравнения фактической и допустимой нагрузки. Фактическая нагрузка находится как частное от деления количества груза в отдельном грузовом

трюме/люковой крышке соответственно на площадь днища этого трюма/люковой крышки (см. табл. 8 прил. 1). Допустимая нагрузка приведена также в таблице 8 прил. 1.

При получении всех необходимых данных составляется, заполняется и анализируется табл. 2.8.

Таблица 2.8

Проверка прочности корпуса судна

№	Место размещения груза	Вариант 1		Вариант 2	
		Нагрузка факт. т/м ²	Нагрузка доп. т/м ²	Нагрузка факт. т/м ²	Нагрузка доп. т/м ²
1.	Трюм № 1				
2.	Трюм №				
3.	Трюм №				
4.	Трюм №				
5.	Люковые закрытия				

2.8. Грузовой план судна

В курсовом проекте показывается значение предварительного и исполнительного грузового плана (каргоплана) и основные критерии оценки качества его составления. Грузовой план судна составляется по результатам погрузки судна и расчетов, выполненных в предыдущих пунктах проекта, для рационального размещения груза и обеспечения требований безопасности плавания судна.

В итоге грузовой план должен обеспечивать: наиболее полное использование грузоподъемности или грузоместимости судна с учетом осадки судна на участках с ограниченными габаритами пути; необходимый дифферент судна на всем протяжении грузового рейса; требуемую остойчивость и местную прочность корпуса судна; наглядность размещения груза по наименованию и массе (весу) груза; сохранность груза и безопасность перевозки; рационального применения технологических операций при грузовых операциях; соблюдение правил техники безопасности членов экипажа и береговых работников при обращении с грузом при погрузке, перевозке и выгрузке.

Исполнитель работы должен представить исполнительные грузовые планы (каргопланы) по двум вариантам перевозки, т.е. для двух судов. Грузовой план составляется по принятой форме (см. прил. 3).

Грузовой план должен содержать:

- название судна (принимается произвольно);
- названия судоходной компании (принимается произвольно);

- распределение груза по трюмам с указанием названия груза и его количества (предложенная схема судна предварительно должна быть рассчитана согласно количества трюмов на рассматриваемом судне);

- распределение груза на люковых крышках грузовых трюмов показывается на схеме судна с указанием названия груза и его количества.

При необходимости указывается количество штабелей груза и количество груза в каждом штабеле.

- всего количество груза;
- осадки судна в носу и корме судна;
- подпись капитана судна;
- подпись представителя порта (стивидорной компании).

2.9. Технологический режим перевозки груза

Для безопасной перевозки груза зачастую недостаточно только правильно погрузить, разместить и закрепить груз, необходимо также обеспечить требуемый технологический режим перевозки (далее ТРП). Наиболее жесткие требования к ТРП предъявляются к режимным, скоропортящимся и опасным грузам. Тем не менее, в процессе перевозки любого груза на судне существуют определенные требования по его контролю, например:

- периодический замер уровня льяльных вод в осушительных колодцах;
- периодический внешний осмотр перевозимого груза;
- контроль за уровнем концентрации газов, выделяемых грузом;
- контроль за креплением палубного груза, а если возможно, и креплением грузов в трюмах;
- контроль за надежностью герметизации грузовых люков и лазов в трюмах;
- контроль за вентилированием в трюмах (если осуществляется) и т.д.

В данном разделе с использованием правил перевозки, рекомендуемой литературы и лекционного материала исполнитель раскрывает действия судового экипажа по обеспечению технологического режима и безопасности перевозки груза, принятого по индивидуальному заданию.

2.10. Документы, необходимые в целях обеспечения безопасности перевозки груза

Обеспечение судна необходимыми нормативными, судовыми и сопровождающими груз документами в целях обеспечения безопасности перевозки груза является важной составной частью выполнения грузового рейса. В курсовом проекте необходимо указать основные документы, требуемые

при перевозке груза согласно индивидуального задания к курсовому проекту.

Нормативные документы

Показать место документов в системе нормативных документов, их значение и какие вопросы регулируются в части безопасности перевозки груза по индивидуальному заданию.

Судовые документы

К судовым документам следует отнести свидетельства и сертификаты классификационных обществ (РМРС, РРР и др.) и другие документы, необходимые для безопасного выполнения рейса. Например: Свидетельство о пригодности судна для перевозки навалочных грузов, Форма 2.1.18; Дополнение к «Свидетельству о пригодности судна для перевозки навалочных грузов», Форма 2.1.19; Свидетельство о возможности перевозки зерна насыпью; Свидетельство о соответствии судна, перевозящего опасные грузы, специальным требованиям. Форма 2.1.17; Свидетельство о годности к плаванию; Свидетельство на средства крепления груза; «Наставление (руководство) по креплению груза» и др. Важную роль играет судовой журнал, в котором должны отражаться все важные события и действия в отношении перевозимого груза, состояния судна, обеспечению организации перевозочного процесса на судне. Студенты должны из этого списка выбрать необходимые для груза по индивидуальному заданию, дополнить другими документами, охарактеризовать значение каждого из перечисленных им документов.

Документы на груз

Ряд документов, характеризующих качество и физико-химические свойства, сопровождают груз согласно контракта купли-продажи.

Ряд документов выпускается по требованию транспортных конвенций, кодексов и правил. Это: Информация о грузе; Декларация о транспортных характеристиках и условиях безопасности морской перевозки навалом груза (в дальнейшем Декларация о грузе); Справка об отборе проб; Сертификат о транспортных характеристиках груза на момент погрузки; Документ безопасной укладке и креплении груза и т.д.

Здесь также следует выбрать необходимые для груза по индивидуальному заданию, дополнить другими документами, охарактеризовать значение каждого из перечисленных им документов.

2.11. Выводы по второму разделу курсового проекта

Выполнение второго раздела включает все основные этапы технологической подготовки и проведения рейса. Здесь необходимо кратко объединить выводы, сделанные ранее, проанализировать по вариантам индивидуального задания заполненные таблицы и результаты вычислений по отдельным операциям, критерии остойчивости судна, соответствие требованиям местной прочности корпуса судна, пригодность судов для обеспечения соответствующего технологического режима перевозки и др.

Также необходимо показать, какое судно предпочтительнее использовать на данном направлении при перевозке данного груза в технологическом аспекте.

3. ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА СУДНА В ЗАДАННОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ПЕРЕВОЗКИ

3.1. Расчет основных показателей использования судна

Коэффициент загрузки судна (Коэффициент использования грузоподъемности судна по отправлению) следует определить из выражения:

$$k_3 = \frac{P_{\text{тр}} + P_{\text{лк}}}{\Delta_w - q_c}, \text{ ед.} \quad [3.1]$$

где k_3 — коэффициент загрузки судна, ед.;

$P_{\text{тр}}$ — масса груза, погруженного в грузовые трюмы, т;

$P_{\text{лк}}$ — масса груза, погруженного на люковые крышки трюмов, т;

Δ_w — дедвейт судна по грузовую ватерлинию, т;

q_c — максимальная (100%) сумма судовых запасов на судне, т.

Коэффициент использования грузоподъемности судна определяется из выражения:

$$k_{\text{гп}} = \frac{P_c \cdot L_{\text{г}}}{(\Delta_w - q_c) \cdot L_c}, \text{ ед.} \quad [3.2]$$

где $k_{\text{гп}}$ — коэффициент использования грузоподъемности судна, ед.;

P_c — масса груза, погруженного на судно, т;

$L_{\text{г}}$ — расстояние, на которое перевезен груз в рейсе, км;

L_c — расстояние, пройденное судном в рейсе, км (условно $L_{\text{г}} = L_c$);

Δ_w — дедвейт судна по грузовую ватерлинию, т;

q_c — максимальная (100%) сумма судовых запасов на судне, т.

Удельная грузовместимость судна, $\text{м}^3/\text{т}$ означает какой объем грузовых помещений приходится на 1 тонну чистой грузоподъемности судна.

$$k_{\text{вм}}^{\gamma} = \frac{W}{\Delta_{\text{в}} - q_{\text{с}}}, \text{ м}^3 / \text{т} \quad [3.3]$$

где $k_{\text{вм}}^{\gamma}$ — удельная грузовместимость судна, $\text{м}^3/\text{т}$;

W — грузовместимость судна, м^3 ;

$\Delta_{\text{в}}$ — дедвейт судна по грузовую ватерлинию, т;

$q_{\text{с}}$ — максимальная (100%) сумма судовых запасов на судне, т.

Фактическая удельная грузовместимость судна, $\text{м}^3/\text{т}$ означает какой объем грузовых помещений приходится на 1 тонну груза, погруженного в грузовые помещения судна.

$$k_{\text{вм}}^{\phi} = \frac{W}{P_{\text{тр}}}, \text{ м}^3 / \text{т} \quad [3.4]$$

где $k_{\text{вм}}^{\phi}$ — удельная грузовместимость судна, $\text{м}^3/\text{т}$;

W — грузовместимость судна, м^3 ;

$P_{\text{тр}}$ — масса груза, погруженного в грузовые трюмы, т.

Коэффициент использования вместимости грузовых трюмов, определяется как отношение объема груза, погруженного в трюм ($V_{\text{г}}^i$) к объему соответствующего грузового трюма:

$$k_{\text{вм}}^i = \frac{V_{\text{г}}^i}{V_{\text{тр}}^i}, \text{ ед.} \quad [3.5]$$

где $k_{\text{вм}}^i$ — коэффициент использования вместимости i -го трюма, ед.;

$V_{\text{г}}^i$ — объема груза, погруженного в i -й грузовой трюм (см. ф-лу 2.30 или табл. 19 прил. 1);

$V_{\text{тр}}^i$ — объем i -го грузового трюма, м^3 .

Коэффициент трюмной укладки груза, как отношение грузовместимости грузового трюма к суммарному объему грузовых мест, уложенных в этом трюме определяется только для генерального груза

$$k_{\text{тр}}^i = \frac{V_{\text{тр}}^i}{V_{\text{гм}}^i}, \text{ ед.} \quad [3.6]$$

где $k_{\text{тр}}^i$ — коэффициент трюмной укладки в i -м грузовом трюме, ед.;

$V_{\text{тр}}^i$ — объем i -го грузового трюма, м^3 ;

$V_{\text{гм}}^i$ — суммарный объем грузовых мест, уложенных в i -м трюме, м^3 .

Следует учитывать, что суммарный объем грузовых мест $V_{\text{гм}}^i$ не учитывает пустоты, образующиеся в трюме между отдельными местами, между местами и конструкциями грузового помещения, пустотами внутри прокладочного или крепежного материала и пр. (см. табл. 4 прил. 1)

$$V_{\text{гм}}^i = \frac{P_{\text{тр}}^i \cdot V_{\text{лм}}}{P_{\text{лм}}}, \text{ м}^3 \quad [3.7]$$

где $P_{\text{тр}}^i$ — масса груза в отдельном трюме, т;

$P_{\text{лм}}$ — масса одного грузового места (пакета, рулона, связки и т.д.), т;

$V_{\text{лм}}$ — объем одного грузового места (пакета, рулона, связки и т.д.), м³.

Исходные данные по массе и объему одного грузового места содержатся в табл. 4 прил. 1.

Производительность одной тонны грузоподъемности судна в сутки определяется

$$П_{1\text{т}} = \frac{P_{\text{с}} \cdot L_{\text{г}}}{(\Delta_{\text{в}} - q_{\text{с}}) \cdot t_{\text{р}}}, \text{ т} \cdot \text{км} / \text{т} \cdot \text{же} \cdot \text{сут.} \quad [3.8]$$

где $П_{1\text{т}}$ — производительность 1 тонны грузоподъемности судна в сутки, т·км/т·же·сут;

$P_{\text{с}}$ — масса груза, погруженного на судно, т;

$L_{\text{г}}$ — расстояние, на которое перевезен груз в рейсе, км

$\Delta_{\text{в}}$ — дедвейт судна по грузовую ватерлинию, т;

$q_{\text{с}}$ — максимальная (100%) сумма судовых запасов на судне, т.

$t_{\text{р}}$ — продолжительность рейса судна, сут.

Продолжительность рейса судна определяется временем следования судна от порта погрузки до порта выгрузки:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{х}}^{\text{м}} + t_{\text{х}}^{\text{р}} + t_{\text{ст}}^{\text{р}}, \text{ сут.} \quad [3.9]$$

где $t_{\text{р}}$ — продолжительность рейса судна, сут.;

$t_{\text{х}}^{\text{р}}$ — время следования судна по речным участкам пути, сут (см. табл. 20, прил. 1);

$t_{\text{ст}}^{\text{р}}$ — время стоянки судна при следовании по речным путям (см. табл. 20, прил. 1);

$t_{\text{х}}^{\text{м}}$ — время следования судна по морским участкам пути, сут (см. табл. 21, прил. 1).

Показатели использования судов по вариантам следует занести в табл. 3.1. и проанализировать.

Таблица 3.1

Показатели использования судна

№ п/п	Показатели	Обозначение	Вариант 1	Вариант 2
1.	Коэффициент загрузки судна	k_z		
2.	Коэффициент использования грузоподъемности судна	k_{zn}		
3.	Удельная грузовместимость судна	$k_{\text{вм}}^v$		
4.	Фактическая удельная грузовместимость судна	$k_{\text{вм}}^f$		
5.	Коэффициент использования вместимости грузового трюма №№ 1, 2 и др.	$k_{1\text{вм}}, k_{2\text{вм}}$ и др.		
6.	Коэффициент трюмной укладки груза в грузовом трюме №№ 1, 2 и др.	$k_{1\text{тр}}, k_{2\text{тр}}$ и др.		
7.	Производительность одной тонны грузоподъемности судна в сутки	Π_{1m}		
8.	Продолжительность рейса судна, сут	t_p		

При анализе эксплуатационно-экономических показателей грузового рейса рекомендуется показать, какое преимущество один вариант имеет перед другим, за счет каких показателей или технологических решений достигнут этот результат.

3.2. Выбор оптимального типа судна

Оптимальный вариант типа судна в транспортно-технологической схеме доставки груза в рамках данного курсового проекта определяется на основе анализа элементов безопасности перевозки груза.

При выборе оптимального типа судна необходимо принимать во внимание выводы по второму и третьему разделам курсового проекта, касающиеся технологических аспектов организации перевозки (установление требуемых осадок и дифферента в соответствии с путевыми условиями предполагаемого маршрута перевозки, определение количества груза с учетом размещения груза в трюмах и на палубе, соответствие критериям остойчивости и местной прочности корпуса судна, показатели использования судна и пр.).

Библиографический список

1. Рекомендуемая литература:

1. Бабурин В.А., Бабурин Н.В. Организация перевозок и управление работой флота: Учебник.— СПб.:Издательский дом «Мирь», 2012. — 400с.: илл.
2. Козырев В.К. Грузоведение: Учеб. Для вузов. — М.: РКонсульт, 2005. — 358 с.
3. Лебедев В.Н. Технология перевозки грузов на судах: практикум — СПб.: ФГБОУ ВПО ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 136 с.
4. Лебедев В.Н. Технология перевозок: Учебник для вузов / В.Н. Лебедев. — СПб.: Изд-воГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2015. — 444 с.
5. Рукавишникова Н.П., Блинов М.Ю. Грузовой план судна: учебное пособие. — СПб. СПГУВК, 2008. — 24 с.
6. Транспортные характеристики грузов. М.Н.Гаврилов. Мортехинформреклама. Морской транспорт. Справочное руководство, 1994, 193 с.

2. Нормативно-справочные материалы:

1. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года с Протоколом 1988 года. (СОЛАС 74/88)
2. Международный кодекс морской перевозки навалочных грузов (МКМПНГ)
3. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ)
4. Международный кодекс по безопасной перевозке зерна насыпью (МЗК)
5. Кодекс безопасной практики для судов, перевозящих палубные лесные грузы (Кодекс ПЛГ)
6. Кодекс безопасной практики размещения и крепления груза (Кодекс РКГ)
7. Правила безопасности морской перевозки грузов. РД 31.11.21.16-2003
8. Правила безопасности морской перевозки навалочных грузов (Правила НГ) — СТО 318.1.38-2009. Книги 1 и 2, — СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2009 г.

9. Правила безопасности морской перевозки металлопродукции
РД 31.11.21.23-96
10. Правила безопасности морской перевозки пакетированных грузов
РД 31.11.21.13-96
11. Правила безопасности морской перевозки крупногабаритных и тяжёловесных грузов (КТГ) РД 31.11.21.24-96
12. Правила безопасности морской перевозки тарно-штучных грузов
РД 31.11.21.25-96
13. Правила безопасности морской перевозки лесных грузов
РД 31.11.21.01-97
14. Правила морской перевозки продовольственных грузов.
Общие требования. РД 31.11.25.00-96
15. Правила морской перевозки зерновых грузов. РД 31.11.25.25-96
16. Правила перевозки зерна, 2006, Издание морского Регистра судоходства
17. Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов.
6-М, Книга 1. — СПб, ЗАО «ЦНИИФ», 1996 г. — 281 стр.
18. Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов.
6-М, Книга 2. — СПб, ЗАО «ЦНИИФ», 1998 г. — 223 стр.
19. ГОСТ 26653-2014. Подготовка генеральных грузов к транспортированию. Общие требования.
20. Нормы времени следования транзитного флота. МРФ РСФСР, 1985
21. Тарифное руководство № 4-Р. Тарифные расстояния речных пароходств Северо-Западного и Северного бассейнов/МРФ РСФСР. — Л.: Транспорт, 1977. — 184 с.
22. Тарифное руководство № 4-Р. Расстояния между тарифными пунктами речных пароходств центрального бассейна/МРФ РСФСР— Л.: Транспорт, 1987. — 202 с.
23. Таблицы морских расстояний для судов смешанного плавания по морским путям. Издание ГУНИО, С.-Петербург, 1992. — 200 с.

**Выбор
варианта задания и исходных данных
для выполнения курсового проекта**

Таблица 1

Выбор варианта задания

Пред- послед- няя цифра № зач. книжки	Последняя цифра № зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	3	17	34	23	9	31	9	11	11	11
	н9	н11	г18	г3	г1	г22	г2	н1	г1	н4
2	21	30	32	15	30	19	21	24	29	29
	н9	г12	г13	н4	г20	н4	н4	г20	н1	н2
3	7	25	27	22	37	36	38	33	6	33
	г8	г3	г3	н5	н2	г9	н12	н1	г13	н3
4	35	35	6	40	2	1	4	4	6	28
	н1	н2	г14	г7	н2	г3	н4	н12	г5	г11
5	8	17	8	6	28	12	14	16	12	32
	г5	н12	н2	г15	г8	н3	н6	н7	г7	г16
6	8	9	9	37	39	3	36	7	6	2
	г6	г5	г6	н4	г25	н10	г11	г9	г16	г7
7	17	32	37	38	3	36	16	7	32	12
	н8	г15	н12	г19	н5	г10	г17	г10	г14	н7
8	37	20	19	2	4	26	10	8	15	10
	г17	г4	н6	н1	н8	г18	г23	н1	г19	г5
9	22	13	25	37	26	23	34	24	4	9
	н8	н4	г21	н3	г12	г8	г20	г12	г1	г17
0	19	37	35	5	8	7	2	38	33	27
	н11	н1	н3	г3	г4	г11	н3	г24	н2	г21

Примечание:

Числитель - порядковый № направления перевозки (см. табл. 2 прил. 1);

Знаменатель - буква обозначает вид груза:

н - навалочный или насыпной груз (см табл. 3 прил. 1),

г - генеральный груз (см табл. 4 прил. 1),

цифра после буквы - обозначает порядковый номер груза в табл. 3 или 4.

Таблица 2

Выбор направления перевозки

№	Направление перевозки	№	Направление перевозки
1.	Соликамск – Измит (Турция)	2.	Березники - Щецин (Польша)
3.	Волгодонск - Равенна (Италия)	4.	Череповец – Измир (Турция)
5.	Надвоицы – Роттердам (Нид)	6.	Волжский – Антверпен (Бел)
7.	Важины – Антверпен (Бельгия)	8.	Пермь - Копенгаген (Дания)
9.	Череповец – Гамбург (Герм)	10.	Камбарка – Антверпен (Бел)
11.	Череповец – Антверпен (Бел)	12.	Березники – Текирдаг (Турция)
13.	Тольятти – Ольборг (Дания)	14.	Тольятти – Южный (Украина)
15.	Тольятти – Орхус (Дания)	16.	Березники – Анталья (Турция)
17.	Москва (Сев. порт) – Немрут	18.	Москва (Сев. порт) – Любек
19.	Тольятти – Гемлик (Турция)	20.	Надвоицы – Бремен (Герм)
21.	Самара – Мерсин (Турция)	22.	Саратов – Бандырма (Турция)
23.	Кондопога – Мальмё (Шв)	24.	Волоков Мост – Котка (Фин)
25.	Кондопога – Антверпен	26.	Волоков Мост – Хусум
27.	Кондопога – Измит (Турция)	28.	Важины – Гдыня (Польша)
29.	Пермь - Щецин (Польша)	30.	Вытегра – Котка (Фин)
31.	Пермь - Гамбург (Герм)	32.	Волжский – Гамбург (Герм)
33.	Соликамск – Щецин (Польша)	34.	Важины – Хусум (Швеция)
35.	Соликамск – Ольборг (Дания)	36.	Важины – Росток (Герм)
37.	Череповец – Гдыня (Польша)	38.	Москва (Сев. порт) – Гамбург
39.	Вольск – Гданьск (Польша)	40.	Ниж. Новгород – Александрия

Таблица 3

Выбор навалочного/насыпного груза

№	Название груза	УПО, м ³ /т	УЕО, град	ОГ**
1.	удобрение ДАФ	1,15	36 *	нет
2.	удобрение МАФ	1,12	32 *	нет
3.	калий хлористый	1,02	33 *	нет
4.	карбамид	1,36	31 *	нет
5.	пшеница	1,40	28 *	нет
6.	сульфат аммония	1,04	32 *	нет
7.	удобрение аммиачно-нитратное	1,05	35 *	да
8.	лом черных металлов	0,95	не требуется	нет
9.	горох	1,35	26 *	нет
10.	жмых подсолнечника	1,80	не требуется	да
11.	стружка черных металлов	0,70	не требуется	да
12.	аммофос	1,14	28 *	нет

Примечания:

: * частицы груза не имеют свойства сцепления;

** ОГ – относится груз к опасным или нет

Таблица 4

Выбор генерального груза/ груза в упаковке

№ п/п	Генеральный груз (груз в упаковке)	УПО, м ³ /т	P ₁ м, тонн	ОГ
1.	Стальные слябы: $l_n = 4.0$ м, $b_n = 1.0$ м, $h_n = 0.2$ м	0,4	2,6	нет
2.	Сталь листовая в рулонах: $\varnothing_n = 1,2$ м, $b_p = 1,2$ м	0,28	7,2	нет
3.	Бумага в рулонах: $\varnothing_n = 1,0$ м, $b_p = 1,0$ м	1,9	0,55	нет
4.	Алюминий в чушках: $S_{сеч} = 0,02$ м ² , $l_n = 0,5$ м	0,49	0,06	нет
5.	Сталь-прутки в связках: $4.0 \times 0.6 \times 0.6$ (м)	0,36	2,8	нет
6.	Сталь уголкового в связках: $3.0 \times 0.5 \times 0.5$ (м)	0,7	1,6	нет
7.	Бумага в рулонах: $\varnothing_n = 1,0$ м, $b_p = 1,2$ м	2,2	0,65	нет
8.	Пиломатериалы в пакетах: $3.0 \times 0.9 \times 1.2$ (м)	2,37	2,0	нет
9.	Пиломатериалы в пакетах: $3.5 \times 1.0 \times 1.1$ (м)	2,35	2,3	нет
10.	Пиломатериалы в пакетах: $4.0 \times 1.25 \times 1.2$ (м)	2,30	3,6	нет
11.	Пиломатериалы в пакетах: $3.0 \times 1.1 \times 1.1$ (м)	2,35	2,2	нет
12.	Круглый лес (береза): $\varnothing_n = 0,2$ м, $l_{бр} = 6$ м	2,9	0,021	нет
13.	Трубы стальные большого диаметра ($\varnothing_n = 720$ мм, $l_t = 10,5$ м, $s_t = 11$ мм)	2,8	см. п. 2.4.2.	нет
14.	Трубы стальные большого диаметра ($\varnothing_n = 920$ мм, $l_t = 10,0$ м, $s_t = 12$ мм)	3,2	см. п. 2.4.2.	нет
15.	Трубы стальные большого диаметра ($\varnothing_n = 1020$ мм, $l_t = 10,5$ м, $s_t = 12$ мм)	3,4	см. п. 2.4.2.	нет
16.	Трубы стальные большого диаметра ($\varnothing_n = 1420$ мм, $l_t = 10,0$ м, $s_t = 14$ мм)	3,8	см. п. 2.4.2.	нет
17.	Аммиачно-нитратное удобрение в биг-бэгах	1,25	0,6	да
18.	Круглый лес (осина): $\varnothing_n = 0,15$ м, $l_{бр} = 4$ м	2,8	0,065	нет
19.	Стружка стальная в упаковке: $\varnothing_n = 1,2$ м, $l_n = 2$ м	0,6	4,0	да
20.	Пиловочник хвойный: $\varnothing_n = 0,25$ м, $l_{бр} = 6$ м	3,0	0,22	нет
21.	Бумага в рулонах: $\varnothing_n = 1,2$ м, $h_p = 1,5$ м	2,1	1,1	нет
22.	Масло смоляное в бочках: $\varnothing_n = 0,6$ м, $h_b = 0,9$ м	1,75	0,2	да
23.	Краска (белила) в бочках: $\varnothing_n = 0,5$ м, $h_b = 0,7$ м	1,3	0,12	да
24.	Хлопок сухой в тюках: $0,8 \times 0,6 \times 0,5$ (м)	2,2	0,5	да
25.	Цемент в мешках на пакетах: $1,25 \times 1,05 \times 0,95$	0,64	1,9	нет

Примечание: 1) УПО - применяется только для размещения груза в трюмах; 2) ОГ – относится груз к опасным или нет; 3) P_{1м} – масса одного пакета или одного грузового места, тонн; 4) Размеры следующих грузов даны в ($l_n \times b_n \times h_n$) м³: - стальные слябы, сталь-прутки в связках, сталь уголкового в связках, пиломатериалы в пакетах, хлопок сухой в тюках; 5) Объем 1 биг-бэга с удобрением равен 1 м³.

Таблица 5

Выбор судов по вариантам

Последняя цифра зач/книжки	Вариант судна № 1		Вариант судна № 2	
	Тип судна	№ проекта судна	Тип судна	№ проекта судна
1	Сормовский	1557	Волго-Балт	2-95 АР
2	Амур	92-040	Ладога	285
3	Балтийский	16290	Сибирский	0225
4	Сибирский	0225	Ладога	787
5	Ладога	787	Ладога	285
6	Балтийский	16290	Ладога	285
7	Ладога	787	Балтийский	16290
8	Сибирский	0225	Волго-Балт	2-95 АР
9	Амур	92-040	Сормовский	1557
0	Сормовский	1557	Сибирский	0225

Таблица 6

Гарантированные глубины судовых ходов и шлюзов *

Участок пути:	Глубина, м
Онежское оз. – Кондопога (причал ЦБК)	3,80
р. Свирь – (Вознесение – устье р. Оять)	3,90
р. Волга - (Городец – Балахна)	3,50
р. Кама - Чайковский (шлюз) - Сарапул	3,30
р. Кама - Нижнекамск (шлюз) – Соколки	3,60
р. Кама - Пермь (шлюз) – Закамск (нижний бьеф Пермского шлюза)	3,70
р. Дон - (Кочетовский шлюз – Аксай)	3,40
Цимлянское водохранилище, Волго-Донской судоходный канал	3,65
Шлюз:	
Нижне-Свирский, ВБК №6, Шекснинский (№8), Угличский, Рыбинский, КИМ (№ 1-9), Чебоксарский, Николаевский, Константиновский	> 4,40
Вытегорский (шлюз ВБК №1)	4,10
Кочетовский	3,45
Городецкие шлюзы	3,55

Примечание: * Шлюзы и участки пути, не указанные в таблице – глубина 4,0 м

Таблица 7

Характеристика судов

1	Характеристика судна	Дедвейт по ГВЛ, т	Вес судна порожнем, т	Судовые запасы (100%), тонн	Запасы (на отход), тонн,			Скорость хода, км/ч	
					всего	в т.ч.			
						топливо	масло		вода
2	Усл. обозн.	Δ_w	Δ_0	q_c	q_c^{ϕ}	q_T	q_v	V_x	
3	Номер проекта судна	16290	2781	1438	190	147	75	40	21
4		92-040	3159	1866	159,5	118	67	42	18
5		2-95 AP	3125	1336	125	106	64	5	19
6		2-.85	1866	1045	155	111	66	34	22
7		787	2064	1185	171	107	63	37	20
8		225	4210	1990	160	109	65	39	18
9		1557	3143	1286	139	98	56	31	17

Окончание таблицы 7

1	Длина судна наибольшая, м	Длина судна расчетная, м	Ширина судна наибольшая, м	Высота борта, м	Осадка в пресной воде по ГВЛ, м	Чистая вместимость судна, ед	Высота двойного дна, м	Площадь брусковых килей, м ²	Коэффициент обшей полноты, ед.
2	L_{ex}	L	B	D	d_w^n	NT	$h_{дд}$	A_k	C_B
3	89,5	84,9	13,4	5,5	4,38	985	0,9	16	0,835
4	116	112	13,4	6	4,09	936	0,98	16,3	0,828
5	114	110	13,2	5,5	3,72	1010	0,88	20	0,832
6	81	77,7	12,0	5,6	4,1	742	0,85	14	0,764
7	82,5	80,5	11,4	5,8	4,1	695	0,95	11	0,854
8	130	122	15,8	6	3,64	1194	1,0	24	0,880
9	114	110	13,2	5,5	3,75	988	0,89	22	0,818

Таблица 8

Характеристика грузовых трюмов и люковых крышек

№	Характеристика	Номер проекта судна		
		16290	2-85	787
1.	Грузовместимость судна, м ³ всего, в т.ч. <i>по трюмам</i>	3330 <i>1670 + 1660</i>	2623 <i>1107+ 1516</i>	3040 <i>3040</i>
2.	Размеры трюмов, L _{тр} x B _{тр}	25 x 10,57 25 x 10,57	21,45 x 10/5,5 26,65 x 10	44,85 x 8,6
3.	Высота, м: трюма с коминг- сом/ люковых закрытий	5,94/ 0,42	5,87/ 0,38	7,9/0,35
4.	Площадь днища трюмов, м ² всего, в т.ч. <i>по трюмам</i>	528,5 <i>264 + 264</i>	448 <i>181 + 267</i>	385,7 <i>385,7</i>
5.	Размеры люковых крышек, L _{лк} x B _{лк}	25,3 x 10,87 25,3 x 10,87	17,6 x 8,55 25,7 x 8,55	46 x 9
6.	Размеры люков грузовых трюмов, L _{лт} x B _{лт}	25x 10,57 25x 10,57	16,82 x 8.2 24,66 x 8.2	44,85 x 8,6
7.	Допустимая нагрузка, т/м ² : на днище трюма/люковые за- крытия	5,3/ 1,42	5.5/ 1,75	4/ 1,6

Окончание таблицы 8

№	Номер проекта судна			
	92-040	2-95А/Р	0225	1557
1.	4064 <i>874 + 1595 + 1595</i>	4720 <i>1100+1210+ 1210 + 1200</i>	5431 <i>1381+ 1350 +1350+1350</i>	4297 <i>951 +1136+ 1146 +1064</i>
2.	№1: 14,1x 10,1 №2,3: 25,1x 10,1	№1: 19,3x 11,2 №2,3: 19,8x 11,2 №4: 19,5x 11,2	№1: 20,7x 11 №2-4: 19,8x 11	№1: 17,6 x 9,6 №2,3: 19,8x 11,2 №4: 18,1x 11
3.	6,24 / 0,48	5,89 / 0,53	6,1 / 0,48	5,47 / 0,5
4.	638,4 <i>131 + 253,7 + 253,7</i>	840 <i>178 + 223 + 223 + 216</i>	891 <i>234 + 219 + 219 + 219</i>	791 <i>143+ 222 + 222 + 204</i>
5.	№1: 12,6x 10,5 №2-3: 24,4x 10,5	№1-4: 19,8 x 10,3	№ 1,2: 40x11	№1: 18,6x 10,3 №2-4: 19,2x 10,3
6.	№1: 12,5x 10,1 №2-3: 24,2x 10,1	№1: 18,8x 9,52 №2,3: 19,7x 9,52 №4: 19,5x 9,52	№1-4: 19,3x 11	№1: 17,6 x 9,35 №2-4: 18,1x 9,35
7.	6,2 / 1,75	5.5 / 1,4	6,5 / 1,3	6,0 / 1,3

Таблица 9

Весовые нагрузки судна после погрузки

1) Волго-Балт пр. 2-95AP

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1336	- 9.14	4.59
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	35.77	3.78*
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	16.65	3.59*
4	Груз в трюме № 3	$P_{3тр}$	х	- 3.15	3.69*
5	Груз в трюме № 4	$P_{4тр}$	х	- 22.68	3.69*
6	Палубный груз	$P_{лк}$	х	4.0	х
7	Топливо и масло	p_t	64	- 34.76	2.84
8	Вода	p_v	35.0	19.6	1.75
9	Прочие запасы	$p_{пр}$	7.0	- 48.0	7.0

2) Сибирский пр. 0225

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1990	- 9.4	4.1
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	36.0	4.02*
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	16.0	4.1*
4	Груз в трюме № 3	$P_{3тр}$	х	- 3.8	4.1*
5	Груз в трюме № 4	$P_{4тр}$	х	- 23.6	4.1*
6	Палубный груз	$P_{лк}$	х	6.1	х
7	Топливо и масло	p_t	65	- 43.3	2.71
8	Вода	p_v	39.0	- 29.1	3.52
9	Прочие запасы	$p_{пр}$	5.0	- 47.0	5.0

3) Сормовский пр. 1557

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1286	- 9.43	4.3
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	33.88	3.63 *
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	15.46	3.49 *
4	Груз в трюме № 3	$P_{3тр}$	х	- 4.18	3.49 *
5	Груз в трюме № 4	$P_{4тр}$	х	- 23.2	3.53 *
6	Палубный груз	$P_{лк}$	х	4.8	х
7	Топливо и масло	p_t	56.0	- 41.2	1.89
8	Вода	p_v	31.0	- 33.9	4.0
9	Прочие запасы	$p_{пр}$	11.0	- 24.7	8.4

Амур пр. 92-040

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1865,5	- 9.83	5.28
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	34.16	3.98*
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	14.63	4.03*
4	Груз в трюме № 3	$P_{3тр}$	х	- 10.67	4.03*
5	Палубный груз	$P_{лк}$	х	8.12	х
6	Топливо и масло	$p_{т}$	67	- 26.4	3.68
7	Вода	$p_{в}$	42	- 24.4	0.92
8	Прочие запасы	$p_{пр}$	9	- 44.8	8.0

4) Балтийский пр. 16290

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1438	- 8.6	4.94
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	17.4	3.8*
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	- 9.8	3.8*
4	Палубный груз	$P_{лк}$	х	3.8	х
5	Топливо и масло	$p_{т}$	75	24	3.1
6	Вода	$p_{в}$	40	- 42.0	4.65
7	Прочие запасы	$p_{пр}$	32	- 41.3	4.64

5) Ладога пр. 787

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1185	- 3.5	4.27
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	-2.48	4.85*
3	Палубный груз	$P_{лк}$	х	- 2.48	х
4	Топливо и масло	$p_{т}$	63	- 18.7	1.29
5	Вода	$p_{в}$	37	8.9	3.6
6	Прочие запасы	$p_{пр}$	7.0	26.1	5.64

6) Ладога пр. 2-85

№	Весовая нагрузка	Обозначение	Вес, т	x_g от L/2, м	z_g от ОЛ, м
1	Судно порожнем	Δ_0	1045	- 8.0	5.01
2	Груз в трюме № 1	$P_{1тр}$	х	20.30	3.70*
3	Груз в трюме № 2	$P_{2тр}$	х	- 3.38	3.69*
4	Палубный груз	$P_{лк}$	х	5.55	х
5	Топливо и масло	$p_{т}$	66	- 21.93	3.03
6	Вода	$p_{в}$	34	- 36.31	5.37
7	Прочие запасы	$p_{пр}$	11	- 24.8	6.20

Примечания: х - значения определяются расчетным путем;

* - значения z_g при полностью загруженном трюме.

Таблица 10

Координаты цистерн и суточный расход топлива и воды

№ п/п	№ проекта	Цистерна	Координаты		Суточный расход, тонн/сутки *
			z_g	x_g	
1	1557	Топливо	0,53	- 39,4	5,0/0,5
		Вода	4,0	-33,9	1,6
2	16290	Топливо	3,4	28,0	4,0/0,4
		Вода	4,6	- 42,3	2,9
3	92-040	Топливо	3,68	- 25,9	4,8/0,5
		Вода	0,35	- 20,3	1,9
4	0225	Топливо	2,62	- 44,2	5,2/0,5
		Вода	2,06	- 27,32	2,3
5	285	Топливо	0,5	- 25,4	3,8/0,4
		Вода	5,37	- 36,3	2,1
6	2-95 AP	Топливо	3,14	- 34,8	4,8/0,5
		Вода	0,44	- 27,1	2,0
7	787	Топливо	2,19	- 35,79	4,0/0,4
		Вода	2,14	19,3	2,6

Примечание: * Для топлива расход в т/сут через дробь: на ходу/на стоянке.

Таблица 11

Плотность воды в морских водах, γ (т/м³)

Водный бассейн	Плотность воды, γ
Азовское море (восточная часть/западная часть)	1,006/1,014
Балтийское море (восточная часть/западная часть)	1,010/1,012
Адриатическое море (северная часть/южная часть)	1,024/1,026
Северное море (прибрежные воды материка/запад)	1,025/1,027
Черное моря (север + восток/юг + запад)	1,012/1,014
Мраморное море (восточная часть/западная часть)	1,014/1,016
Финский залив Балтийского моря	1,006
Эгейское море (северная часть/южная часть)	1,022/1,026

Таблица 12

Координаты балластных цистерн и весовые нагрузки по балласту*

№ б/ц	Номер проекта судна													
	92-040		16290		2-95AP		2-85		787		0225		1557	
	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м	Вес, т	x _г , м
фор пик	132	44	96	39	70	49	60	35	30	38	164	58	93	46
1	366	30	61	32	384	36	319	20	34	30	534	36	107	40
2	297	18	236	23	418	17	280	2	305	12	492	16	224	31
3	246	14	228	10	418	- 3	226	- 12	301	- 4	492	- 4	386	15
4	287	1	254	- 3	373	- 24	-	-	268	- 18	147	- 19	392	- 4
5	91	- 3	119	- 17	-	-	-	-	-	-	208	- 28	396	- 23
6	96	- 12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	135	- 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	- 34
ахт-тер-пик	45	- 50	14	- 37	46	- 48	57	- 36	54	- 32	60	- 56	49	- 50

Примечание: * распределение весовых нагрузок по балластным цистернам и абсцисса центра тяжести балластных цистерн принята условно

Таблица 13

Определение водоизмещения (Δ , Δ^Φ) по средней осадке судна (d_{cp}^n)

№ проекта	γ	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой - d_{cp}^n						
16290	1.0	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
		2.0	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	5.0
2-85	1.0	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
		2.10	2.88	3.13	3.39	3.63	3.88	4.12
787	1.0	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
		2.55	3.05	3.25	3.50	3.70	3.85	4.3
2-95 AP	1,0	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
		2.18	2.74	3.17	3.36	3.58	3.75	3.85
0225	1,0	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
		1.28	2.15	2.44	2.98	3.25	3.53	3.75
1557	1.0	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
		2.56	2.87	3.26	3.41	3.56	3.64	3.75
92-040	1,0	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
		2.54	3.17	3.33	3.47	3.63	3.78	4.09

Таблица 14

Определение аппликаты поперечного метacentра (z_m)
по водоизмещению судна (Δ , Δ^Φ)

№ проекта	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой - z_m						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	8.43	6.57	6.32	6.20	6.09	5.96	5.72
2-85	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
	6.33	5.40	5.25	5.13	5.06	5.01	4.99
787	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
	5.64	5.27	5.15	5.04	4.98	4.94	4.86
2-95 AP	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
	7.40	6.46	5.90	5.86	5.80	5.75	5.73
0225	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
	16.8	10.79	9.81	8.55	8.14	7.78	7.57
1557	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
	6.4	6.02	5.72	5.64	5.58	5.56	5.55
92-040	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
	6.85	6.10	5.98	5.87	5.82	5.76	5.64

Таблица 15

Определение абсциссы центра величины судна (x_c)
по водоизмещению судна (Δ , Δ^Φ)

№ проекта	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой – x_c						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	0.58	0.35	0.26	0.15	0.05	-0.13	-0.66
2-85	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
	1.12	0.76	0.64	0.51	0.37	0.25	0.10
787	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
	-1.45	-1.66	-1.74	-1.81	-1.85	-1.88	-1.91
2-95 AP	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
	0.33	0.12	-0.04	-0.07	-0.14	-0.17	-0.19
0225	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
	1.00	0.57	0.43	0.09	-0.06	-0.19	-0.29
1557	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
	-0.65	-0.73	-0.82	-0.86	-0.90	-0.92	-0.94
92-040	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
	0.53	0.36	0.31	0.27	0.22	0.18	0.10

Таблица 16

Определение абсциссы центра тяжести ватерлинии (x_T)
по водоизмещению судна (Δ , Δ^Φ)

№ проекта	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой – x_T						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	1.04	1.56	1.72	1.82	1.93	2.09	2.63
2-85	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
	0.24	-0.52	-0.79	-1.07	-1.35	-1.63	-1.90
787	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
	1.32	1.59	1.69	1.83	1.93	2.01	2.25
2-95 AP	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
	-0.40	-0.67	-0.83	-0.91	-0.98	-1.04	-1.06
0225	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
	0.73	-0.43	-0.67	-1.48	-1.64	-1.76	-1.85
1557	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
	-1.30	-1.40	-1.49	-1.53	-1.57	-1.59	-1.61
92-040	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
	-0.10	-0.44	-0.53	-0.62	-0.70	-0.82	-1.01

Таблица 17

Определение момента, дифференцирующего судно на 1 см ($M_{1\text{см}}$)
по водоизмещению судна (Δ , Δ^Φ)

№ проекта	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой – $M_{1\text{см}}$						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	48.2	55.5	59.5	62.1	64.8	67.0	71.9
2-85	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
	32.3	36.3	37.7	39.2	40.7	42.2	43.9
787	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
	48.4	52.8	53.8	55.0	56.2	56.7	57.6
2-95 AP	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
	89.3	93.7	98.8	100.4	102.3	103.8	104.4
0225	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
	133	155	160	175	179	183	186
1557	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
	86.8	89.8	93.1	94.2	95.4	96.5	97.1
92-040	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
	93.37	100.5	102.4	104.2	106.1	108.0	109.5

Таблица 18

Определение числа тонн груза, приходящегося на 1 см осадки
по водоизмещению судна (Δ , Δ^Φ)

№ проекта	Над чертой – Δ , Δ^Φ под чертой – число т/1 см						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	9.50	10.12	10.33	10.46	10.60	10.75	10.9
2-85	1366	1951	2146	2341	2537	2732	2927
	7.4	7.7	7.9	7.9	8.0	8.2	8.2
787	1919	2340	2511	2727	2900	3031	3424
	8.5	8.8	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0
2-95 A, 2-95 AP	2510	3204	3752	4000	4280	4500	4600
	12.4	12.6	12.8	12.9	13.0	13.0	13.1
0225	2000	3500	4000	5000	5500	6000	6400
	16.7	17.5	17.8	18.2	18.3	18.5	18.6
1557	2927	3317	3805	4000	4195	4293	4429
	12.4	12.55	12.71	12.79	12.85	12.9	12.91
92-040	3000	3800	4000	4200	4400	4600	5025
	12.67	13.0	13.09	13.14	13.23	13.31	13.50

Определение центра тяжести груза в трюмах

№ проекта	№ трюма	Объем груза в трюме, м ³ (V_{Ti}) Центр тяжести груза в трюме, м (z_g)						
16290	V_{Ti}	0	200	600	1000	1400	1600	макс
	1	0.90	1.25	1.91	2.63	3.33	3.68	3.81
	2	0.90	1.24	1.95	2.65	3.35	3.71	3.82
2-85	V_{Ti}	0	200	400	600	800	1070	макс
	1	0.85	1.42	1.96	2.47	2.72	3.69	3.70
	2	0.85	1.25	1.63	2.00	2.37	2.86	3.69
787	V_{Ti}	0	193	675	1060	1254	1446	макс
	1	0.85	1.35	2.6	3.6	4.1	4.60	4.85
2-95 AP	V_{Ti}	0	200	400	600	800	900	макс
	1	0.88	1.36	1.86	2.34	2.82	3.05	3.52
	2,3	0.88	1.32	1.78	2.24	2.65	2.88	3.42
	4	0.88	1.34	1.78	2.24	2.68	2.92	3.63
0225	V_{Ti}	0	200	600	800	1000	1200	макс
	1	1.0	1.45	2.34	2.78	3.22	3.67	4.02
	2,3,4	1.0	1.45	2.38	2.84	3.30	3.75	4.10
1557	V_{Ti}	0	200	400	600	800	900	макс
	1	0.89	1.47	2.05	2.55	3.05	3.30	3.55
	2	0.89	1.37	1.85	2.33	2.81	3.05	3.47
	3	0.89	1.37	1.85	2.33	2.81	3.05	3.44
	4	0.95	1.45	1.95	2.45	2.95	3.20	3.61
92-040	V_{Ti}	0	200	400	600	800	900	макс
	1	1.0	1.32	2.05	3.05	3.82	3.98	3.98
	2,3	1.0	1.41	1.82	2.14	2.57	2.80	4.03

Таблица 20

Гарантированные глубины судовых ходов и шлюзов *

Участок пути	Глубина, м	Шлюз	Глубина, м
Онежское оз.: Кондопога (причал ЦБК)	3,80	Нижне-Свирский, ВБК №6,	> 4,40
р. Свирь: (Вознесение – устье р. Оять)	3,90	Шекснинский (№8), Угличский,	
р. Волга: (Городец – Балахна)	3,50	Рыбинский,	
р. Кама: Чайковский (шлюз) - Сарапул	3,30	КИМ (№ 1-9), Чебоксарский,	
р. Кама: Нижнекамск (шлюз) – Соколки	3,60	Николаевский, Константиновский	
р. Кама: Пермь (шлюз) – Закамск	3,70		
р. Дон: (Кочетовский шлюз – Аксай)	3,40	Вытегорский (ВБК №1)	4,10
Цимлянское водохранилище, ВДСК	3,65	Кочетовский	3,45
		Городецкие шлюзы	3,55

Примечание: * Шлюзы и участки пути, не указанные в таблице – глубина 4,0 м

Таблица 21

Расстояние от устьевых портов до морских портов, км

Устьевой порт	Морской порт (расстояние в км)
Санкт-Петербург	Антверпен (2247), Бремен (1820), Гамбург (1651), Гданьск (1108), Гдыня (1104), Копенгаген (1313), Котка (216), Любек (1455), Мальмё (1307), Ольборг (1604), Орхус (1472), Росток (1374), Роттердам (2113), Хусум (1041), Щецин (1350)
Ростов-на-Дону	Александрия (2750), Анталья (2382), Бандырма (1353), Гемлик (1331), Измир (1782), Измит (1321), Мерсин (3379), Немрут (1743), Равенна (3391), Текирдаг (1367), Южный (1211)

Нормы следования судов смешанного «река-море» плавания
по внутренним водным путям, час

а) Направление: *Череповец - Санкт-Петербург*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пу- ти, ч	Нормы ходового времени су- дов с грузом (№ проекта)	
			1557, 92-040, 2-95AP, 16290	2-85, 787, 0225, 787
1	2	3	5	6
Санкт-Петербург	855	24	62	59
Шлиссельбург	776	-		
Свирица	620	1		
Нижне-Свирский шлюз	562	3	40	38
Важины	517	-	37	35
Подпорожье (Верхне- Свирский шлюз)	504	2	36	34
Вознесенье	409	-	30	29
Устье р. Вытегра	356	1	27	26
Вытегра (шлюз №1)	341		26	25
Шлюз № 6	341 - 314	8	24	23
Волоков Мост	307	-	23	22
Шлюз № 7,8	56	2	4	4
Череповец	0	-	0	0

б) Направление: *Санкт-Петербург - Череповец*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пу- ти, ч	Нормы ходового времени су- дов с грузом (№ проекта)	
			1557, 92-040, 2-95AP, 16290	2-85, 787, 0225, 787
1	2	3	5	6
Череповец	855		63	59
Шлюз № 7,8	799	2	60	56
Шлюз № 6	541 - 514	8	37	37
Устье р. Вытегра	499	1	35	33
Вознесенье	446		32	31
Подпорожье (Верхне- Свирский шлюз)	351	2	25	24
Важины	338		24	23
Нижне-Свирский шлюз	293	3	21	20
Свирица	235	1		
Шлиссельбург	79			
Санкт-Петербург	0	12	0	0

в) Направление: *Беломорско-Онежский бассейн*

Пункты	Расстояние в км между пунктами	Нормы ходового времени судов с грузом (№ проекта)		
		285, 787	92-040, 2-95AP	1557, 0225,16290

Вознесенье

<i>Устье р. Вытегра</i>	50	3	3	3
Кондопога	179	9	10	11
Надвоицы	381	24	25	26

Устье р. Вытегра

Кондопога	162	8	9	10
-----------	-----	---	---	----

г) Направление: *Москва (Северный порт) – Рыбинск*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пути, час	Нормы ходового времени судов с грузом (номера проектов)		
			92-040, 2-5AP, 1557, 16290	0225	2-85, 787
1	2	3	5	6	7
<i>Рыбинск</i>	435	2	25	26	25
<i>Переборы (шлюз)</i>	424	2	24	25	24
Шлюз № 1 КиМ	172	7	10	11	10
Шлюз № 6 КиМ	49		0	0	0
Москва –Сев.порт	46		0	0	0

д) Направление: *Красноармейск – Таганрог*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пути, час	Нормы ходового времени судов с грузом (номера проектов)		
			1557, 16290	92-040, 2-95AP	0225, 2-85, 787
1	2	3	5	6	7
Таганрог	645		45	44	44
<i>0 км (р. Дон – вход)</i>	592	-	42	41	41
Ростов-на-Дону	552	12	40	38	38
<i>Аксай</i>	537	-	39	37	37
Кочетовский шлюз	422	3	32	30	30
Константиновский шл	392	3	30	28	28
Николаевский шлюз	352	3	27	26	26
Шлюз №14	287	8	22	22	22
<i>Волгодонск</i>	280	-	21	21	21
Шлюз № 13 ВДСК	101	10	10	10	10
<i>Красноармейск</i> <i>(шлюз №1 ВДСК)</i>	0		0	0	0

е) Направление: *Тюлькино - Камское Устье (Камский бассейн)*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пути, час	Нормы ходового времени судов с грузом (номера проектов)		
			92-040, 1557, 16290, 2-95AP	0225	2-85, 787
1	2	3	4	5	7
Камское Устье	1168		60	67	55
Устье р. Вятка	969		50	56	46
Наб. Челны (шлюз)	898	3	46	52	43
Камбарка	715		37	42	35
Чайковский (шлюз)	622	2	32	35	30
Пермь	269	2	14	14	14
Левшино (шлюз)	253	4	13	13	13
Березники	61		3	3	3
Соликамск	20		1	1	1
Тюлькино	0		-	-	-

ж) Направление: *Череповец - Астрахань*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пути, час	Нормы ходового времени судов с грузом (номера проектов)			
			92-040, 2-95AP	1557, 16290	0225	2-85, 787
1	2	3	4	5	6	7
Астрахань	2799	2	140	154	161	135
Красноармейск (шлюз)	2339		119	133	137	113
Волгоград	2315	2	117	131	135	111
Волжский (шлюз)	2294	2	115	129	133	109
Саратов	1917	3	97	109	111	92
Вольск	1776		90	101	104	86
Балаково (шлюз)	1764	2	89	100	103	85
Самара	1476	2	76	85	87	72
Тольятти (шлюз)	1403	3	72	81	82	68
Камское устье	1115		59	64	66	55
Казань	1045	1	55	60	62	52
Новочебоксарск (шлюз)	927	2	49	54	55	46
Ниж. Новгород	634	2	34	37	38	31
Правдинск	591		33	36	37	30
Городец (шлюз)	580	5	30	33	34	27
Ярославль	247	1	14	14	14	12
Рыбинск	161		9	9	8	8
Переборы (шлюз)	147	2	8	8	7	7
Череповец	0	-	-	-	-	-

3) Направление: *Астрахань - Череповец*

Пункты	Расстояние от начального пункта, км	Сто- янки в пути, час	Нормы ходового времени судов с грузом (номера проектов)			
			92-040, 2-95AP	1557, 16290	0225	2-85, 787
1	2	3	4	5	6	7
<i>Череповец</i>	2799		166	195	191	156
<i>Переборы</i> (шлюз)	2652	2	158	186	183	149
<i>Рыбинск</i>	2638		157	185	182	148
Ярославль	2552	1	151	179	176	143
Городец (шлюз)	2219	5	132	157	155	126
Правдинск	2208		131	156	154	125
Нижний Новгород	2165	2	127	152	150	121
Новочебоксарск (шлюз)	1872	2	109	132	130	103
Казань	1754	1	102	124	122	96
<i>Камское устье</i>	1683		98	119	117	92
Тольятти (шлюз)	1396	3	83	101	98	78
Самара	1323	2	78	95	93	74
Балаково (шлюз)	1045	2	63	76	73	59
Вольск	1023		62	75	72	58
Саратов	882	1	54	64	62	50
Волжский (шлюз)	505	2	35	40	38	31
Волгоград	484	2	33	38	36	29
<i>Красноармейск</i> (ВДСК)	460		31	36	34	27
Астрахань	0	2	-	-	-	-

Таблица 23

Определение плеч форм остойчивости судна

Определение плеч форм остойчивости судна - ℓ_{ϕ}									
Номер проекта	$\Delta, \Delta\Phi$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
16290	2927	0	1.15	2.30	3.30	3.94	4.38	4.47	4.37
	3415	0	1.08	2.14	3.11	3.80	4.20	4.30	4.26
	3902	0	1.03	2.00	2.91	3.59	4.04	4.27	4.25
2-95 AP	3923	0	1.08	2.13	3.06	3.73	4.09	4.20	4.12
	4181	0	1.03	2.07	2.96	3.65	4.01	4.14	4.08
	4570	0	1.00	1.98	2.83	3.53	3.90	4.04	4.02
0225	3760	0	1.76	3.61	4.70	4.94	5.01	4.54	4.53
	5535	0	1.46	2.88	3.9	4.43	4.58	4.48	нет
	5614	0	1.47	2.88	3.88	4.38	4.54	4.48	нет
	6405	0	1.30	2.63	3.46	3.90	4.15	4.04	нет
1557	3861	0	1.04	2.12	3.04	3.69	4.03	4.13	4.05
	4244	0	1.01	2.03	2.90	3.56	3.91	4.03	3.99
	4500	0	1.00	1.97	2.81	3.47	3.83	3.97	3.94
2-85	1894	0	0.96	1.96	2.93	3.55	3.92	4.08	4.04
	2351	0	0.90	1.83	2.71	3.36	3.77	3.94	3.93
	2745	0	0.88	1.77	2.55	3.21	3.61	3.81	3.84
787	2352	0	0.92	1.86	2.81	3.45	3.85	4.14	4.24
	2837	0	0.88	1.78	2.64	3.30	3.79	4.11	4.22
	2914	0	0.87	1.75	2.57	3.24	3.76	4.09	4.21
90-040	3500	0	1.1	2.40	3.39	4.02	4.34	4.40	4.30
	4200	0	1.06	2.15	3.11	3.76	4.12	4.26	4.14
	5025	0	1.0	2.02	2.86	3.51	3.93	4.11	4.12

Таблица 24

Определение давления ветра, p_v (кгс/м²)

Район плавания судна	$Z, \text{ м}$								
	1	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7 и более
R2-RSN	194	237	254	267	278	288	305	321	334

Таблица 25

Определение множителя Y

Район пла- вания судна	$\sqrt{h}/B$								
	≤ 0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	$0.13 \geq$
R2-RSN	16.0	17.0	22.8	25.4	27.6	29.2	30.5	31.4	32.0

Таблица 26

Определение множителя X_1

B/d_{cp}	≤ 2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.4	$3.5 \geq$
X_1	1.0	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.82	0.98

Таблица 27

Определение множителя X_2

C_B	0.45 и менее	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7 и более
X_2	1.0	0.98	0.96	0.95	0.93	0.98

Таблица 28

Определение множителя k

A_k/LB , %	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0 и более
k	1.0	0.98	0.95	0.88	0.79	0.74	0.72	0.70

Таблица 29

Определение площади парусности судна (A_v)
по средней осадке судна в морской воде (d_{cp}^c)

№ проекта	Осадка, м	Площадь парусности, м ²	Осадка, м	Площадь парусности, м ²
16290	2	600	4.4	410
2-85	2	480	4.0	400
787	2	630.2	4.2	453.9
2-95 AP	2	735.2	3.8	536.3
0225	2	737.6	3.6	538.7
1557	2,6	571	3.8	442
92-040	3	877	4.2	742

Образец оформления титульного листа

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»

Кафедра транспортной логистики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Безопасность перевозки массовых грузов
на судах смешанного плавания

Выполнил(а) : _____ (Ф.И.О., студента)

Группа _____

№ зач. книжки _____

Проверил: _____ (Ф.И.О. преподавателя)

Санкт-Петербург

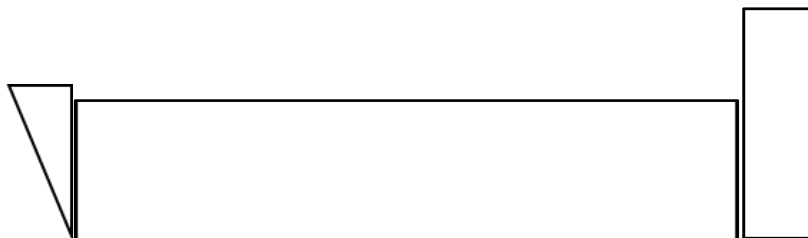
20 ...

ГРУЗОВОЙ ПЛАН CARGO PLAN

Название судоходной компании _____

Т/х _____ капитан _____
S/s _____ captain _____

вышел из _____ направляется в _____
sailed from _____ bound for _____



Осадка в нос
Draft Fore

Осадка в корму
Draft Aft

<u>На палубе</u> On deck тонн			
<u>Трюм № 1</u> Hold № 1тонн	<u>Трюм № 2</u> Hold № 2тонн	<u>Трюм № 3</u> Hold № 3тонн	<u>Трюм № 4</u> Hold № 4тонн
<u>Всего груза</u> Total cargo тонн			

Капитан _____
Captain _____

Представитель порта _____
Representative of the port _____

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ НА СУДАХ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ

*Методические указания
по выполнению курсового проекта*

Составитель: Лебедев Валерий Николаевич

Издательство
ГУМРФ им. адм. С.О.Макарова

198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
Тел. (812) 748-97-19, 748-97-23
e-mail: izdat@gumrf.ru

Печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск	Сатикова Т.Ф.
Компьютерная верстка	Тюленева Е.Н.

Подписано в печать 21.11.2017

Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Усл.-печ. л. 4,25. Тираж 50 экз. Заказ № 615/17