

В. Н. Лебедев

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗКИ
ГРУЗОВ НА СУДАХ**

•

П Р А К Т И К У М



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА»**

В. Н. Лебедев

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ НА СУДАХ

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом
Государственного университета морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова*

Санкт-Петербург

2013

УДК 656.6
ББК 39.48

Рецензент:

*Доктор технических наук, профессор
Я. Я. Эглит*

Лебедев В.Н.

Технология перевозки грузов на судах: практикум — СПб.:

ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 145 с.

ISBN 978-5-88789-394-5

Включает в себя задачи, связанные с технологией перевозки грузов на судах смешанного плавания и методические рекомендации по их решению в рамках практических работ по дисциплинам «Технология и организация перевозок» и «Технология перевозок».

Предназначен для студентов всех форм обучения по специальности 190701.65 «Организация перевозок и управление на транспорте («водный транспорт»), направлениям 190700.62 «Технология транспортных процессов» и 180500.62 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства», а также в качестве методического обеспечения для других специальностей и направлений, связанных с организационными аспектами технологии перевозки грузов на водном транспорте.

Может быть полезен в качестве методического обеспечения и для иных специалистов в области технологии перевозки грузов.

УДК 656.6
ББК 39.48

ISBN 978-5-88789-394-5

© В.Н. Лебедев, 2013

© Государственный университет морского и речного
флота имени адмирала С.О. Макарова, 2013

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цели и задачи практикума

Основной целью практикума «Технология перевозки грузов на судах» является практическое применение студентами теоретических основ учебного курса «Технология и организация перевозок» и «Технология перевозок» при решении конкретных задач, возникающих при перевозке груза.

Первоочередными задачами для решения основной цели являются:

- владение методиками и алгоритмами решения практических задач по технологии и организации перевозки грузов;
- выработка умения у студентов производить расчеты оптимальной загрузки судна при различной длительности технологических процессов;
- нахождение способов выбора технологических решений при определении вариантов организации перевозки;
- применение требуемого технологического режима перевозки груза;
- обоснование выбора наиболее эффективного типа судна для перевозки конкретного груза;
- составление предварительного и исполнительного грузового плана;
- знание принципов и способов размещения и крепления груза на судах, в том числе в трюмах, на верхней палубе и на люковых крышках судов;
- умение определять:
 - количество груза по фактической средней осадке судна, на заданную осадку и на требуемый дифферент;
 - осадку судна носом и кормой при известном дифференте судна;
 - изменение средней осадки при переходе судна из воды одной в воду другой плотности и наоборот;

- необходимое количество прокладочных, сепарационных и крепежных материалов;
- параметры и эффективность принятой технологической схемы перевозки грузов;
- умение производить:
 - проверку местной прочности корпуса судна, связанной с организацией перевозки груза;
 - расчет элементов остойчивости грузового судна и определение критериев остойчивости;
- умение пользоваться:
 - нормативно-правовыми актами и руководящими документами, различными положениями в области технологии и организации перевозок грузов как на национальном, так и на международном уровне;
 - справочными пособиями и рекомендациями для выбора оптимальных параметров рациональной технологии перевозки грузов;
- закрепление знаний по:
 - условиям совместимости продовольственных и опасных грузов;
 - применению эксплуатационно-технических характеристик транспортных средств и перегрузочного оборудования, других технических средств, применяемых на морском и речном транспорте при перевозке грузов;
 - основным требованиям, связанным с безопасной и сохранной перевозкой грузов;
 - принятию управленческих решения в области, связанной с технологией и организацией перевозки грузов с учетом их свойств,
 - технических, эксплуатационных и навигационных условий плавания.

В практикуме для конкретных технологических операций транспортно-технологического процесса применяются элементарные приемы расчетов для решения задач, связанных с технологией перевозки грузов на примерах использования судов смешанного плавания.

1.2. Пользование практикумом

Практикум содержит в себе задачи и методические указания по их решению, а также справочный материал в приложениях к данному пособию. Справочный материал необходим для выбора исходных данных для расчета или непосредственного решения отдельных задач. Задачи рассчитаны на понимание элементарных технологических операций, в то же время для решения некоторых задач требуется знание общих принципов, используемых в технологии перевозки грузов, которые рассматриваются в рамках данного учебного пособия.

Условные обозначения отдельных величин приняты по правилам Российского Морского Регистра Судоходства (далее РМРС) и приведены в сопоставлении с аналогичными величинами, применяемыми Российским Речным Регистром (РРР) и Международной морской организацией (ИМО) – см. Приложение 9. Здесь также даны условные обозначения прочих величин, используемых в тексте пособия. В любом случае, разъяснения по применению условных обозначений приведены в пояснениях к формулам.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГРУЗА

2.1. Определение количества груза по осадке судна

2.1.1. *Общий подход к решению задачи*

Определение количества погруженного/выгруженного груза основано, как правило, на изменении весового водоизмещения судна за период до начала погрузки/выгрузки и после окончания погрузки/выгрузки груза, с учетом изменения принятия или убытия судовых запасов за время грузовых операций. Этот способ считается наиболее точным, так как исключает неточности в определении массы судна в порожнем состоянии.

Обычно значение массы судна в порожнем состоянии указывается в судовых документах, но в процессе эксплуатации судна имеют место конструктивные доработки, износ металла, обрастание корпуса судна, наличие осадков (песка и др.) в балластных и иных цистернах, изменяется масса снабжения и т.п., вследствие чего точное установление массы порожнего судна представляется проблематичным.

Весовое водоизмещение судна с максимально возможным грузом на борту, погруженным на предельную грузовую марку для конкретных условий плавания, называется полным водоизмещением ($\Delta_{\max}$).

Весовое водоизмещение на расчетную осадку численно равно сумме массы порожнего судна (в порожнем состоянии) и всех весовых нагрузок, включая массу груза и судовых запасов, принятых на судно (Δ).

Весовое водоизмещение судна в порожнем состоянии численно равно сумме весов корпуса, надстроек, устройств и оборудования судна.

Общая формула определения количества погруженного/выгруженного груза:

$$P_c = \Delta - \Delta_{\text{пс}}, \text{ тонн} \quad [2.1]$$

где: P_c — общее количество погруженного/выгруженного груза, тонн;

Δ — изменение весового водоизмещения судна за время стоянки под грузовыми операциями (погрузка или выгрузка), тонн:

$$\text{при погрузке: } \partial\Delta = \Delta^{2go} - \Delta^{1go}, \text{ тонн} \quad [2.2]$$

$$\text{при выгрузке: } \partial\Delta = \Delta^{1go} - \Delta^{2go}, \text{ тонн} \quad [2.3]$$

где: Δ^{1go} — весовое водоизмещение перед началом грузовой операции (погрузка или выгрузка), тонн;

Δ^{2go} — весовое водоизмещение после окончания грузовой операции (соответственно выгрузка или погрузка), тонн;

∂p_c — изменение количества судовых запасов (припасов) судна за время стоянки под грузовыми операциями (со знаком «+» при увеличении и знаком «-» при уменьшении количества), тонн;

$$\partial p_c = p^{2go}_c - p^{1go}_c, \text{ тонн} \quad [2.4]$$

где: p^{1go}_c — количество судовых запасов (припасов) перед началом грузовой операции (погрузка или выгрузка), тонн;

p^{2go}_c — количество судовых запасов (припасов) после окончания грузовой операции (соответственно выгрузка или погрузка), тонн;

Вместо водоизмещения может применяться значение дедвейта судна, но при условии, если масса (вес) корпуса судна или масса судна в порожнем состоянии не изменялась за время погрузки/выгрузки.

При проверенном и надежном значении массы порожнего судна (Δ_0), а также на основе его паспортных данных для оценки принятия возможного количества груза может определяться по формуле:

$$P_c = \Delta - \Delta_0 - p_c, \text{ тонн} \quad [2.5]$$

или

$$P_c = \Delta_w - p_c, \text{ тонн} \quad [2.6]$$

где: P_c — общее количество погруженного на судно груза, тонн;

Δ — весовое водоизмещение судна на расчетную осадку, тонн;

Δ_0 — вес судна в порожнем состоянии (доковый вес), тонн;

Δ_w — дедвейт судна на расчетную осадку, тонн;

$$\Delta_w = \Delta - \Delta_0, \text{ тонн} \quad [2.7]$$

P_c — сумма переменных весовых нагрузок на судне (топливо, смазочное масло, экипаж, продукты, снабжение, «мертвый запас» и т.п.) далее именуемые «судовые запасы», тонн.

Сумма судовых запасов в расчетах остойчивости типовых случаев загрузки рассчитывается для 100%, 50% и 10% от предельного количества судовых запасов, допускаемых при полном весовом водоизмещении.

Количество груза (P_c) на судне при полном весовом водоизмещении и 100% судовых запасов соответствует чистой грузоподъемности судна.

Весовое водоизмещение и дедвейт судна при известной средней осадке на миделе судна находится из гидростатических таблиц или гидростатических кривых, а также по грузовым шкалам, входящим в комплект судовых документов, где, при необходимости, вычисляется методом интерполирования.

Весовое водоизмещение и дедвейт в упомянутых документах могут приводиться для пресной воды плотностью 1,0 т/м³ или для морской воды плотностью 1,025 т/м³. Грузовые шкалы могут предусматривать промежуточные значения плотности воды: 1,005 т/м³; 1,010 т/м³; 1,015 т/м³; 1,020 т/м³. Весовое водоизмещение судна в тоннах для пресной воды численно равно объемному водоизмещению в куб. метрах.

Решение задачи на изменение осадки судна при перемене плотности воды в течение рейса и при переходе судна из воды одной плотности в воду другой плотности изложен в методике, представленной в разделе 4.1.

Определение количества груза при неполных судовых запасах может рассматриваться с двух позиций. Первая базируется на том, что количество

принятого груза не превышает чистой грузоподъемности судна, даже при наличии судовых запасов ниже 100%, предусмотренных судовыми документами.

Вторая позиция связана с планированием рейса, когда при наличии неполных судовых запасов на борту судна, в основном – топлива и пресной воды, из экономических соображений капитан или руководство компании принимает решение о принятии дополнительного груза до максимальной осадки по разрешенную грузовую марку. Здесь следует предусматривать достаточность имеющихся судовых запасов для завершения рейса с учетом экстремальных погодных условий и иных задержек в пути.

Задачи:

Задача № 2.1.1.1.

До начала погрузки угля весовое водоизмещение судна смешанного плавания составляло 1160 тонн, включая судовые запасы в количестве 115 тонн. После окончания погрузки весовое водоизмещение судна составило 2910 тонн, в том числе 235 тонн судовых запасов. Определить количество угля, погруженное на судно.

Задача № 2.1.1.2.

До начала погрузки жмыха весовое водоизмещение судна смешанного плавания составляло 1308 тонн, включая судовые запасы в количестве 82 тонны. За время стоянки было израсходовано 11 тонн топлива и 3 тонны питьевой воды, но дополнительно принято на борт 45 тонн питьевой воды и 1 тонна продуктов и снабжения. Определить количество груза, погруженное на судно, если по окончании погрузки водоизмещение судна составило 4640 тонн.

Задача № 2.1.1.3.

Судно смешанного плавания прибыло в порт для выгрузки пшеницы. На момент начала выгрузки водоизмещение судна составило 6668 тонн, включая 168 тонн судовых запасов. По окончании выгрузки всего груза водоизмещение составило 1860 тонн. Определить количество выгруженного груза, если за время стоянки судна под грузовыми операциями было израсходовано 2 тонны топлива и 6 тонн пресной воды.

Задача № 2.1.1.4.

Судно смешанного плавания с полным грузом и полными судовыми запасами имеет водоизмещение 8140 тонн на летнюю грузовую марку. Определить количество груза, которое можно погрузить на судно, если вес судна в порожнем состоянии составляет 2640 тонн, а сумма судовых запасов, включая вес судовой команды, провизии и снабжения – 400 тонн.

Задача № 2.1.1.5.

Судно с полным грузом и полными судовыми запасами имеет водоизмещение 4119 тонн на летнюю грузовую марку. Определить количество груза, которое можно погрузить на судно, если вес порожнего судна составляет 1350 тонн, а сумма судовых запасов, включая вес судовой команды, провизии и снабжения – 262 тонн.

Задача № 2.1.1.6.

Судно погружено на грузовую марку, дедвейт по которой составляет 5500 тонн. Количество судовых запасов на момент окончания погрузки составляет 340 тонн. Определить количество груза, погруженное на судно.

Задача № 2.1.1.7.

Судно с полным грузом, запасами, топливом и командой имеет водоизмещение 8140 тонн на летнюю грузовую марку. Определить количество груза, которое можно погрузить на судно по эту грузовую марку, если

дедвейт составляет 5500 тонн, а сумма судовых запасов, включая вес судовой команды, провизии и снабжения – 240 тонн.

2.1.2. Определение количества груза на максимально допустимую осадку судна в условиях ограниченных глубин

Задачи этого типа встречаются в ситуациях, когда на пути следования судна имеются участки с ограничением глубин и судно может принять на борт груз только на максимальную осадку, равную гарантированной глубине, исправленной на величину запаса воды под днищем судна, установленную правилами плавания для прохождения этого участка или же на проходную осадку, объявленную организацией, в чьем ведении находится обслуживание этого участка внутренних водных путей.

Максимально допустимая осадка в условиях ограниченных глубин на речных участках пути определяется;

$$d_{\max} \leq h_{\text{гар}} - h_{\text{зап}}, \text{ м}, \quad [2.8]$$

где: $d_{\max}$ — максимально допустимая осадка судна с учетом дифферента судна в корму или в нос;

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

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

При решении задач следует учитывать, что согласно «Правил плавания на внутренних водных путях» норма запаса воды под днищем судна при глубине судового хода более 3 метров равна /21/:

- при прохождении шлюза — 40 см;
- на каменистом грунте — 25 см;
- на песчаном грунте — 20 см.

Гарантированная глубина единой глубоководной системы ВВП РФ — 4 м.

Указанная выше формула не применяется, если на каком-либо участке пути введены ограничения, связанным с гидрометеорологическими условиями, в частности сезонным падением уровня воды, при этом приводится новая гарантированная глубина ($h_{\text{гар}}$) или объявляется непосредственно значение (d_{max}).

Определение количества груза производится с учетом рекомендаций п. 2.1.1, причем для определения весового водоизмещения на заданную среднюю осадку может применяться таблица 2 Приложения 1, в которой для конкретного проекта судна весовое водоизмещение рассчитано для пресной воды плотностью 1,0 т/м³, равное объемному водоизмещению. При необходимости, для перевода значения осадки из морской воды в пресную или наоборот следует учитывать рекомендации п. 4.1. (количество груза округлять до целых тонн, значения осадок до сантиметров).

Задачи:

Задача № 2.1.2.1.

Судно проекта № 1557 необходимо загрузить в речном порту Ярославль пиломатериалами назначением в Актау. На участке Городец – Балахна (включая шлюз) объявлено о снижении гарантированной глубины до 3,8 м. Определить количество груза, которое следует погрузить для прохода через лимитирующий участок пути при нулевом дифференте (ровный киль) с наибольшей допустимой осадкой. При прохождении участка количество судовых запасов на борту судна составит 67 тонн. Вес судна в порожнем состоянии 1286 тонн.

Ход решения:

1) Максимально допустимая осадка при проходе участка находится с учетом нормы запаса воды под днищем судна: $d_{\text{max}} = 3,8 - 0,4 = 3,4$ м.

2) Определяется весовое водоизмещение судна по табл. 2 Прил. 1:

$$\Delta = 3805 + (4000 - 3805) (3,4 - 3,26) : (3,41 - 3,26) = 3987 \text{ т}$$

3) Применяя формулу 2.1, определяется количество груза, которое может быть погружено на судно. Расход топлива и воды в пути следования в данном случае не имеет значения: $P = 3987 - 1286 - 67 = 2634$ тонн

Задача № 2.1.2.2.

Судно проекта № 787 планируется загрузить в Череповце грузом металла назначением в Самару. На участке Городец – Балахна (включая шлюз), объявлено о снижении гарантированной глубины до 3,75 м. Определить количество груза, которое следует погрузить, чтобы проследовать через лимитирующий участок пути при нулевом дифференте (ровный киль) с наибольшей допустимой осадкой. При прохождении участка количество судовых запасов на борту судна составляет 48 тонн. Доковый вес судна 1185 тонн. Изменение дифферента и расход судовых запасов при следовании судна не учитывать.

Задача № 2.1.2.3.

На участке Нижнего Дона, имеющем песчаный грунт, объявлено ограничение проходной осадки до 3,25 м. Определить количество груза, которое следует погрузить на судно проекта № 0225, если на борту судна 60 тонн судовых запасов, вес судна в порожнем состоянии 1990 тонн. При прохождении лимитирующего участка судно не будет иметь дифферента.

Задача № 2.1.2.4.

На участке Нижнего Дона, имеющем песчаный грунт, объявлено ограничение проходной осадки до 3,45 м. Определить количество груза, которое следует погрузить на судно проекта № 92-040, имеющего вес в порожнем состоянии 1865 тонн, если при прохождении лимитирующего

участка пути судно не будет иметь дифферента, а на борту судна будет 55 тонн судовых запасов.

Задача № 2.1.2.5.

На речном участке, имеющем песчаный грунт, объявлено ограничение проходной осадки до 3,50 м. Определить количество груза, которое следует погрузить на судно типа «Волго-Балт» проекта № 2-95AP, если при прохождении лимитирующего участка пути судно не будет иметь дифферента, на борту судна будет 68 тонн судовых запасов, а вес судна в порожнем состоянии (без груза) составляет 1210 тонн.

Задача № 2.1.2.6.

Судно смешанного плавания, имеющее на борту 50 тонн судовых запасов, планируется для перевозки щебня из пункта Ровное (Ладожское озеро) в Санкт-Петербург. Определить количество груза, которое можно погрузить на судно при дедвейте 2611 тонн на осадку 3,06 метра. На всем маршруте перевозки выдерживается гарантированная глубина единой глубоководной системы внутренних водных путей РФ.

2.1.3. Определение количества груза с использованием грузовой шкалы, гидростатических кривых и таблиц

Использование грузовой шкалы (таблицы грузового размера) является наиболее распространенным способом при определении количества груза по осадке судна. Грузовая шкала представляет собой чертеж или таблицу, где каждой осадке, нанесенной с определенной шкалой деления, соответствует значение весового водоизмещения и/или дедвейта для пресной или морской воды. Здесь же может быть приведено значение тонн груза, приходящееся на 1 см осадки судна и момент, дифферентующий судно на 1 см и т.д. В рамках данного пособия указанные величины в соотношении

к весовому водоизмещению приведены в таблицах 6 и 7 Приложения 1. Количество груза находится при известных значениях весового водоизмещения, количества судовых запасов и массы судна в порожнем состоянии.

Большую точность при определении весового водоизмещения дает использование гидростатической таблицы, фрагмент которой представлен в Приложении 2. Весовое водоизмещение (Δ) находится на одной строчке напротив фактической средней осадки судна (d_{cp}). Если фактическая осадка имеет промежуточное значение в приведенной шкале осадок, то необходимо выполнить интерполирование значений осадок и весового водоизмещения.

Большую точность при определении весового водоизмещения дает также использование кривой водоизмещения из гидростатических кривых (см. Приложение 3), выражающую зависимость водоизмещения от осадки судна. Пользоваться кривой весового водоизмещения необходимо следующим образом. Вначале на оси ординат по шкале осадок находим значение фактической средней осадки судна (d_{cp}), затем, двигаясь по горизонтали, находим точку пересечения с требуемой кривой весового водоизмещения – для пресной или морской воды (Δ^n или Δ^c), сносим ее по вертикали до пересечения с осью абсцисс, где на соответствующей шкале находим значение весового водоизмещения (Δ). Определение количества груза при использовании формул 2.1 и 2.2 не представляет трудности.

Задачи:

Задача № 2.1.3.1.

Используя гидростатическую таблицу (Приложение 2), найти массу груза (т), которое можно погрузить на осадку 3,80 м в морской воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1180 т, а судовые запасы 53 т.

Задача № 2.1.3.2.

Используя гидростатическую таблицу (Приложение 2), найти массу груза (т), которое можно погрузить на осадку 3,80 м в пресной воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1180 т, а судовые запасы 53 т.

Задача № 2.1.3.3.

Используя гидростатическую таблицу (Приложение 2), найти массу груза (т), которое можно погрузить на осадку 3,60 м в морской воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1045 т, а судовые запасы 60 т.

Задача № 2.1.3.4.

Используя гидростатическую таблицу (Приложение 2), найти массу груза (т), которое можно погрузить на осадку 3,63 м в морской воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1070 т, а судовые запасы 62 т.

Задача № 2.1.3.5.

Используя гидростатическую таблицу (Приложение 2), найти массу груза (т), которое можно погрузить на осадку 3,63 м в пресной воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1070 т, а судовые запасы 60 т.

Задача № 2.1.3.6.

Используя гидростатические кривые (Приложение 3), найти массу груза (тонн), которое можно погрузить на осадку 3,20 м в морской воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1980 т, а судовые запасы 60 т.

Задача № 2.1.3.7.

Используя гидростатические кривые (Приложение 3), найти массу груза (тонн), которое можно погрузить на осадку 3,25 м в морской воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1980 т, а судовые запасы 70 т.

Задача № 2.1.3.8.

Используя гидростатические кривые (Приложение 3), найти массу груза (тонн), которое можно погрузить на осадку 3,35 м в пресной воде, если вес судна в порожнем состоянии составляет 1990 т, а судовые запасы 60 т.

2.2. Определение количества груза необходимого для загрузки трюмов

Задачи этого типа актуальны при необходимости определения, как правило, количества тяжелого или легкого груза, когда грузовместимость трюмов позволяет использовать менее или более 100% грузоподъемности.

Предельное количество груза, имеющего небольшой удельный погрузочный объем («тяжелые грузы»), которое можно погрузить в грузовые трюмы, в большей мере ограничивается величиной $(\Delta_w - p_c)$.

Предельное количество груза, имеющего большой удельный погрузочный объем («легкие грузы»), которое можно погрузить в грузовые трюмы зависит от максимальной вместимости грузовых трюмов, иначе говоря, от грузовместимости судна (W) в м³.

В любом случае, при расчете предельного количества груза, которое можно поместить в трюмы, необходимо пользоваться формулами:

$$P_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^{i=n} (V_{\text{тр}}^i \cdot k_{\text{тр}}) : \mu \leq (\Delta_w - p_c), \text{ тонн} \quad [2.9]$$

или

$$P_{\text{тр}} = W : \mu \leq (\Delta_w - p_c), \text{ тонн} \quad [2.10]$$

где: $P_{\text{тр}}$ — количество груза, погруженного в грузовые трюмы, тонн;

μ — удельный погрузочный объем груза, м³/т;

Δ_w — дедвейт судна на расчетную осадку, тонн;

p_c — сумма переменных весовых нагрузок на судне (судовых запасов), тонн;

W — грузовместимость судна, м³.

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} (V_{\text{тр}}^i \cdot k_{\text{тр}}), \text{ м}^3 \quad [2.11]$$

$V_{\text{тр}}^i$ — вместимость i -го грузового трюма, м³;

$k_{\text{тр}}$ — коэффициент использования вместимости грузовых трюмов, ед.;

n — количество грузовых трюмов, ед.

Решение задачи может иметь продолжение, если количество груза, помещаемое в грузовые трюма, по массе меньше, чем величина $(\Delta_w - p_c)$. В этом случае рассматривается возможность размещения части груза на верхней палубе или люковых крышках, при условии обеспечения качества и сохранности груза. Задачи этого типа представлены в п. 2.3.

Задачи:

Задача № 2.2.1.

На судно типа «Волго-Балт», имеющего 4 грузовых трюма объемом соответственно 1100, 1210, 1210 и 1200 м³ планируется погрузить хлопок в тюках, имеющий удельный погрузочный объем 2.2 м³/т. Коэффициент использования вместимости грузового трюма №1 — 0.95, остальных — 1. Определить количество хлопка в тоннах, которое можно поместить в грузовые трюма (округлить до целого числа).

Ход решения:

- 1) определить полезный объем трюмов № 1 – 4: $\Sigma V^i = 4665 \text{ м}^3$;
- 2) суммарный полезный объем всех трюмов разделить на удельный погрузочный объем груза $P = 4665 / 2,2 = 2120 \text{ тонн}$.

Задача № 2.2.2.

Судно типа «Волжский» необходимо загрузить бумагой в рулонах, имеющей удельный погрузочный объем $1.85 \text{ м}^3/\text{т}$. Судно имеет 2 грузовых трюма объемом соответственно 3150 и 3190 м^3 . Коэффициент использования вместимости грузового трюма № 1 – 0.82, № 2 – 0.95.

Маршрут следования судна проходит через речной участок, имеющий ограничение по осадке судна 3.5 м. Дедвейт судна на эту осадку составляет 5018 тонн. На борту судна 68 тонн судовых запасов. Определить количество бумаги в тоннах, необходимой для погрузки в грузовые трюмы.

Задача № 2.2.3.

Судно проекта DCV36 имеет дедвейт на грузовую ватерлинию 5284 тонн и один трюм вместимостью 6228 м^3 . Какое количество жмыха в тоннах можно погрузить на судно в порту Таганрог, если жмых имеет удельный погрузочный объем $1,8 \text{ м}^3/\text{т}$, а осадка судна в грузу достаточна для передвижения по акватории порта и подходному каналу. Коэффициент использования вместимости трюма при загрузке жмыха принять 0,9.

2.3. Определение количества груза для погрузки

на верхнюю палубу или на люковые крышки грузовых трюмов

При определении количества (массы) груза для погрузки на верхнюю палубу или на люковые крышки грузовых трюмов необходимо знать максимальное количество груза, которое может быть погружено на судно в

конкретных условиях рейса (P_c) и количество (массу) груза, размещаемого в трюмах ($P_{тр}$).

Максимальное количество груза, которое может быть погружено на судно определяется по формулам 2.1 и 2.2 и может быть выражено формулой:

$$P_c = P_{тр} + P_{лк}, \text{ тонн} \quad [2.12]$$

где: $P_{лк}$ — количество (масса) груза, погруженного на люковые крышки трюмов (палубный груз), т;

$P_{тр}$ — количество (масса) груза, размещаемого в трюмах, определяется по формуле 2.9 или 2.10.

Отсюда,

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

В свою очередь, количество (масса) груза, которое можно разместить на люковых крышках зависит от двух факторов:

- ограничений по осадке судна (по грузовую ватерлинию или на осадку в условиях ограниченных глубин);
- ограничений, связанных с размещением груза (обзорности из рулевой рубки; размеров люковых крышек ($L_{лк} \times B_{лк}$); размеров грузовых единиц ($L_{г} \times B_{г} \times h_{г}$); допустимой нагрузки на люковые крышки; допустимой высоты палубного груза и др.).

Таким образом количество (масса) груза, которое можно разместить на люковых крышках или на верхней палубе, может быть определено из соотношения:

$$P_{лк1} \geq P_{лк} \leq P_{лк2}, \text{ тонн} \quad [2.14]$$

где: $P_{лк1}$ — количество (масса) груза на люковых крышках трюмов с учетом загрузки на осадку судна в условиях ограниченных глубин или на осадку судна по грузовую ватерлинию, тонн;

$P_{лк2}$ — количество (масса) груза на люковых крышках трюмов с учетом ограничений по размещению груза, тонн.

В связи с этим, фактическое количество палубного груза должно быть менее или равно наименьшего количества (массы) груза из двух величин ($P_{лк1}$ или $P_{лк2}$).

Ниже представлена методика определения расчетного количества (массы) груза для пиломатериалов, круглого леса, труб большого диаметра и универсальных контейнеров, размещаемых на люковых крышках судов:

а) пиломатериалы в пакетах

Расчетное количество (масса) пиломатериалов в тоннах, размещаемых на люковых крышках судов ($P_{лк2}$), находится умножением занимаемого складочного объема (в м³), исправленного коэффициентом перевода, на его плотную массу.

Складочный объем определяется умножением общей площади основания пакетов пиломатериалов на высоту штабеля палубного груза. Общая площадь основания пакетов пиломатериалов должна быть близка к значению общей площади люковых крышек. При расчете необходимо принимать за основу размеры пакетов пиломатериалов и ограничения по размещению этого груза.

$$P_{лк2} = \rho \cdot q_{nl}^I \cdot (l_n \cdot \kappa^I) \cdot (b_n \cdot \kappa^2) \cdot h_{пг}, \text{ тонн} \quad [2.15]$$

где: ρ — плотная масса пиломатериалов, т/м³;

q_{nl}^I — коэффициент перевода складочных кубических метров в кубические метры плотной массы пиломатериалов, $q_{nl}^I = 0,9$;

l_n — длина одного пакета пиломатериалов, м;

b_n — ширина одного пакета пиломатериалов, м;

κ^1 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$$\sum (L_{\text{лк}} : l_n), \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);}$$

$L_{\text{лк}}$ — длина отдельной люковой крышки;

κ^2 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$$B_{\text{лк}} : b_n, \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);}$$

$B_{\text{лк}}$ — ширина люковых крышек, м;

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

$$h_{\text{пг}} = h_n \cdot R_{\text{шт}}^{\text{п}}, \text{ м} \quad [2.16]$$

где: h_n — высота пакета пиломатериалов, м ;

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

$$R_{\text{шт}}^{\text{п}} = \frac{h_n^{\text{доп}}}{h_n}, \text{ ед} \quad [2.17]$$

где: $h_n^{\text{доп}}$ — допустимая высота палубного груза (см. ограничения), м .

б) *круглый лес, перевозимый россыпью*

Количество круглого леса в кубометрах, размещаемое на люковых крышках судна, определяется перемножением площади, занимаемой круглым лесом, на допустимую среднюю высоту каравана палубного груза (складочный объем).

За длину каравана палубного груза принимается произведение длины бревна на количество отдельных штабелей, определяемое как целое число от деления общей длины люковых крышек на длину отдельного бревна. За ширину каравана палубного груза принимается ширина люковых крышек.

Расчетное количество (масса) палубного груза в тоннах ($P_{\text{лк}2}$), определяется перемножением занимаемого круглым лесом складочного объема (в м^3), исправленного коэффициентом перевода, на его плотную массу.

При расчетах необходимо принимать за основу размеры бревен и ограничения по размещению этого груза.

$$P_{\text{лк2}} = \rho \cdot q_{\text{нл}}^2 \cdot (l_6 \cdot \kappa^3) \cdot B_{\text{лк}} \cdot h_{\text{шт}}, \text{ тонн} \quad [2.18]$$

где: ρ — плотная масса круглого леса, т/м³;

$q_{\text{нл}}^2$ — коэффициент перевода складочных кубических метров в кубические метры плотной массы круглого леса, $q_{\text{нл}}^2 = 0,64$;

l_6 — длина одного бревна, м;

κ^3 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$\sum (L_{\text{лк}} : l_6)$, ед. (округляется в меньшую сторону);

$B_{\text{лк}}$ — ширина люковых крышек, м;

$h_{\text{шт}}$ — высота палубного груза, м (см. ограничение).

в) *трубы большого диаметра*

Размещение на люковых крышках труб большого диаметра осуществляется на всю площадь люковых крышек. Трубы укладываются в продольном направлении в штабели, в которых число ярусов труб условно считается равным.

Расчетная масса (вес) труб большого диаметра, размещаемых на люковых крышках, определяется по формуле:

$$P_{\text{лк2}} = p_{1\text{т}} \cdot N_{\text{лк}}^{\text{т}}, \text{ тонн} \quad [2.19]$$

где: $P_{\text{лк2}}$ — максимально возможная масса (вес) труб, размещаемых на люковых крышках, т;

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

$N_{\text{лк}}^{\text{т}}$ — количество труб, размещаемое на люковых крышках, ед;

$$N_{\text{лк}}^{\text{т}} = N_{\text{шт}}^{\text{т}} \cdot N_{\text{шт}}, \text{ ед.} \quad [2.20]$$

где: $N_{\text{шт}}^{\text{т}}$ — количество труб в каждом отдельном штабеле, ед.;

$N_{шт}$ — число штабелей груза труб большого диаметра, ед.

Масса (вес) одной трубы определяется по формуле:

$$p_{1т} = 24.66 \cdot s_T (D_H - s_T) \cdot l_T, \text{ тонн} \quad [2.21]$$

где: l_T — длина трубы, м;

s_T — толщина трубы, м;

D_H — наружный диаметр трубы, м.

Количество труб в каждом отдельном штабеле определяется:

$$N_{шт}^T = 0,5 R_{шт}^T (2 N_{осн}^T - R_{шт}^T + 1), \text{ ед.} \quad [2.22]$$

где: $N_{шт}^T$ — число труб в отдельном штабеле труб, ед.;

$N_{осн}^T$ — 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:

$$N_{осн}^T = \frac{B_{ст}}{D_H}, \text{ ед.} \quad [2.23]$$

где: $B_{ст}$ — расстояние между стойками палубного груза, м (в условиях курсового проекта $B_{ст}$ условно принимается равным ширине люковой крышки ($B_{л}$)).

Количество ярусов труб в штабеле груза определяется:

$$R_{шт}^T = \frac{1,1 h_{дон}^{дон}}{D_H}, \text{ ед.} \quad [2.24]$$

где: $h_{дон}^{дон}$ — допустимая высота штабеля груза, м (см. ограничения).

Количество равных штабелей труб определяется:

$$N_{шт} = \sum_{i=1}^{n_{лк}} L_{лк} : (l_T + 0,5), \text{ ед.} \quad [2.25]$$

где: $\sum L_{лк}$ — сумма длин всех люковых крышек;

$n_{лк}$ — количество люковых крышек, ед.;

l_T — длина трубы, м;

0,5 — минимальный зазор между трубами, м.

При определении массы (веса) труб обязательным условием является соблюдение ограничений, указанных выше в данном пункте.

Количество труб в каждом отдельном штабеле, количество труб в основании палубного штабеля труб, количество ярусов труб в штабеле груза, количество равных штабелей труб определяется кратным целому числу (десятичные знаки отбрасываются).

Если в качестве $P_{\text{лк}}$ принято значение $P_{\text{лк1}}$, то фактические габариты штабеля палубного груза уточняются по приведенным выше формулам.

г) *универсальные контейнеры*

Общая масса (вес) груженых универсальных контейнеров, размещаемых на верхней палубе или на люковых крышках определяется перемножением количества контейнеров на средневзвешенную массу брутто одного контейнера, которая в условиях данного пособия составляет:

для 20' - футового контейнера с грузом — 12,5 тонн;

для 40' - футового контейнера с грузом — 20,5 тонн.

Следует лишь обратить внимание, что количество контейнеров определяется с учетом штатных мест установки контейнеров и ограничений, указанных выше.

Задачи:

Задача № 2.3.1.

Чистая грузоподъемность судна смешанного плавания типа «Русич» составляет 5230 тонн, а в грузовые трюмы № 1—3 общей вместимостью 8090 м³ планируется загрузить пиломатериалы хвойных пород дерева с удельным погрузочным объемом 2,12 м³/т. Предполагается, что судно будет иметь на борту 100% судовых запасов, а все ограничения по размеще-

нию груза на люковых крышках будут учтены. Определить количество груза в тоннах для размещения на люковых крышках судна.

$$1) P_c = 8090 : 2,12 = 3816 \text{ т} \quad 2) P_{\text{л}} = 5230 - 3816 = 1414 \text{ тонн}$$

Задача № 2.3.2.

На судно проекта № 0225 необходимо погрузить трубы большого диаметра, в т.ч. на люковые крышки. Размеры труб: диаметр — 720 мм, длина - 9,5 м, толщина стенок 10 мм. Для прохода водными путями на заданную осадку достаточно 3974 тонны, из них 1939,6 тонн будет погружено в трюмы. Судно имеет 4 трюма с двумя люковыми крышками размерами 40 м х 11 м каждая. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 3 метра.

Задача № 2.3.3.

На судно необходимо погрузить трубы большого диаметра, в т.ч. на люковые крышки. Размеры труб: диаметр — 920 мм, длина — 10,0 м, толщина стенок 11 мм. Для прохода внутренними водными путями на заданную осадку судно может иметь дедвейт 1970 тонн, из которых 147 тонн приходится на судовые запасы, а 1189,1 тонн планируется погрузить в два трюм. Трюмы имеют две люковые крышки с размерами 25,3 м х 10,87 м каждая. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 3 м.

Задача № 2.3.4.

На судно проекта № 92-040 необходимо погрузить круглый лес, в т.ч. на люковые крышки. Длина бревен — 6 м, плотная масса — 0,87 т/м³. Судно имеет 3 трюма с тремя люковыми крышками, одна из которых длиной 12,6 м, две других по 24,4 м. Ширина всех люковых крышек — 10,5 м. Для прохода внутренними водными путями на заданную осадку достаточно погрузить 2360 тонн, из них 1400 тонн будет погружено в трюмы.

Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 2,7 метра.

Задача № 2.3.5.

На судно проекта № 2-85 необходимо погрузить круглый лес, в т.ч. на люковые крышки. Длина бревен — 4 м, плотная масса — 0,87 т/м³. Судно имеет 2 трюма с двумя люковыми крышками, одна из которых длиной 17,6 м, другая 25,7 м. Ширина люковых крышек — 8,55 м. Для прохода внутренними водными путями на заданную осадку достаточно погрузить 1289 тонн, из них 905 тонн будет погружено в трюмы. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 2,7 метра.

Задача № 2.3.6.

На судно планируется погрузить пиломатериалы в пакетах, в т.ч. на люковые крышки. Размеры пакетов (длина х ширина х высота) равна 3,5 х 1,2 х 1,2, плотная масса — 0,6 т/м³. Судно имеет 2 трюма с двумя люковыми крышками, одна из которых длиной 17,6 м, другая 25,7 м. Ширина люковых крышек — 8,55 м. Для прохода внутренними водными путями на заданную осадку достаточно погрузить 1280 тонн, из них 1100 тонн будет погружено в трюмы. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 2,7 метра.

Задача № 2.3.7.

На судно планируется погрузить пиломатериалы в пакетах, в т.ч. на люковые крышки. Размеры пакетов (длина х ширина х высота) равна 3,0 х 1,4 х 1,0, плотная масса — 0,6 т/м³. Судно имеет 2 трюма с двумя люковыми крышками длиной 20 м и шириной 9,5 м каждая. Для прохода внутренними водными путями судно может быть погружено на полное водоизмещение 2115 тонн, из них 785 тонн будет погружено в трюмы. Вес

судна в порожнем состоянии — 990 тонн. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 2,7 метра, а на борту судна имеется 54 тонны судовых запасов, достаточных для завершения рейса.

Задача № 2.3.8.

В судно с грузом круглого леса в трюмах в количестве 746 тонн планируется погрузить лес и на люковые крышки. Длина бревен 4 м. Плотная масса — 0,87 т/м³. Судно имеет 2 трюма с двумя люковыми крышками длиной 20 м и шириной 9,5 м каждая. Для прохода внутренними водными путями судно может быть погружено на полное водоизмещение 2602,7 тонн, из них вес судна в порожнем состоянии — 1019,6 тонн, балласт — 286 тонн и судовые запасы, включая экипаж и провизию — 109,1 тонн. Сколько груза может принять судно для выполнения рейса, если ограничение по высоте палубного груза — 2,7 метра.

Задача № 2.3.9.

На верхней палубе теплохода типа «Карелия», имеющего общую контейнеровместимость 267 TEU, планируется разместить контейнеры TEU на все штатные места. Какое количество груза в тоннах будет погружено на верхней палубе, если средняя загрузка одного контейнера составляет 13 тонн, а в трюмах размещается 180 контейнеров TEU.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОСТОЙЧИВОСТИ ГРУЖЕНОГО СУДНА

3.1. Определение возвышения центра тяжести груза над основной плоскостью судна (по Z)

3.1.1. Определение возвышения центра тяжести трюмного груза над основной плоскостью судна (по Z)

Задачи этого типа относятся к нахождению характеристик судна, необходимых для расчета элементов остойчивости и посадки судна. Возвышение центра тяжести груза в частично загруженном трюме (z_g^i) наиболее часто приходится определять для так называемых «тяжелых» грузов и крупногабаритных грузов, т.е. таких грузов, для которых произведение массы (веса) груза в трюме на удельный погрузочный объем меньше объема трюма (см. рис. 3.1).

Наиболее простой путь для решения задачи – это воспользоваться кривой или таблицей соотношения между объемом груза в i –м трюме, погруженного в трюм на определенную высоту (V^i), и возвышением центра тяжести этого груза над основной плоскостью судна (z_g^i), обычно имеющейся на судне и в судоходной компании (см. табл. 1 Приложения 1). Объем груза в данном трюме вычисляется перемножением массы (веса) груза, погруженного в трюм, на удельный погрузочный объем груза.

$$V^i = P^i \cdot \mu, \text{ м}^3 \quad [3.1]$$

где: V^i — объем груза в i –м трюме, м^3 ;

P^i — вес (масса) груза в i –м трюме, тонн;

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

Чтобы найти возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью (ОП) судна необходимо первоначально вычислить суммарный статический момент нагрузок относительно основной плоскости ($\sum \mathbf{M}_z^\Gamma$)

$$\sum_{i=1}^{i=n} \mathbf{M}_z^\Gamma = \sum_{i=1}^{i=n} (\mathbf{P}^i \cdot \mathbf{z}_{\text{г}}^i), \text{ тм} \quad [3.2]$$

где: $\sum \mathbf{M}_z^\Gamma$ — суммарный статический момент нагрузок относительно основной плоскости в n - трюме, тм;

$\mathbf{z}_{\text{г}}^i$ — возвышение центра тяжести груза в отдельном трюме над основной плоскостью судна (аппликата ц.т.), м

Возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью $\mathbf{z}_{\text{г}}^\Gamma$ определяется по формуле:

$$\mathbf{z}_{\text{г}}^\Gamma = \sum_{i=1}^{i=n} \mathbf{M}_z^\Gamma : \sum_{i=1}^{i=n} \mathbf{P}^i, \text{ м} \quad [3.3]$$

где: $\mathbf{z}_{\text{г}}^\Gamma$ — возвышение центра тяжести всего груза над ОП судна, м;

$\sum \mathbf{P}^i$ — общий вес (масса) груза в грузовых трюмах, тонн;

В некоторых случаях для решения задач подобного типа требуется иной подход к определению центра тяжести груза в частично загруженном трюме. Так, для грузов с четко фиксированными габаритными размерами, например, контейнеры, бочки, ящики, рулоны и т.п., зная рядность и количество мест в каждом ярусе груза довольно просто рассчитать возвышение центра тяжести над основной плоскостью судна.

Для массовых навалочных и насыпных грузов и структурообразующих грузов возвышение центра тяжести груза в частично загруженном трюме, имеющем форму прямоугольного параллелепипеда, может определяться расчетным путем по формуле:

$$\mathbf{z}_{\text{г}}^i = (\mathbf{P}^i \cdot \mu \cdot \mathbf{h}_{\text{тр}}^i \cdot \mathbf{k}_{\text{тр}}^i) : 2\mathbf{V}_{\text{тр}}^i + \mathbf{h}_{\text{дд}}, \text{ м} \quad [3.4]$$

или

$$\mathbf{z}_{\text{г}}^i = \mathbf{P}^i \cdot \mu : 2\mathbf{S}_{\text{тр}}^i + \mathbf{h}_{\text{дд}}, \text{ м} \quad [3.5]$$

где: $V_{\text{тр}}^i$ — объем i -го трюма, имеющего форму приближенную к прямоугольному параллелепипеду, м^3 ;

$S_{\text{тр}}^i$ — площадь днища i -го трюма, м^2 ;

$h_{\text{тр}}^i$ — высота i -го трюма, м ;

$k_{\text{тр}}^i$ — коэффициент, учитывающий выступы в грузовом трюме, ед.

В реальных условиях для однородных массовых навалочных и насыпных грузов, штивка которых проведена по всей поверхности грузового трюма, возвышение центра тяжести груза в частично загруженном трюме можно определить при известном расстоянии от верхней части трюма до поверхности груза. Чтобы рассчитать возвышение центра тяжести груза над основной плоскостью судна в этом случае применяется формула:

$$z_{\text{г}}^i = 0.5 (h_{\text{тр}}^i - h_{\text{св}}^i) + h_{\text{дд}}, \text{ м} \quad [3.6]$$

где: $h_{\text{св}}^i$ — высота свободного пространства в частично загруженном трюме, м ;

$h_{\text{дд}}$ — высота междудонного пространства (2-го дна), м .

Ниже представлен рисунок 3.1, показывающий поперечный разрез судна.

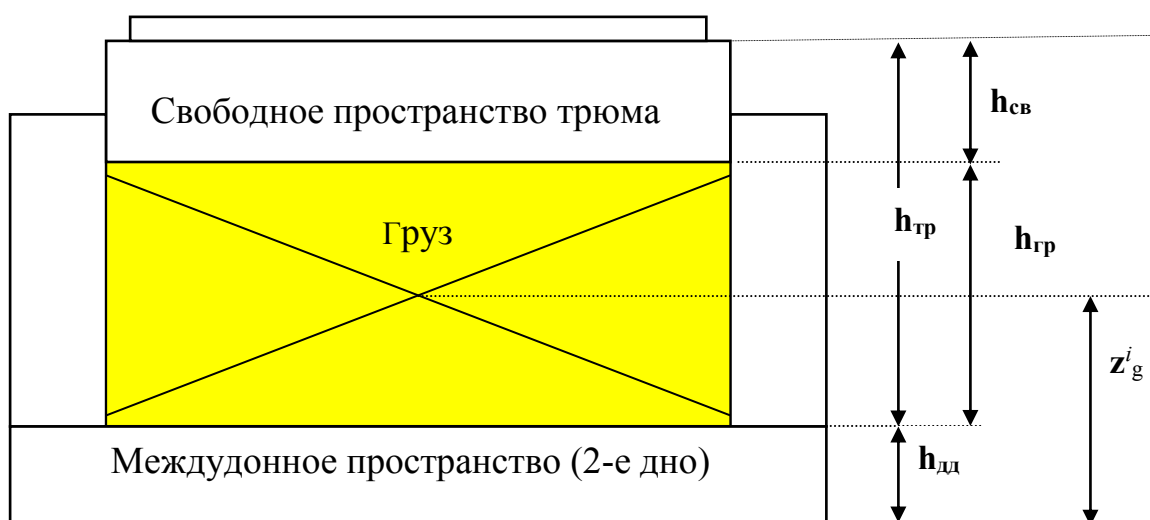


Рис. 3.1. Определение возвышения центра тяжести груза над ОП

Задачи:

Задача № 3.1.1.1.

На судно типа «Балтийский» проекта № 16290 в трюм № 1 погружено 1200 тонн, а в трюм № 2 — 1340 тонн сульфат аммония, имеющего удельный погрузочный объем равный 1.05 м³/т. По таблице соотношения между объемом груза, погруженного в трюм, и возвышением центра тяжести этого груза над основной плоскостью судна известно, что возвышение центра тяжести для значений объема груза в интервале 1000 м³ и 1400 м³ для трюма № 1 составляет 2.63 м и 3.33 м, а для значений объема груза в интервале 1400 м³ и 1600 м³ для трюма № 2 — 3.35 м и 3.71 м. Определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Ход решения:

1) Определить объем груза, погруженного в трюмы, используя УПО груза: а) $V_1^i = 1200 \times 1,05 = 1260 \text{ м}^3$; б) $V_2^i = 1340 \times 1,05 = 1407 \text{ м}^3$.

2) Зная объем груза в трюмах и соотношения между объемом груза в трюме и возвышением центра тяжести этого груза над ОП судна в определенном интервале, найти возвышение центра тяжести этого груза над ОП судна в каждом трюме: а) $z_g^1 = 2,10 \text{ м}$; б) $z_g^1 = 2,12 \text{ м}$.

3) Перемножая значения массы груза в трюме на возвышение центра тяжести этого груза над ОП судна найти статический момент нагрузок относительно основной плоскости по каждому трюму и сложив значения моментов по всем трюмам найти суммарный момент: $\sum M_z^r = 8025 \text{ т} \cdot \text{м}$.

4) Возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна определить делением суммарного момента на общую массу груза.

Задача № 3.1.1.2.

На судно типа «Ладога» проекта № 2-85 в трюм № 1 погружено 650 тонн, а в трюм № 2 — 950 тонн стружки черных металлов, имеющей удельный погрузочный объем равный 0.7 м³/т. Используя таблицу 1 Приложе-

ния 1 определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.1.3.

На судно типа «Сибирский» проекта № 0225 в трюмы № 1,2,3 и 4 погружено 920, 960, 1000 и 990 тонн соответственно алюминия в слитках, имеющего удельный погрузочный объем равный $0.49 \text{ м}^3/\text{т}$. Используя таблицу 1 Приложения 1 определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.1.4.

На судно типа «Сормовский» проекта № 1557 в трюмы № 1,2,3 и 4 погружено навалом 620, 800, 830 и 750 тонн соответственно калия хлористого, имеющего удельный погрузочный объем равный $1.02 \text{ м}^3/\text{т}$.

Используя таблицу 1 Приложения 1 определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.1.5.

На судно типа «Амур» проекта № 92-040 в трюмы № 1-3 погружено соответственно 460, 800 и 740 тонн жмыха подсолнечника, имеющего удельный погрузочный объем равный $1.8 \text{ м}^3/\text{т}$. Используя таблицу 1 Приложения 1 определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.1.6.

На судно типа «Волго-Балт» проекта № 2-95AP в трюмы № 1- 4 погружено соответственно 760, 860, 840 и 820 тонн карбамида, имеющего удельный погрузочный объем равный $1.36 \text{ м}^3/\text{т}$. Используя таблицу 1 Приложения 1 определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.1.7.

На судно типа «Ладога» проекта № 2-85 в трюм № 1 погружено 560 тонн, а в трюм № 2 – 1040 тонн аммиачно-нитратных удобрений с полной штивкой. Высота трюмов равна 5.87 м, а высота 2-го дна 0.85 м. Форма трюмов приближена к форме прямоугольного параллелепипеда.

Определить возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью, если высота свободного пространства над грузом в трюмах № 1 и 2 соответственно равна 2.77 м и 1.77 м.

Ход решения:

1) Определить h_{Γ}^i вычитая из высоты трюма высоту свободного пространства над грузом в трюмах: $h_{\Gamma}^1 = 3,10$ м; $h_{\Gamma}^2 = 3,10$ м.

2) Суммируя половину высоты штабеля и высоту второго дна найти возвышение центра тяжести груза над основной плоскостью в каждом трюме: а) $z_g^1 = 3.10 : 2 + 0.85 = 2,40$ м; б) $z_g^2 = 4.10 : 2 + 0.85 = 2,90$ м

3) Перемножая значения массы груза в трюме на возвышение центра тяжести этого груза над ОП судна найти статический момент нагрузок относительно основной плоскости по каждому трюму и сложив значения моментов по всем трюмам найти суммарный момент: $\sum M_{\Gamma z}^{\Gamma} = 4360$ т·м.

4) Возвышение центра тяжести всего груза над основной плоскостью судна определить делением суммарного момента на общую массу груза.

3.1.2. Определение возвышения центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна (по Z)

Возвышение (аппликату) центра тяжести палубного груза, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда, над основной плоскостью судна можно рассчитать по формуле:

$$z_{\Gamma g}^{\Gamma} = h_{\text{дд}} + h_{\text{тр}} + h_{\text{лк}} + h_{\text{пм}} + \frac{h_{\text{пг}}}{2}, \text{ м} \quad [3.7]$$

где: $z_{\Gamma g}^{\Gamma}$ — аппликата центра тяжести палубного груза, м;

$h_{\text{дд}}$ — высота междудонного пространства (двойного дна), м. ;

$h_{\text{тр}}$ — высота грузового трюма, включая комингс трюма, м. ;

$h_{\text{лк}}$ — высота люковой крышки, м. ;

$h_{\text{пм}}$ — высота прокладочного материала;

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

Эта же задача может быть решена, используя иные размерения судна:

$$z_{\text{г}}^{\text{пг}} = D + h_{\text{кл}} + h_{\text{лк}} + h_{\text{пм}} + \frac{h_{\text{пг}}}{2}, \text{ м} \quad [3.8]$$

где: $z_{\text{г}}^{\text{пг}}$ — аппликата центра тяжести палубного груза, м;

D — высота борта судна, м. ;

$h_{\text{кл}}$ — высота комингса грузового люка, м. ;

$h_{\text{лк}}$ — высота люковой крышки, м. ;

$h_{\text{пм}}$ — высота прокладочного материала;

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

Если все значения формул, кроме высоты палубного груза могут быть известны из паспорта судна или иных судовых документов, то последняя находится на основе стандартных размеров грузовых мест или расчетным путем. Следует заметить, что массив палубного груза при расчетах может быть разбит на отдельные штабели, имеющие одинаковую высоту.

Возвышение центра тяжести палубного груза труб большого диаметра (всего груза или отдельного штабеля) над основной плоскостью судна рассчитывается иначе с применением формулы:

$$z_{\text{г}}^{\text{пг}} = \frac{h_{\text{пг}} [(N_{\text{осн}}^{\text{т}} + 2(R_{\text{шт}}^{\text{т}} - 1)]}{3 (N_{\text{осн}}^{\text{т}} + R_{\text{шт}}^{\text{т}} - 1)}, \text{ м} \quad [3.9]$$

где: $z_{\text{г}}^{\text{пг}}$ — аппликата центра тяжести палубного груза, м;

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

$R_{шт}^T$ — число ярусов труб в штабеле палубного груза, ед. (см. ф-лу 2.24);

$N_{осн}^T$ — число труб в основании штабеля труб, ед. (см. ф-лу 2.23).

Ниже приводятся некоторые рекомендации по расчету высоты палубного груза или груза, погруженного на люковые крышки судна.

Расчет высоты палубного груза:

а) универсальные контейнеры:

Высота палубного груза универсальных контейнеров определяется перемножением высоты контейнера (находится из справочников по типу контейнера) на количество ярусов. Если контейнеры погружены не на все штатные места, массив груза контейнеров разбивается на отдельные штабели с одинаковым ярусом.

б) пиломатериалы в пакетах:

В случаях, когда пакеты имеют одинаковые размеры при равном количестве пакетов в ярусах, высота штабеля пиломатериалов, размещенных на люковых крышках, определяется перемножением высоты пакетов на количество ярусов.

Если пакеты погружены не по всему ярусу, массив груза разбивается на отдельные штабели с одинаковым ярусом, для которых вычисляется высота штабеля, а отсюда и возвышение центра тяжести над основной линией.

В последнем случае, среднюю высоту массива пиломатериалов, достаточную для расчета параметров и проверки критериев остойчивости судна, можно определить при известной массе палубного груза, плотности пиломатериалов и размерах пакетов пиломатериалов. В этом случае высота палубного груза пиломатериалов в пакетах $h_{шт}$ устанавливается следующим образом:

$$h_{\text{пг}} = \frac{P_{\text{лк}}}{\rho \cdot q_{\text{нл}}^1 (l_n \cdot \kappa^1) \cdot (b_n \cdot \kappa^2)}, \text{ м} \quad [3.10]$$

где: $P_{\text{лк}}$ — масса палубного груза, тонн

ρ — плотная масса пиломатериалов, т/м³;

$q_{\text{нл}}^1$ — коэффициент перевода складочной меры в плотную, $q_{\text{нл}}^1 = 0,9$;

l_n — длина одного пакета пиломатериалов, м;

b_n — ширина одного пакета пиломатериалов, м;

κ^1 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$$\sum (L_{\text{лк}} : l_n), \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);}$$

$L_{\text{лк}}$ — длина отдельной люковой крышки;

κ^2 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$$B_{\text{лк}} : b_n, \text{ ед. (округляется в меньшую сторону);}$$

$B_{\text{лк}}$ — ширина люковых крышек, м.

Если величина $h_{\text{пг}}$, поделенная на высоту пакета пиломатериалов не дает целого числа, то это означает, что последний ярус палубного груза пиломатериалов загружен не на всю площадь люковых крышек.

в) *круглый лес, перевозимый россыпью:*

При известной массе палубного груза и плотности рода круглого леса (береза, осина, ель и др.) и длине бревен можно вычислить среднюю высоту массива груза, достаточную для оценки критериев остойчивости судна и оценки удовлетворения имеющимся ограничениям по размещению груза. В этом случае высота палубного груза $h_{\text{пг}}$ устанавливается:

$$h_{\text{пг}} = \frac{P_{\text{лк}}}{\rho \cdot q_{\text{нл}}^2 (l_b \cdot \kappa^3) \cdot B_{\text{лк}}}, \text{ м} \quad [3.11]$$

где: $P_{\text{лк}}$ — масса палубного груза, тонн;

ρ — плотная масса круглого леса, т/м³;

$q_{\text{нл}}^2$ — коэффициент перевода складочной меры в плотную, $q_{\text{нл}}^2 = 0,64$;

l_6 — длина одного бревна, м;

κ^3 — коэффициент, определяемый как целое число из соотношения

$\sum (L_{\text{лк}} : l_6)$, ед. (округляется в меньшую сторону);

$B_{\text{лк}}$ — ширина люковых крышек, м ;

г) *трубы большого диаметра:* $R_{\text{лк}}$

Высота штабеля труб большого диаметра определяется по формуле:

$$h_{\text{шт}} = D_{\text{н}} [1 + 0,866 (R_{\text{шт}}^{\text{г}} - 1)], \text{ м} \quad [3.12]$$

где: $h_{\text{шт}}$ — фактическая высота штабеля палубного груза труб, м;

$D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубы, м;

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

Задачи:

Задача № 3.1.2.1.

На люковые крышки судна погружено 2 яруса универсальных 20-ти футовых контейнеров. Определить возвышение центра тяжести палубного груза, если высота трюма составляет – 5,94 метра, высота люковой крышки – 0,42 м, высота второго дна – 0,9 м, а высота контейнера – 2,44 м.

Задача № 3.1.2.2.

На люковые крышки судна погружен круглый лес (береза), имеющий длину бревен – 4 м, общую массу 1425 тонн, плотную массу 0,87 т/м³ и коэффициент перевода складочной меры в плотную 0,64. Известны размерения судна: высота борта судна – 6,0 м, высота комингса грузового люка вместе с люковой крышкой – 1,78 м, длина люковых крышек: на трюме №1 – 12,6 м, на 2-м и 3-м трюме по 24,4 м; ширина всех люковых крышек 10,5 м. Определить возвышение центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.2.3.

На люковые крышки судна погружены пиломатериалы общей массой 565 тонн в пакетах, имеющих длину - 3,5 м, ширину - 0,92 м, высоту 1,2 м. Плотная масса пакетов пиломатериалов – 0,6 т/м³, а коэффициент перевода складочной меры в плотную 0,9. На люковых крышках был использован прокладочный материал в виде досок толщиной 20 мм. Известны размерения судна: высота трюмов, включая комингс грузового люка, – 5,2 м, высота междудонного пространства – 0,9 м, высота люковых крышек – 0,4 м, длина люковых крышек: на трюме №1, 2 и 3 – по 16,6 м; ширина люковой крышки № 1 – 8,5 м, а люковых крышек № 2 и 3 по 10,3 м. Определить возвышение центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.2.4.

На судно были погружены в 2 яруса по всей длине люковых крышек пиломатериалы в пакетах, имеющих длину - 2,4 м, ширину - 0,85 м, высоту 1,0 м. На люковых крышках был использован прокладочный материал в виде досок толщиной 20 мм. Известны размерения судна: высота трюмов, включая комингс грузового люка, – 6,0 м, высота междудонного пространства – 0,80 м, высота люковых крышек – 0,5 м, длина люковых крышек: на трюме №1 и 4 по 12,9 м, а на трюме №2 и 3 по 19,0 м; ширина всех люковых крышек – 9,4 м. Определить возвышение центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна.

Задача № 3.1.2.5.

На судно проекта № 1557 были погружены в 3 яруса по всей длине люковых крышек стальные трубы наружным диаметром 1120 мм, средней длиной 10 метров. Судно имеет высоту трюмов - 5,47 м, высоту люковых крышек - 0,50 м, ширину люковых крышек - 10,3 м, высоту междудонного пространства - 0,89 м.

Определить возвышение центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна, если в качестве прокладочного материала был использован деревянный брус сечением 100 x 100 мм.

3.2. Определение отстояния центра тяжести груза от мидель-шпангоута судна (по X)

Задачи этого типа относятся к нахождению характеристик судна, необходимых для расчета элементов остойчивости и посадки судна. Если отстояние (абсцисса) центра тяжести груза от мидель-шпангоута судна в полностью загруженном трюме определяется по типовым случаям загрузки судна, то отстояние (абсцисса) центра тяжести груза от мидель-шпангоута судна в частично загруженном трюме может отличаться от типовых случаев. Это вызвано размещением в трюмах крупногабаритных или нестандартных грузов, созданием необходимого дифферента судна при погрузке навалочных и насыпных грузов и т.п.

Для нахождения отстояния (абсциссы) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза первоначально необходимо вычислить суммарный статический момент нагрузок от погруженного груза относительно мидель-шпангоута ($\sum M_x^g$)

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_x^g = \sum_{i=1}^{i=n} (P^i \cdot x_g^i), \text{ тм} \quad [3.13]$$

где: $\sum M_x^g$ — суммарный статический момент нагрузок от погруженного груза относительно мидель-шпангоута, тм;

P^i — масса (вес) груза в отдельном трюме, тонн;

x_g^i — абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в каждом отдельном трюме, м

Отстояние (абсцисса) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза (x_g^g) определяется по формуле:

$$x_g^{\Gamma} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{\Gamma x}^i : \sum_{i=1}^{i=n} P^i, \text{ м} \quad [3.14]$$

где: x_g^{Γ} — возвышение над основной плоскостью центра тяжести всего груза, м;

$\sum P^i$ — общий вес (масса) груза в грузовых трюмах, тонн;

Ниже представлен рисунок 3.2., показывающий продольный разрез судна.

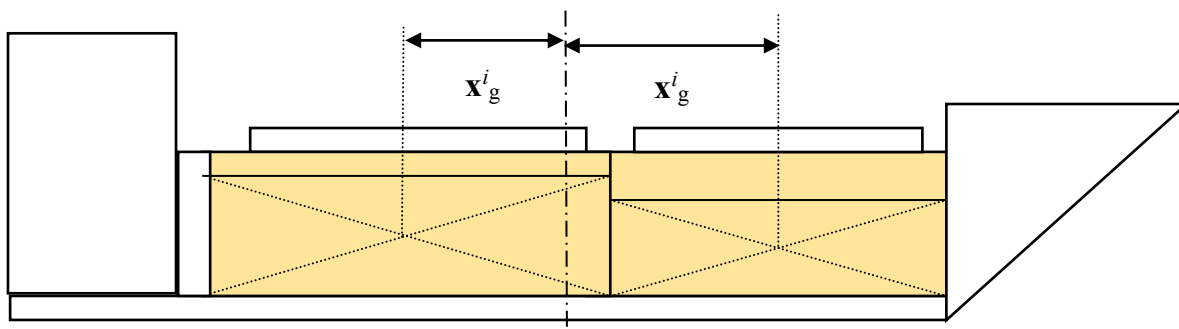


Рис.3.2. Определение абсциссы центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута

Задачи:

Задача № 3.2.1.

На судно типа «Сормовский» проекта № 1557 в трюма № 1,2,3 и 4 погружено навалом соответственно 600, 820, 790 и 730 тонн аммиачно-нитратных удобрений. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1, 2, 3 и 4 составляет соответственно 33.88 м, 15.46 м, (- 4.18) м, (- 23.2) м.

Задача № 3.2.2.

На судно типа «Амур» проекта № 92-040 в трюма № 1,2 и 3 погружено навалом соответственно 595, 1140 и 1190 тонн железорудных окатышей.

Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2 и 4 составляет соответственно 35.15 м, 14.63 м, (- 10.67) м.

Задача № 3.2.3.

На судно типа «Сормовский» проекта № 614 в трюма № 1,2,3 и 4 погружено навалом соответственно 590, 780, 790 и 800 тонн калия хлористого. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2,3 и 4 составляет соответственно 33.7 м, 15.3 м, (- 3.46) м, (- 22.65) м.

Задача № 3.2.4.

На судно типа «СТ» проекта № 19620 в трюма № 1 и 2 погружены универсальные 20' контейнеры массой по 366 тонн в трюма № 1 и 2 и на люковые крышки. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1 и 2 составляет соответственно 11.68 м и (- 8.94) м, а контейнеров на люковых закрытиях (-1.35) м.

Задача № 3.2.5.

На судно типа «Волга» проекта № 19610 в трюма № 1,2,3 и 4 погружено навалом соответственно 1200, 1350, 1500 и 1300 тонн соответственно серы комовой. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2,3 и 4 составляет соответственно 42.1 м, 20.6 м, (- 1.7) м, (- 23.9) м.

Задача № 3.2.6.

На судно типа «СТК» проекта № 326.1 в трюма № 1 и 2 погружено 630 и 930 тонн листовой стали. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1 и 2 составляет соответственно 21.58 м и (- 10.82) м.

Задача № 3.2.7.

На судно типа «Балтийский» проекта № 16290 в трюм № 1 погружено 1150 тонн, а в трюм № 2 – 1320 тонн сульфат аммония. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюме № 1 составляет 17.4 м, а в трюме № 2 - (- 9.8) м.

Задача № 3.2.8.

На судно типа «Омский» проекта № 1743.1 в трюма № 1,2,3 и 4 погружено соответственно 500, 570, 560 и 550 тонн бумаги в рулонах.

Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2,3 и 4 составляет соответственно 34.0 м, 16.5 м, (- 1.6) м, (- 19.7) м.

Задача № 3.2.9.

На судно типа «Волго-Балт» проекта № 2-95 АР в трюма № 1,2,3 и 4 погружено навалом соответственно 530, 620, 600 и 590 тонн пшеницы продовольственной. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2,3 и 4 составляет соответственно 35.77 м, 16.65 м, (- 3.15) м, (- 22.68) м.

Задача № 3.2.10.

На судно типа «Сибирский» проекта № 0225 в трюма № 1,2,3 и 4 погружено 900, 980, 1050 и 960 тонн соответственно алюминия в слитках.

Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюмах № 1,2,3 и 4 составляет соответственно 36 м, 16 м, (- 3.8) м, (- 23.6) м.

Задача № 3.2.11.

На судно типа «Ладога» проекта № 2-85 в трюм № 1 погружено 600 тонн, а в трюм № 2 – 910 тонн лома черных металлов. Определить отстояние (абсциссу) центра тяжести от мидель-шпангоута судна всего груза, если абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в трюме № 1 составляет 20.3 м, а в трюме № 2 составляет (- 3.38 м).

3.3. Определение центра тяжести системы «судно + груз»

Решение данной задачи рассматривается в более расширенном контексте, чем задачи пункта 3.1. и 3.2. Здесь наряду с определением положения центра тяжести груза определяются координаты других весовых составляющих судна: массу судна порожнем (доковый вес), массу судовых запасов, куда включаются топливо, масло, питьевая вода, экипаж и провизия, мертвый запас и т.д.

В рамках данной задачи масса отдельных весовых нагрузок и их координаты известны, но для ее решения требуется определение статических моментов нагрузок относительно миделя (M_x) и основной плоскостью (M_z) для каждого вида весовых нагрузок, для этого необходимо составить таблицу 3.1., где 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.

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 .

Таблица 3.1

Расчет весовых нагрузок судна

№	Наименование нагрузки	Вес (P), т	x_g от L/2, м	M_x , тм	z_g от ОЛ, м	M_z , тм
1	2	3	4	5	6	7
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 : $\Delta =$		$x_g =$		$z_g =$	

Задачи:

Задача № 3.3.1.

На теплоход типа «Балтийский» погружены универсальные контейнеры массой 12 тонн каждый в трюм №1 и 2 по 32, на люковые крышки - 64. Водоизмещение (вес судна) порожнем 1420 тонн, судовые запасы на отход 237 тонн. Принят балласт в количестве 554 тонны. Учитывая, что контейнеры практически заполнили все пространство трюмов, были приняты координаты для пустого трюма: абсцисса трюма № 1 равна 17,4 м, трюма №2 равна (-9,8 м), а аппликаты для всех трюмов 3,6 метра. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем (-8,6) м и 4,94 м, б) судовые запасы 13,5 м и 3,39 м. в) балласт 5,2 м и 1,0 м, г) контейнеры на люковых крыш-

ках 3,8 м и 10,0 м. Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

Задача № 3.3.2.

На судно погружены пиломатериалы с нагрузкой равной: в трюмах 2350 тонн и на люковых крышках – 1480 тонн. Вес судна порожнем составляет 2655 тонн, а судовых запасов - 495 тонн. Общие координаты по трюмам: абсцисса 12,3 м, аппликата 4,05 метра; по палубному грузу: абсцисса 8,45 м, аппликата 9,16 м. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем (-11,29 м) и 5,6 м, б) судовые запасы (-44,1 м) и 2,34 м. Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

Задача № 3.3.3.

На судно погружен груз с удельным погрузочным объемом равным 1,8 м³/т, заполнившим трюма полностью, трюм № 1 – 529 тонн и в трюм № 2 – 543 тонн. Вес судна порожнем 1019,6 тонн, судовые запасы на отход 109,1 тонн. Принят балласт в количестве 335 тонны Координаты трюмов: абсцисса трюма № 1 равна (21,58) м, трюма №2 равна (-10,8м), аппликата трюма № 1 равна (3,48) м, трюма №2 равна (3,43) м. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем (-2,98) м и 3,91 м, б) судовые запасы (-21,3) м и 2,47 м. в) балласт (-11,18) м и 1,05 м Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

Задача № 3.3.4.

На судно погружен с полной штивкой навалочный груз с удельным погрузочным объемом равным 0,6 м³/т: в трюм № 1 – 630 и в трюм № 2 – 930 тонн. Вес судна порожнем 1019,6 тонн, судовые запасы на отход 59,0 тонн. Координаты трюмов: абсцисса трюма № 1 (21,58) м,

трюма №2 (-10,82) м, аппликата трюма № 1 (2,35) м, трюма №2 (2,30) м. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем (-2,98) м и 3,91 м, б) судовые запасы (-6,22) м и 2,42 м. Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

Задача № 3.3.5.

На судно погружен груз с удельным погрузочным объемом равным 1,3 м³/т, заполнившим трюмы полностью, в трюм № 1 - 1280 тонн и в трюм № 2 – 1270 тонн. Вес судна порожнем 1420 тонн, судовые запасы на отход 237 тонн. Координаты трюмов: абсцисса трюма № 1 (17,4 м), трюма №2 (-9,8м), а аппликаты для всех трюмов 3,8 метра. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем (-8,6) м и 4,94 м, б) судовые запасы 13,5 м и 3,48 м. Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

Задача № 3.3.6.

Судно, имеющее 3 трюма погрузило кокс в трюм №1- 600 тонн, в трюм №2 - 826 тонн, в трюм №3 - 780 тонн. Учитывая, что кокс практически заполнил все пространство трюмов были приняты координаты для пустого трюма: абсциссы соответственно 25,8 м, 0,5 м и (- 18,6) м, а аппликаты для всех трюмов 3,4 метра. Вес судна порожнем – 1284 тонны, топливо и масло – 153 тонны, вода питьевая – 60 тонн, прочие запасы – 12 тонн. Остальные весовые нагрузки имеют значения абсциссы и аппликаты соответственно для: а) вес судна порожнем 0,6 м и 4,5 м, б) топливо и масло в судовых цистернах (-25,3) м и 1,6 м, вода питьевая (- 23,4) м и 4,2 м в) прочие запасы (- 30) м и 5,6 м. Определить координаты центра тяжести судна относительно основной линии и мидель-шпангоута судна.

3.4. Определение критериев остойчивости

Определение критериев остойчивости судна в Российской Федерации осуществляется в соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства (РМРС) или Российского речного регистра (РРР) /25,26/.

Ниже рассматривается порядок определения критериев остойчивости по окончании погрузки судна согласно правилам РМРС.

Судно в грузу, выходящее в море, должно удовлетворять следующим критериям остойчивости:

- критерий погоды (основной критерий), K ;
- исправленная начальная метацентрическая высота, h ;
- максимальное плечо диаграммы статической остойчивости (ДСО), $\ell_{\max}$;
- угол заката диаграммы статической остойчивости (ДСО), Θ_v ;
- угол крена, соответствующий максимуму ДСО для $\ell_{\max}$, Θ_m ;
- расчетный угол крена (амплитуда качки), Θ_r .

3.4.1. Определение критерия погоды (основного критерия)

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. $M_v \leq M_c$

$$K = \frac{M_c}{M_v} \geq 1,0 \quad [3.15]$$

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

M_c — опрокидывающий момент, тс•м.

Опрокидывающий момент - это предельный кренящий динамический момент, который может быть определен или по диаграмме статической (ДСО) или динамической (ДДО) остойчивости.

Нахождение опрокидывающего момента с помощью ДСО сопряжено с необходимостью вычисления площадей и большим объемом вычислений. Его значение находят на ДСО способом последовательных приближений, постепенно увеличивая величину кренящего момента (подбором более интенсивного шквала). Нахождение плеча опрокидывающего момента с помощью ДДО проще, но само построение диаграммы требует большой квалификации и опыта по методике, данной в Правилах РМРС и РРР в части «Остойчивость». В рамках данного УМП не рассчитывается. Величина опрокидывающего момента находится как произведение плеча опрокидывающего момента на весовое водоизмещение

$$M_c = l_{до} \cdot \Delta, \quad \text{тс}\cdot\text{м} \quad [3.16]$$

где: Δ — весовое водоизмещение судна на расчетную осадку, тонн;

$l_{до}$ — плечо опрокидывающего момента, м.

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

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

$$M_v = 0,001 \cdot p_v \cdot A_v \cdot z, \quad \text{тс}\cdot\text{м} \quad [3.17]$$

где: p_v — давление ветра, кгс/м² (принимается в зависимости от плеча парусности и района плавания судна – см. табл. 8 Прил.1);

A_v — площадь парусности судна, м² (см. табл. 13 Прил. 1).

Для нахождения A_v по указанной таблице необходимо использовать значение средней осадки судна в загруженном состоянии в морских условиях плавания с наибольшей плотностью воды.

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). Значение z можно определить по приближенной формуле:

$$z = \frac{A_v}{2L}, \text{ м} \quad [3.18]$$

где: L — расчетная длина судна, м.

Задачи:

Задача № 3.4.1.1.

Судно проекта № 16290 приняло на борт 2600 тонн груза на осадку 4,23 м в морской воде плотностью 1,025 т/м³. Расчетная длина судна 81,2 м. Используя данные Приложения 1 рассчитать критерий погоды для судна, если плечо опрокидывающего момента равно 0,42 м (Критерий округлить до десятой доли числа).

Ход решения:

а) определяем: по формуле 3.18 - плечо парусности, по таблицам 2, 13 и 8 Приложения 1 - соответственно водоизмещение и площадь парусности судна, величину давления ветра. Водоизмещение в пресной воде перевести для морской воды;

б) определяем: по формуле 3.16 величину опрокидывающего момента, а по формуле 3.17 – величину кренящего момента;

в) по формуле 3,15 находим критерий погоды (основной критерий).

Задача № 3.4.1.2.

Судно после погрузки пиломатериалов в порту Мянгилюотто имеет весовое водоизмещение 7412 тонн и площадь парусности судна 911 кв.м. Расчетная длина судна 135 метров, плечо опрокидывающего момента рав-

но 0.24 метра. Используя таблицу 8 Приложения 1 определить критерий погоды.

Задача № 3.4.1.3.

Судно смешанного река-море плавания после погрузки 1537,5 тонн груза имеет весовое водоизмещение 2900 тонн. Расчетная длина судна 77,7 метра. Площадь парусности судна 496 кв. метра, центр тяжести площади парусности от плоскости действующей ватерлинии 3,2 метра. Плечо опрокидывающего момента равно 0.34 метра. Используя таблицу 8 Приложения 1 определить критерий погоды.

Задача № 3.4.1.4.

Судно смешанного плавания при весовом водоизмещении 6000 тонн имеет среднюю осадку 3,53 м. По кривой площади парусности определено, что на 2 и 3,6 метра осадки площадь парусности составляет соответственно 737,6 кв. м. и 538,7 кв. м. Длина судна расчетная равна 122 метра. Плечо опрокидывающего момента 0.46 метра. Используя таблицу 8 Приложения 1 определить критерий погоды.

3.4.2. Проверка по начальной метацентрической высоте

Исправленная начальная метацентрическая высота определяется по формуле:

$$h = z_m - z_g - \partial h, \text{ м} \quad [3.19]$$

где: h — исправленная метацентрическая высота, м;

z_m — возвышение поперечного метацентра над основной плоскостью, м (см. табл. 3 Прил. 1);

z_g — аппликата центра тяжести судна, м (см. рекомендации по расчету в разделе 3.3);

∂h — поправка на влияние свободных поверхностей в балластных и прочих судовых танках и цистернах, м.

Исправленная начальная метацентрическая высота по требованиям РМРС и РРР всегда должна быть положительной, предельное ее значение зависит от типа судна и характера загрузки, например, для лесовозов больше 0,1 м, для контейнеровозов больше 0,2 м.

Задачи:

Задача № 3.4.2.1.

При расчете весовых нагрузок после погрузки груза определено, что возвышение поперечного метацентра над основной плоскостью судна составляет 5,92 м, аппликата центра тяжести судна 2,71 м, поправка на влияние свободных поверхностей в танках запаса топлива и воды 0,02 м. Определить исправленную метацентрическую высоту

Задача № 3.4.2.2.

Судно с водоизмещением в грузу равным 2688,7 тонн имеет аппликату центра тяжести судна 3,34 метра и возвышение поперечного метацентра над основной плоскостью судна 5,01 м. Поправки на влияние свободных поверхностей в балластных и прочих судовых танках и цистернах нет. Определить исправленную метацентрическую высоту судна.

Задача № 3.4.2.3.

На судно проекта № 16290 погружена листовая сталь до общего весового водоизмещения 3366,8 тонн в морской воде. Статический момент нагрузок относительно основной плоскости при данном размещении груза составил 11641 т·м. Поправка на влияние свободных поверхностей в танках запаса топлива и воды 0,01 м. Определить исправленную метацентрическую высоту судна.

Задача № 3.4.2.4.

На судно проекта № 0225 погружена сталь уголкового. Весовое водоизмещение судна 6127,3 тонн в пресной воде. Аппликата центра тяжести судна 3,1 м. Поправка на влияние свободных поверхностей в судовых цистернах не учитывается. Найти исправленную метacentрическую высоту.

3.4.3. Проверка по углу заката и максимальному плечу диаграммы статической остойчивости

Для построения диаграммы статической остойчивости в зависимости от типа судна может использоваться формула:

$$\ell_{\text{ст}} = \ell_{\Phi} - (z_g + \partial h) \sin \Theta, \text{ м} \quad [3.20]$$

где: $\ell_{\text{ст}}$ — плечо статической остойчивости (восстанавливающее плечо), м;

ℓ_{Φ} — значение плеч остойчивости формы, м (табл.14 Прил. 1);

Θ — угол крена, град.

На горизонтальной оси от 0 через 10 градусов указываются значения угла крена Θ , на вертикальной оси – значения плеча статической остойчивости, рассчитанные по формуле 3.20 для соответствующего угла крена.

Через точки пересечения значения угла крена и плеча статической остойчивости, используя лекало, проводится кривая линия, которая является диаграммой статической остойчивости.

При опускании перпендикуляра из наивысшей точки диаграммы статической остойчивости на вертикальную ось находится максимальное плечо статической остойчивости (ℓ_{max}), которое должно удовлетворять следующим условиям:

$$\ell_{\text{max}} \geq 0,25 \text{ метра для судов } L \leq 80 \text{ метров и}$$

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

Для промежуточных значений длин судов величина $\ell_{\max}$ определяется интерполяцией. Здесь же определяется угол крена, который соответствует максимальному плечу остойчивости, называемый соответствующим углом крена и который должен быть равен или больше 30 градусов.

Предел положительной статической остойчивости или угол заката (угол обрыва) диаграммы статической остойчивости (Θ_v) должен быть равным или более 50 градусов.

$$\Theta_v \geq 50 \text{ град}$$

Фактический угол заката (угол обрыва) определяется по диаграмме статической остойчивости как пересечение продолжения кривой диаграммы статической остойчивости с осью, где нанесены значения углов крена.

Задачи:

Задача № 3.4.3.1.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 0225 при весовом водоизмещении 6127 тонн и аппликате центра тяжести судна 3,1 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить критерии остойчивости: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.2.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 92-040 при весовом водоизмещении 5020 тонн и аппликате центра тяжести судна 5,2 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить критерии остойчивости: максимальное плечо ($\ell_{\max}$)

и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.3.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 16290 при весовом водоизмещении 3380 тонн и аппликате центра тяжести судна 3,5 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.4.

Построить диаграмму статической остойчивости судна проекта № 2-95 AP при весовом водоизмещении 4370 тонн и аппликате центра тяжести судна 3,43 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.5.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 1557 при весовом водоизмещении 4258 тонн и аппликате центра тяжести судна 4,02 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.6.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 2-85 при весовом водоизмещении 2430 тонн и аппликате центра тяжести судна 4,22 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

Задача № 3.4.3.7.

Построить диаграмму статической остойчивости для судна проекта № 787 при весовом водоизмещении 2980 тонн и аппликате центра тяжести судна 4,91 метра, используя данные таблицы 14 Приложения 1. По диаграмме определить: максимальное плечо ($\ell_{\max}$) и угол заката (Θ_v) диаграммы статической остойчивости (меньше, больше или равен 50°).

3.4.4. Расчетная амплитуда качки

Амплитуда качки может быть вычислена по формуле:

$$\Theta_m = Y \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot k, \text{ град} \quad [3.21]$$

где: Y — множитель, принимаемый по таблице 9 Приложения 1 в зависимости от района плавания и отношения $\sqrt{h}/B$, град;

X_1 — множитель, принимаемый по таблице 10 Приложения 1 в зависимости от отношения B/d_{cp} (безразмерный);

X_2 — множитель, принимаемый по таблице 11 Приложения 1 в зависимости от коэффициента общей полноты судна C_B (безразмерный);

k — коэффициент, принимаемый по таблице 12 Приложения 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.

Задачи:

Задача № 3.4.4.1.

Судно проекта № 2-85 с расчетной длиной 77,65 м и шириной 11,95 м погрузило однородный навалочный груз на среднюю осадку в морской воде плотностью $1,025 \text{ т/м}^3$ — 4,0 м. Статический момент нагрузок относительно основной плоскости (M_z) равен 11551,5 т·м, коэффициент полноты водоизмещения — 0,764, суммарная габаритная площадь боковой проекции брускового киля 14 м^2 . Используя данные приложения 1 определить амплитуду качки.

Ход решения:

1) По табл. 2 Прил. 1 на осадку 4,0 м определяется водоизмещение судна в пресной, затем в морской воде ($\Delta^c = 1,025 \times 2829,5 = 2900 \text{ т}$);

2) делением статического момента нагрузок относительно основной плоскости (M_z) на водоизмещение (сумму весовых нагрузок) определяется аппликата центра тяжести системы судно + груз ($z_g = 3,98 \text{ м}$);

3) используя таблицу 3 Приложения 1 по значению водоизмещения определяется аппликата поперечного метacentра судна ($z_m = 5,0 \text{ м}$);

4) разность между значениями аппликаты поперечного метacentра судна (z_m) и аппликаты центра тяжести системы судно + груз (z_g) дает значение величины начальной метacentрической высоты ($h = 1,02 \text{ м}$);

5) таким образом, используя известные величины и применяя таблицы 9-12 Приложения 1 находим значение амплитуды качки ($\Theta_m = 27 \text{ град}$)

Задача № 3.4.4.2.

Судно проекта № 787 с расчетной длиной 80,15 м и шириной 11,25 м погрузило генеральный груз на среднюю осадку в морской воде плотностью $1,025 \text{ т/м}^3$ — 4,0 м. Статический момент нагрузок относительно основной плоскости (M_z) равен 8932,5 т·м, коэффициент полноты водоизмещения - 0,854, суммарная габаритная площадь боковой проекции бруско-

вого киля 11 м^2 . Используя данные приложения 1 определить амплитуду качки.

Задача № 3.4.4.3.

Судно смешанного плавания с расчетной длиной $110,0 \text{ м}$ и шириной $13,0 \text{ м}$ после погрузки пиломатериалов в пресной воде на осадку $3,56 \text{ метра}$ имеет метацентрическую высоту $1,06 \text{ м}$. Коэффициент полноты водоизмещения - $0,832$, суммарная габаритная площадь боковой проекции брускового киля 20 м^2 . Используя таблицы 9-12 приложения 1 и рекомендации раздела 4.1.1 по приближенному определению осадки при переходе из пресной в морскую воду, определить амплитуду качки в морской воде плотностью $1,010 \text{ т/м}^3$.

Задача № 3.4.4.4.

Судно смешанного плавания с расчетной длиной $107,5 \text{ м}$ и шириной $13,0 \text{ м}$ после погрузки круглого леса в пресной воде на осадку $3,5 \text{ метра}$ имеет метацентрическую высоту $1,0 \text{ м}$. Коэффициент полноты водоизмещения - $0,818$, суммарная габаритная площадь боковой проекции брускового киля 22 м^2 . Используя таблицы 9-12 приложения 1 и рекомендации раздела 4.1.1 по приближенному определению осадки при переходе из пресной в морскую воду определить амплитуду качки в морской воде плотностью $1,015 \text{ т/м}^3$.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОК И ДИФФЕРЕНТА СУДНА

4.1. Расчет осадок судна и их изменения

4.1.1. Изменение осадки от перемены плотности воды

Приближенное значение осадки судна в пресной воде при переходе на осадку судна в морской воде и наоборот может определяться соотношением:

$$d^n = \rho^c \cdot d^c, \text{ м} \quad [4.1]$$

или

$$d^c = d^n : \rho^c, \text{ м} \quad [4.2]$$

где: d^n — осадка судна в пресной воде, м;

d^c — осадка судна в морской (соленой) воде, м;

ρ^c — плотность морской (соленой) воды, т/м³.

Изменение осадки при переходе судна из воды одной плотности в воду другой плотности определяется из выражения:

$$\partial d = \frac{\Delta}{100 q} \cdot \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_2}, \text{ м} \quad [4.3]$$

где: ∂d — изменение средней осадки судна, м;

Δ — весовое водоизмещение судна, тонн;

q — число тонн на 1 см осадки, т/см;

ρ_1 — плотность воды, в которой судно находится, т/м³;

ρ_2 — плотность воды, в которую судно переходит, т/м³.

Задачи:

Задача № 4.1.1.1.

Судно следует из внутренних водных путей России со средней осадкой, равной 3.70 м назначением в порт Брест (Франция) плотность морской

воды в котором составляет 1.022 т/м^3 . Определить среднюю осадку при подходе судна к порту Брест, если в пути следования осадка изменилась на 4 см за счет расходования судовых припасов.

Задача № 4.1.1.2.

Судно следует из германского порта Штральзунд с грузом оборудования и средней осадкой 3.4 м назначением в порт Череповец, расположенный на внутренних водных путях России. Плотность воды, определенная в Балтийском море, составляла 1.008 т/м^3 . Определить среднюю осадку при заходе судна в реку Нева, если в пути следования осадка изменилась на 2 см за счет расходования судовых припасов.

Задача № 4.1.1.3.

Судно грузится в турецком порту Трабзон, расположенном на Черном море, где плотность морской воды составила 1.015 т/м^3 . Определить изменение средней осадки судна при заходе в реку Дон, если при водоизмещении судна равном 5200 тонн число тонн, приходящихся на 1 см осадки составляет 12,4 тонн.

Задача № 4.1.1.4.

Судно следует в балласте из шведского порта Сундсвалль во внутренние воды России для погрузки леса. Средняя осадка судна составляет 3,15 м при плотности воды в Балтийском море $1,010 \text{ т/м}^3$. Определить изменение средней осадки судна при заходе на внутренние воды России.

Задача № 4.1.1.5.

В порту Волгоград судно было погружено металлоломом со средней осадкой 3,52 м назначением в итальянский порт Бари. В пути следования осадка изменилась на 4 см за счет расходования судовых припасов. Рассчитать среднюю осадку судна при подходе к порту Бари при удельной плотности воды в Адриатическом море $1,020 \text{ т/м}^3$.

Задача № 4.1.1.6.

Судно планируется погрузить перлитом в казахском порту Актау на среднюю осадку 3,82 м назначением в порт Волгоград. Плотность воды в порту Актау составляет 1,007 т/м³. Нужна ли корректировка количества запланированного к погрузке груза, если гарантированная глубина на речном участке Астрахань – Волгоград составляет 4 метра, норма минимального запаса воды под днищем судна 20 см. Ответ: да/нет.

Задача № 4.1.1.7.

Для перевозки внутренними водными путями гранитных плит со средней массой до 25 тонн из финского порта Мянтюлуотто в итальянский порт Марина-ди-Каррара планируется судно смешанного река-море плавания. На какую среднюю осадку можно погрузить судно в порту Мянтюлуотто, где плотность морской воды составляет 1,006 т/м³, для прохода транзитом через внутренние водные пути России при допустимой средней осадке, равной 3,50 метра.

4.1.2. Расчет носовой и кормовой осадки судна

В некоторых случаях по требуемому или известному дифференту судна необходимо определить значения осадок носом (в носовой оконечности судна) и/или кормой (в кормовой оконечности судна).

Дифферент в корму (когда значение кормовой осадки превышает значение носовой осадки) считается отрицательным, в нос (когда значение кормовой осадки превышает значение носовой осадки) – положительным.

Эта задача решается при использовании следующих формул:

Осадка судна кормой определяется по формуле:

$$d_k = d_{cp} - \frac{\psi (0,5 L + X_f)}{L}, \text{ м} \quad [4.4]$$

Осадка судна носом определяется по формуле:

$$d_n = d_{cp} + \frac{\psi (0,5 L - X_f)}{L}, \text{ м} \quad [4.5]$$

где: d_{cp} — средняя осадка судна (осадка на миделе), м.;

ψ — дифферент судна, м (см. формулу 2.1 и 2.2);

X_f — абсцисса центра тяжести ватерлинии;

L — расчетная длина судна, м.

Задачи:

Задача № 4.1.2.1.

Судно водоизмещением 4200 тонн имеет длину (расчетную) 84.9 метра. При погрузке в грузовые трюма 2650 тонн металлолома средняя осадка составила 4.27 метра, а дифферент (- 0.21) метра. Абсцисса центра тяжести ватерлинии, снятая из кривой элементов теоретического чертежа для этого случая загрузки равна 2.24 метра. Найти осадку судна носом и кормой.

Задача № 4.1.2.2.

Определить осадку судна носом и кормой, если после погрузки судна навалочным грузом с удельным погрузочным объемом 1,62 м³/т весовое водоизмещение составляет 2900 тонн при расчетной длине судна 77,65 м, средней осадке 4,0 м, абсциссой центра тяжести ватерлинии (- 1,77) м и дифференте (- 0,36) м.

Задача № 4.1.2.3.

Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой в пресной воде для судна проекта 1557, имеющего весовое водоизмещение в грузу 4051 тонн, расчетную длину судна 107,5 м и дифферент (- 0,2) м.

Задача № 4.1.2.4.

Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой в пресной воде судна проекта 0225, имеющего весовое водоизмещение в грузу 5892 тонн, расчетную длину судна 125,15 м и дифферент (-0,12) м.

Задача № 4.1.2.5.

Судно проекта 92-040 имеет весовое водоизмещение в груженом состоянии 4820 тонн и расчетную длину судна 109,11 м. Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить носовую и кормовую осадку судна в морской воде плотностью 1,015 т/м³ при дифференте (- 0,30) м.

Задача № 4.1.2.6.

Судно проекта 2-95AP имеет среднюю осадку 3,5 м в морской воде плотностью 1,006 т/м³ и дифферент (- 0,26) м при расчетной длине судна 110,52 м. Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой для пресной воды.

Задача № 4.1.2.7.

Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой в морской воде плотностью 1,025 т/м³ для судна проекта 16290, имеющего весовое водоизмещение в груженом состоянии 2994,6 тонн, расчетную длину судна 84,9 м и дифферент (- 0,16) м. Абсцисса центра тяжести ватерлинии 1,65 м.

Задача № 4.1.2.8.

Судно проекта 787, имея расчетную длину 77,6 м, после погрузки на весовое водоизмещение 3211 тонн получило дифферент (- 0,10) м. Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой в морской воде плотностью 1,010 т/м³.

Задача № 4.1.2.9.

Судно проекта 2,85, имея расчетную длину 77,65 м, после погрузки в морской воде плотностью 1,025 т/м³ на осадку 3,39 м получило дифферент (- 0,2) м. Используя табл. 2 и 5 Приложения 1 определить осадку носом и кормой для пресной воды.

4.1.3. Изменение средней осадки от приема или выгрузки части груза

Часть груза, находящегося на судне, в процессе транспортировки иногда приходится перегружать. К таким случаям относится паузка в пути следования, выгрузка с борта судна в порту погрузки из-за превышения грузовой марки, догрузка до создания необходимого водоизмещения и т.д.

Учитывая, что значение числа тонн, приходящихся на 1 см осадки, обычно известное из судовых документов, изменяется незначительно при снятии или приеме небольшого количества груза, изменение средней осадки ($\partial d_{\text{ср}}$) может быть определено через этот показатель, выраженный в т/см (q):

$$\partial d_{\text{ср}} = \frac{p^{n(6)}}{q}, \text{ м} \quad [4.6]$$

где: $p^{n(6)}$ — частично выгружаемый или погружаемый на судно груз, т;

q — число тонн, приходящихся на 1 см осадки, т/см.

Изменение средней осадки ($\partial d_{\text{ср}}$) также может быть определено через изменение осадок, соответствующих водоизмещению до начала грузовой операции и после нее:

$$\partial d_{\text{ср}} = d^{\text{ко}}_{\text{ср}} - d^{\text{но}}_{\text{ср}}, \text{ м} \quad [4.7]$$

где: $d^{\text{ко}}_{\text{ср}}$ — средняя осадка на весовое водоизмещение по окончании грузовой операции, м

$d_{\text{ср}}^{\text{но}}$ — средняя осадка на весовое водоизмещение до начала грузовой операции, м

Весовое водоизмещение по окончании грузовой операции ($\Delta^{\text{ко}}$) при известном водоизмещении до начала грузовой операции ($\Delta^{\text{но}}$), может быть определено, как

$$\Delta^{\text{ко}} = \Delta^{\text{но}} \pm p^{n(\text{с})}, \text{ тонн} \quad [4.8]$$

где: $p^{n(\text{с})}$ — частично выгружаемый (знак -) или погружаемый (знак +) на судно груз, тонн;

После преобразования формулы 4.8 весовое водоизмещение до начала грузовой операции может быть определено через известное весовое водоизмещение по окончании грузовой операции.

$$\Delta^{\text{но}} = \Delta^{\text{ко}} - (\pm) p^{n(\text{с})}, \text{ тонн} \quad [4.9]$$

Задачи:

Задача № 4.1.3.1.

Определить изменение средней осадки судна при снятии 192 тонн груз, если число тонн груза, приходящихся на 1 см осадки судна при начальном водоизмещении составляет 12,8 тонн.

Задача № 4.1.3.2.

Определить, как изменится средняя осадка судна при догрузке десяти автобусов марки ЛиАЗ массой по 10,5 тонн каждый, если число тонн груза, приходящихся на 1 см осадки судна при начальном водоизмещении составляет 11,6 тонн.

Задача № 4.1.3.3.

Судно проекта 16290 было погружено металлоломом на среднюю осадку 4,0 метра в пресной воде, после чего было определена возможность догрузки его на грузовую ватерлинию, весовое водоизмещение по которую составляет 4210 тонн. Используя таблицу 2 Приложения № 1 определить, на какую величину увеличится средняя осадка судна.

Задача № 4.1.3.4.

Весовое водоизмещение судна проекта 1557 при подходе к речному участку Нижнего Дона, где установлена проходная осадка 3,4 метра, составляет 4312,5 тонн. Используя таблицу 2 Приложения № 1 определить, на какую величину следует уменьшить среднюю осадку судна при паузе части груза в другое судно.

Задача № 4.1.3.5.

Судно проекта 787 имело весовое водоизмещение 3060 тонн после ухода докеров на обеденный перерыв. При возобновлении грузовых работ на борт судна было погружено 205 тонн. Используя таблицу 2 Приложения № 1 определить, на какую величину увеличится средняя осадка судна.

4.1.4. Изменение средней осадки при расходовании судовых запасов

При расходовании запасов воды и топлива за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка изменение средней осадки (∂d_{cp}) может быть определено, как и в предыдущем пункте, через значение числа тонн на 1 см осадки, т/см (q):

$$\partial d_{\text{cp}} = \frac{p''_z}{q}, \text{ м} \quad [4.10]$$

где: p''_z — общий расход запасов воды и топлива за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, тонн;

$$p''_3 = p''_T + p''_B, \text{ тонн} \quad [4.11]$$

где: p''_T — расход топлива за время следования судна, тонн;

p''_B — расход воды за время следования судна, тонн;

В свою очередь, расход топлива и воды может быть определен по судовым замерам или в соответствии с имеющимися нормативами потребления и расхода этих припасов, выраженных в тоннах за 1 сутки. Нормативы могут отличаться по величине для ходового и стояночного времени рейса судна (см. формулы 4.17 и 4.18).

Эта же задача может быть решена иным путем, через значение весового водоизмещения в начале рейса или в момент прохода лимитирующего участка при известных значениях израсходованных судовых припасов. В этом случае средняя осадка определяется по известному водоизмещению.

$$\partial d_{cp} = d^l_{cp} - d^p_{cp}, \text{ м} \quad [4.12]$$

где: ∂d_{cp} — изменение средней осадки за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, м;

d^p_{cp} — средняя осадка судна в порту погрузки, м;

d^l_{cp} — средняя осадка судна при прохождении лимитирующего участка, м.

Задачи:

Задача № 4.1.4.1.

Определить изменение средней осадки судна за время следования от порта погрузки до речного участка с лимитирующей глубиной судового хода, если число тонн груза, приходящихся на 1 см осадки судна при имеющемся водоизмещении составляет 10 тонн, норма расхода в сутки составляет для топлива 5 тонн и для воды 3 тонны, а судно следует до этого участка 2,5 суток.

Задача № 4.1.4.2.

На момент окончания погрузки судовые припасы топлива и воды составили соответственно 76 и 24 тонны, а при прохождении речного участка пути с ограниченной глубиной их величина составила 58 и 16 тонн соответственно. Определить изменение средней осадки судна за время следования до речного участка с лимитирующей глубиной судового хода, если число тонн груза, приходящихся на 1 см осадки судна при имеющемся водоизмещении составляет 13 тонн,

Задача № 4.1.4.3.

Судно проекта № 2-95 А/Р было погружено на среднюю осадку 3,53 метра в речном порту Астрахань для следования в Ярославль. Определить возможность прохода судна через речной участок Балахна – Городец, имеющий лимитирующую глубину 3,5 метра, с учетом изменения осадки за счет расходования судовых припасов, а также определить изменение средней осадки судна за время следования до речного участка Балахна – Городец. Норма расхода в сутки составляет для топлива 4,5 тонн и для воды 2,5 тонны, а норма времени следования до этого участка 165 часов.

Ход решения:

- 1) определить количество израсходованных припасов в сутки и за весь путь следования;
- 2) применяя таблицу 2 Приложения 1 найти значение водоизмещения судна в пресной воде на момент погрузки судна;
- 3) найти водоизмещение судна к моменту подхода к лимитирующему участку путем определения разности между водоизмещением на момент погрузки судна и количеством израсходованных припасов в сутки и за весь путь следования;
- 4) применяя таблицу 2 Приложения 1 найти значение осадки судна к моменту подхода к лимитирующему участку;

5) определить изменение средней осадки судна за время следования до речного участка Балахна – Городец.

Задача № 4.1.4.4.

Водоизмещение судна проекта № 0225 после погрузки составило 5857 тонн, а к моменту подхода к лимитирующему участку – 5820 тонн. Определить изменение средней осадки судна за время следования до речного участка с лимитирующей глубиной судового хода.

Задача № 4.1.4.5.

За время следования судном проекта № 92-040 было израсходовано 35 тонн топлива и воды и к моменту подхода к лимитирующему участку пути весовое водоизмещение судна составило 4200 тонн. Определить изменение средней осадки судна за время следования до участка с лимитирующей глубиной судового хода.

4.2. Расчет дифферента судна и его изменения

4.2.1. Определение дифферента судна

Под дифферентом судна понимается разность осадок носом и кормой. Создание необходимого дифферента требуется для нормальной посадки судна, обеспечивающей достаточную скорость хода судна, рациональной загрузки судна при прохождении лимитирующих участков пути (шлюзы, каналы, участки судового хода с ограниченными глубинами и т.д.), для удовлетворения требований к остойчивости.

Дифферент, при известных осадках носом и кормой, определяется по формуле:

$$\psi = d_n - d_k, \text{ м} \quad [4.13]$$

При известных значениях водоизмещения судна и абсциссы центра тяжести судна (x_g) можно найти дифферент по формуле:

$$\psi = \frac{\Delta (x_g - x_c)}{100 M_{1\text{см}}}, \text{ м} \quad [4.14]$$

где: Δ — водоизмещение судна на среднюю осадку судна, т ;

x_c — абсцисса центра величины судна, м;

x_g — абсцисса центра тяжести судна (отстояние центра тяжести груза от миделя судна), м — определяется расчетным путем;

$M_{1\text{см}}$ — момент, дифферентующий судно на 1 сантиметр, т·м;

d_n — осадка судна носом, м;

d_k — осадка судна кормой, м.

Значения x_c и $M_{1\text{см}}$ определяются по кривым (гидростатическим кривым) или таблице элементов теоретического чертежа в зависимости от средней осадки или фактического водоизмещения.

Задачи:

Задача № 4.2.1.1.

Определить дифферент судна, имеющего осадку носом 3,2 м и кормой 3,35 м при нулевом крене.

Задача № 4.2.1.2.

После погрузки средняя осадка судна в носовой части составила 3,65 м, в кормовой части 3,64 м. Определить дифферент судна.

Задача № 4.2.1.3.

После погрузки судна удалось снять с причала значение осадки только на форштевне 4,0 м и на миделе правого борта 4,15 м. Найти диф-

ферент судна на момент окончания погрузки, если судно не имеет крена, а его корпус не имеет ни прогиба, ни перегиба.

Задача № 4.2.1.4.

После выгрузки была определена осадка судна по левому борту: на миделе 1,6 м и в кормовой части судна 2,6 м. Найти дифферент судна, если на момент определения судно было без крена, а его корпус без прогиба и перегиба.

Задача № 4.2.1.5.

На судно, имеющее водоизмещение 3900 тонн погружено 2350 тонн пшеницы навалом. Определить дифферент судна после погрузки, если абсцисса центра тяжести судна составила (- 0,56) м, абсцисса центра величины (- 0,13) м, а момент, дифферентующий судно на 1 см равен 67,1 т·м.

Задача № 4.2.1.6.

Судно после погрузки хлопка имеет водоизмещение 2984 тонны с абсциссой центра тяжести судна (- 1,27) м. По судовым документам определено, что на данное водоизмещение абсцисса центра величины судна составила 0,3 м, а момент, дифферентующий судно на 1 см 57,5 т·м.

Определить дифферент судна.

Задача № 4.2.1.7.

После погрузки труб в количестве 2337 тонн, судно, имеющее доковый вес 1990 тонн, вышло в рейс, имея на борту 109 тонн судовых запасов.

Определить дифферент судна, если абсцисса центра величины (- 0,28) м, момент, дифферентующий судно на 1 см равен 166 т·м, а абсцисса центра тяжести судна (- 1,87) м.

Задача № 4.2.1.8.

После погрузки лесоматериала в количестве 1538 тонн, судно проекта № 2-85, имеющее доковый вес 1045 тонн, вышло в рейс, имея на борту 317 тонн судовых запасов и балласта. Абсцисса центра тяжести судна (-0,9) м. Используя таблицы 4 и 6 Приложения 1 определить дифферент судна в речных условиях.

4.2.2. Изменение дифферента при расходовании судовых запасов

В практике перевозок грузов судами смешанного «река-море» плавания часто требуется рассчитывать необходимый дифферент или его изменение с учетом расхода судовых запасов в течение рейса или на момент прохода мелководного участка пути.

Изменение дифферента судна при изменении весовых нагрузок (судовых запасов) рассчитывается путем деления суммарного статического момента израсходованного судового запаса на момент, дифферентующий судно на 1 см осадки ($M_{1\text{см}}$). При расходовании судовых запасов (уменьшение весовых нагрузок) знак в правой части формулы 4.15 меняется на противоположный.

$$\partial \psi = \frac{M^{из}_x}{100 M_{1\text{см}}}, \text{ м} \quad [4.15]$$

где: $\partial \psi$ — изменение дифферента судна при подходе к участку пути с ограниченными глубинами, м;

$M^{из}_x$ — суммарный статический момент изменения весовых нагрузок (здесь: израсходованный судовой запас топлива и воды), т·м;

$M_{1\text{см}}$ — момент, дифферентующий судно на 1 см осадки, т·см.

Суммарный статический момент судна от количества израсходованного топлива и воды ($M^{из}_x$) определяется:

$$M^{из}_x = p^u_t \cdot x^T_g + p^u_b \cdot x^B_g, \text{ т·м} \quad [4.16]$$

где: p^u_T — количество (масса) топлива, израсходованного за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, тонн;

p^u_B — количество (масса) пресной воды, израсходованной за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, тонн;

x^T_g — абсцисса центра тяжести расходной цистерны топлива, м;

x^B_g — абсцисса центра тяжести расходной цистерны пресной воды.

Положительное значение суммарного статического момента от количества израсходованного топлива и воды при подходе к участку пути с ограниченными глубинами может означать увеличение кормовой осадки судна и уменьшение носовой осадки судна, а отрицательное значение, наоборот, увеличение осадки судна носом и уменьшение осадки судна кормой.

Количество топлива (p^u_T) и воды (p^u_B), которое будет израсходовано за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка речного пути, может быть рассчитано на основе норм расхода :

$$p^u_T = \sigma^x_T t_x + \sigma^c_T t_{ст} , \text{ ТОНН} \quad [4.17]$$

$$p^u_B = \sigma_B (t_x + t_{ст}) , \text{ ТОНН} \quad [4.18]$$

где: P^u_T — количество (масса) топлива, израсходованного за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, тонн;

P^u_B — количество (масса) пресной воды, израсходованной за время следования судна от порта погрузки до лимитирующего участка, тонн;

σ^x_T — суточный расход топлива на ходу, т/сут.;

σ^c_T — суточный расход топлива на стоянках, т/сут.;

σ_B — суточный расход воды, т/сут.;

t_x — ходовое время судна, сут;

$t_{ст}$ — стояночное время судна, сут.

Задачи:

Задача № 4.2.2.1.

В течение рейса расход топлива из цистерны, имеющей абсциссу центра тяжести (-44,2) метра составил 24 тонны, а расход воды из цистерны, имеющей абсциссу центра тяжести (-27,3) метра составил 14 тонн.

Определить изменение дифферента судна за время следования, если момент, дифферентующий судно на 1 см осадки ($M_{1\text{см}}$) равен 180 т·м.

Задача № 4.2.2.2.

Судно смешанного плавания с грузом труб вышло из порта Волгоград назначением в Гамбург. В течение рейса, продолжавшегося 4,8 суток, из которых ходовое время составило 4,4 суток, а суточный расход судовых запасов соответственно на ходу и стоянке составил: топливо 4,5 и 0,5 тонн, воды 2,0 и 2,0 тонн. Абсцисса центра тяжести топливной расходной цистерны (-25,9) метра, а расходной цистерны пресной воды (-20,5) метра.

Определить изменение дифферента судна за время следования до участка с лимитированной глубиной судового хода, если момент, дифферентующий судно на 1 см осадки ($M_{1\text{см}}$) равен 104 т·м.

Задача № 4.2.2.3.

В течение рейса расход топлива из цистерны, имеющей абсциссу центра тяжести 19,8 метра составил 20 тонн, а расход воды из цистерны, имеющей абсциссу центра тяжести 5,5 метра составил 12 тонн.

Определить изменение дифферента судна за время следования, если момент, дифферентующий судно на 1 см осадки ($M_{1\text{см}}$) равен 115,5 т·м.

**4.2.3. Изменение дифферента от перемещения,
приема или выгрузки части груза**

Учет изменения дифферента имеет практическое значение при составлении предварительного грузового плана, когда первоначальный вари-

ант загрузки необходимо исправить путем перераспределения груза по трюмам или иным грузовым помещениям. Это также имеет немаловажное значение при уточнении количества груза, которое требуется переместить из одного трюма в другой, выгрузить на причал или наоборот принять дополнительно для создания необходимого дифферента.

Смещение груза поперек судна по горизонтали приводит к образованию кренящего момента и на дифферент не влияет. Смещение груза по длине судна приводит к образованию дифферентующего момента $M_{\text{диф}}$ и, отсюда, возникновению или изменению дифферента судна.

Решение задачи на определение величины изменения дифферента судна базируется на разделах 3.2, 3.3 и 4.2.2 данного пособия.

Так, при расчете изменения дифферента судна при приеме или снятии груза рекомендуется применять формулу 4.15, причем в этой формуле $M_{\text{из}_x}$ представляется как суммарный статический момент изменения весовых нагрузок при приеме или снятии груза, иначе называемый дифферентующим моментом ($M_{\text{диф}}$):

$$\text{а) при приеме груза: } M_{\text{диф}} = p^n \cdot x^1, \text{ т} \cdot \text{м}; \quad [4.19]$$

$$\text{б) при снятии груза: } M_{\text{диф}} = p^c \cdot x^2, \text{ т} \cdot \text{м}. \quad [4.20]$$

где: p^n — партия груза, погруженная (принятая) на судно, тонн;

p^c — партия груза, выгруженная (снятая) с судна, тонн;

x^1 — абсцисса центра тяжести погруженной партии груза, м;

x^2 — абсцисса центра тяжести выгруженной партии груза, м.

При снятии или приеме нескольких партий груза их дифферентующие моменты суммируются. Суммарный статический (дифферентующий) момент судна при перемещении отдельной партии груза (здесь: $p^{nep} = p^n = p^c$) из одного грузового помещения в другое может быть выражен:

$$M_{\text{из}_x} (M_{\text{диф}}) = p^n \cdot x^1 - p^c \cdot x^2 = p^{nep}(x^1 - x^2), \text{ т} \cdot \text{м} \quad [4.21]$$

Задачи:**Задача № 4.2.3.1.**

Определить изменение дифферента судна при догрузке 20 тонн хлористого калия в трюм № 1, имеющий абсциссу центра тяжести равную 33,88 м, а момент, дифферентующий судно на 1 см при водоизмещении на имеющуюся осадку составляет 96,8 т·м.

Задача № 4.2.3.2.

Определить изменение дифферента судна при догрузке 37,5 тонн хлористого калия в трюм № 4, имеющий абсциссу центра тяжести равную (-23,2) м, а момент, дифферентующий судно на 1 см при водоизмещении на имеющуюся осадку составляет 96,8 т·м.

Задача № 4.2.3.3.

Определить изменение дифферента судна при выгрузке 150 тонн груза из трюма № 2, имеющего абсциссу центра тяжести равную 14,63 м, а момент, дифферентующий судно на 1 см при водоизмещении на имеющуюся осадку составляет 104,5 т·м.

Задача № 4.2.3.4.

Определить изменение дифферента судна после выгрузки 60 тонн груза из трюма №1, 60 тонн груза из трюма №2, 120 тонн груза из трюма №3 и 90 тонн груза из трюма №4, имеющих абсциссу центра тяжести равную соответственно 36, 16, (-3,8) и (-23,6) метра. Момент, дифферентующий судно на 1 см при водоизмещении на имеющуюся осадку составляет 180 т·м.

Задача № 4.2.3.5.

Какое изменение дифферента создаст перемещение 30 тонн груза из трюма № 1 в трюм № 4, абсцисса центра тяжести которых равна соответ-

ственно 35,77 и (-22,68) метра, а момент, дифференцирующий судно на 1 см при имеющейся осадке составляет 103,1 т·м.

Задача № 4.2.3.6.

Какое изменение дифферента создаст перемещение 20 тонн груза из трюма № 1 в трюм № 4, абсцисса центра тяжести которых равна соответственно 33,88 и (-23,2) метра и перемещение 30 тонн груза из трюма № 2 в трюм № 3, абсцисса центра тяжести которых равна соответственно 15,46 и (-4,18) метра. Момент, дифференцирующий судно на 1 см при имеющейся осадке составляет 96,2 т·м.

Задача № 4.2.3.7.

Первоначально в трюм, абсцисса центра тяжести которого равна (-2,48) метра, равномерно погрузили груз. Сколько груза необходимо переместить в носовую часть трюма судна, чтобы изменить дифферент на 6 см при новой абсциссе центра тяжести груза в трюме 10,52 метра. Момент, дифференцирующий судно на 1 см осадки судна составляет 56,3 т·м.

5. РАЗМЕЩЕНИЕ И УКЛАДКА ГРУЗА

5.1. Размещение массового груза по трюмам

Груз размещается равномерно по трюмам для создания нормальной посадки судна, для исключения чрезмерных прогибов и перегибов корпуса судна, большого крена и предельного дифферента. При распределении груза по трюмам рекомендуется размещать его пропорционально вместимости грузовых трюмов.

Для предварительной оценки размещения груза по отдельным грузовым трюмам судна предлагается использовать формулу:

$$P^i = \frac{P_{\text{тр}} \cdot V^i}{W}, \text{ тонн} \quad [5.1]$$

где: P^i — масса груза в i -м трюме, тонн;

V^i — объем i -го трюма, м^3 ;

$P_{\text{тр}}$ — общая масса груза, погруженного во все трюма, т.;

W — грузовместимость судна, м^3 .

Определив количество груза по отдельным грузовым трюмам судна, далее необходимо определить объем заполнения трюмов грузом, т.е. объем груза в отдельном трюме (с учетом пустот), используя следующую формулу:

$$V_{\text{г}}^i = P^i \cdot \mu, \text{ м}^3 \quad [5.2]$$

где: $V_{\text{г}}^i$ — объем груза в i -м трюме (с учетом пустот), м^3 ;

P^i — масса груза в i -м трюме, тонн;

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

Для окончательного размещения груза по отдельным грузовым трюмам судна необходимо рассчитать весовые нагрузки, действующие на судно, определить координаты системы «судно + груз», имеющийся дифферент, осадки судна носом и кормой, а при необходимости переместить

часть груза из одних грузовых помещений в другие по рекомендациям, изложенным в разделах 2, 3 и 4.

Задачи:

Задача № 5.1.1.

В грузовые трюмы судна № 1 – 4 имеющие вместимость соответственно 1028, 1377, 1382 и 964 куб. м. требуется погрузить груз весом 3200 тонн, имеющий сцепление, с удельным погрузочным объемом равным $1,2 \text{ м}^3/\text{т}$.

Требуется рассчитать вес груза в трюмах, погруженный пропорционально вместимости грузовых трюмов (результаты округлить до целых тонн).

Задача № 5.1.2.

В грузовые трюмы судна № 1– 4 погружено соответственно 520, 950, 963 и 520 тонн груза с удельным погрузочным объемом равным $1,46 \text{ м}^3/\text{т}$.

Требуется рассчитать объем груза, занимаемый в трюмах (результаты округлить до целых чисел).

Задача № 5.1.3.

Из элеватора в судно была погружена пшеница соответственно объемом в трюм № 1 – 850 м^3 , в трюм № 2 – 1540 м^3 и в трюм № 3 – 1480 м^3 .

Определить количество зерна, имеющего удельный погрузочный объем $1,25 \text{ м}^3/\text{т}$, погруженного на судно.

5.2. Показатели использования судна и грузовых помещений

5.2.1. Коэффициент использования вместимости грузовых трюмов

Коэффициент использования вместимости грузовых трюмов, определяется как отношение объема груза (с учетом внутренних пустот), погруженного в трюм (V_{Γ}^i) к объему соответствующего грузового трюма:

$$k_{\text{вм}}^i = \frac{V_{\Gamma}^i}{V_{\text{тр}}^i}, \text{ ед.} \quad [5.3]$$

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

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

Задачи:

Задача № 5.2.1.1.

В судно, имеющее три трюма, был погружен ячмень соответственно в трюм №1 – 830 м^3 , в трюм №2 – 1530 м^3 и в трюм №3 – 1500 м^3 .

Определить коэффициент использования вместимости каждого трюма, если зерновая вместимость трюма №1 составляет 874 м^3 , а вместимость трюмов №№ 2 и 3 каждый по 1595 м^3 .

Задача № 5.2.1.2.

В судно, имеющее три трюма, погружен моноаммонийфосфат (МАФ) с удельным погрузочным объемом $1,16 \text{ м}^3/\text{т}$ соответственно в трюм №1 – 1600 тонн, в трюм №2 – 2100 тонн и в трюм №3 – 1900 тонн.

Определить коэффициент использования вместимости каждого трюма, если зерновая вместимость трюма №1 составляет 2211 м^3 , трюма №2 – 2872 м^3 и трюма №3 – 2748 м^3 соответственно.

Задача № 5.2.1.3.

В судно, имеющее один трюм вместимостью 3240 м³, погружено 2520 тонн стальных листов в пакетах. Размеры пакетов (4,0 х 1,2 х 0,8) м³ при массе 6 тонн. Определить коэффициент использования вместимости трюма

5.2.2. Коэффициент загрузки судна

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

$$k_{\text{гп}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{тр}}} P_{\text{тр}}^i + P_{\text{лк}}}{\Delta_{\text{w}} - p_{\text{с}}}, \text{ ед.} \quad [5.4]$$

где: $k_{\text{гп}}$ — коэффициент загрузки судна, ед.;

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

$P_{\text{лк}}$ — масса груза, размещенного на люковых крышках, тонн;

Δ_{w} — дедвейт судна, тонн;

$p_{\text{с}}$ — судовые запасы, тонн.

Задачи:**Задача № 5.2.2.1.**

На судно смешанного плавания погружены пиломатериалы таким образом, что их масса в трюмах № 1 – 4 составила соответственно 464, 510, 520 и 500 тонн, кроме того на люковые крышки было размещено 760 тонн. Определить коэффициент загрузки судна, если дедвейт судна на грузовую ватерлинию 3225 тонн и полные судовые запасы составляют 165 тонн.

Задача № 5.2.2.2.

В трюмы № 1-3 судна смешанного плавания погружены трубы большого диаметра соответственно 241, 430 и 420 тонн, а на люковых крышках было размещено 400 тонн труб. Определить коэффициент загрузки судна при дедвейте судна на грузовую ватерлинию 3159,5 тонн и полных судовых запасах в количестве 177,5 тонн.

Задача № 5.2.2.3.

На судно смешанного плавания была погружена пшеница, имеющая удельный погрузочный объем 1,45 м³/т, размещенная по грузовым трюмам №№ 1 – 4 соответственно в объеме 920, 1120, 1124 и 1041 м³. Определить коэффициент загрузки судна при дедвейте судна на грузовую ватерлинию 3139 тонн и полных судовых запасах в количестве 149 тонн.

5.2.3. Коэффициент вертикальной проницаемости трюма

Коэффициент вертикальной проницаемости ($K_{вп}$), определяется как отношение площади люка $S_{л}$ к площади трюма $S_{тр}$.

$$k_{вп}^i = \frac{S_{л}^i}{S_{тр}^i}, \text{ ед.} \quad [5.5]$$

Если определяется отношение площади всех грузовых люков судна к площади всех грузовых трюмов, то это отношение получило название коэффициента лючности ($K_{л}$).

$$k_{л} = \frac{\sum S_{л}^i}{\sum S_{тр}^i}, \text{ ед.} \quad [5.6]$$

Величина коэффициента вертикальной проницаемости ($K_{вп}$) служит одним из критериев, в зависимости от которого устанавливается тип трюма в целях норм грузовой обработки, а все суда подразделяются на:

– суда-площадки (Трюм – тип I), $K_{вп} = 1$;

- трюмные суда открытого типа (Трюм - тип II), $1 > K_{вп} > 0.61$;
- трюмные суда полуоткрытого типа (Трюм - тип III), $K_{вп} = 0.6 \div 0.3$;
- трюмные суда закрытого типа (Трюм - тип IV), $K_{вп} < 0.3$.

Задачи:

Задача № 5.2.3.1.

Трюм № 2 судна типа «Сормовский» пр. 1557 имеет площадь просвета грузового люка 169,7 кв.м., а площадь палубы грузового трюма 222 кв.м. Определить коэффициент вертикальной проницаемости грузового трюма.

Задача № 5.2.3.2.

Судно проекта № 613 имеет три трюма с площадью палубы грузовых трюмов соответственно 180, 380 и 216 кв. метров и с площадью просвета грузовых люков соответственно №1 – 138, № 2 и 3 по 168 кв. метров. Определить коэффициент лючности судна.

Задача № 5.2.3.3.

Судно типа Амур проекта № 92-040 имеет три прямостенных трюма с шириной днища трюмов и просвета грузовых люков равной 10,13 метра. Длина днища грузового трюма №1 – 14,2 метра, грузовых трюмов №2 и 3 по 25 метров. Длина просвета грузовых люков №1, 2 и 3 соответственно равна 11.6, 23 и 24 метра. Определить тип судна и грузовых трюмов судна для применения норм грузовой обработки в речном порту.

5.2.4. Коэффициент трюмной укладки груза

Коэффициент трюмной укладки груза определяется для генеральных грузов и грузов, перевозимых отдельными местами. Этот коэффициент

представляет собой отношение грузовместимости грузового трюма к суммарному объему грузовых мест, уложенных в этом трюме.

$$k_y^i = \frac{V_{\text{тр}}^i}{\sum V_{\text{гм}}^i}, \text{ ед.} \quad [5.7]$$

где: k_y^i — коэффициент трюмной укладки в i -м грузовом трюме, ед

$V_{\text{тр}}^i$ — грузовместимость i -го грузового трюма, м³

$\sum V_{\text{гм}}^i$ — суммарный объем грузовых мест, уложенных в i -м трюме, м³.

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.

$$V_{\text{гм}}^i = \frac{P_{\text{тр}}^i \cdot V_{\text{1м}}}{P_{\text{1м}}}, \text{ м}^3 \quad [5.8]$$

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

$P_{\text{1м}}$ — масса одного грузового места (пакета, рулона и т.д), тонн;

$V_{\text{1м}}$ — объем одного грузового места (пакета, рулона, связки и т.д.), м³.

Задачи:

Задача № 5.2.4.1.

В грузовой трюм вместимостью 1350 м³ погружены стальные заготовки в количестве 1050 тонн. Стальные заготовки имеют форму квадратного сечения 200 x 200 мм, длиной 4 м и средней массой по 1,2 тонны.

Определить фактический коэффициент трюмной укладки груза.

Задача № 5.2.4.2.

В грузовой трюм вместимостью 1380 м³ погружены стальные листы в рулонах в количестве 1015 тонн. Все рулоны имеют цилиндрическую форму с диаметром 1200 мм, высотой 1250 мм, средней массой 7,0 тонн. Определить фактический коэффициент трюмной укладки груза.

Задача № 5.2.4.3.

В грузовой трюм вместимостью 6230 м³ погружены стальные листы в пакетах массой по 15 тонн, имеющих размеры 4 х 1 х 0,5 м в количестве 200 пакетов, сталь в рулонах средней массой 7,0 тонн в количестве 100 рулонов. Все рулоны имеют цилиндрическую форму с диаметром 1200 мм, высотой 1250 мм. Также погружено 350 связок стали уголкового, имеющих массу по 2 тонны каждая и размеры: длина 3 м, диаметр 0,5 м. Определить фактический коэффициент трюмной укладки груза.

5.3. Проверка местной прочности судна

При плавании в морских условиях судно испытывает значительное воздействие гидростатических и гидродинамических сил, особенно в условиях шторма. В результате этого в связях корпуса судна 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 выполнения рейса местная прочность корпуса судна проверяется соответствием загрузки отдельных грузовых помещений и размещения груза на люковых закрытиях путем сравнения фактической и допустимой нагрузки. Для грузовых трюмов фактическая нагрузка находится

как частное от деления количества груза в отдельном трюме на площадь днища этого трюма.

При получении всех необходимых данных составляется, заполняется и анализируется таблица произвольной формы.

Задачи:

Задача № 5.3.1.

На судно погружено 1537,5 тонн пиломатериалов, в том числе в трюм №1 - 752,5 тонн, трюм № 2 - 1500 тонн и на люковые крышки трюмов 285 тонн. Допустимая нагрузка на днище трюма составляет 5, 3 т/м², а на люковые закрытия 1,75 т/м². Площадь днища трюмов № 1 и 2 составляет 181 м² и 267 м² соответственно, а длины люковых закрытий трюмов № 1 и 2 при общей ширине 8,2 м составляют соответственно 16,82 м и 24,66 м. Проверить местную прочность корпуса судна и установить, соответствует ли загрузка судна допустимым нагрузкам. Ответ: Да/нет.

Задача № 5.3.2.

На судно погружено 4725 тонн каменного угля, в том числе в трюм №1 - 700 тонн, трюм № 2 - 1800 тонн, трюм № 3 - 1200 тонн, трюм № 4 - 1025 тонн. Допустимая нагрузка на днище трюма составляет 8,1 т/м². Площадь днища трюмов № 1, 2, 3 и 4 составляет соответственно 233, 254, 273 и 254 кв. метра. Проверить местную прочность корпуса судна и установить, соответствует ли загрузка судна допустимым нагрузкам. Ответ: Да/нет.

Задача № 5.3.3.

На судно планируется погрузить 3800 тонн труб диаметром 500 мм, в том числе в трюм №1 - 1500 тонн, трюм № 2 - 1700 тонн и по 300 тонн на люковые крышки № 1 и 2. Площадь днища трюмов № 1 и 2 составляет соответственно 233 и 254 кв. метра, площадь люковых крышек № 1 и 2 соот-

ветственно по 599,4 кв. метров каждая. Допустимая нагрузка на днище трюма составляет 8,1 т/м², а на люковые крышки 0,2 т/м². Проверить местную прочность корпуса судна и установить, соответствует ли загрузка судна допустимым нагрузкам. Ответ: Да/нет.

5.4. Определение количества прокладочных, сепарационных и крепежных материалов

5.4.1. Расчет количества прокладочных и сепарационных материалов

Для расчета количества прокладочных и сепарационных материалов требуется информация о грузе, предоставляемая грузоотправителями, содержащаяся в официальных справочниках или стандартах, правилах перевозок грузов, договорах на перевозку грузов:

- о размерах грузового места и его массе;
- о размерах прокладочного и сепарационного материала.

Кроме того требуется информация о размерах грузовых трюмов и/или люковых крышек, предоставляемая судовладельцем или содержащаяся в официальных справочниках или изданиях. В прилагаемых ниже задачах даются также примеры расчета количества крепежных материалов, используемых из применяемого прокладочного материала на основе эмпирических данных. В рамках данного пособия исходные данные содержатся в условиях конкретной задачи.

Задачи:

Задача № 5.4.1.1.

На судно проекта № 488 АМ/3 требуется погрузить стальные листы в рулонах в количестве 3164 тонн. Рулоны согласно предварительному грузовому плану планируется разместить в трюмах следующим образом: №1 – 658 т., № 2 – 896 т., № 3 – 1015 т., № 4 – 595 т. Все рулоны имеют цилиндрическую форму с диаметром 1200 мм, высотой 1250 мм, средней массой 7,0 тонн. Длина трюмов № 1,2,3 и 4 по днищу соответственно составляет 17,4, 21,8, 21,8, 15,3 метра. Ширина и высота всех трюмов равна 11,4 м и 6,0 м соответственно. Для прокладок требуются деревянные бруски сечением 40 х 150 мм, укладываемые от борта до борта в две линии под рулоны, устанавливаемые способом «на торец». Рулоны последующих рядов укладываются вплотную к рулонам предыдущего ряда (в углубление между двух рулонов). Для устройства «клеток» и подпорок между бортами и пакетами дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 5% от общего объема прокладочных материалов. Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала в кубических метрах для укладки стальных листов в рулонах.

Задача № 5.4.1.2.

На судно требуется погрузить стальные листы в пакетах, перевозимые без салазок, в количестве 1760 тонн. Судно имеет один прямостенный трюм длиной – 44,85 м, шириной – 8,6 м и высотой – 7,9 м. Пакеты имеют прямоугольную форму шириной 2,0 м, длиной 4 м, высотой 0,5 м и средней массой 8,0 тонн. Для прокладок необходимо использовать деревянные бруски сечением 40 х 40 мм, укладываемые от борта до борта в две линии по длине пакета. При размещении пакетов вторым и более рядами между рядами должны укладываться прокладки из бруса такого же сечения. Для устройства «клеток» и подпорок между бортами и пакетами дополнитель-

но следует заказать деревянные бруски в размере 2% от общего объема прокладочных материалов. Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки стальных листов, перевозимых в пакетах без салазок.

Задача № 5.4.1.3.

На судно проекта № 1743.1 требуется погрузить проволоку-катанку в мотках, увязанных в пакеты, в количестве 2952 тонн. Судно имеет четыре трюма шириной 12.84 м и высотой – 5.1 м. Длина трюмов № 1–3 по 18.0 м, длина трюма №4 – 17.4 м. Согласно предварительному грузовому плану катанку планируется разместить в трюмах следующим образом: №1 – 576 т., № 2 – 864 т., № 3 – 792 т., № 4 – 720 т. Пакеты имеют цилиндрическую форму с наружным и внутренним диаметром соответственно 1100 мм и 900 мм, длиной 1000 мм, средней массой 1.1 тонн, устанавливаются в положение «на образующую» поперек судна. Для прокладок предлагается использовать деревянные доски сечением 10 х 120 мм, укладываемые от борта до борта через интервал 200 мм только на дно трюмов. Для устройства «клеток» и подпорок между бортами и пакетами дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 2% от общего объема прокладочных материалов. Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки проволоки-катанки, перевозимой в пакетах.

Задача № 5.4.1.4.

На судно требуется погрузить 2800 тонн стальных слябов, в т.ч. в трюма № 2-4 по 720 тонн, остальные в трюм № 1. Все 4 трюма имеют ширину по 11,0 м каждый и высотой с учетом комингса — 6,1 м. Длина трюма №1 — 20,72 м, но в носовой части (на 2,5 м) имеет сужение, трюм № 2 - 19,82 м, трюма № 3 и 4 по 19,6 м. Стальные слябы имеют форму

плоского параллелепипеда длиной 5,2 м, шириной 2 м, высотой 0,3 м и средней массой 10 тонн. По длине слябы размещены перпендикулярно ДП судна. Под каждый сляб в качестве прокладок должны укладываться по два деревянных бруска сечением 50 х 50 мм, размещаемые от борта до борта. Для устройства «клеток» и подпорок между бортами и пакетами дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 2% от общего объема прокладочных материалов. Требуется рассчитать необходимое количество крепежного и прокладочного материала для укладки стальных слябов.

Задача № 5.4.1.5.

На судно требуется погрузить в грузовые трюмы 1840 тонн стальных труб диаметром 1020 мм, длиной 9 м, средней массой одной трубы 8 тонн. Судно имеет 3 трюма. Длина трюма №1 - 14,2 м, трюмов № 2 и 3 – по 25 м. ширина всех трюмов 10 м. Под трубы, размещаемые перпендикулярно ДП судна, на всю длину днища трюма необходимо уложить по четыре прокладки сечением 25 х 80 мм параллельно диаметральной плоскости судна. Для устройства «клеток», клиньев и подпорок между бортами и пакетами дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 3% от общего объема прокладочных материалов.

Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки стальных труб.

Задача № 5.4.1.6.

На судно проекта № 05074М требуется погрузить стальные заготовки в количестве 3900 тонн, в т.ч. в трюм №1 - 1440 тонн и в трюм №2 - 1680 тонн. Судно имеет два трюма шириной по днищу трюма – 12,2 м, а в верхней части трюма – 13,0 м, высота трюмов 5,9 м. Длина трюма № 1 – 45,6 м, длина трюма № 2 – 44,4 м. Следует иметь в виду, что в трюме № 1 в носовой части трюма днище имеет наклон вверх в сторону носовой части

на расстоянии 7.2 м. Стальные заготовки имеют форму квадратного сечения 200 х 200 мм, длиной 6 м и средней массой по 5 тонн, в трюмах укладываются в продольном направлении с расстоянием между пакетами по длине – 200 мм, по ширине зазор – 3 мм. Для прокладок используются деревянные бруски сечением 50 х 50 мм, которые укладываются от борта до борта, чтобы каждый пакет опирался на 3 бруска. Прокладки из брусков такого же сечения укладываются между первым и последующими ярусами пакетов. Для устройства «клеток» и подпорок между бортами и пакетами дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 2% от общего объема прокладочных материалов. Рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки заготовок.

Задача № 5.4.1.7.

В грузовые трюмы судна требуется погрузить чугунные чушки в количестве 2400 тонн. Судно имеет три трюма с днищем прямоугольной формы шириной 11,2 м. Длина трюмов соответственно: №1 – 18,2 м, № 2 – 20,6 м, №3 – 19,3 м. Чугунные чушки в сечении имеют трапецевидную форму шириной 150 мм, высотой 100 мм, длиной 400 мм и средней массой одной чушки по 50 кг. Для предохранения от повреждений днище трюма по всей длине необходимо застелить рядом досок низкого сорта сечением 15 х 120 мм, укладываемые от борта до борта через интервал 200 мм. Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного материала.

Задача № 5.4.1.8.

На люковые закрытия грузовых трюмов судна требуется погрузить в 2 яруса стальные трубы диаметром 1420 мм, длиной 12 м, средней массой одной трубы 10 тонн. Судно имеет три трюма с тремя люковыми крышками длиной каждая по 16,6 м. Ширина люковой крышки трюма № 1 — 8,5 м, трюма № 2 и 3 — 10,3 м. Для обеспечения устойчивости штабеля

труб, размещаемых параллельно диаметральной плоскости судна, требуется уложить деревянные прокладки сечением 80 х 150 мм по 5 брусков под трубу на всю ширину люковых крышек. Для крепления труб дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 4% от общего объема прокладочных материалов. Требуется рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки стальных труб на люковые крышки трюмов.

Задача № 5.4.1.9.

На люковые закрытия грузовых трюмов судна требуется погрузить в 2 яруса стальные трубы диаметром 1320 мм, длиной 12 м, средней массой одной трубы 10,5 тонн. Судно имеет два трюма с двумя люковыми крышками шириной –8,4 м. Длина люковой крышки трюма №1- 17,0 м, трюма №2 – 25 м. Под трубы, размещаемые параллельно диаметральной плоскости судна, на всю ширину крышек необходимо уложить деревянные прокладки сечением 80 х 150 мм по 5 брусков под трубу. Для крепления труб дополнительно следует заказать деревянные бруски в размере 2% от общего объема прокладочных материалов. Рассчитать необходимое количество прокладочного и крепежного материала для укладки труб.

5.4.2. Расчет средств крепления

Согласно Правил безопасности морской перевозки грузов необходимость крепления возникает, если критерий несмещаемости груза оказывается меньше 1,0, при этом прочность крепления с каждого борта определяется нагрузкой, возникающей от превышения угла динамического крена над углом динамической устойчивости груза / 9 /.

Количество необходимых найтовов определяется схемой их наложения и безопасной (максимальной) рабочей нагрузкой SWL (Safe working load) груза или предельной (разрывной) нагрузкой BL (Breaking load).

При совпадении линии найтова с направлением действия нагрузки количество необходимых найтовов на каждую закрепляемую часть груза определяется схемой их установки и их безопасной (максимальной) рабочей нагрузкой **SWL**, если груз уложен в грузовых помещениях, или их разрывной нагрузкой **BL**, если груз размещается на верхней палубе и крышках люков, по формуле:

$$N = \frac{F_n}{SWL (BL)}, \text{ ед.} \quad [5.9]$$

где: **N** — количество необходимых найтовов, ед.;

F_n — нагрузка, принимаемая в расчет количества средств крепления, тс;

SWL — безопасная (максимальная) рабочая нагрузка, тс;

BL — разрывная (предельная) нагрузка средства крепления, тс.

Разрывная нагрузка (прочность, разрывное усилие) - минимальная нагрузка, при которой трос разрывается. Величина разрывной нагрузки **BL** конкретного троса выбирается из соответствующего ГОСТ в Н (ньютон) или из Приложения 8 в кН (килоньютон) и затем переводится в т·с. По величине разрывного усилия (нагрузки) определяется маркировочная группа стального троса и диаметр стального троса в мм.

Для определения допустимой нагрузки, устанавливаемой для устройств, которые используются для крепления груза на судне применяется величина, называемая – максимальная крепёжная нагрузка (**MSL**), значения которой приведены в Приложении 8.

Подбор троса для определенных условий работы производится по максимальной рабочей нагрузке (**SWL**) - допустимому натяжению, которое выдерживает трос в процессе работы в течение продолжительного времени без нарушения целостности отдельных проволок или всего троса).

$$SWL = \frac{BL}{k_{np}}, \text{ тс} \quad [5.10]$$

где: k_{np} — коэффициент прочности троса (см. в табл. Нормы прочности средств крепления Приложения 8).

При выборе средств крепления следует принимать в расчет действие сил в условиях волнения. Кроме статических сил, связанных с массой самого груза, на груз действует система инерционных сил, связанных с бортовой, вертикальной и килевой качкой. Расчет этих сил довольно сложен, но в общем виде суммарная сила, действующая на съемные средства крепления при бортовой качке может быть представлена следующей формулой / 22 /.

$$F_n = \frac{F_y - f \cdot F_z}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha}, \text{ тс}^3 \quad [5.11]$$

где: F_n — усилия, возникающие в найтове при бортовой качке, тс;

F_y — суммарная составляющая сил, действующих при бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y), тс;

F_z — суммарная составляющая сил, действующих при бортовой качке по вертикальной оси (Z), тс;

f — коэффициент трения, ед;

α — угол между линией палубы и направлением найтова, град.

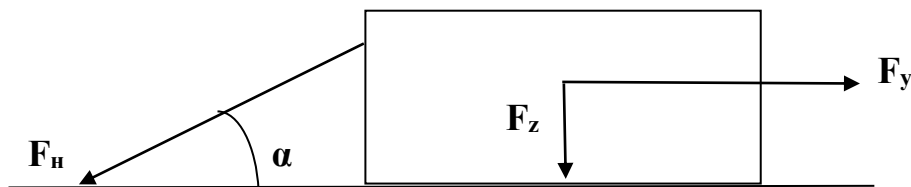


Рис. 5.1. Схема действия сил на груз при бортовой качке

Задачи:

Задача № 5.4.2.1.

Подобрать стальной гибкий трос для крепления в трюме грузового места двумя тросами с каждого борта при возникающих в них суммарном усилии 30 тс (без учета угла наклона троса, $\alpha = 0$).

Ход решения:

1) определяем максимальную рабочую нагрузку (SWL):

$$SWL = 30 : 3 = 10 \text{ тс} \times 9,8 = 98 \text{ кН};$$

2) из таблицы 1 Приложения 8 находим, что для обеспечения рабочей нагрузки 98 кН достаточно иметь стальной трос маркировочной группы 140 кгс/мм² диаметром 15 мм по ГОСТ 2688-80 /2/.

Задача № 5.4.2.2.

Рассчитать потребное количество стальных тросов диаметром 21,5 мм, имеющих маркировочную группу 160 кгс/ мм² по ГОСТ 3079-88 /3/, для крепления штабеля груза на люковых крышках при возникающем в нем суммарном усилии 210 тс (без учета угла наклона троса, $\alpha = 0$).

Ход решения:

1) по табл. 1 Приложения 8 для троса диаметром 21,5 мм маркировочной группы 160 кгс/ мм² по ГОСТ 3079-88 находим разрывное усилие 208,5 кН

2) определяем суммарное усилие, возникающее в штабеле палубного груза, в кН: $BL = 210 \text{ тс} \times 9,8 = 2058 \text{ кН}$.

3) по формуле 5.9 вычисляем количество необходимых найтовов:

$$2058 : 208,5 = 9,87 \text{ ед.} \approx 10 \text{ (найтовов)}$$

Задача № 5.4.2.3.

Суммарная составляющая сил, действующих на нестандартное грузовое место массой 45 тонн, размещенное в грузовом трюме, при бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y) составляет 34 тс. Коэффициент трения металла по дереву 0,4. Угол между линией палубы и направле-

нием найтова 60 град. Рассчитать потребное количество судовых тросовых найтовов диаметром 17,0 мм маркировочной группы 160 кгс/мм² по ГОСТ 3079-88 необходимых для крепления груза по одному борту.

Ход решения:

- 1) по формуле 5.11 определить усилие, возникающее в найтове (стальном тросе), условно принимая массу грузового места за усилия, действующие по вертикальной оси;
- 2) по формуле 5.10 определить безопасную рабочую нагрузку, выбрав из таблиц 1 и 2 Приложения 8 значения **BL** и **k_{пр}**.
- 3) по формуле 5.9 определить количество необходимых найтовов с одного борта

Задача № 5.4.2.4.

Суммарная составляющая сил, действующих на штабель груза, размещенный на люковой крышке грузового трюма, массой 300 тонн, при бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y) составляет 260 тс. Коэффициент трения дерева по металлу 0,5. Угол между линией палубы и направлением найтова 45 град. Рассчитать потребное количество судовых тросовых найтовов диаметром 21,0 мм маркировочной группы 150 кгс/мм² по ГОСТ 2688-80 необходимых для крепления груза по одному борту.

Ход решения:

- 1) по формуле 5.11 определить усилие, возникающее в одном найтове, условно принимая массу грузового места за усилия, действующие по вертикальной оси;
- 2) по формуле 5.9 определить количество необходимых найтовов с одного борта, выбрав из таблиц 1 и 2 Приложения 8 значения **BL** и **k_{пр}**.

Задача № 5.4.2.5.

Суммарная составляющая сил, действующих на штабель груза, размещенный на люковой крышке грузового трюма, массой 250 тонн, при

бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y) составляет 275 тс. Коэффициент трения металла по дереву 0,4. Угол между линией палубы и направлением найтова 60 град. Рассчитать потребное количество судовых тросовых найтовов диаметром 21,5 мм маркировочной группы 160 кгс/мм² по ГОСТ 3079-88 необходимых для крепления груза по одному борту.

Задача № 5.4.2.6.

Суммарная составляющая сил, действующих на нестандартное грузовое место массой 30 тонн, размещенное в грузовом трюме, при бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y) составляет 32 тс. Коэффициент трения стали по стали 0,15. Угол между линией палубы и направлением найтова 45 град. Рассчитать потребное количество судовых тросовых найтовов диаметром 15,5 мм маркировочной группы 170 кгс/мм² по ГОСТ 3079-88 необходимых для крепления груза по одному борту.

Задача № 5.4.2.7.

Рассчитать потребное количество стальных тросов диаметром 22,5 мм, имеющих маркировочную группу 170 кгс/мм² по ГОСТ 2688-80, для крепления штабеля груза на люковых крышках при возникающем в нем суммарном усилии 270 тс (без учета угла наклона троса, $\alpha = 0$).

5.5. Совместимость грузов при перевозке

5.5.1 Совместимость опасных грузов при перевозке

Совместная перевозка в одном грузовом трюме или разных грузовых трюмах одного судна опасных грузов с различными физико-химическими свойствами не всегда возможна, т.к. их взаимное воздействие может привести к полной порче груза или частичной потере его товарного качества, а также к возникновению угрозе людям и судну. Требования к совместной перевозке опасных грузов зависят от того, перевозятся они в упакованном виде или навалом (насыпью).

Порядок размещения и возможность перевозки различных опасных упакованных грузов на судне определяются по таблицам совместимости, помещенных в следующих документах:

- Правила морской перевозки опасных грузов (Правила МОПОГ);
- Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МК ММОГ).

В приложении 4 приведена таблица совместимости опасных грузов, перевозимых в упаковке, размещенная в МК ММОГ, где в горизонтальной и вертикальной строчках указаны классы опасности этих грузов согласно классификации ИМО. Для определения возможности совместной перевозки опасных грузов разных классов достаточно на пересечении горизонтальной и вертикальной линий найти номер и символ, которые соответствуют определенным категориям груза, пояснение которых дано в примечании к таблице.

В приложении 5 приведена таблица совместимости опасных грузов, перевозимых в упаковке, и химически опасных грузов, перевозимых навалом, также размещенная в МК ММОГ /8/. В вертикальном столбце указаны навалочные грузы, относящиеся к опасным грузам согласно классификации ИМО или отнесенные к категории ВОН (вещества опасные при перевозке навалом), а по горизонтали размещены классы и подклассы опасных грузов, перевозимых в упаковке.

Возможность совместной перевозки различных партий химически опасных навалочных грузов определяются по таблице, помещенной в национальных правилах: «Правила безопасности морской перевозки навалочных грузов» (в настоящем УМП не приложены) /13/.

Задачи:**Задача № 5.5.1.1.**

Указать условия совместимости при перевозке пропана в баллонах (класс 2.2 по классификации ИМО) и бензина в бочках (ИМО класс 3).

Задача № 5.5.1.2.

Указать условия совместимости при перевозке нитрата аммония в биг-бэгах (ИМО класс 5.1) и цинкового порошка в барабанах (ИМО класс 4.2).

Задача № 5.5.1.3.

Указать условия совместимости при перевозке каменного угля в тканевых мешках (ИМО класс 4.1) и цинкового порошка в барабанах (ИМО класс 4.2).

Задача № 5.5.1.4.

Указать условия совместимости при перевозке нестабилизированной рыбной муки в мешках (ИМО класс 4.2) и свечи слезоточивые в ящиках (ИМО класс 6.1).

Задача № 5.5.1.5.

Указать условия совместимости при перевозке нитрата калия в мешках (ИМО класс 5.1) и крупнозернистой серы ООН № 1350 (ИМО класс 4.1), перевозимой навалом.

5.5.2. Совместимость продовольственных грузов при перевозке

Правила перевозки продовольственных грузов допускают совместную перевозку продовольственных грузов с нейтральными генеральными грузами, под которыми понимаются любые грузы, наличие которых не

может отразиться на качестве продовольственного груза и которые сами не могут быть испорчены при воздействии любого другого груза /18,19/.

При перевозке продовольственных грузов различных наименований совместная перевозка их допускается в случае:

- если физико - химические свойства одного груза не могут оказать вредного влияния на другой;
- если режим перевозки, требуемый для обеспечения сохранности перевозки одного груза, не является противопоказанным для другого.

Совместная перевозка продовольственных грузов с пылящими, влаговывделяющими, самосогревающимися, издающими и/или воспринимающими запахи и другими опасными грузами запрещается.

Совместимость групп и подгрупп продовольственных грузов, перевозимых нерефрижераторным тоннажем, приведена в Приложении 6.

Задачи:

Задача № 5.5.2.1.

Указать условия совместимости при перевозке в одном грузовом помещении капусты в сетчатых мешках и пряностей в мешках.

Задача № 5.5.2.2.

Указать условия совместимости при перевозке в одном грузовом помещении комбикорма в тканевых мешках и муки в мешках.

Задача № 5.5.2.3.

Указать условия совместимости при перевозке в одном грузовом помещении соли в ящиках и сухофруктов в мешках.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПАСНОГО ГРУЗА, ПЕРЕВОЗИМОГО В УПАКОВКЕ

Задачи данного типа рассчитаны на практическую работу с Алфавитным указателем и Перечнем опасных грузов, являющихся составной частью Международного морского кодекса по опасным грузам / 8/.

В Алфавитном указателе все вещества, материалы и изделия представлены на русском и английском языках. По названию этого вещества, материала или изделия можно определить № ООН опасного груза, класс и подкласс опасности, а также отнесение к грузам, являющимся «загрязнителями моря». По № ООН груза следует войти в Перечень опасных грузов и сверить транспортное наименование груза на русском и английском языке. Затем из соответствующих колонок Перечня выбираются необходимые критерии, которые достаточны для решения задач по данному разделу.

Результатом решения задач является нахождение критериев:

№ ООН, класс, подкласс и опасных грузов; дополнительная опасность груза; отнесение к группе «загрязнителей моря», номера аварийных карточек, группа упаковки, категории размещения и деления груза, ограничение груза по количеству в упаковке.

№ ООН – номер, присвоенный грузу Комитетом экспертов ООН по перевозке опасных грузов. Применяется всеми видами транспорта.

Транспортное наименование – наименование груза, которое должно указываться в транспортных документах.

Класс и подкласс – основные показатели системы классификации опасных грузов, установленные ООН и ИМО.

Дополнительная опасность – это класс или подкласс опасности, характерный, но не являющийся основным для данного груза в системе классификации опасных грузов.

Загрязнители моря – опасные вещества, на которые распространяются положения Приложения III к МАРПОЛ 73/78 с поправками. В ответе к задаче требуется указать степень загрязнителя моря – «Загрязнитель моря» (P) или «Сильный загрязнитель моря» (PP).

№ АвК – номера аварийных карточек для случаев «разлив/россыпь» и «пожар» и в соответствии с «Руководством АвК. – Процедуры действий в чрезвычайных ситуациях для судов, перевозящих опасные грузы», являющимся обязательным приложением к Кодексу ММОГ.

Категория размещения груза – взрывчатые вещества и изделия содержат 15 категорий размещения груза в цифровом изображении (от 01 до 15), остальные опасные грузы 5 категорий в буквенном изображении (А, В, С, D, E).

Категория разделения груза – Разделение применяется к несовместимым грузам. Разделение достигается путем выдерживания определенных расстояний между несовместимыми грузами или наличием одной или нескольких стальных переборок или палуб между ними. Применяются термины: «Вдали от ...», «Отдельно от ...» и т.д.

Ограниченные количества – максимально разрешенное для перевозки количество опасного вещества или изделия в единице внутренней тары.

Группа упаковки – в ответе к задаче указывается номер группы упаковки, которая определяется исходя из свойств груза на основе применения критериев по видам опасности.

Задачи:

Задача № 6.1.

Определить класс, подкласс и № ООН упакованных опасных грузов :

- 1) Аргон охлажденный жидкий
- 2) Пропан
- 3) Калия нитрат

Задача № 6.2.

Определить класс, подкласс и № ООН опасных грузов:

- 1) Асбест белый
- 2) Нефтепродукты
- 3) Свечи слезоточивые

Задача № 6.3.

Определить класс, подкласс и № ООН опасных грузов:

- 1) Мука рыбная нестабилизированная
- 2) Сера
- 3) Пестицид твердый токсичный ртутьсодержащий

Задача № 6.4.

Определить класс, подкласс и № ООН опасных грузов:

- 1) Фосфор желтый
- 2) Растительные волокна сухие
- 3) Масло хвойное

Задача № 6.5.

Определить аварийные карточки АвК следующих грузов:

- 1) Аргон охлажденный жидкий
- 2) Растительные волокна сухие
- 3) Свечи слезоточивые

Задача № 6.6.

Определить аварийные карточки АвК следующих грузов:

- 1) Сера
- 2) Пропан
- 3) Асбест белый

Задача № 6.7.

Определить аварийные карточки АвК следующих грузов:

- 1) Масло хвойное
- 2) Мука рыбная нестабилизированная
- 3) Калия нитрат

Задача № 6.8.

Определить аварийные карточки АвК следующих грузов:

- 1) Фосфор белый сухой
- 2) Нефтепродукты
- 3) Пестицид твердый токсичный ртутьсодержащий

Задача № 6.9.

Определить дополнительную опасность грузов:

- 1) Свечи слезоточивые
- 2) Фосфор белый сухой
- 3) Этилендиамин

Задача № 6.10.

Определить дополнительную опасность грузов:

- 1) Цинк – порошок
- 2) Изобутиламин
- 3) Бром

Задача № 6.11.

Определить дополнительную опасность грузов:

- 1) Натрия нитрит
- 2) Кислота акриловая стабилизированная
- 3) Бутиламин

Задача № 6.12.

Определить степень загрязнителя моря следующих грузов:

- 1) Фосфор белый сухой
- 2) Пестицид твердый токсичный ртутьсодержащий
- 3) Бензин этилированный

Задача № 6.13.

Определить степень загрязнителя моря следующих грузов:

- 1) Водород цианистый стабилизированный
- 2) Хлорид меди
- 3) Метилмеркаптан

Задача № 6.14.

Определить степень загрязнителя моря следующих грузов:

- 1) Пентаметилгептан
- 2) Белый фосфор
- 3) Хлор

Задача № 6.15.

Определить категорию размещения грузов:

- 1) Изобутанол
- 2) Порох дымный
- 3) Пропан

Задача № 6.16.

Определить категорию размещения грузов:

- 1) Сигналы бедствия судовые
- 2) Керосин
- 3) Фосфор белый

Задача № 6.17.

Определить категорию размещения грузов:

- 1) Кальций
- 2) Аргон охлажденный жидкий
- 3) Гидразин безводный

Задача № 6.18.

Определить категорию разделения грузов:

- 1) Пропиламин
- 2) Калий
- 3) Кислота хлорная

Задача № 6.19.

Определить категорию разделения грузов:

- 1) Этилендиамин
- 2) Нитробензол
- 3) Фосфор аморфный

Задача № 6.20.

Определить категорию разделения грузов:

- 1) Фенилгидразин
- 2) Динитроанилин
- 3) Пентол-1

Задача № 6.21.

Определить группу упаковки грузов:

- 1) Этилхлорацетат
- 2) Трихлорэтилен
- 3) Кислота фторсульфоновая

Задача № 6.22.

Определить группу упаковки грузов:

- 1) Спички саперные
- 2) Крезол жидкий
- 3) Фуран

Задача № 6.23.

Определить группу упаковки грузов:

- 1) Метилхлорацетат
- 2) Кислота капроновая
- 3) Этилендиамин

Задача № 6.24.

Определить ограничение по количеству груза во внутренней упаковке:

- 1) Хлороформ
- 2) Нитрат свинца
- 3) Фосфид олова

Задача № 6.25.

Определить ограничение по количеству груза во внутренней упаковке:

- 1) Нафталин сырой
- 2) Масло хвойное
- 3) Водород сжатый

Задача № 6.26.

Определить ограничение по количеству груза во внутренней упаковке:

- 1) Хлорат меди
- 2) Циклобутан
- 3) Ангидрид масляный

Задача № 6.27.

Определить названия грузов по номеру ООН:

- 1) 1350 2) 1978 3) 1272

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ В ГРУЗОВОМ ТРЮМЕ

7.1. Определение влажности навалочного и насыпного груза

При перевозке навалочных и насыпных грузов, обладающих свойством гигроскопичности, к которым, в частности, относятся руды и концентраты руд, зерновые и минерально-строительные грузы, грузы порошкообразные, растительного происхождения, сахар, соль и др. следует контролировать содержание влаги в грузе, выражающееся в таком показателе, как влажность. При изменении влажности груза соответственно меняется и общая масса перевозимого груза, что необходимо учитывать сторонам договора перевозки груза и непосредственным исполнителям этого договора – администрации судна в лице капитана судна, ответственному за количественное состояние при приеме погруженного и сдаче выгруженного груза.

Имеется два метода пересчета массы груза в зависимости от отнесения нормированной или начальной влажности к абсолютно сухой массе груза (абсолютная влажность) и к массе влажного груза (относительная влажность).

Нормативная или начальная масса груза в первом случае может быть определена:

$$P_n = P_{\phi} \frac{100 + W_a}{100 + W_{\phi}} \quad , \text{ тонн} \quad [7.1]$$

где: P_n – нормированная (начальная) масса груза, тонн;

P_{ϕ} – фактическая масса груза, тонн;

W_a – нормированная (начальная) абсолютная влажность груза, %;

W_{ϕ} – фактическая влажность груза, %.

Нормативная или начальная масса груза во втором случае может быть определена:

$$P_n = P_\phi \frac{100 - W_\phi}{100 - W_o}, \text{ тонн} \quad [7.2]$$

где: P_n – нормированная (начальная) масса груза, тонн;

P_ϕ – фактическая масса груза, тонн;

W_o – нормированная (начальная) относительная влажность груза, %;

W_ϕ – фактическая влажность груза, %.

Фактическая влажность (влагосодержание) может определяться в лабораторных и судовых условиях на основе признанных национальных и международных методов, изложенных в стандартах (в России – ГОСТы) или правилах перевозки навалочных грузов /13 /.

В судовых условиях для гигроскопичных навалочных грузов, не обладающих свойством разжижения, влагосодержание (фактическая влажность) может быть определена по формуле:

$$W_\phi = \frac{100 (m^1 - m^2)}{m^1}, \% \quad [7.3]$$

где: W_ϕ – фактическая влажность, %;

m^1 – масса образца (пробы) до высушивания, г;

m^2 – масса образца (пробы) после высушивания, г.

Фактическая влажность находится как средняя величина значений влажности по результатам проведенных опытов.

Задачи:

Задача № 7.1.1.

Для определения возможности перевозки ячменя на судне смешанного плавания сюрвейерской организацией были взяты пробы из партии груза с целью определения влагосодержания. Из нескольких проб были отобраны три образца. Масса образцов при взвешивании до начала опыта составила 95, 88 и 102 грамма. После высушивания масса этих образцов составила соответственно 86, 80 и 92 грамма. Определить фактическую влажность ячменя до погрузки на судно.

Задача № 7.1.2.

Партия зерна в количестве 5000 тонн в порту отправления имела абсолютную влажность 7%, а в порту назначения фактическая влажность составила 6,7%. На сколько тонн уменьшилось количество зерна за счет снижения влагосодержания груза во время рейса.

Задача № 7.1.3.

Абсолютная влажность партии хлопка, погруженная на судно в турецком порту Измир, составила 5%, а при приходе в порт Санкт-Петербург фактическая влажность составила 6%, а количество выгруженного груза – 2960 тонн. На сколько тонн увеличилось количество хлопка за счет повышения влагосодержания груза во время рейса.

Задача № 7.1.4.

Судовая партия соли, погруженная на судно в порту Ахтубинск в количестве 2500 тонн, по документам имела относительную влажность 17%, а в Северном порту Москвы фактическая влажность составила 15,8%. На сколько тонн уменьшилось количество зерна за счет снижения влагосодержания груза во время рейса.

Задача № 7.1.5.

Относительная влажность партии железной руды, погруженная на судно смешанного плавания, составила 12%, а в порту назначения фактическая влажность повысилась до величины 14%, а количество выгруженного груза – 4300 тонн. На сколько тонн увеличилось количество руды за счет повышения влагосодержания груза во время рейса.

7.2. Определение необходимости вентилирования трюма

Необходимость контроля температурно-влажностных параметров трюмного и наружного воздуха обусловлена различными факторами, которые известны из лекционного курса.

К температурно-влажностным параметрам, определяемым при перевозке грузов, относятся: температура наружного ($t_{н.в.}$) и трюмного ($t_{т.в.}$) воздуха, температура груза ($t_{гр}$), относительная влажность трюмного ($\phi_{т.в.}$) и наружного ($\phi_{н.в.}$) воздуха. Эти параметры определяются при помощи приборов. Важным расчетным параметром является точка росы наружного ($\tau_{н.в.}$) и трюмного ($\tau_{т.в.}$) воздуха, определяемая по Приложению № 7.

Дефицит точки росы (температурный запас) наружного ($\Theta_{н.в.}$) и трюмного ($\Theta_{т.в.}$) воздуха, температурный запас груза ($\Theta_{г}$) определяются по формуле:

$$\Theta = t - \tau, \text{ град.} \quad [7.4]$$

где: Θ — температурный запас (дефицит точки росы) наружного ($\Theta_{н.в.}$) и трюмного ($\Theta_{т.в.}$) воздуха или температурный запас груза ($\Theta_{г}$), град.;

t — температура, град.;

τ — температура точки росы наружного ($\tau_{н.в.}$) или трюмного ($\tau_{т.в.}$) воздуха, град.

Определение фактической температуры и влажности в определенный период рейса и расчет других параметров требуется для принятия решения

о применении вентилирования, закрытия или открытия лючков трюма и оценки влияния этих параметров на состояние груза.

Критериальные условия определяющие возможность, целесообразность и необходимость вентилирования изложены ниже /19/:

Условие 1. Исключение конденсации водяных паров на грузе.

Вентилирование грузового помещения возможно, если температура груза равна или больше температуры точки росы вентиляционного (наружного) воздуха, т.е.: $t_{гр} \geq \tau_{н.в}$

Условие 2. Эффективное охлаждение груза (рекомендуемое условие при движении судна с юга на север).

Вентилирование грузового помещения целесообразно, если температура точки росы воздуха в трюме равна или выше температуры наружного воздуха и (или) равна или выше температуры забортной воды, т.е.:

$$\tau_{т.в} \geq t_{н.в.} (t_{з.в.})$$

Условие 3. Вентиляция помещений относительно сухим воздухом.

Вентилирование грузового помещения целесообразно, если температурный запас вентиляционного воздуха (дефицит точки росы) равен или больше 3 °С, т.е.: $\Theta_{нв} = t_{н.в} - \tau_{н.в} \geq 3 \text{ °С}$; $\Theta_{тв} = t_{т.в} - \tau_{т.в} \geq 3 \text{ °С}$,

Условие 4. Удаление влаги из грузового помещения.

Вентилирование грузового помещения необходимо, если температура точки росы наружного воздуха ниже, чем температура точки росы трюмного воздуха, т.е.: $\tau_{н.в} < \tau_{т.в}$

В этом случае влагосодержание трюмного воздуха будет выше, чем у наружного и, следовательно, из грузового помещения будет удаляться избыточная влага.

Условие 5. Вентилирование грузового помещения наружным воздухом наиболее эффективно, если при вентиляции обеспечивается небольшой положительный температурный запас груза. В этом случае не происходят ни сушка, ни увлажнение груза.

Вентилирование грузового помещения необходимо сухим воздухом, если точка росы трюмного воздуха:

- равна или выше температуры груза, т.е. $\tau_{т.в} \geq t_{гр}$;
- равна или выше температуры ограждений (стенки или переборки трюма, люковые крышки и т.п.), т.е. $\tau_{т.в} \geq t_{огр}$.

Вентилировать наружным воздухом грузовые трюма нельзя, если:

- точка росы вентиляционного воздуха равна или больше температуры груза, т.е. $\tau_{н.в} \geq t_{гр}$
- температура вентиляционного воздуха ниже точки росы, соответствующей влажности груза, и дефицит точки росы (температурный запас) вентиляционного воздуха меньше температурного запаса груза, т.е.

$$t_{н.в.} < \tau_{гр}; \quad \Theta_{н.в.} < \Theta_{г.}$$

Задачи:

Задача № 7.2.1.

Определить точку росы трюмного воздуха при относительной влажности трюмного воздуха 70 % и температуре трюмного воздуха 15 градусов.

Задача № 7.2.2.

Определить точку росы трюмного воздуха при относительной влажности трюмного воздуха 90 % и температуре трюмного воздуха 20 градусов.

Задача № 7.2.3.

Определить необходимость, возможность или целесообразность вентилирования в грузовом трюме. Температура груза составляет +16°C, температура трюмного воздуха +12°C, относительная влажность 80 %.

Решение задачи:

1) Зная температуру и относительную влажность трюмного воздуха по Приложению № 7 определить точку росы трюмного воздуха:

$$\tau_{\text{т.в.}} = +8,7^{\circ}\text{C}$$

2) Найти температурный запас груза по формуле 7.1.: $\Theta_{\text{г}} = +7,3^{\circ}\text{C}$

3) $t_{\text{гр}} \geq \tau_{\text{т.в.}}$, значит по первому условию вентилирование трюма возможно.

Задача № 7.2.4.

Во время перехода с грузом овощей и фруктов из Антверпена в Санкт-Петербург на судне смешанного плавания вечером 23 июля были замерены температурно-влажностные параметры: температура груза составила $+20^{\circ}\text{C}$, температура трюмного воздуха $+23^{\circ}\text{C}$, температура наружного воздуха $+21^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность, определенная аспирационным психрометром, для трюмного воздуха составила 85 %, а для наружного воздуха 81%. Определить необходимость, целесообразность или возможность вентиляции грузового трюма наружным воздухом.

Ход решения:

1) Зная температуру и относительную влажность по Приложению № 7 определить точку росы трюмного и наружного воздуха.

$$\tau_{\text{т.в.}} = +20,4^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{н.в.}} = +17,6^{\circ}\text{C}$$

2) Сравнить температуру груза с точкой росы трюмного воздуха: $t_{\text{гр}} < \tau_{\text{т.в.}}$, следовательно, возможно выпадение конденсата на груз.

3) Сравнить точку росы трюмного и наружного воздуха: $\tau_{\text{н.в.}} < \tau_{\text{т.в.}}$

4) Найти температурный запас груза по отношению к наружному воздуху:

$$\Theta_{\text{г}} = t_{\text{гр}} - \tau_{\text{н.в.}} = 20^{\circ}\text{C} - 17,6^{\circ}\text{C} = +2,4^{\circ}\text{C}$$

5) $\tau_{\text{н.в.}} < \tau_{\text{т.в.}}$ По четвертому условию вентиляция грузового трюма наружным воздухом необходима.

Задача № 7.2.5.

Судно смешанного плавания с грузом бумаги следует из Кондопоги в Лондон. При выходе в Северное море на судне в утренние часы были произведены замеры температурно-влажностных параметров: температура груза составила $+20^{\circ}\text{C}$, температура трюмного воздуха $+21^{\circ}\text{C}$, температура наружного воздуха $+15^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность, определенная аспирационным психрометром, для трюмного воздуха составила 80 %, а для наружного воздуха 84%. Определить возможность, целесообразность или необходимость вентиляции грузового трюма наружным воздухом.

Ход решения:

1) Зная температуру и относительную влажность по Приложению 11 определяем точку росы трюмного и наружного воздуха.

$$\tau_{\text{т.в.}} = +17,4^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{н.в.}} = +12,3^{\circ}\text{C}$$

2) Сравниваем температуру груза с точкой росы трюмного воздуха: $t_{\text{гр}} > \tau_{\text{т.в.}}$, следовательно, выпадения конденсата на груз нет.

3) Сравниваем точку росы трюмного и наружного воздуха: $\tau_{\text{н.в.}} < \tau_{\text{т.в.}}$

4) Находим температурный запас груза по отношению к наружному воздуху: $\Theta_{\text{г}} = t_{\text{гр}} - \tau_{\text{т.в.}} = 20^{\circ}\text{C} - 12,3^{\circ}\text{C} = + 7,7^{\circ}\text{C}$

5) $\tau_{\text{н.в.}} < \tau_{\text{т.в.}}$, поэтому вентиляция грузового трюма наружным воздухом целесообразна по второму условию.

Задача № 7.2.6

Судно с грузом фруктов следует в ноябре из Касабланки в Таганрог. При подходе к Азовскому морю на судне были произведены замеры температурно-влажностных параметров: температура груза составила $+16^{\circ}\text{C}$, температура трюмного воздуха $+15^{\circ}\text{C}$, температура наружного воздуха $+12^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность для трюмного воздуха составила 86 %, а для наружного воздуха 82%. Определить возможность, целесообразность или необходимость вентиляции грузового трюма наружным воздухом.

Ход решения:

1) Зная температуру и относительную влажность по Приложению № 7 определяем точку росы трюмного и наружного воздуха.

$$\tau_{\text{т.в.}} = +12,6^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{н.в.}} = +9,1^{\circ}\text{C}$$

2) Сравниваем температуру груза с точкой росы трюмного воздуха: $t_{\text{гр}} > \tau_{\text{т.в.}}$, следовательно, выпадение конденсата на груз нет.

3) Сравниваем точку росы трюмного и наружного воздуха: $\tau_{\text{н.в.}} < \tau_{\text{т.в.}}$

4) Находим температурный запас груза по отношению к наружному воздуху: $\Theta_{\text{г}} = t_{\text{гр}} - \tau_{\text{т.в.}} = 16,4^{\circ}\text{C}, - 17,4^{\circ}\text{C} = + 2,6^{\circ}\text{C}$

5) $t_{\text{гр}} \geq \tau_{\text{т.в.}}$, значит по первому условию вентилирование трюма возможно

Задача № 7.2.7.

Судно с грузом бумаги в осеннее время вышло в рейс из Архангельска в Гавр. При следовании Северным морем на судне были выполнены замеры температурно-влажностных параметров: температура груза составила $+8^{\circ}\text{C}$, температура трюмного воздуха $+14^{\circ}\text{C}$, температура наружного воздуха $+16^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность для трюмного воздуха составила 85 %, а для наружного воздуха 84%. Определить возможность, необходимость или целесообразность вентиляции грузового трюма наружным воздухом.

Ход решения:

1. Зная температуру и относительную влажность по Приложению № 11 определяем точку росы трюмного и наружного воздуха.

$$\tau_{\text{т.в.}} = +11,5^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{н.в.}} = +13,3^{\circ}\text{C}$$

2. Сравниваем температуру груза с точкой росы трюмного воздуха: $t_{\text{гр}} < \tau_{\text{т.в.}}$, следовательно, есть возможность выпадения конденсата на груз.

3. Сравниваем точку росы трюмного и наружного воздуха: $\tau_{\text{н.в.}} > \tau_{\text{т.в.}}$

4. Находим температурный запас груза по отношению к наружному воздуху:

$$\Theta_{\Gamma} = t_{\Gamma p} - \tau_{\Gamma . B} = 8^{\circ}\text{C} - 13,3^{\circ}\text{C} = - 5,3^{\circ}\text{C}$$

5) Температурный запас груза отрицательный, а точка росы наружного воздуха больше точки росы трюмного воздуха, поэтому вентилировать грузовые трюма наружным воздухом нельзя.

Приложение № 1

**Исходные данные для расчета загрузки судна
и его остойчивости**

Таблица 1

Определение центра тяжести груза в трюмах

№ проекта судна	№ трюма	Объем груза в трюме, м ³ ($V_{гi}$)						
		Центр тяжести груза в трюме, м (z_g)						
16290		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		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		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		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		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		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		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

Примечание: * Максимальный объем трюмов по проектам судов:
16290 (№1 – 1670 м³; № 2 – 1660 м³); **2-85** (№1 - 1107 м³; № 2 - 1516 м³);
787 (№1 - 3040 м³); **2-95 AP** (№1 - 1100 м³; № 2 - 1210 м³; №3 - 1210 м³; № 4 - 1200 м³);
0225 (№1 - 1381 м³; № 2 - 1350 м³; №3 - 1350 м³; № 4 - 1350 м³);
1557 (№1 - 951 м³; № 2 - 1136 м³; №3 - 1146 м³; № 4 - 1064 м³);
92-040 (№1 - 874 м³; № 2 - 1595 м³; №3 - 1595 м³)

Таблица 2

**Определение водоизмещения (Δ) в пресной воде
по средней осадке судна (d_w^n) в пресной воде**

№ проекта	ρ^B	Δ / d_w^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 3

**Определение аппликаты поперечного метacentра (Z_m)
по водоизмещению судна (Δ) в пресной воде**

№ проекта	Δ / 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 4

**Определение абсциссы центра величины судна (x_c)
по водоизмещению судна (Δ) в пресной воде**

№ проекта	Δ / 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 5

**Определение абсциссы центра тяжести ватерлинии (x_f)
по водоизмещению судна (Δ) в пресной воде**

№ проекта	Δ / x_f						
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 6

**Определение момента, дифферентующего судно на 1 см ($M_{1\text{см}}$),
по водоизмещению судна (Δ) в пресной воде**

№ проекта	$\Delta / M_{1\text{см}}$						
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 7

**Определение числа тонн груза, приходящегося на 1 см осадки,
по водоизмещению судна (Δ) в пресной воде**

№ проекта	$\Delta / \text{т/1 см}$						
16290	1771	2762	3066	3274	3484	3805	4894
	9.48	10.08	10.29	10.42	10.54	10.70	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

Таблица 8

Определение давления ветра, p_v

Район плавания судна	z								
	1	2	2,5	3	3,5	4	5	6	≥ 7
Ограниченный II	194	237	254	267	278	288	305	321	334

Таблица 9

Определение множителя Y

Район плавания судна	$\sqrt{h} / B$								
	$\leq$ 0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	$\geq$ 0.13
Ограниченный II	16.0	17.0	22.8	25.4	27.6	29.2	30.5	31.4	32.0

Таблица 10

Определение множителя X_I

B/d_{cp}^c	≤ 2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.4	≥ 3.5
X_I	1.0	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.82	0.98

Таблица 11

Определение множителя X_2

C_B	≤ 0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	≥ 0.7
X_2	1.0	0.98	0.96	0.95	0.93	0.98

Таблица 12

Определение множителя k

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

Таблица 13

**Определение площади парусности судна (A_v)
по средней осадке судна ($d_{ср}$)**

№ проекта	Осадка, м	Площадь па- русности, м ²	Осадка, м	Площадь па- русности, 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

Таблица 14

Определение плеч форм остойчивости судна

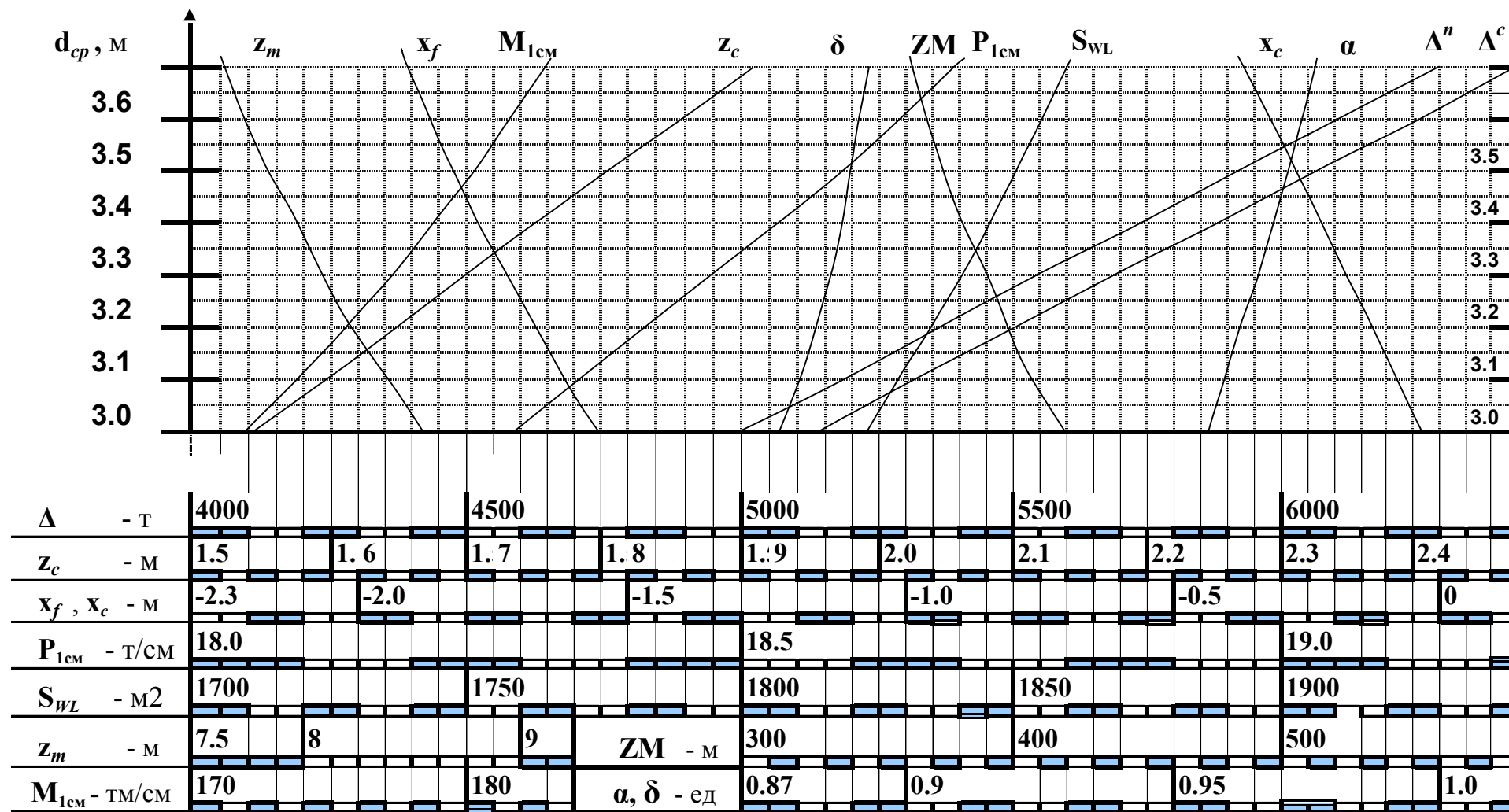
Определение плеч форм остойчивости судна - ℓ_ϕ								
Номер проекта	Δ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
16290	3000	1.15	2.30	3.30	3.94	4.38	4.47	4.37
	3500	1.08	2.14	3.11	3.80	4.20	4.30	4.26
	4000	1.03	2.00	2.91	3.59	4.04	4.27	4.25
2-95 AP	3923	1.08	2.13	3.06	3.73	4.09	4.20	4.12
	4181	1.03	2.07	2.96	3.65	4.01	4.14	4.08
	4570	1.00	1.98	2.83	3.53	3.90	4.04	4.02
0225	3760	1.76	3.61	4.70	4.94	5.01	4.54	4.53
	5535	1.46	2.88	3.9	4.43	4.58	4.48	нет
	5614	1.47	2.88	3.88	4.38	4.54	4.48	нет
	6405	1.30	2.63	3.46	3.90	4.15	4.04	нет
1557	3958	1.04	2.12	3.04	3.69	4.03	4.13	4.05
	4350	1.01	2.03	2.90	3.56	3.91	4.03	3.99
	4613	1.00	1.97	2.81	3.47	3.83	3.97	3.94
2-85	1941	0.96	1.96	2.93	3.55	3.92	4.08	4.04
	2410	0.90	1.83	2.71	3.36	3.77	3.94	3.93
	2814	0.88	1.77	2.55	3.21	3.61	3.81	3.84
787	2411	0.92	1.86	2.81	3.45	3.85	4.14	4.24
	2908	0.88	1.78	2.64	3.30	3.79	4.11	4.22
	2987	0.87	1.75	2.57	3.24	3.76	4.09	4.21
90-040	3500	1.1	2.40	3.39	4.02	4.34	4.40	4.30
	4200	1.06	2.15	3.11	3.76	4.12	4.26	4.14
	5025	1.0	2.02	2.86	3.51	3.93	4.11	4.12

Приложение № 2

Гидростатические таблицы грузового судна (выдержки)

d_{ср}	Δ	V	x_с	z_с	S_w	x_f	ρ	R	z_m	δ	α	M_{диф}
3.00	2375	2317	- 1.69	1.557	850.5	- 2.73	3.73	177.49	5.287	0.851	0.941	52.6
3.05	2419	2360	- 1.71	1.584	852.0	- 2.72	3.67	175.13	5.254	0.852	0.942	52.9
3.10	2463	2403	- 1.73	1.610	853.4	- 2.70	3.61	172.84	5.224	0.852	0.942	53.1
3.15	2507	2446	- 1.75	1.637	854.8	- 2.69	3.56	170.64	5.194	0.853	0.943	53.4
3.20	2551	2489	- 1.77	1.663	856.2	- 2.68	3.50	168.45	5.167	0.853	0.943	53.6
3.25	2595	2532	- 1.78	1.690	857.6	- 2.66	3.45	166.36	5.142	0.854	0.943	53.9
3.30	2639	2575	- 1.80	1.716	859.0	- 2.65	3.40	164.32	5.117	0.854	0.944	54.1
3.35	2684	2618	- 1.82	1.743	860.3	- 2.63	3.35	162.31	5.094	0.854	0.944	54.3
3.40	2728	2661	- 1.83	1.769	861.6	- 2.61	3.30	160.37	5.073	0.855	0.944	54.6
3.45	2772	2704	- 1.85	1.796	862.9	- 2.60	3.26	158.48	5.053	0.855	0.945	54.8
3.50	2816	2748	- 1.86	1.822	864.2	- 2.58	3.21	156.65	5.034	0.856	0.945	55.1
3.55	2861	2791	- 1.87	1.849	868.0	- 2.56	3.18	156.20	5.020	0.857	0.949	55.8
3.60	2905	2834	- 1.88	1.875	868.9	- 2.55	3.13	154.26	5.006	0.858	0.950	55.9
3.65	2950	2878	- 1.89	1.901	869.8	- 2.54	3.09	152.37	4.991	0.859	0.950	56.1
3.70	2994	2921	- 1.90	1.928	870.7	- 2.53	3.05	150.53	4.976	0.860	0.951	56.2
3.75	3039	2965	- 1.91	1.954	871.6	- 2.52	3.01	148.73	4.961	0.861	0.952	56.4
3.80	3084	3008	- 1.91	1.980	872.4	- 2.49	2.97	146.97	4.948	0.862	0.953	56.5
3.85	3128	3052	- 1.92	2.007	873.2	- 2.46	2.93	145.26	4.936	0.863	0.953	56.7
3.90	3172	3095	- 1.92	2.033	874.1	- 2.42	2.89	143.60	4.925	0.864	0.954	56.8
3.95	3217	3139	- 1.93	2.059	874.9	- 2.39	2.86	141.98	4.916	0.865	0.955	57.0
4.00	3262	3182	- 1.93	2.085	875.7	- 2.35	2.82	140.40	4.907	0.865	0.955	57.1
4.05	3307	3226	- 1.94	2.112	876.4	- 2.33	2.79	138.79	4.897	0.866	0.956	57.3
4.10	3352	3270	- 1.94	2.138	877.0	- 2.30	2.75	137.23	4.889	0.867	0.956	57.4

Гидростатические кривые грузового судна



Приложение № 4

Совместимость упакованных опасных грузов

Класс или подкласс	1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
1.1, 1.2, 1.5	*	*	*	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	x
1.3, 1.6	*	*	*	4	2	2	4	3	3	4	4	4	2	4	2	2	x
1.4	*	*	*	2	1	1	2	2	2	2	2	2	x	4	2	2	x
2.1	4	4	2	x	x	x	2	1	2	x	2	2	x	4	2	1	x
2.2	2	2	1	x	x	x	1	x	1	x	x	1	x	2	1	x	x
2.3	2	2	1	x	x	x	2	x	2	x	x	2	x	2	1	x	x
3	4	4	2	2	1	2	x	x	2	1	2	2	x	3	2	x	x
4.1	4	3	2	1	x	x	x	x	1	x	1	2	x	3	2	1	x
4.2	4	3	2	2	1	2	2	1	x	1	2	2	1	3	2	1	x
4.3	4	4	2	x	x	x	1	x	1	x	2	2	x	2	2	1	x
5.1	4	4	2	2	x	x	2	1	2	2	x	2	1	3	1	2	x
5.2	4	4	2	2	1	2	2	2	2	2	2	x	1	3	2	2	x
6.1	2	2	x	x	x	x	x	x	1	x	1	1	x	1	x	x	x
6.2	4	4	4	4	2	2	3	3	3	2	3	3	1	x	3	3	x
7	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	x	3	x	2	x
8	4	2	2	1	x	x	x	1	1	1	2	2	x	3	2	x	x
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Номера и символы соответствуют следующим терминам по разделению груза:

- 1 - "Вдали от ..."
- 2 - "Отдельно от ..."
- 3 - "Через один отсек или трюм от ..."
- 4 - "Продольно через один промежуточный отсек или трюм от ..."
- x - Разделение, если требуется, указывается в Перечне опасных грузов МК МПОГ
- * - См. подраздел 7.2.7.2 главы 7 тома 1 Кодекса ММОГ

Приложение № 5

Совместимость химически опасных навалочных грузов и опасных грузов в упакованном виде

Навалочные грузы (относящиеся к опасным грузам)	Класс или подкласс	1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2 2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Легковоспламеняющиеся твердые вещества	4.1	4	3	2	2	2	2	x	1	x	1	2	x	3	2	1	x
Вещества, способные к самовозгоранию	4.2	4	3	2	2	2	2	1	x	1	2	2	1	3	2	1	x
Вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой	4.3	4	4	2	1	x	2	x	1	x	2	2	x	2	2	1	x
Окисляющие вещества (окислители)	5.1	4	4	2	2	x	2	1	2	2	x	2	1	3	1	2	x
Токсичные вещества	6.1	2	2	x	x	x	x	x	1	x	1	1	x	1	x	x	x
Радиоактивные материалы	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	x	3	x	2	x
Коррозионные вещества	8	4	2	2	1	x	1	1	1	1	2	2	x	3	2	x	x
Прочие вещества и изделия	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Вещества, опасные лишь при перевозке навалом (ВОН)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	x	x	x

Номера и символы соответствуют следующим терминам по разделению груза:

- 1 - "Вдали от ..."
- 2 - "Отдельно от ..."
- 3 - "Через один отсек или трюм от ..."
- 4 - "Продольно через один промежуточный отсек или трюм от ..."
- x - Разделение, если требуется, указывается в Перечне опасных грузов МК ММОГ или в индивидуальных карточках Международного кодекса морской перевозки навалочных грузов

Приложение № 6

Совместимость продовольственных грузов
(нерефрижераторный тоннаж)

№№ групп и подгрупп	1					2	3	4		5	6	7		8		9		10		11		12	13
	1	2	3	4	5			1	2			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	1	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	1
	2	2	2	2	2	3	1	1	3	2	2	3	3	2	3	2	2	1	3	2	3	2	1
	3	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	3	3	2	3	2	2	1	3	2	3	2	1
	4	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	3	3	2	3	2	2	1	3	2	3	2	1
	5	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2
2		1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	1	2	1	3	2	1
3		1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
4	1	2	3	2	2	3	2	1	2	1	2	3	3	2	3	2	2	1	2	1	3	2	1
	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2	1
5		2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2	1
6		3	3	3	3	3	2	1	3	2	2	2	3	2	3	2	2	1	3	2	3	2	1
7	1	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	2	1	2	1	2	1	3	2	3	2	1
	2	2	2	2	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	1
8	1	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	2	1	2	1	2	1	3	2	3	2	2
	2	2	2	2	2	3	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1
9	1	3	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	3	1	3	2	1
	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1
10	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	1	3	2	1
	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1
11	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	1	1
	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
12		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	1
13		1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание: 1 - Грузы совместимые
2 - Вероятность совмещения
3 - Грузы не совместимые

Продолжение Приложения № 6

Обозначения групп и подгрупп продовольственных грузов

Группа груза	1	Зерно
Подгруппа	1.1	Злаковые
	1.2	Бобовые, в т.ч. кофе в зернах и какао-бобы
	1.3	Семена
	1.4	Крупа
	1.4	Мука
Группа груза	2	Кондитерские и макаронные изделия (ящики)
Группа груза	3	Консервы, напитки
Группа груза	4	Орехи
Подгруппа	4.1	В мешках
	4.2	В ящиках
Группа груза	5	Масла в негерметичной таре (в ящиках)
Группа груза	6	Плодоовощи
Группа груза	7	Пряности
Подгруппа	7.1	В мешках
	7.2	В ящиках
Группа груза	8	Сахар, соль
Подгруппа	8.1	В мешках
	8.2	В ящиках
Группа груза	9	Сушеные овощи и фрукты
Подгруппа	9.1	В мешках
	9.2	В ящиках
Группа груза	10	Чай
Подгруппа	10.1	В кипах
	10.2	В ящиках
Группа груза	11	Табак
Подгруппа	11.1	В кипах, мешках
	11.2	В ящиках
Группа груза	12	Кормовые грузы
	12.1	В мешках
Группа груза	13	Нейтральный генеральный груз

Определение точки росы

(в зависимости от относительной влажности воздуха и температуры воздуха (груза), град)

Относительная влажность %	Температура, °С										
	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
20	−20	−18	−16	−14	−12	−9,8	−7,7	−5,6	−3,6	−1,5	−0,5
25	−18	−15	−13	−11	−9,1	−6,9	−4,8	−2,7	−0,6	1,5	3,6
30	−15	−13	−11	−8,9	−6,7	−4,5	−2,4	−0,2	1,9	4,1	6,2
35	−14	−11	−9,1	−6,9	−4,7	−2,5	−0,3	1,9	4,1	6,3	8,5
40	−12	−9,7	−7,4	−5,2	−2,9	−0,7	1,5	3,8	6	8,2	10,5
45	−10	−8,2	−5,9	−3,6	−1,3	0,9	3,2	5,5	7,7	10	12,3
50	−9,1	−6,8	−4,5	−2,2	0,1	2,4	4,7	7	9,3	11,6	13,9
55	−7,9	−5,6	−3,3	−0,9	1,4	3,7	6,1	8,4	10,7	13	15,3
60	−6,8	−4,4	−2,1	0,3	2,6	5	7,3	9,7	12	14,4	16,7
65	−5,8	−3,4	−1,0	1,4	3,7	6,1	8,5	10,9	13,2	15,6	18
70	−4,8	−2,4	0	2,4	4,8	7,2	9,6	12	14,4	16,8	19,1
75	−3,9	−1,5	1	3,4	5,8	8,2	10,6	13	15,4	17,8	20,3
80	−3,0	−0,6	1,9	4,3	6,7	9,2	11,6	14	16,4	18,9	21,3
85	−2,2	0,2	2,7	5,1	7,6	10,1	12,5	15	17,4	19,9	22,3
90	−1,4	1	3,5	6	8,4	10,9	13,4	15,8	18,3	20,8	23,2
95	−0,7	1,8	4,3	6,8	9,2	11,7	14,2	16,7	19,2	21,7	24,1
100	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25

Выбор средств крепления

Таблица 1

ГОСТ 2688-80 и ГОСТ 3079-88 (извлечения)

Диаметр каната, мм	Маркировочная группа, Мпа (кгс/мм ²)			
	1372 (140)	1470 (150)	1568 (160)	1666 (170)
ГОСТ 2688-80 Разрывное усилие стального каната в целом, кН, не менее				
15,0	100	107	114,5	122
16,5	121,5	130	139	147,5
18,0	145	155	166	176
19,5	167	178,5	191	203
21,0	194,5	208	222	236
22,5	220	235,5	251	267
24,0	250,5	269	287	304,5
25,5	284	304,5	324,5	345
27,0	319	342	365	388
ГОСТ 3079-88 Разрывное усилие стального каната в целом, кН, не менее				
15,5	нет	нет	113,5	121
17,0	нет	нет	142	151
19,5	157,5	169	180	191,5
21,5	195	208,5	222,5	237
23,0	225	241,5	258	274
25,0	262,5	281	300	318,5
27,0	310	332	351,5	376,5

Примечание: 1 тс = 9,8 кН

Таблица 2

Нормы прочности средств крепления

(Извлечение из Приложение № 6 и таблицы П.8.1 Правил БМПГ /9/)

Вид средства крепления	SWL	BL	MSL	k _{np}
Тросовые найтовы одноразовые	0,8 BL	1,25 SWL	0,8 BL	1,25
Тросовые найтовы много-разового использования	0,33 BL	3,0 SWL	0,33 BL	3
Цепные найтовы	0,5 BL	2,0 SWL	0,5 BL	2
Скобы, рымы, обуха, талрепы из мягкой стали	0,5 BL	2,0 SWL	0,5 BL	2
Прочие устройства	0,5 BL	2,0 SWL	нет свед.	2
Стальная лента	0,5 BL	2,0 SWL	0,7 BL	2

Условные обозначения величин

а) Обозначения величин в изданиях РМРС, РРР и ИМО

Обозначения величин:			Величина
РМРС	РРР	ИМО	
Δ	D	Δ	Водоизмещение судна, т
Δ_0	D ₀	Δ_0	Водоизмещение судна порожнем, т
Δ_w	D _w	Δ_w	Дедвейт судна, м
L _{ex}	L _{max}	L _{ex}	Длина судна наибольшая, м
L	L ₁₁	L	Длина судна расчетная, м
B _{ex}	B _{max}	B _{ex}	Ширина судна наибольшая, м
B	B	B	Ширина судна по КВЛ, м
D	H	D	Высота борта, м
d	T	d	Осадка судна, м
P	P	P	Вес груза в трюме, т
h	h	GM	Начальная поперечная метацентрическая высота, м
l	l	GZ	Плечо статической остойчивости, м
l _{max}	l _{max}	GZ _m	Максимальное плечо статической остойчивости, м
M _c	M _{опр}	M _c	Опрокидывающий момент, тм
M _c	M _{кр}	M _c	Кренящий момент ветровой нагрузки, тм
Θ	Θ	Θ	Угол крена (амплитуда качки), град
Θ_m	Θ_{max}	Θ_m	Угол крена, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости, град
Θ_v	$\Theta_{зак}$	Θ_v	Угол заката диаграммы статической остойчивости, град

б) прочие условные обозначения (УО) величин в тексте Практикума

УО	Пояснение
∂h	поправка на влияние свободных поверхностей в танках и цистернах, м
$\partial \Delta$	изменение весового водоизмещения судна, тонн
$\sum V_{гм}^i$	суммарный объем грузовых мест, уложенных в i-м трюме, м ³
μ	удельный погрузочный объем груза, м ³ /т
A _k	суммарная габаритная площадь боковой проекции брускового кия в м ²
A _v	площадь парусности судна, м ²
BL	разрывная (предельная) нагрузка средства крепления, тс
b _n	ширина одного пакета пиломатериалов, м
B _{ст}	расстояние между стойками палубного груза, м
B _{лк}	ширина люковых крышек, м
d _к	осадка судна кормой, м
d ^{ко} _{ср}	средняя осадка на весовое водоизмещение во 2-ой грузовой операции, м
d ^л _{ср}	средняя осадка судна при прохождении лимитирующего участка, м
$\partial d_{ср}$	изменение средней осадки за время следования судна, м
d _н	осадка судна носом, м
d ^{но} _{ср}	средняя осадка на весовое водоизмещение в 1-ой грузовой операции, м

$d_{\max}$	максимально допустимая осадка судна при наличии дифферента, м
d^n	осадка судна в пресной воде, м
$d_{\text{ср}}^n$	средняя осадка судна в порту погрузки, м
d^c	осадка судна в морской (соленой) воде, м
$d_{\text{ср}}$	средняя осадка судна (осадка на миделе), м
D_n	наружный диаметр трубы, м
f	коэффициент трения, ед
F_n	нагрузка, принимаемая в расчет количества средств крепления, тс
F_y	суммарная составляющая сил, действующих при бортовой качке в поперечном направлении (по оси Y), тс
F_z	суммарная составляющая сил, действующих при бортовой качке по вертикальной оси (Z), тс
$h_{\text{св}}^i$	высота свободного пространства в частично загруженном трюме, м
$h_{\text{тр}}^i$	высота i -го трюма, м
$h_{\text{гар}}$	гарантированная или объявленная глубина участка пути, м
$h_{\text{дд}}$	высота междудонного пространства (двойного дна), м.
$h_{\text{дон}}^{\text{доп}}_n$	допустимая высота палубного груза, м.
$h_{\text{зап}}$	норма запаса воды под днищем судна, м.
$h_{\text{кл}}$	высота комингса грузового люка, м
$h_{\text{лк}}$	высота люковой крышки, м
h_n	высота пакета пиломатериалов, м
$h_{\text{пг}}$	высота штабеля палубного груза, м
$h_{\text{пм}}$	высота прокладочного материала
$h_{\text{тр}}$	высота грузового трюма, включая комингс трюма, м
K	критерий погоды (основной критерий),
κ^1	коэффициент, определяемый из соотношения $\sum (L_{\text{лк}} : l_n)$, ед
κ^2	коэффициент, определяемый из соотношения $B_{\text{лк}} : b_n$, ед
κ^3	коэффициент, определяемый из соотношения $\sum (L_{\text{лк}} : l_b)$, ед
k	коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения A_k/LB , ед
$k_{\text{вм}}^i$	коэффициент использования вместимости i -го трюма, ед.
$k_{\text{гп}}$	коэффициент использования грузоподъемности судна, ед
k_y^i	коэффициент трюмной укладки в i -м грузовом трюме, ед
$k_{\text{пр}}$	коэффициент прочности троса
$\ell_{\text{ст}}$	плечо статической остойчивости (восстанавливающее плечо), м
$l_{\text{до}}$	плечо опрокидывающего момента, м
$\ell_{\text{ф}}$	значение плеч остойчивости формы, м
$\sum L_{\text{лк}}$	сумма длин всех люковых крышек, м
$L_{\text{лк}}$	длина отдельной люковой крышки, м
l_b	длина одного бревна, м ;
l_n	длина одного пакета пиломатериалов, м
$l_{\text{т}}$	длина трубы, м
$M_{1\text{см}}$	момент, дифференцирующий судно на 1 см осадки, т·см
$M_{\text{из}}^{\text{из}}$	суммарный статический момент изменения весовых нагрузок, т·м
$\sum M_{\text{г}}^{\text{г}}$	суммарный статический момент нагрузок от погруженного груза относительно мидель-шпангоута, тм
$\sum M_{\text{г}}^{\text{г}}$	суммарный статический момент нагрузок относительно основной плоскости в n - трюме, тм
m^1	масса образца (пробы) до высушивания, г;
m^2	масса образца (пробы) после высушивания, г

n	количество грузовых трюмов, ед
$n_{\text{лж}}$	количество люковых крышек, ед
N	количество необходимых найтовов, ед
$N_{\text{лж}}^{\text{T}}$	максимальное число труб, размещаемых на люковых крышках, ед
$N_{\text{осн}}^{\text{T}}$	число труб в основании штабеля труб, ед
$N_{\text{шт}}^{\text{T}}$	число штабелей груза труб большого диаметра, ед.
N_{T}	число труб в отдельном штабеле труб, ед
$P_{1\text{м}}$	масса одного грузового места (пакета, рулона и т.д), тонн
$p_{1\text{T}}$	масса (вес) одной трубы, т
$\sum P^i$	общий вес (масса) груза в грузовых трюмах, тонн
$P_{\text{с}}$	количество погруженного на судно груза, тонн;
$P_{\text{н}}$	планируемая к погрузке (начальная) масса груза, тонн
$P_{\text{тр}}$	общая масса груза, погруженного во все трюма, т.
$P_{\text{ф}}$	фактическая масса груза, тонн
P^i	вес (масса) груза в i -м трюме, тонн
$P_{\text{лж}}$	масса груза, размещенного на люковых крышках
$P_{\text{лж}1}$	масса груза на люковых крышках с учетом ограничений по осадке судна
$P_{\text{лж}2}$	масса груза на люковых крышках с учетом ограничений по размещению
p^n	отдельная партия груза, погруженная (принятая) на судно, тонн
p^c	отдельная партия груза, выгруженная (снятая) с судна, тонн
$p_{\text{в}}^u$	расход воды за время следования судна, тонн
p_{T}^u	расход топлива за время следования судна, тонн
$p_{\text{з}}^u$	общий расход запасов воды и топлива за время следования судна, тонн
$p_{\text{с}}$	сумма переменных весовых нагрузок на судне (судовых запасов), тонн
$\partial p_{\text{с}}$	изменение количества судовых запасов (припасов) судна, тонн;
$p_{\text{го}_3}^{\text{Iго}_3}$	количество судовых запасов (припасов) перед началом первой грузовой операции (погрузка или выгрузка), тонн;
$P_{\text{го}_3}^{\text{2го}_3}$	количество судовых запасов (припасов) после окончания второй грузовой операции (соответственно выгрузка или погрузка), тонн;
p_v	давление ветра, кгс/м ²
q	число тонн, приходящихся на 1 см осадки, т/см
$q_{\text{пл}}^1$	коэффициент перевода складочных кубических метров в кубические метры плотной массы пиломатериалов, $q_{\text{пл}}^1 = 0,9$
$q_{\text{пл}}^2$	коэффициент перевода складочных кубических метров в кубические метры плотной массы круглого леса, $q_{\text{пл}}^2 = 0,64$
$R_{\text{шт}}^{\text{nшт}}$	число ярусов штабеля палубного груза пиломатериалов, ед
$R_{\text{шт}}^{\text{Tшт}}$	количество ярусов труб в штабеле палубного груза, ед.
$S_{\text{тр}}^i$	площадь днища i -го трюма, м ²
SWL	безопасная (максимальная) рабочая нагрузка, тс
s_{T}	толщина трубы, м
t	температура (воздуха, груза), град
$t_{\text{ст}}$	стояночное время судна, сут
t_{x}	ходовое время судна, сут
$V_{1\text{м}}$	объем одного грузового места (пакета, рулона, связки и т.д.), м ³
V^i	объем груза в i -м трюме, м ³
$V_{\text{тр}}^i$	объем i -го грузового трюма, м ³
W	грузовместимость судна, м ³
$W_{\text{а}}$	нормированная (начальная) абсолютная влажность груза, %;
$W_{\text{о}}$	нормированная (начальная) относительная влажность груза, %;

$W_{\text{ф}}$	фактическая влажность груза, %.
x^1	абсцисса центра тяжести погруженной партии груза, м
x^2	абсцисса центра тяжести выгруженной партии груза, м
X_1	множитель, принимаемый в зависимости от отношения B/d_{cp}^c
X_2	множитель, принимаемый в зависимости от коэффициента общей полноты судна C_B (безразмерный);
X_f	абсцисса центра тяжести ватерлинии
x_g	абсцисса центра тяжести судна (система судно + груз), м
x_g^r	возвышение над основной плоскостью центра тяжести всего груза, м
x_g^i	абсцисса центра тяжести груза относительно мидель-шпангоута в каждом отдельном трюме, м
x_g^B	абсцисса центра тяжести расходной цистерны пресной воды
x_g^T	абсцисса центра тяжести расходной цистерны топлива, м
x_c	абсцисса центра величины судна, м
Y	множитель, принимаемый в зависимости от района плавания и отношения $\sqrt{h/B}$, град
z_g	аппликата центра тяжести судна (система судно + груз), м
z_g^r	возвышение центра тяжести всего груза над ОП судна, м
z_g^i	возвышение центра тяжести груза в отдельном трюме над основной плоскостью судна (аппликата), м
$z_{pg}^{пг}$	аппликата центра тяжести палубного груза, м
z_m	возвышение поперечного метacentra над основной плоскостью, м
$\Delta^{1го}$	весовое водоизмещение перед началом 1-й грузовой операции, тонн;
$\Delta^{2го}$	весовое водоизмещение после окончания 2-й грузовой операции, тонн;
α	угол между линией палубы и направлением найтова, град
Θ	температурный запас (дефицит точки росы)
Θ_r	температурный запас груза, град
$\Theta_{н.в}$	температурный запас наружного воздуха
$\Theta_{т.в}$	температурный запас трюмного воздуха
ρ	плотная масса груза, т/м ³
ρ_1	плотность воды, в которой судно находится, т/м ³
ρ_2	плотность воды, в которую судно переходит, т/м ³
ρ^c	плотность морской (соленой) воды, т/м ³
σ_B	суточный расход воды, т/сут
σ_T^x	суточный расход топлива на ходу, т/сут
σ_T^c	суточный расход топлива на стоянках, т/сут.
τ	температура точки росы
$\tau_{н.в}$	температура точки росы наружного воздуха
$\tau_{т.в}$	температура точки росы трюмного(воздуха
$\partial \Psi$	изменение дифферента судна за время следования судна, м
Ψ	дифферент судна, м

Ответы к задачам

2.1.1.1. 1630 т	2.1.1.2. 3300 т	2.1.1.3. 4800 т	2.1.1.4. 5100 т
2.1.1.5. 2507 т	2.1.1.6. 5160 т	2.1.1.7. 5260 т	2.1.2.1. 2634 т
2.1.2.2. 1364 т	2.1.2.3. 3450 т	2.1.2.4. 2251 т	2.1.2.5. 2900 т
2.1.2.6. 2561 т			
2.1.3.1. 1851 т	2.1.3.2. 1775 т	2.1.3.3. 1800 т	2.1.3.4. 1800 т
2.1.3.5. 1730 т	2.1.3.6. 3460 т	2.1.3.7. 3550 т	2.1.3.8. 3600 т
2.2.1. 2120 т	2.2.2. 3034 т	2.2.3. 3114 т	
2.3.1. 1414 т	2.3.2. 2658 т	2.3.3. 1485 т	2.3.4. 2347 т
2.3.5. 1289 т			
2.3.6. 1280 т	2.3.7. 1071 т	2.3.8. 1188 т	2.3.9. 1131 т
3.1.1.1. 3,23 м	3.1.1.2. 2,11 м	3.1.1.3. 2,07 м	3.1.1.4. 2,82 м
3.1.1.5. 3,71 м	3.1.1.6. 3,36 м	3.1.1.7. 2,73 м	3.1.2.1. 8,48 м
3.1.2.2. 9,81 м	3.1.2.3. 7,72 м	3.1.2.4. 8,32 м	3.1.2.5. 8,07 м
3.2.1. 4,34 м	3.2.2. 8,51 м	3.2.3. 3,70 м	3.2.4. 0,46 м
3.2.5. 8,36 м			
3.2.6. 2,26 м	3.2.7. 2,86 м	3.2.8. 6,73 м	3.2.9. 5,99 м
3.2.10. 5,51 м			
3.2.11. 6,03 м			
3.3.1. $x_g = -0,08$ м	$z_g = 5,02$ м	3.3.2. $x_g = -1,49$ м	$z_g = 5,60$ м
3.3.3. $x_g = -1,40$ м	$z_g = 3,28$ м	3.3.4. $x_g = 0,05$ м	$z_g = 2,94$ м
3.3.5. $x_g = 0,19$ м	$z_g = 4,17$ м	3.3.6. $x_g = -0,93$ м	$z_g = 3,73$ м
3.4.1.1. 6,2	3.4.1.2. 2,1	3.4.1.3. 2,3	3.4.1.4. 9,2
3.4.2.1. 3,19 м	3.4.2.2. 1,67 м	3.4.2.3. 2,72 м	3.4.2.4. 4,61 м
3.4.3.1. $\ell_{\max} = 2,08$ м;	$\Theta_v > 50^\circ$	3.4.3.2. $\ell_{\max} = 0,26$ м;	$\Theta_v < 50^\circ$
3.4.3.3. $\ell_{\max} = 1,58$ м;	$\Theta_v > 50^\circ$	3.4.3.4. $\ell_{\max} = 1,39$ м;	$\Theta_v > 50^\circ$
3.4.3.5. $\ell_{\max} = 1,01$ м;	$\Theta_v > 50^\circ$	3.4.3.6. $\ell_{\max} = 0,64$ м;	$\Theta_v > 50^\circ$
3.4.3.7. $\ell_{\max} = 0,11$ м;	$\Theta_v = 50^\circ$		
3.4.4.1. 22 град	3.4.4.2. 28 град	3.4.4.3. 23 град	3.4.4.4. 22 град
4.1.1.1. 3,58 м	4.1.1.2. 3,41 м	4.1.1.3. 0,06 м	4.1.1.4. 0,03 м
4.1.1.5. 3,41 м	4.1.1.6. да	4.1.1.7. 3,48 м	
4.1.2.1. $d_H = 4,17$ м	$d_K = 4,38$ м	4.1.2.2. $d_H = 3,83$ м	$d_K = 4,19$ м
4.1.2.3. $d_H = 3,35$ м	$d_K = 3,55$ м	4.1.2.4. $d_H = 3,41$ м	$d_K = 3,53$ м
4.1.2.5. $d_H = 3,74$ м	$d_K = 4,04$ м	4.1.2.6. $d_H = 3,39$ м	$d_K = 3,63$ м
4.1.2.7. $d_H = 3,08$ м	$d_K = 3,24$ м	4.1.2.8. $d_H = 3,97$ м	$d_K = 4,07$ м
4.1.2.9. $d_H = 3,37$ м	$d_K = 3,57$ м		
4.1.3.1. 15 см	4.1.3.2. 9 см	4.1.3.3. 0,37 м	4.1.3.4. 0,26 м
4.1.3.5. 0,23 м			
4.1.4.1. 2 см	4.1.4.2. 2 см	4.1.4.3. 4 см	4.1.4.4. 2 см
4.1.4.5. 3 см			
4.2.1.1. -0,15 м	4.2.1.2. 0,01 м	4.2.1.3. -0,3 м	4.2.1.4. -2,0 м
4.2.1.5. -0,25 м	4.2.1.6. -0,81 м	4.2.1.7. -0,42 м	4.2.1.8. -0,68 м
4.2.2.1. 0,08 м	4.2.2.2. 0,07 м	4.2.2.3. -0,04 м	4.2.3.1. 0,07 м
4.2.3.2. -0,09 м	4.2.3.3. -0,21 м	4.2.3.4. -0,03 м	
4.2.3.5. -0,17 м	4.2.3.6. -0,18 м	4.2.3.7. 26 т	

5.1.1. № 1-4: 692Т, 927Т, 931Т, 649 Т 5.1.2. № 1-4: 759, 1387, 1406, 759 м3

5.1.3. 3096 Т

5.2.1.1. 0,95; 0,96; 0,94 5.2.1.2. 0,84; 0,85; 0,80 5.2.1.3. 0,5

5.2.2.1. 0,9 5.2.2.2. 0,5 5.2.2.3. 0,97

5.2.3.1. 0,76 5.2.3.2. 0,61 5.2.3.3. Трюмное открытого типа – трюм II

5.2.4.1. 9,6 5.2.4.2. 6,7 5.2.4.3. 8,3

5.3.1. нет 5.3.2. да 5.3.3. нет

5.4.1.1. 7.6 м3. 5.4.1.2. 1.54 м3 5.4.1.3. 3.50 м3 5.4.1.4. 6,3 м3

5.4.1.5. 0,53 м3 5.4.1.6. 1.00 м3 5.4.1.7. 3,65 м3 5.4.1.8. 1,8 м3

5.4.1.9. 1,54 м3

5.4.2.1. МГ-140 Ø=15 мм ГОСТ 2688-80 5.4.2.2. 10 5.4.2.3. 4 5.4.2.4. 5

5.4.2.5. 10 5.4.2.6. 9 5.4.2.7. 10

5.5.1.1. 1 – «Вдали от ...»

5.5.1.2. 2 – «Отдельно от»

5.5.1.3. 1 – «Вдали от ...»

5.5.1.4. 1 – «Вдали от ...»

5.5.1.5. 1 – «Вдали от ...»

5.5.2.1. Не совместимы

5.5.2.2. Совместимость возможна

5.5.2.3. Совместимы

6.1. 1) 2.2- №ООН 1951 2) 2.1- №ООН 1978 3) 5.1 - №ООН 1486

6.2. 1) 9 - №ООН 2590 2) 3 - №ООН 1268 3) 6.1 - №ООН 1700

6.3. 1) 4.2- №ООН 1374 2) 4.1- №ООН 1350 3) 6.1 - №ООН 2777

6.4. 1) 4.2- №ООН 1381 2) 4.1- №ООН 3360 3) 3 - №ООН 1272

6.5. 1) F-C, S-V 2) F-A, S-I 3) F-A, S-G

6.6. 1) F-A, S-G 2) F-D, S-U 3) F-A, S-A

6.7. 1) F-E, S-E 2) F-A, S-J 3) F-A, S-Q

6.8. 1) F-A, S-J 2) F-E, S-E 3) F-A, S-A

6.9. 1) 4.1 2) 6.1 3) 3 6.10. 1) 4.2 2) 8 3) 6.1 6.11. 1) 6.1 2) 3 3) 8

6.12. 1) PP 2) PP 3) P 6.13. 1) P 2) PP 3) P 6.14. 1) нет 2) PP 3) P

6.15. 1) A 2) 10 3) E 6.16. 1) 07 2) A 3) E 6.17. 1) E 2) B 3) D

6.18. 1) вдали от жилых помещений 2) отдельно от кислот 3) отдельно от класса 4.1. 6.19. 1) вдали от жилых помещений, отдельно от кислот

2) вдали от жилых помещений 3) отдельно от п/класса 5.1

6.20. 1) вдали от жилых помещений 2) отдельно от класса 3 3) вдали от кислот и щелочей

6.21. 1) II 2) III 3) I 6.22. 1) III 2) II 3) I 6.23. 1) I 2) III 3) II

6.24. 1) 5 л 2) 1 кг 3) нет 6.25. 1) 5 кг 2) 5 л 3) нет

6.26. 1) 1 кг 2) нет 3) 5 л 6.27. 1) сера 2) пропан 3) масло хвойное

7.1.1. 9,5 % 7.1.2. 14 т 7.1.3. 28 т 7.1.4. 36 т 7.1.5. 98 т

7.2.1. 9,6 град 7.2.2. 18,3 град 7.2.3. возможна 7.2.4. необходима

7.2.5. целесообразна 7.2.6. возможна 7.2.7. вентилировать нельзя

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабурин В.А., Бабурин Н.В. Организация перевозок и управление работой флота: учебник.- СПб.:Издательский дом «Мирь», 2012. – 400с.: илл.

2. ГОСТ 2688-80 Канат двойной свивки (трос) типа ЛК-Р.

3. ГОСТ 3079-88 Канат стальной двойной свивки типа ТЛК-О

4. Кодекс безопасной практики размещения и крепления груза. Кодекс РКТ. М.:Мортехинформреклама, 1992 – 260 с.

5. Кодекс безопасной практики для судов, перевозящих палубные лесные грузы, 1991 (Кодекс ПЛГ). М.:Мортехинформреклама, 1992 – 260 с.

6. Козырев В.К. Грузоведение: учеб. для вузов. – М.:РКонсульт, 2005. – 358с.

7. Лебедев В.Н. Технология перевозок: Учебник для вузов/ В.Н. Лебедев. – СПб.: Изд-во ГУМРФ имени адмирала С.О.Макарова, 2015. – 444 с.

8. Международный кодекс морской перевозки навалочных грузов. (МК МПНГ / IMSBC Code). В кн. Правила безопасности морской перевозки навалочных грузов (Правила НГ). – СТО318.1.38-2009. Кн. 1 и 2 – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2009

9. Международный морской кодекс по опасным грузам. (Кодекс ММОГ / IMDG Code) включая поправки 33-06. В 2-х томах, ЗАО «ЦНИИМФ», 2007, - 1264 с.

10. Правила безопасности морской перевозки грузов. РД 31.11.21.16-2003

11. Правила безопасности морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ). РД 31.11.21.24-96 (В кн. «Общие и специ-

альные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1996 г.»

12. Правила безопасности морской перевозки лесных грузов.

РД 31.11.21.01-97. (В кн. «Общие и специальные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1997 г.»

13. Правила безопасности морской перевозки металлопродукции. РД 31.11.21.23-96. (В кн. «Общие и специальные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1996 г.»

14. Правила безопасности морской перевозки навалочных грузов (Правила НГ) - СТО 318.1.38-2009. Кн.1 и 2, - СПб.:ЗАО"ЦНИИМФ", 2009 г.

15. Правила безопасности морской перевозки пакетированных грузов. РД 31.11.21.13-96. (В кн. «Общие и специальные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1996 г.»

16. Правила безопасности морской перевозки подвижной техники. РД 31.11.21.19-96. (В кн. «Общие и специальные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1996 г.»

17. Правила безопасности морской перевозки тарно-штучных грузов. РД 31.11.21.25-96. (В кн. «Общие и специальные правила перевозки грузов. Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов 4-М. Том 2. 1996 г.»

18. Правила морской перевозки зерновых грузов. РД 31.11.25.25-96. (В кн. «Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов. 6-М. Книга 1. ЗАО «ЦНИИМФ». 1996 – С.281»

19. Правила морской перевозки плодоовощных грузов. РД 31.11.25.26-96. (В кн. «Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов. 6-М. Книга 1. ЗАО «ЦНИИМФ». 1996 – С.281»
20. Правила морской перевозки продовольственных грузов. Общие требования. РД 31.11.25.00-96. (В кн. «Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов. 6-М. Книга 1. ЗАО «ЦНИИМФ». 1996 – С.281»
21. Правила перевозки грузов в контейнерах морским транспортом. РД 31.11.21.18-96. Санкт-Петербург, ЦНИИМФ, 1997. -176 с.
22. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации. Утв. приказом Минтранса РФ от 14.10.02 года № 129
23. *Снопков В.И.* Технология перевозки грузов морем: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – С.Петербург: НПО «Просвещение», 2006, 560 с. илл.
24. Транспортные характеристики грузов. М.Н.Гаврилов. Мортехинформреклама. Морской транспорт. Справочное руководство, 1994,- 193 с.
25. Правила классификации и постройки морских судов. Издание Российского морского регистра судоходства. Том 1. 16-е издание. 2013.
26. Правила Российского Речного Регистра в 4-х томах. 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	3
1.1. Цели и задачи практикума	3
1.2. Пользование практикумом	5
2. Определение количества груза	6
2.1. Определение количества груза по осадке судна	6
2.1.1. <i>Общий подход к решению задачи</i>	6
2.1.2. <i>Определение количества груза на максимально допустимую осадку судна в условиях ограниченных глубин</i>	11
2.1.3. <i>Определение количества груза с использованием грузовой шкалы, гидростатических кривых и таблиц</i>	14
2.2. Определение количества груза, необходимого для загрузки трюмов	17
2.3. Определение количества груза для погрузки на верхнюю палубу или на люковые крышки грузовых трюмов	19
3. Определение элементов остойчивости груженого судна	29
3.1. Определение возвышения центра тяжести груза над основной плоскостью судна (по Z)	29
3.1.1. <i>Определение возвышения центра тяжести трюмного груза над основной плоскостью судна (по Z)</i>	29
3.1.2. <i>Определение возвышения центра тяжести палубного груза над основной плоскостью судна (по Z)</i>	34
3.2. Определение отстояния центра тяжести груза от мидельшпангоута судна (по X)	40
3.3. Определение центра тяжести системы «судно +груз»	44
3.4. Определение критериев остойчивости	48
3.4.1. <i>Определение критерия погоды (основного критерия)</i> .	48
3.4.2. <i>Проверка по начальной метацентрической высоте</i>	51
3.4.3. <i>Проверка по углу заката и максимальному плечу диаграммы статической остойчивости</i>	53
3.4.4. <i>Расчетная амплитуда качки</i>	56
4. Определение осадок и дифферента судна	59
4.1. Расчет осадок судна и их изменения	59
4.1.1. <i>Изменение осадки от перемены плотности воды</i>	59
4.1.2. <i>Расчет носовой и кормовой осадки судна</i>	61
4.1.3. <i>Изменение средней осадки от приема/выгрузки части груза</i>	64
4.1.4. <i>Изменение средней осадки при расходовании судовых</i>	

запасов	66
4.2. Расчет дифферента судна и его изменения	69
4.2.1. Определение дифферента судна	69
4.2.2. Изменение дифферента при расходовании судовых за- пасов	72
4.2.3. Изменение дифферента от перемещения, приема или выгрузки части груза	74
5. Размещение и укладка груза	78
5.1. Размещение массового груза по трюмам	78
5.2. Показатели использования судна и грузовых помещений	80
5.2.1. Коэффициент использования вместимости грузовых трюмов	80
5.2.2. Коэффициент загрузки судна	81
5.2.3. Коэффициент вертикальной проницаемости трюма	82
5.2.4. Коэффициент трюмной укладки груза	83
5.3. Проверка местной прочности судна	85
5.4. Определение количества прокладочных, сепарационных и крепежных материалов	87
5.4.1. Расчет количества прокладочных и сепарационных материалов	87
5.4.2. Расчет средств крепления	92
5.5. Совместимость грузов при перевозке	97
5.5.1. Совместимость упакованных опасных грузов при пе- ревозке	97
5.5.2. Совместимость продовольственных грузов при пере- возке	99
6. Определение основных характеристик опасного груза, пере- возимого в упаковке	101
7. Определение температурно-влажностных параметров в гру- зовом трюме	109
7.1. Определение влажности навалочного и насыпного груза	109
7.2. Определение необходимости вентилирования трюма	112
Приложение 1. Исходные данные для расчета загрузки судна и его остойчивости	119
Приложение 2. Гидростатические таблицы грузового судна	125
Приложение 3. Гидростатические кривые грузового судна	126
Приложение 4. Совместимость упакованных опасных грузов	127

Приложение 5. Совместимость химически опасных навалочных грузов и опасных грузов в упакованном виде	128
Приложение 6. Совместимость продовольственных грузов	129
Приложение 7. Определение точки росы	131
Приложение 8. Выбор средств крепления	132
Приложение 9. Условные обозначения величин	133
Приложение 10. Ответы на задачи	137
Библиографический список	139

Учебное издание

Лебедев Валерий Николаевич

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ НА СУДАХ

Практикум

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 03.09.13

Формат 60х84 1/16

Тираж 151 экз.

Усл.-печ. л. 8,42

Сдано в производство 03.09.13

Уч.-изд. л. 7,25

Заказ № 99

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2