# **Оглавление**

# 1. Задание

# 2. Аннотация

# 3. Summary

# 4. Описание судна

# Description of the ship

# 5. Описание грузов

# 6. Description of the cargo

# 7. Требования, предъявляемые к грузовому плану

# 8. Расчет загрузки судна

# 8.1 Определение расчётного водоизмещения, дедвейта

# 8.2 Определение времени рейса

# 8.2.1 Определение ходового времени и необходимых запасов на переход

# 8.2.2 Определение чистой грузоподъёмности

# 8.2.3 Определение стояночного времени и запасов на стоянке

# 8.2.4 Определение суммы запасов

# 8.3 Определение момента оптимального дифферента

# 8.4 Распределение запасов и грузов по грузовым помещениям

# 8.5 Проверка общей продольной прочности

# 8.5.1 Определение изгибающего момента от сил тяжести на миделе порожнего судна

# 8.5.2 Определение изгибающего момента от принятых грузов и запасов (сил дедвейта)

# 8.5.3 Определение изгибающего момента на миделе от сил поддержания

# 8.5.4 Определение изгибающего момента

# 8.5.5 Определение допустимого момента

# 8.6 Проверка местной прочности

# 8.7 Расчёт остойчивости

# 8.8 Требования Регистра России к остойчивости

# 8.9 Определение критерия погоды

# Список использованной литературы

**1. Задание**

Средняя осадка судна dср 8,2 м

Дифферент на корму 0,2 м

Длина между перпендикулярами L 140 м

Ширина судна В 17 м

Коэффициент общей полноты Св 0,75

Водоизмещение расчетное Δр 12700 т

Водоизмещение судна порожнем Δ0 3300 т

Абсцисса Ц.Т. судна порожнем Х0 7,5 м

Грузовместимость судна W 17900 м3

Суточный расход топлива на ходу 12 т

Суточный расход топлива на стоянке 10 т

Суточный расход воды 15 т

Запас снабжения Рснаб 40 т

Вес экипажа и багажа Рэк 15 т

Запас провизии Рпр 40 т

Расстояние перехода Lп 3000 миль

Средняя скорость судна Vср 12,5 узла

Суточная норма работ в порту погрузки Мсс 2000 т/сут

Суточная норма работ в порту выгрузки М’сс 1200 т/сут

Время на вспомогательные операции:

в порту погрузки Твсп 6 часов

в порту выгрузки Т’всп 8 часов

Коэффициент штормового запаса Кшт 10%

Время задержки судна в пути Тзад 0,3 сут

Таблица № 1.**Объемы грузовых помещений**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Помещение* | *Объем, м3* | *Помещение* | | *Объем, м3* |
| **Трюм № 1** | 937 | **Твиндек № 3** | | **1651** |
| **Твиндек № 1** | 985 | **Трюм № 4** | | **2752** |
| **Твиндек № 1 в** | 738 | **Твиндек № 4** | | **1640** |
| **Трюм № 2** | 2417 | **Трюм № 5** | | **417** |
| **Твиндек № 2** | 1717 | **Твиндек № 5** | | **767** |
| **Трюм № 3** | 2783 | **Твиндек № 5 в** | | **1096** |
| *Общий объем грузовых помещений судна* | | | **17900** | |

Таблица № 2.

**Наименование и характеристики грузов, предъявляемых к перевозке**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Груз* | *Масса, т* | *μ, м3/т* | *Объем, м3* |
| **Руда железная в мешках** | 2300 | 0,5 | 1150 |
| **Рис белый в мешках** | 3000 | 1,47 | 4410 |
| **Вино и водка в бутылках в ящиках** | 1400 | 1,7 | 2380 |
| **Бананы** |  | 4 |  |

Таблица № 3.

**Координаты центра тяжести запасов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Судно порожнем и запасы:** | **Xg, м** | *Zg, м* |
| Судно порожнем | 7,5 | 7,24 |
| Топливо | -43,0 | 3,94 |
| Вода | -48,0 | 10,23 |
| Экипажа | -40,0 | 17,00 |
| Провизии | -72,0 | 7,20 |
| Снабжения | -17,1 | 3,27 |
| *Аппликата метацентра* | ***-*** | ***7,26*** |

**2. Аннотация**

Целью данного курсового проекта является изучение технологии перевозки данных грузов на заданном типе судна. В процессе выполнения курсового проекта происходит знакомство с характеристиками грузов, предъявляемых к перевозке и типом судна, на котором будет перевозиться этот груз, а также как происходит размещение грузов и загрузка, согласно их объемным и весовым характеристикам и их совместимостью. При этом необходимо понять, как соблюдается прочность корпуса судна, первоначальная остойчивость судна при расходовании запасов во время плавания и после выгрузки груза в портах захода.

Следовательно, выполнение курсового задания ставит своей задачей изучение технологии и организации перевозок грузов на морском транспорте, что позволяет в дальнейшем на практике применять полученные знания.

# **3. Summary**

The aim of the present project is studding procedure of the technology of the shipping of given cargoes on board the given ship. While working on the project one can get acquainted with characteristics of the cargoes necessary for the transportation the type of vessel on which board the cargo will be shipped, and with procedure of loading and stowing the cargoes in accordance with their weight and volume characteristics and compatibility of cargoes. One must understand it is necessary to pay attention to durability of the hull and stability of the vessel while spending stocks, during her sailing and after unloading cargoes at the first port of call.

Consequently the main problems of this project are the procedure and organization the shipment of cargo by sea. This project helps to put knowledge into practice.

**4. Описание судна**

Главной частью корабля является корпус судна. Корпус судна разделён на три главные части: носовая (передняя) часть, называемая нос судна; задняя часть, называемая корма судна; часть судна, расположенная между двумя этими частями, называется мидель (средняя часть судна).

Корпус судна - это главная часть корабля. Это площадь между главной палубой, бортами и дном. Он сделан из рамки, покрытой обшивкой. Часть корпуса судна расположенная ниже воды это подводная часть корпуса судна. Расстояние между ватерлинией и главной палубой есть надводная часть судна. Корпус судна разделён на некоторое количество водонепроницаемых отсеков, палубами и переборками. Переборки это стальные вертикальные стенки, идущие вдоль и поперёк судна.

Корпус судна состоит из машинного отделения, грузовых помещений и нескольких танков. В сухогрузах грузовое пространство разделено на трюма и твиндеки.

В носовой части корпуса расположен форпиковый танк, а в кормовой (задней) части – ахтерпиковый танк. Они предназначены для свежей воды и топлива. Если судно имеет двойные стенки, то пространство между бортами содержит палубные карманы.

Все постоянные постройки над главной палубой называются надстройками. В настоящее время, сухогрузы строят, стандартизировано с расположением машинного отделения и мостовой надстройки в задней части корпуса судна для того, чтобы выиграть больше места для груза. Носовая поднятая часть палубы называется баком, а кормовая поднятая часть это ют. На палубе есть грузообрабатывающее оборудование, такое как краны, лебёдки, грузовые стрелы и т.д.

Description of the ship

The main body of a ship is called a hull. The hull is divided into three main parts: the foremost part is called the bow; the rearmost part is called the stern; the part in between is called midships. The hull is the main part of the ship. This is the area between the main deck, the sides (port and starboard) and the bottom. It is made up of frames covered with plating. The part of the below water is the ship’s underwater body. The distance between the main deck is the vessel’s freeboard. The hull is divided up into a number of watertight compartments by decks and bulkheads. Bulkheads are vertical steel walls going across the ship and along.

The hull contains the engine room, cargo spaces and a number of tanks. In dry cargo ships the cargo space is divided into holds.

At the fore end of the hull are the forepeak tanks, and at the after end are afterpeak tanks. They are used for fresh water and fuel. If a ship has double sides, the space between the sides contains wing tanks.

All permanent housing above the main deck is known as superstructure. Nowadays, cargo vessels are normally built with the after location of the engine room and bridge superstructure to gain more space for cargo. The forward raised part of the deck is called the forecastle and its after raised part is the poop. On deck their cargo handling facilities, such as cranes, winches, derricks etc.

**5. Описание грузов**

*Руда железная (в мешках)*

Железная руда относится к навалочным грузам и обычно перевозится на балкерах-рудовозах. Перевозка в мешках осуществляется лишь для небольших партий груза.

Основные свойства руды как навалочного груза – сыпучесть, слеживаемость, смерзаемость. Малый удельный погрузочный объем представляет опасность с точки зрения сохранения прочности корпуса судна и остойчивости судна, по этому погрузка руды на неспециализированные суда должна производиться с точным соблюдением грузового плана.

Железорудные концентрат подразделяются на сухой (серого цвета, диаметр частиц менее 0,05 мм); влажный (до 10% влажности); мокрый (13% влажности). Влажность является важным показателем данного груза, так как она определяет его свойства, такие как смерзаемость, разжижаемость и т. д. При влажности до 7% груз следует считать не смерзающимся.

При температуре ниже 0°С и влажности выше 13% руда смерзается, что затрудняет ее перевозку, по этому в процессе перевозки необходимо поддерживать заданный температурно-влажностный режим, для чего регулярно замерять показатели трюмного воздуха при необходимости производить естественную или принудительную вентиляцию.

В следствии большой плотности руды трюм или твиндек не может быть загружен ею полностью так как в этом случае нарушается требование к местной прочности корпуса, согласно которому негодно грузовое помещение не может быть загружено полностью грузом с УПО менее 1,3 куб. метра на тонну.

Удельный погрузочный объем руды железной в мешках – 0,5 куб. метра на тонну.

*Рис белый (в мешках)*

Рис перевозят в одинарных и двойных мешках от 80 до 100 кг. Рис отличается от других зерновых чрезвычайной восприимчивостью к различным запахам и активной гигроскопичностью. Он имеет высокий процент влажности и при этом способен впитывать в себя влагу либо испарять ее в зависимости от состояния воздуха в трюмах. Нормальной считается потеря массы вследствие испарения влаги не более 2,5%

При перевозке риса, кроме обычной подготовки грузовых помещений к перевозке зерновых, необходимо принять ряд дополнительных мер.

Рис требует очень тщательно разработанную и эффективную систему вентиляции по двум причинам. Во-первых, рис выделяет некоторое количество угольной кислоты в виде газа, и, во-вторых, содержание влаги приводит к запотеванию (конденсации влаги на стенках) трюмов. По этому конденсат будет капать на груз из определенных точек металлической конструкции, если не будут приняты необходимые меры предосторожности.

Рис подвергается нагреванию довольно быстро, и этот факт связан с понижением влажности, чем и объясняется уменьшение веса в «традиционном» изменении от 1 до 3%.

Нижняя часть (дно, пол) трюма должно быть покрыто тонким и батенсами, уложенными поперек судна и досками, уложенными вдаль судна.

*Водка и вино в бутылках (в ящиках)*

Винно-водочные изделия перевозят в бочках или в бутылках, упакованных в ящики. Для упаковки бутылок применяют деревянные или картонные ящики. Для предохранения бутылок от боя их устанавливают в ячейки и перекладывают упаковочным материалом. Все ящики должны иметь специальную маркировку «осторожно хрупкое» или «верх не кантовать», предупреждающую о наличие внутри ящика стекла, и показывающую верх ящика.

Погрузку винно-водочных изделий производят с большой осторожностью, исключающей рывки механизмов, раскачивание подъемов, сбрасывание ящиков с высоты.

В трюме ящики укладываются на ровную поверхность. Не следует грузить поверх ящиков с вино водочными изделиями тяжелые грузы, которые могут повредить нижележащие грузы.

При поступлении винно-водочных изделий на судно необходим строгий контроль над качеством и количеством груза. Груз со следами вскрытия, повреждения, подтеков или боя к перевозке не принимают. Если груз все же погружен по требованию грузоотправителя, то каждое поврежденное место вскрывают и проверяют в присутствии комиссии. О факте вскрытия и результатах составляют специальный акт.

Удельный погрузочный объем - 1,7 куб. метр на тонну.

*Бананы (в банчах)*

Бананы относятся к скоропортящимся грузам тропического происхождения. Их особенностью является малый диапазон температур, при котором они сохраняют годность от 1°С до 5-8°С, поэтому их перевозка осуществляется, как правило, на специальных судах – банановозах. На обычных судах их перевозка разрешена лишь непродолжительное время и при соблюдении строгого температурного режима.

Перед погрузкой температура в трюмах должна быть ниже оптимальной на 5-6°С.

Бананы перевозятся в банчах (целыми ветками), упакованные в полиэтиленовые мешки с отверстиями или крафт-бумагу либо солому или ветви тростника. При погрузке необходимо учесть уязвимость груза к химическому и механическому воздействию, поэтому поверх бананов не должны быть размещены другие грузы.

Для сохранной перевозки данного груза необходимо строгое соблюдение температурного режима путем регулярной вентиляции.

1 тонна бананов в банчах занимает 3,76 - 4,25 куб. метров.

**6. Description of the cargo**

*Iron ore (in bags)*

Iron ore is bulk cargo and it is carried usually on bulk vessels. Carrying on usual ships is done only for small lots of cargoes.

The main properties of ore as a bulk cargo are selffrizzing, selftightening and others. Small volume pertion of cargo maybe dangerous for ship stability and stronghess of hull, therefore the loading of ore on nonspecialized ships must be organized with whole according of cargo-plan.

Iron ore is divided to dry (grey, diameter of pieces is than 0,05 mm); damply (to 10% of dampness); wet (13% of dampness). Dampness is important property of cargo because other properties depend on it. If dampness is less, than 7%, then cargo is nonfreezing.

At temperature below 0 and humidity above 13 % ore freezes together, that complicates its transportation, on it during transportation it is necessary to support set температурно-влажностный a mode for what on a regular basis to measure parameters трюмного air if necessary to make natural or compulsory ventilation.

In consequence of the big density of ore the hold or the twin deck cannot be loaded by her completely as the requirement to local durability of the case according to which be unusable a cargo premise in this case is broken cannot loaded completely by a cargo.

Loading volume of iron ore – 0.5 m3/t

*White rice (in bags)*

Rice transport in unary and double bags from 80 up to 100 kg. Rice differs from others grain an extreme susceptibility to various smells and active hygroscopicity. It has high percent of humidity and thus is capable to absorb in itself a moisture or to evaporate it depending on a condition of air in holds. Normal loss of weight owing to evaporation of a moisture no more than 2,5 % is considered

By transportation rice, except for usual preparation of cargo premises for transportation grain, it is necessary to accept a number of additional measures.

Rice demands very carefully developed and effective system of ventilation for two reasons. First, rice allocates a quantity of a coal acid in the form of gas, and, secondly, moisture content leads запотеванию (condensation of a moisture on walls) holds. On it the condensate will drip on a cargo from the certain points of a metal design if necessary safety measures will not be accepted.

Rice is exposed to heating quickly enough, and this fact is connected with downturn of humidity, than and reduction of weight in "traditional" change from 1 up to 3 % speaks.

The bottom part (the bottom, a floor) hold should be covered thin and battens, laid across a vessel and the boards laid afar of a vessel.

*Vodka and wine in bottles (in boxes)*

Alcohol is transported in cans or bottles packed in boxes. Wooden and cardboard boxes are used to packing of bottles. For protection bottles from beating they are in calls and separated. All boxes should have special marks "cautiously fragile" or “ top handle with care ” warning about presence inside of a box of glass and showing top of a box.

Loading alcoholic products make with the big care excluding jerks of mechanisms, rocking of rises, dumping boxes from height.

In hold boxes keep within on an equal surface. It is not necessary to load atop of boxes with alcoholic products heavy cargoes which can damage underlaying cargoes.

While loading it is necessary to control guarantying and quality of cargo. Cargoes with spots of damage, beating or leaking don’t accepted to carrying. If it is loaded by requirement of special commission. This checking and its result must be fixed in special document.

Loading volume of alcohol is 1,7 m3/tonn.

*Bananas (in bunches)*

Bananas concern to perishable cargoes of a tropical origin. Their feature is the small range of temperatures at which they keep the validity from 1°С tо 5-8°С, on it their transportation is carried out on special banana-carriers. On usually ships they are can carrier only during small period and with proper temperature regime.

Before loading temperature in holds mast is bellow optimal on 5-6°С.

Bananas are carried in bunches (whole brunches), packed in palliation bags with ventilation or craft-paper or solemn or brunches of reed.

At loading it is necessary to consider vulnerability of a cargo to chemical and mechanical influence, therefore atop of bananas other cargoes should not be placed.

For safe transportation of the given cargo strict observance of a temperature mode by regular ventilation is necessary.

1 ton of bananas in bunches requires 3,76-4,25 m3

**7. Требования, предъявляемые к грузовому плану**

Размещение груза на судне должно обеспечивать выполнение следующих основных условий:

1. Исключение возможности порчи грузов от их взаимного вредного влияния (действие влаги, пыли, запахов, возникновение химических процессов и пр.), а также повреждение нижних слоев груза от давления верхних;

2. Создание возможности беспрепятственной выгрузки и погрузки в промежуточных портах захода;

3. Обеспечение максимальной производительности труда при грузовых операциях;

4. Исключение смешивания грузов из разных коносаментных партий;

5. Обеспечение приема на борт целого числа коносаментных партий;

6. Сохранение общей и местной прочности судна;

7. Обеспечение во время переходов оптимального (или хотя бы близкого к нему) дифферента;

8. Гарантия, что на всех этапах рейса остойчивость судна не станет ниже пределов, предусмотренных нормами Регистра; одновременно должно быть исключено и возникновение чрезмерной остойчивости;

9. Максимальное использование грузоподъемности и грузовместимости судна (в зависимости от того, какая из указанных величин будет лимитирующей);

10. Обеспечение загрузки получения максимально возможного в данных условиях перевозки фрахта.

Такие многочисленные, иногда противоречивые требования, делают составление грузового плана трудоемким. Обычная последовательность операций при расчете загрузки судна следующая:

1. Определение общего количества груза, которое может быть принято к перевозке в данном рейсе;

2. Подбор грузов, исходя из условий полного использования грузоподъемности судна или его грузовместимости или получение максимального фрахта;

3. Распределение нагрузки по грузовым отсекам с учетом необходимости обеспечения прочности корпуса (под грузовым отсеком понимается трюм плюс твиндеки над ним);

4. Размещение по грузовым помещениям грузов в зависимости от возможности совместной перевозки и обеспечения сохранности, а также последовательности выгрузки в промежуточных портах;

5. Определение, исправление и проверка дифферента;

6. Определение, исправление и проверка остойчивости.

Если судно совершает рейс с промежуточными портами захода, то расчеты начинают с последнего промежуточного порта, в обратной последовательности: сначала размещают запасы на последний переход и груз на последний порт, затем на предпоследний переход и груз и т.д.

Грузовой план составляется еще до начала погрузки – так называемый предварительный план. В ходе погрузки иногда от него делают отступления из-за неподачи запланированного груза, обнаруженных неточностей в расчете, переадресовки партий груза и т.п. поэтому после окончания грузовых операций составляют исполнительный грузовой план, соответствующий фактической загрузке судна. По нему окончательно уточняют характеристики прочности, остойчивости и дифферента. Именно этот план высылают в порт назначения.

Грузовой план чаще всего выполняют в виде схематического вертикального разреза по диаметральной плоскости – для сухогрузного судна и по горизонтальной – для танкера.

При особо сложных композициях грузов на судоходных судах иногда показывают расположение грузов и на горизонтальных разрезах. Такие грузовые планы могут иметь две схемы и более и называются многоплоскостными.

# **8. Расчет загрузки судна**

Пункт за пунктом выполняются расчеты загрузки в соответствии с предлагаемой методикой.

## 

## **8.1 Определение расчётного водоизмещения, дедвейта**

Расчётное водоизмещение определяется следующим образом:

1. По заданной осадке, которая не будет идти в нарушение осадок сезонных зон.

2. По грузовой марке, соответствующей сезону плавания, т.е. если судно следует из одного района плавания в другой, который может находиться в районе действия сезонной марки Л – летней зоне, З – зимней зоне, ЗСА – зимней Северной Атлантики, П – пресной, Т – тропической зоне, ТП – тропической пресной зоне.

3. В нашем случае находим dср=8,2 м., что соответствует Δp=12700 т.

Определим полную грузоподъёмность Δw (дедвейт), который равен:

Δw = Δp - Δ0 = 12700 – 3300 = 9400 т.

## **8.2 Определение времени рейса**

### *8.2.1 Определение ходового времени и необходимых запасов на переход*

tx = · +Tзад. ,сут.;



tx = · + 0,3 = 10,3 сут;



Pзап.ходу. = Кшт·tx·qтх + Кшт·tx·qвх , т.;

Pзап.ходу .= 1,1·10,3·12 + 1,1·10,3·15 = 305,91 т.

*8.2.2 Определение чистой грузоподъёмности*

Полная грузоподъемность (дедвейт) Δw=Δp+Δ0.

Дедвейт можно выразить как сумму весов грузов и запасов, которые могут быть приняты на борт судна по определённую осадку dср.

Δw = Pгруза + Pт + Pв + Pснаб. + Pэк. + Pпр.

Δw = 12700 – 3300 = 9400 т.

Чистая грузоподъёмность Δч – это вес груза без веса запасов топлива, воды, судового снабжения, экипажа, провизии.

Δч = Δw - Σ ( Pгруза + Pт + Pв + Pснаб + Pэк + Pпр )

Pнф.гр. = 2300 + 3000 + 1400 = 6700 т.

Wнф.гр. = 1150 + 4410 + 2380 = 7940 м3.

Wсудна = 17900 м3

Pф.гр .= (W - Wнф.гр)/μф.гр.

Pф.гр. = (17900 - 7940)/4=9960/4= 2490 т.

Δч = ΣΡ1 + Ρ2 + Ρ3 + Ρ4;

Δч = 2300 + 3000 + 1400 + 2490 = 9190 т.

### *8.2.3. Определение стояночного времени и запасов на стоянке*

tст. = + tвсп + + t′всп.;



tст. = + 0,25 + + 0,33 = 12,8 суток;



Pтст = tст. ·qтст = 12,8·10= 128 т.

Pвст = tст. ·qвст = 12,8·15 = 193т.

Pзап.ст. = 128 + 193 = 321т.

*8.2.4 Определение суммы запасов*

ΣΡзап. = Ρзап.ходу + Ρзап.ст. + Ρпр + Ρснаб + Ρэк. = 305,91 + 321 + 40 + 40 + 15 =

= 722т.

Определение запасов топлива и воды на переход и стоянку

Ρт = Ρхт + Ρстт = Кшт·tx·qхт + Ρтст= 1,1·10,3·12 + 127 = 135,96 + 128 = 264 т;

Ρв = Ρхв + Ρвст= Кшт·tx·qхв + Ρвст = 1,1·10,3·15 + 193 = 169,95 + 193 =

= 362т.

## **8.3 Определение момента оптимального дифферента**

Метод оптимального дифферента заключается в распределении нагрузки по отсекам так, чтобы оно имело заданный дифферент.

Указанным методом удаётся одновременно с обеспечением общей продольной прочности корпуса добиться оптимального дифферента и избежать дополнительных расчётов. Принцип пропорционального распределения грузов здесь сохраняется отдельно от носовых и кормовых отсеков.

Выражение для момента оптимального дифферента запишем для носовых и кормовых отсеков.

Md = Δp·Xc - Δ0 ·X0 + dопт ·Mуд

Mуд = k·B· (L⊥⊥ /100)2

k = 5,4 (для судов с дедвейтом до 30 000 т)

Mуд = 5,4·17· (140/100)2 = 91,8· (1,4)2 = 91,8·1,96 = 179,9 тм/см;

Md = 12700·(-0,2) - 3300·7,5 + 0,2·179,9 = -2540 - 24750 + 35,98 = -27254;

Определим среднее плечо носовых Хн и кормовых Хк отсеков:

Хн = ΣWjн·хjн/ΣWjн ,

Хк = ΣWjк·хjк/ΣWjк ,

где Wjн и Wjк грузовместимость j носового и кормового грузового помещения; хjн и хjк абсцисса центра тяжести груза в нос и корму от миделя, т.е. горизонтальное отстояние его центра тяжести от миделя в метрах.





Суммарная переменная нагрузка принимается равной чистой грузоподъёмности судна:

Δч = Рн + Рк

Решив уравнения относительно суммарной распределённой массы носовых Рн и кормовых Рк отсеков, получим:



Тогда распределённая масса в каждом конкретном отсеке будет:





Piн, Piк – вес груза для любого грузового помещения; Wiн,Wiк – объём любого грузового помещения.

P1трюм = 937· (4583/11228) = 382 т

P1твиндек = 985· (4583/11228) = 402 т

P1верх.тв.= 738· (4583/11228) = 301 т

P2трюм = 2417· (4583/11228) = 987т

P2твиндек = 1717· (4583/11228) = 701 т

P3трюм = 2783· (4583/11228) = 1136 т

P3твиндек = 1651· (4583/11228) = 674т

P4трюм = 2752· (4607/6672) = 1900т

P4твиндек = 1640· (4607/6672) = 1132т

P5трюм = 417· (4607/6672) = 288 т

P5твиндек = 767· (4607/6672) = 530 т

P5верх.тв.= 1096· (4607/6672) = 757 т

## 

## **8.4 Распределение запасов и грузов по грузовым помещениям**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ***Помещение*** | ***Вес, т*** | ***Xg (+)*** | ***Mx (+)*** | ***Xg (-)*** | ***Mx (-)*** | ***Zg*** | ***Mz*** |
| *СП* |  | 3300 | *7,5* | *24750* |  |  | *7,24* | *23892* |
| *Рт* | Топливо | 264 |  |  | *-43* | -11364,6 | *3,94* | *1041,316* |
| *Рв* | Вода | 362 |  |  | *-48* | -17397,6 | *10,23* | *3707,864* |
| *Рэк* | Экипаж | 15 |  |  | *-40* | -600,0 | *17* | *255* |
| *Рпр* | Провизия | 40 |  |  | *-72* | -2880,0 | *7,2* | *288* |
| *Рсн* | Снабжение | 40 |  |  | *-17,1* | -684,0 | *3,27* | *130,8* |
|  | *1 Р* | ***4022*** | *+Σ1Мх* | ***24750*** | *-Σ1Мх* | ***-32926,213*** | *Σ1Мz* | ***29314,98*** |
|  | **Трюм 1** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | вино | 40,7 | *51,5* | *2095* |  |  | *4* | *163* |
|  | рис | 196,6 | *50* | *9831* |  |  | *4,6* | *904* |
|  | бананы | 144,7 | *50* | *7235* |  |  | *5,39* | *780* |
|  | **Твиндек 1** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 8,9 | *51* | *456* |  |  | *8,7* | *78* |
|  | рис | 233,9 | *51* | *11927* |  |  | *9,7* | *2269* |
|  | бананы | 159,2 | *51* | *8118* |  |  | *11,2* | *1783* |
|  | **Твиндек 1 в** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | рис | 45,7 | *52* | *2377* |  |  | *13,7* | *626* |
|  | бананы | 167,7 | *51* | *8553* |  |  | *15,04* | *2522* |
|  | **Трюм 2** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 7,5 | *30* | *224* |  |  | *1,1* | *8* |
|  | вино и водка | 51,7 | *32* | *1656* |  |  | *1,4* | *72* |
|  | рис | 547,8 | *31* | *16981* |  |  | *2,9* | *1589* |
|  | бананы | 380,0 | *30,5* | *11590* |  |  | *4,51* | *1714* |
|  | **Твиндек 2** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 312,5 | *31* | *9688* |  |  | *8,5* | *2656* |
|  | вино | 157,3 | *30* | *4720* |  |  | *9* | *1416* |
|  | рис | 231,2 | *30* | *6935* |  |  | *9,5* | *2196* |
|  | **Трюм 3** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 235,3 | *5* | *1176* |  |  | *1,55* | *365* |
|  | вино и водка | 214,0 | *5* | *1070* |  |  | *2* | *428* |
|  | рис | 435,1 | *5* | *2175* |  |  | *2,9* | *1262* |
|  | бананы | 251,6 | *5* | *1258* |  |  | *4* | *1007* |
|  | **Твиндек 3** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 192,4 | *5* | *962* |  |  | *8,5* | *1635* |
|  | вино | 81,1 | *5* | *405* |  |  | *8,6* | *697* |
|  | рис | 201,1 | *5* | *1006* |  |  | *9* | *1810* |
|  | бананы | 199,4 | *5* | *997* |  |  | *10* | *1994* |
|  | **Трюм 4** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 921,2 |  |  | *-16* | *-14739* | *2* | *1842* |
|  | вино | 306,5 |  |  | *-16* | *-4904* | *2,9* | *889* |
|  | рис | 363,2 |  |  | *-16* | *-5810* | *3,5* | *1271* |
|  | бананы | 309,1 |  |  | *-16* | *-4946* | *5* | *1546* |
|  | **Твиндек 4** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | вино и водка | 213,9 |  |  | *-16* | *-3422* | *9* | *1925* |
|  | рис | 276,0 |  |  | *-16* | *-4416* | *9,5* | *2622* |
|  | бананы | 217,7 |  |  | *-16* | *-3483* | *10,6* | *2307* |
|  | **Трюм 5** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 145,1 |  |  | *-55* | *-7980* | *4,7* | *682* |
|  | вино и водка | 28,2 |  |  | *-55* | *-1549* | *5,3* | *149* |
|  | рис | 109,8 |  |  | *-55* | *-6038* | *6* | *659* |
|  | бананы | 5,0 |  |  | *-55* | *-273* | *6,4* | *32* |
|  | **Твиндек 5** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 220,8 |  |  | *-56* | *-12365* | *8,7* | *1921* |
|  | вино и водка | 128,3 |  |  | *-56* | *-7187* | *9,5* | *1219* |
|  | рис | 112,6 |  |  | *-55* | *-6195* | *9,9* | *1115* |
|  | бананы | 68,2 |  |  | *-55* | *-3752* | *10,4* | *709* |
|  | **Твиндек 5 в** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | руда | 256,2 |  |  | *-55* | *-14093,376* | *12,5* | *3203* |
|  | вино | 178,3 |  |  | *-55* | *-9805,5164* | *12,9* | *2300* |
|  | рис | 247,1 |  |  | *-55* | *-13589,022* | *13,2* | *3261* |
|  | бананы | 75,4 |  |  | *-55* | *-4146,8866* | *13,8* | *1040* |
|  | *2P* | ***8678*** | *Σ2Mx* | ***111436,4*** | *Σ2Mx* | ***-103240,45*** | *Σ2Mz* | ***59585,1*** |
|  | *Pобщ* | ***12700*** | *ΣоMx* | ***136186,4*** | *ΣоMx* | ***-136166,66*** | *ΣоMz* | ***88900*** |
|  |  |  |  | ***Xg =*** | ***0,002*** | ***Zg =*** | ***7*** |  |

***Трюм 1.***

P = 382 0+40,7+196,6+144,7 =382

W =937 1,7\*40,7 + 1,47\*196,6 + 4\*144,7 = 926,99

***Твиндек 1.***

P = 402 8,9 + 233,9+159,2 =402

W =985 4,45 + 343,8 + 636,8 =985

***Твиндек 1 верхний***

P = 301 0+0+46+167,6=213

W =738 67,6+670,4=738

***Трюм 2.***

P = 987 7,5+51,7+547,8+380 = 987

W =2417 3,75+88+805,3+1520=2416,9

***Твиндек 2.***

P = 701 312,5+157,3+231,2=701

W =1717 156,3 + 267,4+339,8 = 763,7

***Трюм 3.***

P = 1136 235,3+214+435,1+252,6=1136

W =2783 117,7+363,8+639,6+1010,4=2131,5

***Твиндек 3.***

P = 674 192,4+81,1+201,1+199,4=673

W =1651 96,2+137,9+295,6+797,6 =1327,3

***Трюм 4.***

P = 1900 921,2+306,5+363,2+309,1=1900

W =2752 460,5+521,9+533,6+1236=2752

***Твиндек 4.***

P = 1132 0+214+276+218=708

W =1640 214\*1,7+276\*1,47+218\*4=1640

***Трюм 5.***

P = 288 145,1+28,2+109,8+4,9=288

W =417 72,6+48+161,4+20=302

***Твиндек 5***

P = 530 221+128,3+112,7+68=530

W=767 110,5+217,6+166,1+272=766,2

***Твиндек 5 верхний***

Р = 757 256,2+178,2+247,1+75,4 =756,9

W =1096 128,1+302,9+363,2+301,6=1095,8





## **8.5 Проверка общей продольной прочности**

Общую продольную прочность корпуса судна проверяют путём сравнения наибольших изгибающих моментов в районе миделя Мизг. с нормативной величиной допускаемого изгибающего момента Мдоп.

### *8.5.1 Определение изгибающего момента от сил тяжести на миделе порожнего судна*

Мо = ko ·Δo ·L⊥⊥

ko = 0,126 (для сухогрузных судов с машиной в корме)

Mo = 0,126·3300·140 = 58212 тм

### *8.5.2 Определение изгибающего момента от принятых грузов и запасов (сил дедвейта)*

Мгр. определяется по следующей формуле:

Мгр.= 0,5Σmi ·xi,

mi – массы партий грузов и запасов в тоннах;

xi – отстояние центров тяжести партий грузов и запасов от миделя в метрах.

Мгр.= 0,5·(136186,454+136166,661) = 136176,5

### *8.5.3 Определение изгибающего момента на миделе от сил поддержания*

Мс.п. определяется по следующей формуле:

Мс.п.=kс.п. ·Δс.п. ·L⊥⊥

kс.п.=0,0315+0,0895·Св

Св – коэффициент общей полноты

kс.п.=0,0315+0,0895·0,75=0,098625

Мс.п.=0,098625·12700·140=175355 тм.

### *8.5.4 Определение изгибающего момента*

Мизг. = Мо + Мгр.- Мс.п.

Мизг.= 58212 + 136176,5- 175355 = 19033

### *8.5.5 Определение допустимого момента*

Мдоп.= k·B·L2,3

При этом вычисляют два значения Мдоп.: одно – из положения судна на вершине волны, другое – на подошве. В том и другом случае используют одну и ту же формулу, в которой меняют лишь коэффициент k.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип судна | Положение судна на волне | |
| На вершине (перегиб) | На подошве (прогиб) |
| Сухогрузное судно | 0,0205 | 0,0182 |

Мдоп. = 0,0205·17·1402,3 = 30081,3 тм – на вершине волны;

Мдоп. = 0,0182·17·1402,3 = 26706,4 тм – на подошве волны.

Сопоставляем величину Мизг. с Мдоп.

19033< 30081,3 19033 < 26706,4

Изгибающий момент меньше допустимого, а значит, судно не потерпит бедствие.

## **8.6 Проверка местной прочности**

Обеспечение местной прочности корпуса осуществляется путём нормирования нагрузки на единицу площади палубы. По существующим Правилам Регистра нагрузка в тоннах на 1м2 и палубы, трюма или твиндека обычного сухогрузного судна численно не должна превышать 0,75Hi,

где Hi - высота помещения.

Таким образом, помещение не может быть загружено полностью грузом с удельным погрузочным объёмом менее 1,33м3/т.

Критерием оценки рациональной загрузки судна с точки зрения местной прочности kм является отношение фактической нагрузки рф к технически допустимой рдоп.

Км=рф/рдоп ≤ 1 рф=H/μ

Максимальное количество груза, которое может быть погружено в трюм объёмом W, м3:

mmax=W/1,33

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Помещение* | ***W*** | ***УПО*** | ***M*** |
| Трюм №1 | 937 | 1,33 | 704,51 |
| Твиндек №1 | 985 | 1,33 | 740,60 |
| Верхний твиндек №1 | 738 | 1,33 | 554,89 |
| Трюм №2 | 2417 | 1,33 | 1817,29 |
| Твиндек №2 | 1717 | 1,33 | 1290,98 |
| Трюм №3 | 2783 | 1,33 | 2092,48 |
| Твиндек №3 | 1651 | 1,33 | 1241,35 |
| Трюм №4 | 2752 | 1,33 | 2069,17 |
| Твиндек №4 | 1640 | 1,33 | 1233,08 |
| Трюм №5 | 417 | 1,33 | 313,53 |
| Твиндек №5 | 767 | 1,33 | 576,69 |
| Верхний твиндек №5 | 1096 | 1,33 | 824,06 |
| *Cумма по отсекам* | *17900* | *1,33* | *13458,65* |

Условие местной прочности выполняется.

## 

## **8.7 Расчёт остойчивости**

Остойчивость судна, то есть способность судна, отклоненного внешним моментом от положения равновесия возвращаться в исходное положение, после того как перестанет действовать этот момент, являются важнейшими мореходными качествами безопасности плавания.

Остойчивость на малых углах крена характеризуется величиной начальной метацентрической высоты судна h. Остойчивость на больших углах крена – зависимостью плеча остойчивости от угла крена θ.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***θ*** | ***10˚*** | ***20˚*** | ***30˚*** | ***40˚*** | ***50˚*** | ***60˚*** |
| ***Lф*** | 1,30 | 2,64 | 3,83 | 4,83 | 5,67 | 6,09 |
| ***Sin (θ)*** | 0,1736 | 0,3420 | 0,5 | 0,6428 | 0,7660 | 0,866 |
| ***Lв= ZgSin (θ)*** | 1,2152 | 2,394 | 3,5 | 4,4996 | 5,362 | 6,062 |
| ***Lст = Lф- Lв*** | 0,0848 | 0,246 | 0,33 | 0,3304 | 0,308 | 0,028 |
| ***ΣинтL*** | 0,0848 | 0,4156 | 0,9916 | 1,652 | 2,2904 | 2,6264 |
| ***Lдин = 0,087ΣинтL*** | 0,0074 | 0,0362 | 0,0863 | 0,1437 | 0,1993 | 0,2285 |

Δθ = 10**˚** = 0,17452 рад

Δθ/2 = 0,17452/2 = 0,08726 рад

Диаграмма статической остойчивости (ДСО) выражает зависимость плеча статической остойчивости lст или восстанавливающего момента Мв от угла крена θ.

Диаграмма динамической остойчивости (ДДО) выражает зависимость работы восстанавливающего момента или плеча динамической остойчивости lдин от угла крена θ.

hо = 0,45 lmax = 0,3304 θmax = 40**˚**θзак = 61**˚**

*1. Максимальное плечо ДСО*

Определяется восстановлением перпендикуляра к оси lcт из максимума в диаграмме статической остойчивости.

lmax cт = 0,3304 м

По требованиям Регистра России lmax cт ≥ 0,20 м (для судов длиной L ≥ 105 м при угле крена θm ≥ 30**˚** ).

*2. Максимальный угол ДСО*

Определяется восстановлением перпендикуляра к оси из максимума в диаграмме статической остойчивости. θ = 40**˚** – соответствует требованиям Регистра России к остойчивости судов: θm ≥ 30**˚**

*3. Угол заката ДСО*

Угол заката ДСО определяется значением в точке пересечения ДСО с осью θзак = 61**˚**, - отвечает правилам Регистра: θзак ≥ 60**˚**

*4. Начальная метацентрическая высота*

Находится как точка пересечения перпендикуляра, восстановленного из точки равной 57,3**˚**, и касательной к ДСО. По перпендикуляру к оси Lст определили:

hо = 0,45 м (должна быть положительна для всех вариантов нагрузки судов)

*5. Плечо опрокидывающего момента*

а) Амплитуда качки:

θir = х1 ∙ х2 ∙ Y = 1,0 ∙ 1,0 ∙ 24,0 = 24,0 град (по табличным значениям)

б) Полученное значение отложим на оси θ вправо от начала координат.

в) Восстановим перпендикуляр до пересечения с ДДО. Получим точку А.

г) Отложим от точки А отрезок, равный 2∙θir влево. Получили точку А’

д) Из точки А проведем касательную к ДДО.

е) От точки A вправо отложим отрезок, равный 57,3**˚** (1 рад.)

ж) Из точки В восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с касательной. Получили Lопр.

Lопр = 0,12 м.

Mопр = 12700 ∙ 0,12 = 1524 тм

**8.8 Требования Регистра России к остойчивости**

Регистр России предъявляет определенные требования к устойчивости транспортных судов, проверка выполнения которых является обязательной при составлении грузового плана перед выходом судна в море.

Требования, предъявляемые Регистром России к остойчивости, подробно изложены в Правилах классификации и постройки морских судов Регистра России и сводятся к следующему.

Для транспортных судов длиной 20 м и более должны быть удовлетворены критерии остойчивости:

а) динамически приложенный кренящий момент от давления ветра Мv должен быть равен или меньше опрокидывающего момента Мс, определённый с учётом условий амплитуды качки, т.е. должно быть соблюдено условие

К = Мс / Мv ≥ 1,0

где К - критерий погоды;

б) максимальное плечо диаграммы статической остойчивости lmax должно быть не менее 0,25 м для судов длиной L ≥ 80 м и не менее 0,2 м для судов длиной L ≥ 105 м. Для промежуточных значений длин, величина lmax определяется линейной интерполяцией;

в) угол крена, при котором плечо остойчивости достигает максимума θm, должно быть не менее 30**˚**, т.е. θm ≥ 30**˚**;

г) угол заката диаграммы статической остойчивости θv, должен быть не менее 60**˚**, т.е. θv ≥ 60**˚**;

д) начальная метацентрическая высота при всех вариантах нагрузки, за исключением судна порожнём, должна быть положительной (ho ≥ 0).

**8.9 Определение критерия погоды**

Остойчивость для судов считается по критерию погоды К достаточной, если при наихудшем, в отношении остойчивости, варианте нагрузки динамически приложенный кренящий момент от давления ветра Мкр равен или меньше опрокидывающего момента Мопр т.е. если соблюдены условия:

k = Mопр / Мкр

k ≥ 1

Mопр / Мкр ≥ 1

Мкр = 0,001 ∙ pv ∙ Av ∙ z, где рv - давление ветра, Па

pv = 1196 Па (принимается по таблице Регистра в зависимости от района плавания судна и плеча парусности).

Аv - площадь парусности данного нам судна, м2.

Аv = 110 м2.

z - отстояние центра парусности от плоскости действующей ватерлинии

z = 7 м.

Mкр = 0,001 ∙ 1196 ∙ 110 ∙ 7 = 921 тм.

К = 1524 / 921 = 1,65 > 1.

Следовательно, для рассчитанного судна остойчивость достаточна.

**Список использованной литературы**

1. Жуков Е.И., Письменный М. Н. «Технология морских перевозок».
2. Белоусов Л.Н. «Технология морских перевозок».
3. Козырев В.К. «Грузоведение».
4. Немчиков В.И. «Организация работы и управления морским транспортом».
5. «Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов. 4 – М» Том 2.
6. Китаевич Б.Е. «Морские грузовые операции. Учебно-практическое пособие по английскому языку».
7. Снопков В.И. «Морская перевозка грузов», «Перевозка грузов морем».
8. Энциклопедический словарь «Обеспечение сохранности грузов на морском транспорте».