

1. ЗАДАЧИ 7-8

Проектная задача: *Разработать систему мягких или жестких парусов для повышения экономичности коммерческих морских перевозок.*

Историческая справка:

В 1902 г. на крейсере «Лейтенант Ильин» провели успешные опыты по подъему наблюдателя на высоту до 300 м с помощью поезда из воздушных змеев. В России 7 января 1904 года в Кронштадтском морском собрании лейтенант Н. Н. Шрейбер сделал сообщение «О применении воздушных змеев для подъема наблюдателей с судов флота». Свое выступление лейтенант закончил так: «...применение воздушных змеев на судах флота не только желательно, но даже необходимо». Большинство присутствующих согласилось с докладчиком. На этом докладе присутствовал командир Кронштадтского порта вице-адмирал С. О. Макаров.



Использование вспомогательных парусов - новое направление в морских перевозках. На протяжении последних десяти лет компания SkySails, известная как производитель воздушных змеев гигантских размеров, отработывала технологии, позволяющие задействовать силу ветра в коммерческих целях. И после многочисленных экспериментов проведенных в меньших масштабах, посмотрев на современное

судоходство с нестандартной точки зрения, специалисты представили вариант «промышленного» применения змеев. Как и все гениальное, идея немецких разработчиков оказалась максимально простой, понятной и практичной. В чем она заключается должно быть понятно, любителям экстремального вида спорта «кайтсерфинга» (от англ. kite — воздушный змей и surfing — катание), ведь им прекрасно известно на что способен кайт (спортивный воздушный змей), а также для чего в обязательном снаряжении кайтсерферов отводится место для ножа. Как доказали исследования, потенциал воздушных парусов позволяет тянуть за собой не только людей, но и морские корабли, чье водоизмещение измеряется в тысячах тонн.

Сразу стоит уточнить, что воздушные змеи, причем независимо от их размеров, не могут заменить привычные двигатели. Но зато, выступая в роли вспомогательного двигателя, они способны снизить нагрузку на основную силовую установку, и тем самым заметно уменьшить расход топлива.

Задача – спроектировать систему парусов для гражданского флота.

Критерии:

- Оригинальность разработанной системы;
- Конструкция разработанной системы;
- Необходимые устройства и оснащение;
- Экономическая оценка;
- Способность функционировать в северных регионах.

В обоснование разрабатываемого варианта можно включить:

- Выбор варианта системы парусов;
- Категория судов для применения системы;
- Основные достоинства и недостатки системы;
- Разъяснение рабочих и транспортировочных режимов работы системы;
- Ветростойкость;
- Предполагаемый период и сезонность эксплуатации;
- Наличие и тип экстренных средств для складывания/сброса;
- Схема размещения на судне;
- Предполагаемая степень экономичности при эксплуатации;
- Срок окупаемости системы и т.д.

Задача 1. Вода непроницаема для длин волн, используемых в радиолокации. Поэтому радиолокационное обнаружение подводных лодок возможно только когда какая-либо их часть находится над водой. При помощи каких ещё методов можно обнаружить полностью погрузившуюся атомную подводную лодку?

Задача 2. ОК-650 — серия водо-водяных ядерных реакторов на тепловых нейтронах, размещаемых на подводных лодках. В качестве ядерного топлива используется высокообогащённая по ^{235}U изотопу двуокись урана. Тепловая мощность — до 190 МВт. Оцените, сколько дизельного топлива нужно использовать за час, чтобы выработать то же самое количество тепла? Удельная теплота сгорания дизельного топлива 43 МДж/кг. Потерями тепла пренебречь.

Задача 3. На дизельных подводных лодках ставят два типа двигателей: дизельные для надводного движения и электромоторы, работающие от аккумуляторов. Почему нельзя обойтись одним типом двигателей? В чем недостатки применения дизельного двигателя перед атомной энергетической установкой?

Задача 4. Единственным устройством для наблюдения из подводной лодки, находящейся в подводном положении долгое время, был перископ. На основе каких физических законов создано это устройство? При решении задачи крайне желательно изобразить схему перископа с уточняющими эскиз пояснениями.

Задача 5. Почему нельзя доверять показаниям магнитного компаса, находящегося внутри подводной лодки?

2. ЗАДАЧИ 9-11

Проектная задача: Разработка проекта нового плавучего дома (хаусбота) для северных регионов.



Плавучий дом – это корабль пригодный для постоянного проживания.

По документам, по возможности свободно передвигаться по воде, по налогообложению плавучий дом ничем не отличается от любого маломерного прогулочного судна. Но по условиям проживания, конечно, это совсем не корабль, а обычный дом.

В плавучем доме нет кают, а есть гостиные и спальные комнаты. Нет камбуза и галюна, а есть кухня и туалетная комната. Но это не главное. Суть плавучего дома заключается в том, что в нем есть все, к чему мы привыкли в обычной жизни. Это и обычная мебель с привычными размерами, и вся бытовая техника, которая присутствует в любой квартире – плита, холодильник, микроволновка, миксер, утюг, стиральная машина и все что угодно.

Коммуникации, в настоящее время, тоже перестали быть проблемой. Все плавучие дома автономны. Они способны производить самостоятельно для комфортного проживания, электричество, отопление, водоснабжение, и другие блага цивилизации. Плавдома используют энергию солнца, ветра и воду на которой стоят. Для отопления в зимний период требуется дополнительно дизельное топливо или газ, но на это уходит меньше средств, чем на содержание обычного дома с магистральным газом.

Нередко плавдома оборудуют камином, сауной и даже бассейном. Причем, в больших плавдомах, бассейны могут быть до 20 метров в длину.

Крыша плавучего дома, как правило - это сад и солярий одновременно. Она может быть частично застеклена.



Задача – спроектировать плавучий дом для северных регионов.

Критерии:

- Схема общего расположения плавучего дома;
- Конструкция корпуса плавучего дома;
- Оснащение (системы, устройства, оборудование, мебель и т.д.);
- Способность функционировать в северных регионах.

В обоснование разрабатываемого варианта можно включить:

- Акватория;
- Населенный пункт;
- Метеорологические условия выбранного района;
- Отметки глубин выбранного района;
- Ледостойкость;
- Наличие трапов и их конструкция;
- Наличие и тип спасательных средств;
- Описание и размеры помещений на плавдоме;
- Предполагаемые скорость и дальность плавания;
- Срок службы плавдома и т.д.

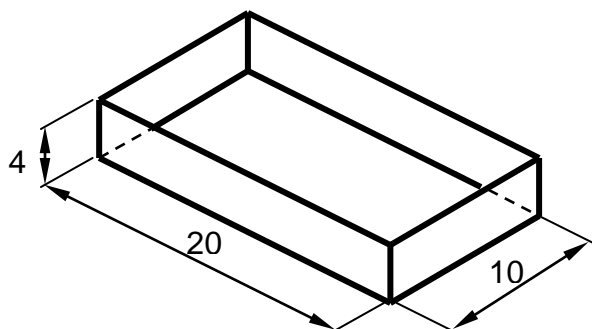
Задача 1. 1. На судно принято 10 контейнеров, при этом он не получил ни крена, ни дифферента. Вес одного контейнера 15 т. Осадка судна до приема груза составляла $T = 4,5$ м, а площадь ватерлинии $S = 1\,470$ м². Какова новая осадка судна? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным. Удельный вес воды $\gamma = 1,025$ т/м³.

Задача 2. На судно принимают два места груза. Масса первого груза $P_1 = 15$ т, второго $P_2 = 10$ т. Как нужно разместить второй груз относительно миделя, чтобы после приема обоих грузов судно не получило дифферента, если абсцисса центра тяжести первого груза относительно мидель-шпангоута $x_1 = 17$ м, а абсцисса центра величины относительно мидель-шпангоута $x_c = -2,00$ м?

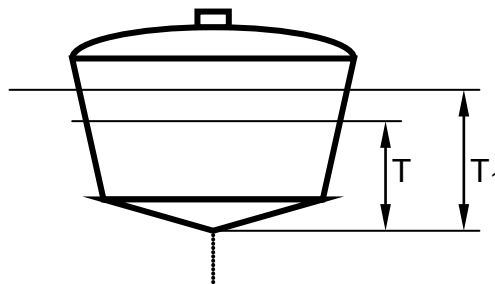
Задача 3. На корабль, площадь ватерлинии которого $S = 1\,700$ м² устанавливают скуловые кили общим весом $P = 40$ т. Как изменится осадка корабля в воде с удельным весом $\gamma = 1,016$ т/м³ после установки килей, если они вытесняют объем воды $v = 25$ м³? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным.

Задача 4. Для прямоугольного понтона весом 100 т, плавающего в пресной воде и имеющего размеры, показанные на рис., построить график зависимости водоизмещения от осадки и определить:

- осадку порожнего понтона;
- осадку при загрузке понтона грузом в 500 т без крена и дифферента.



Задача 5. С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, плавающий с осадкой T_1 . Если бы буй плавал без соединительного троса, то его осадка T была бы на 10 см меньше. Определить, на какой глубине затонул корабль, если средний диаметр, буя в пределах осадок T и T_1 равен $d = 1,0$ м, удельный вес воды $\gamma = 1,02$ т/м³, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.



1. ЗАДАЧИ 7-8

Задача 1. Вода непроницаема для длин волн, используемых в радиолокации. Поэтому радиолокационное обнаружение подводных лодок возможно только когда какая-либо их часть находится над водой. При помощи каких ещё методов можно обнаружить полностью погружившуюся атомную подводную лодку?

Решение. Для обнаружения атомных подводных лодок используется инфракрасный метод, т.е. обнаружение теплового излучения.

В качестве охладителя внешнего контура реактора АПЛ используют забортную воду. После сброса обратно за борт вода оказывается теплее окружающей.

Способ получил распространение потому, что оставляемый лодкой тепловой след много больше по размерам, чем сама лодка, и значит, обнаруживается легче. Кроме того, след имеет свойство со временем подниматься к поверхности (одновременно размываясь и остывая). Вышедший на поверхность след обнаруживается даже из космоса. Но стойкость его невелика: меньше получаса.

Задача 2. ОК-650 — серия водо-водяных ядерных реакторов на тепловых нейтронах, размещаемых на подводных лодках. В качестве ядерного топлива используется высокообогащённая по ^{235}U изотопу двуокись урана. Тепловая мощность — до 190 МВт. Оцените, сколько дизельного топлива нужно использовать за час, чтобы выработать то же самое количество тепла? Удельная теплота сгорания дизельного топлива 43 МДж/кг. Потерями тепла пренебречь.

Решение. Количество тепла, выделяемое реактором за час $Q = P \cdot t$. Количество теплоты, выделяемое при сгорании дизельного топлива $Q = q \cdot m$. Приравняв обе части, получим

$$P \cdot t$$

$$m = \frac{---}{q}$$

$$q$$

Получаем приблизительно 16 000 кг.

Задача 3. На дизельных подводных лодках ставят два типа двигателей: дизельные для надводного движения и электромоторы, работающие от аккумуляторов. Почему нельзя обойтись одним типом двигателей? В чем недостатки применения дизельного двигателя перед атомной энергетической установкой?

Решение. Дизельная подводная лодка является превосходным образцом комбинированного транспортного средства. Большая часть дизельных лодок оснащена двумя или более дизельными двигателями, которые запускают

пропеллеры и генераторы, которые заряжают батареи. Они могут также работать совместно, один заводит пропеллеры, а другой - генератор.

Чтобы запустить дизельный двигатель, подводная лодка должна всплыть на поверхность, потому что при сжигании дизельного топлива расходуется кислород. Когда лодка находится в погруженном состоянии, его взять негде. К тому же продукты сгорания, которые выбрасывались бы наружу в виде пузырей газа, поднимались бы вверх и демаскировали лодку.

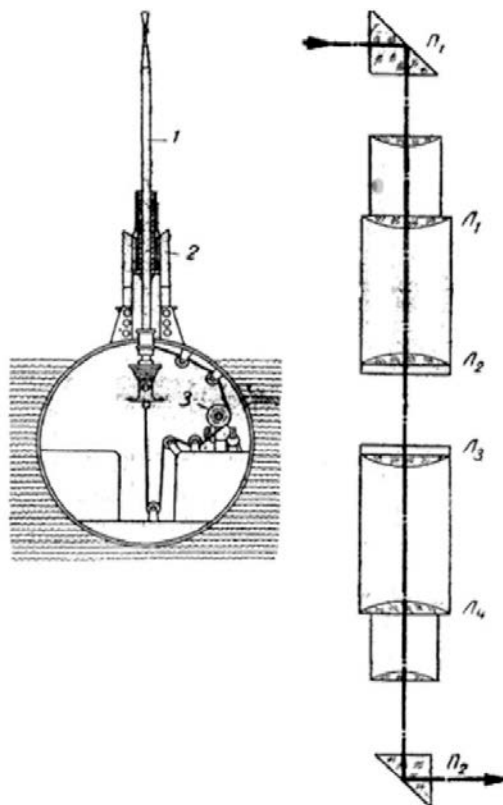
Когда батареи будут полностью заряжены, подводная лодка может погружаться. Поскольку заряженные батареи - это единственный способ как можно погрузить подводную лодку, то ограниченное количество этих батарей может значительно сократить время пребывания субмарины под водой.

Поскольку таких батарей может и не хватить, то атомная энергия признана более пригодной для подводных лодок. И поскольку атомные генераторы не используют кислород, атомные подводные лодки могут находиться под водой гораздо дольше. Также, поскольку атомное топливо расходуется не так быстро, как дизельное топливо (в течение нескольких лет), то атомная подводная лодка может не всплывать на поверхность или не заходить в порт для заправки достаточно долгое время.

Задача 4. Единственным устройством для наблюдения из подводной лодки, находящейся в подводном положении долгое время, был перископ. На основе каких физических законов создано это устройство? При решении задачи крайне желательно изобразить схему перископа с уточняющими эскиз пояснениями.

Решение. Перископом называется оптический прибор, представляющий собой зрительную трубу с системой зеркал или призм и линз. В нём используются законы отражения и преломления света. Он позволяет вести наблюдение из укрытий, убежищ, броневых башен, рубок, танков, подводных лодок.

Перископ является обязательным прибором любой подводной лодки. Появление новых технических средств наблюдения на подводных лодках — радиолокации и гидроакустики — не заменило перископа. Эти средства дополнили его, особенно в условиях плохой видимости (туман, дождь, снег и т. п.).



Задача 5. Почему нельзя доверять показаниям магнитного компаса, находящегося внутри подводной лодки?

Решение. Подводная лодка - это закрытая со всех сторон металлическая конструкция. На находящийся внутри неё компас магнитное поле Земли действует слабо. Влияние же различных железных частей лодки велико. Кроме того, в подводной лодке текут электрические токи большой силы, образуя значительные магнитные поля. Компас не даст правильных показаний. В морской навигации используются гирокомпасы. Они имеют два важных преимущества перед магнитными компасами:

- показывают направление на истинный полюс, то есть на ту точку, через которую проходит ось вращения Земли, в то время как магнитный компас указывает направление на магнитный полюс;

- гораздо менее чувствительны к внешним магнитным полям, например, тем полям, которые создаются ферромагнитными деталями корпуса судна.

2. ЗАДАЧИ 9-11

Задача 1. 1. На судно принято 10 контейнеров, при этом он не получил ни крена, ни дифферента. Вес одного контейнера 15 т. Осадка судна до приема груза составляла $T = 4,5$ м, а площадь ватерлинии $S = 1\,470$ м². Какова новая осадка судна? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным. Удельный вес воды $\gamma = 1,025$ т/м³.

Дано:
 $n = 10$,
 $p = 15$ т,
 $T_0 = 4,5$ м,
 $S = 1470$ м,
 $\gamma = 1,025$ т/м³.

Решение:

$$T_1 = T_0 + \Delta T,$$

Найти:

$$\Delta T = \frac{P}{\gamma S},$$

T_1 ;

$$P = np = 10 * 15,0 = 150 \text{ т},$$

$$\Delta T = \frac{150}{1,025 * 1470} = 0,10 \text{ м},$$

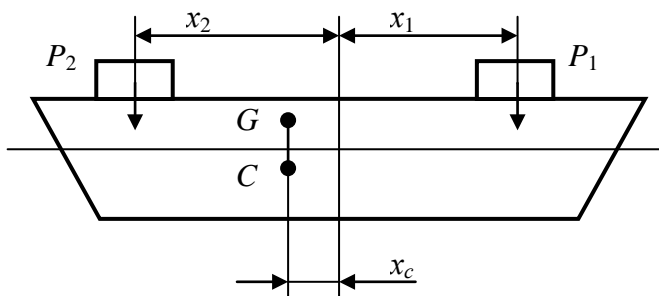
$$T_1 = 4,5 + 0,10 = 4,6 \text{ м}.$$

Задача 2. На судно принимают два места груза. Масса первого груза $P_1 = 15$ т, второго $P_2 = 10$ т. Как нужно разместить второй груз относительно миделя, чтобы после приема обоих грузов судно не получило дифферента, если абсцисса центра тяжести первого груза относительно мидель-шпангоута $x_1 = 17$ м, а абсцисса центра величины относительно мидель-шпангоута $x_c = -2,00$ м?

Дано:
 $P_1 = 15$ т,
 $P_2 = 10$ т,
 $x_1 = 17$ м,
 $x_c = -2,00$ м,
 $d = 0$,

Найти:
 x_2

Решение:



Так как $d = 0$, плечо между точками G и C равно 0. Это возможно только при условии, когда абсцисса центра тяжести принимаем грузов совпадает с x_g . Так как $x_g = x_c$, то $x_p = -2,00$ м.

Составим уравнение моментов.

$$(P_1 + P_2)x_p = P_1x_1 + P_2x_2.$$

$$x_2 = \frac{(P_1 + P_2)x_p - P_1x_1}{P_2} = \frac{(15 + 10) * (-2,0) - 15 * 17}{10} = -30,5 \text{ м}.$$

Задача 3. На корабль, площадь ватерлинии которого $S = 1\,700\text{ м}^2$ устанавливают скуловые кили общим весом $P = 40\text{ т}$. Как изменится осадка корабля в воде с удельным весом $\gamma = 1,016\text{ т/м}^3$ после установки килей, если они вытесняют объем воды $v = 25\text{ м}^3$? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным.

П 14. Дано:

$$S = 170\text{ м}^2,$$

$$P_{\text{ск}} = 40\text{ т},$$

$$\gamma = 1,016\text{ т/м}^3,$$

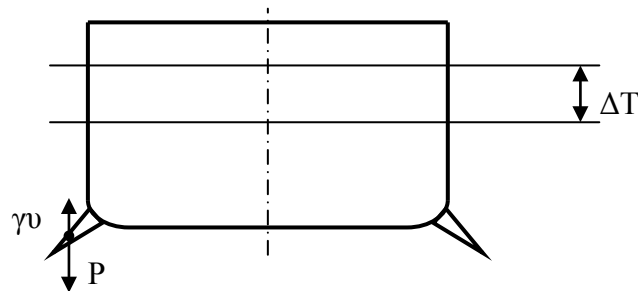
$$v = 25\text{ м}^3.$$

Найти:

ΔT :

$$\Delta T = \frac{P}{\gamma S},$$

Решение:



Из рисунка видно, что изменение нагрузки судна будет вызвано собственно массой килей ($P_{\text{ск}} = 40\text{ т}$) и силой плавучести, возникающей вследствие вытеснения воды килями ($v = 25\text{ м}^3$).

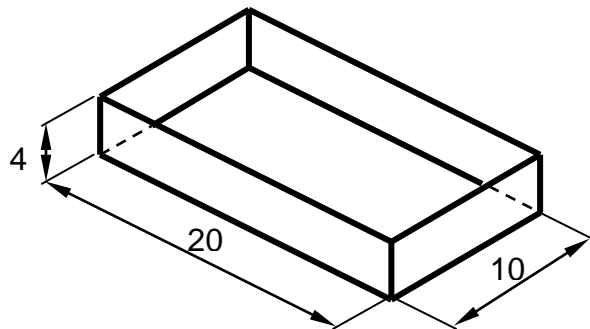
$$P = P_{\text{ск}} - \gamma v = 40 - 1,016 * 25 = 14,6\text{ т},$$

$$\Delta T = \frac{14,6}{1,016 * 170}, = 0,08\text{ м}.$$

Задача 4. Для прямоугольного понтона весом 100 т , плавающего в пресной воде и имеющего размеры, показанные на рис., построить график зависимости водоизмещения от осадки и определить:

а) осадку порожнего понтона;

б) осадку при загрузке понтона грузом в 500 т без крена и дифферента.



Дано:

$$\gamma = 1,00\text{ т/м}^3,$$

$$L = 20\text{ м},$$

$$B = 10\text{ м},$$

$$H = 4\text{ м},$$

$$D = 100\text{ т},$$

$$P = 500\text{ т}.$$

Найти:

$T_{\text{пор}}$; T ;

Решение:

$$D = \gamma \delta L B T,$$

$\delta = 1$, так как понтон – параллелепипед,

$$T_{\text{пор}} = \frac{D}{\gamma L B} = \frac{100}{1,00 * 20 * 10} = 0,5\text{ м}.$$

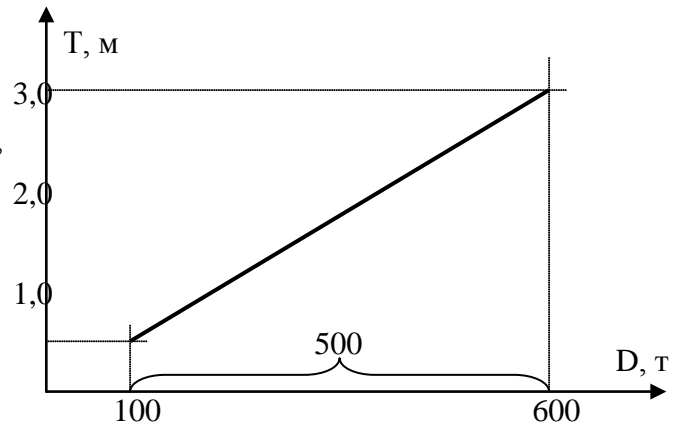
$$T = T_{\text{пор}} + \Delta T,$$

$$\Delta T = \frac{P}{\gamma S} = \frac{P}{\gamma \alpha L B},$$

$\alpha = 1$, так как ватерлиния – прямоугольник,

$$\Delta T = \frac{500}{1,00 * 20 * 10} = 2,5 \text{ м.}$$

$$T = 0,5 + 2,5 = 3,0 \text{ м.}$$



Грузовой размер.

Задача 5. С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, плавающий с осадкой T_1 . Если бы буй плавал без соединительного троса, то его осадка T была бы на 10 см меньше. Определить, на какой глубине затонул корабль, если средний диаметр, буя в пределах осадок T и T_1 равен $d = 1,0$ м, удельный вес воды $\gamma = 1,02$ т/м³, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.

Дано:

$$l_{\text{тр}} = 50 \text{ м,}$$

$$p_{\text{тр}} = 0,8 \text{ кг/м,}$$

$$T_1 = 0,64 \text{ м,}$$

$$R = 75 \text{ кг,}$$

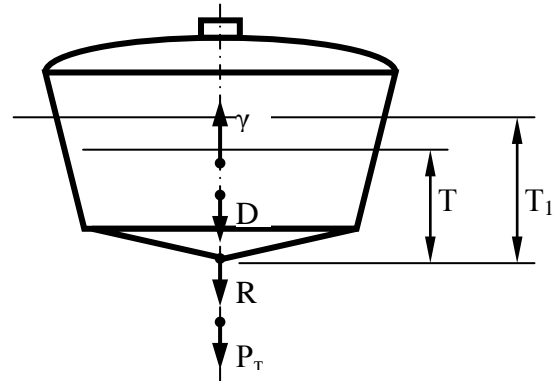
$$d = 1,0 \text{ м,}$$

$$\gamma = 1,02 \text{ т/м}^3.$$

Найти:

T ;

Решение:



При плавании буя с осадкой T_1 силе плавучести γV_1 противодействуют: сила тяжести (масса) самого буя – D , сила тяжести (масса) троса – $P_{\text{тр}}$, реакция троса – R .

$$\gamma V_1 = D + P_{\text{тр}} + R,$$

При обрыве троса реакция R и сила тяжести троса пропадают.

$$\gamma V = D,$$

Тогда:

$$\gamma V_1 - \gamma V = P_{\text{тр}} + R,$$

$$V_1 - V = \Delta V = \frac{(P_{\text{тр}} + R)}{\gamma},$$

$$P_{\text{тр}} = l_{\text{тр}} p_{\text{тр}} = 50 * 0,8 = 40 \text{ кг} = 0,040 \text{ т,}$$

$$\Delta V = \frac{(0,040 + 0,075)}{1,02} = 0,113 \text{ м}^3,$$

С другой стороны изменение объема подводной части буя:

$$\Delta V = S \Delta T,$$

$$\Delta T = \frac{\Delta V}{S},$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 1,0^2}{4} = 0,79 \text{ м}^2,$$

$$\Delta T = \frac{0,113}{0,79} = 0,14 \text{ м.}$$

$$T = T_1 - \Delta T = 0,64 - 0,14 = 0,50 \text{ м.}$$

Мореходные характеристики судна. Плавуность

Плавуность называется способность судна плавать и при этом нести на себе все грузы при определенном положении относительно поверхности воды.

При плавании судна на спокойной воде на него действуют силы веса самого судна и находящихся на нем грузов. Равнодействующая этих сил D (рис. 1) приложена в точке G , называемой *центром тяжести* (ЦТ) и направлена вертикально вниз. Силы веса уравниваются силами давления воды на корпус судна или *силами поддержания*. Равнодействующая сил поддержания γV приложена в точке C , называемой *центром величины* (ЦВ), и направлена вертикально вверх. Судно, плавающее на поверхности воды, находится в равновесии, если силы веса и силы поддержания уравновешены, т. е. если будут выполнены следующие условия:

$$D = \gamma V; \quad x_g = x_c; \quad y_g = y_c.$$

При расчетах принимают:

для пресной воды - $\gamma = 1,00 \text{ т/м}^3$,

для морской воды - $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$.

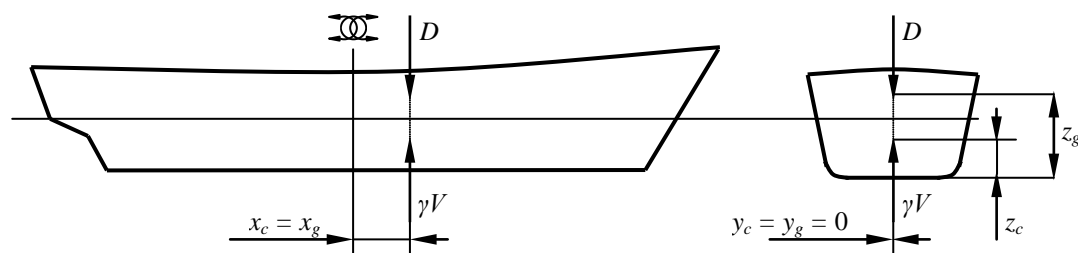


Рис. 1. Силы, действующие на судно

Водоизмещение судна бывает *объемное* и *массовое*. Объемным водоизмещением V (м^3) называется объем подводной части судна. Массовым водоизмещением D (т) называется вес судна.

Для определения координат центра тяжести судна используют теорему статических моментов, которая выглядит так:

$$x_g = \frac{p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum p_i x_i}{\sum p_i}$$

- где $p_1, p_2 \dots p_n$ - массы грузов находящихся на судне; $x_1, x_2 \dots x_n$ - координаты центров тяжести каждого из этих грузов.

При перемещении грузов вдоль осей X и Y общий центр тяжести переместится согласно последнему уравнению. Силы тяжести и силы плавучести уже не будут находиться на одной вертикали, поэтому ЦВ должен переместиться таким образом, чтобы находился строго под ЦТ. Но для этого должна измениться форма подводной части судна. Это реализуется изменением *посадки* судна, которая характеризуется средней осадкой (T_{cp}), углом крена (Θ), углом дифферента (ψ) или осадками носом и кормой (рис. 2).

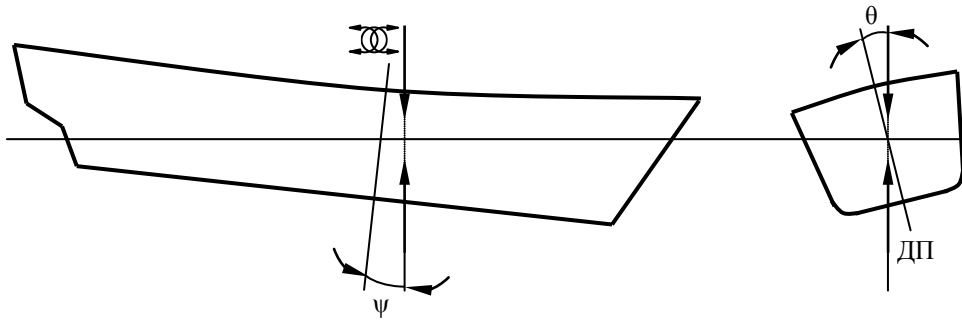


Рис. 2. Изменение посадки судна

Изменение средней осадки при изменении нагрузки

Для вывода этой зависимости условимся считать, что масса груза, принимаемого на судно или снимаемого с него не превышает 10 % водоизмещения.

При приеме груза массовое водоизмещение судна увеличится, что приведет к увеличению объемного водоизмещения, а следовательно, и осадки. Пусть на судно принят малый груз весом p . Массовое водоизмещение получит приращение $\Delta D = p$, а объемное - ΔV . Зная, что $D = \gamma V$, можно написать

$$\Delta D = p = \gamma \Delta V.$$

Если груз принимают так, что судно не получает ни крена, ни дифферента, то приращение объемного водоизмещения можно определить как дополнительный объем корпуса, вошедший в воду, $\Delta V = S \Delta T$, где S – площадь ватерлинии, m^2 ; ΔT – приращение средней осадки, м.

Подставив полученное выражение в формулу, получим, $p = \gamma S \Delta T$, откуда приращение средней осадки

$$\Delta T = \frac{p}{\gamma S}.$$

Величина ΔT может быть положительной или отрицательной в зависимости от знака при p . При приеме груза его масса берется со знаком плюс, а при снятии - со знаком минус.

Если в формуле принять приращение осадки ΔT равным 1 см, то получим значение груза, изменяющее осадку на 1 см. Обозначив эту величину буквой p_{1cm} , получим

$$p_{1cm} = \frac{\gamma S}{100}.$$

Тогда приращение средней осадки (в сантиметрах) можно определить как:

$$\Delta T = p / p_{1cm}$$

Можно построить *кривую числа тонн на 1 см осадки* (рис. 3), по которой легко определить величину p_{1cm} , соответствующую осадке судна к моменту погрузки или выгрузки. Следует помнить, что эти формулы справедливы только для малых грузов. Для более тяжелых грузов пользуются *грузовым размером* (рис. 4) – кривой, выражающей зависимость между водоизмещением и средней осадкой.

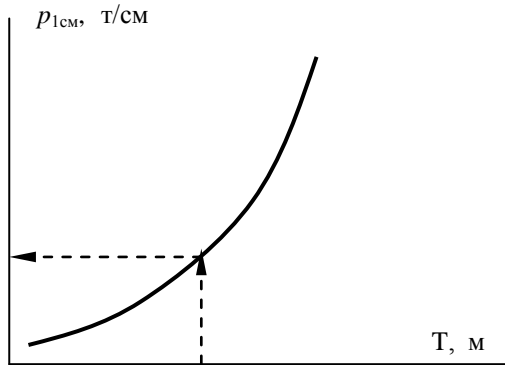


Рис. 3. Кривая числа тонн на 1 см осадки

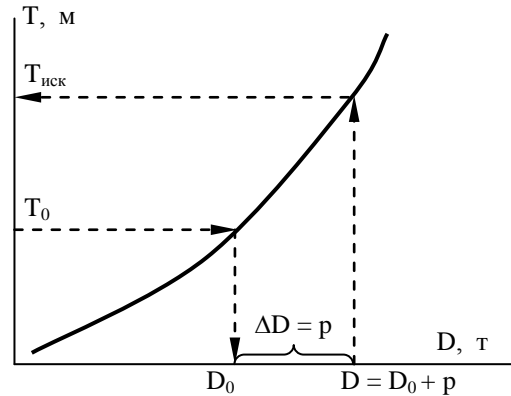


Рис. 4. Грузовой размер

Изменение средней осадки при изменении плотности воды

Морская вода имеет более высокую плотность, чем пресная, поэтому судно при одной и той же массе будет иметь в море меньшее объемное водоизмещение, чем в реке. Следовательно, осадка в море будет также меньше.

Обозначим удельный вес воды до перехода судна γ_1 , удельный вес воды после перехода γ_2 , объемное водоизмещение до перехода V_1 , объемное водоизмещение после перехода V_2 .

Если судно переходит из соленой воды в пресную, то приращение объемного водоизмещения,

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{D}{\gamma_2} - \frac{D}{\gamma_1} = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 \gamma_2} D.$$

Приращение объемного водоизмещения $\Delta V = S \Delta T$. Приравняв правые части выражений, получим,

$$\Delta T = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 \gamma_2} \frac{D}{S}.$$

Знак ΔT зависит от направления перехода судна. Если судно переходит из воды с меньшей плотностью в более плотную ($\gamma_1 < \gamma_2$) то величина ΔT отрицательная, новая осадка будет меньше первоначальной, и наоборот.

Запас плавучести. Грузовая марка

Запасом плавучести называется объем надводной водонепроницаемой части корпуса судна. Он позволяет судну оставаться на плаву, например, в случае аварии, при затоплении отсеков. Запас плавучести зависит от величины надводного борта, чем он больше, тем больше запас плавучести. Исходя из этого Регистр назначает каждому судну минимальный надводный борт, который фиксируют в «Свидетельстве о грузовой марке», выдаваемом каждому судну.

Грузовая марка (рис. 5) – это специальный знак, наносимый на борта судна в районе миделя, состоящий из трех элементов – палубной линии, диска Плимсоля и гребенки осадок.

Гребенки осадок наносятся в нос от миделя. Буквами обозначены линии гребенок, соответствующие осадкам, которые должно иметь судно при плавании в различных условиях:

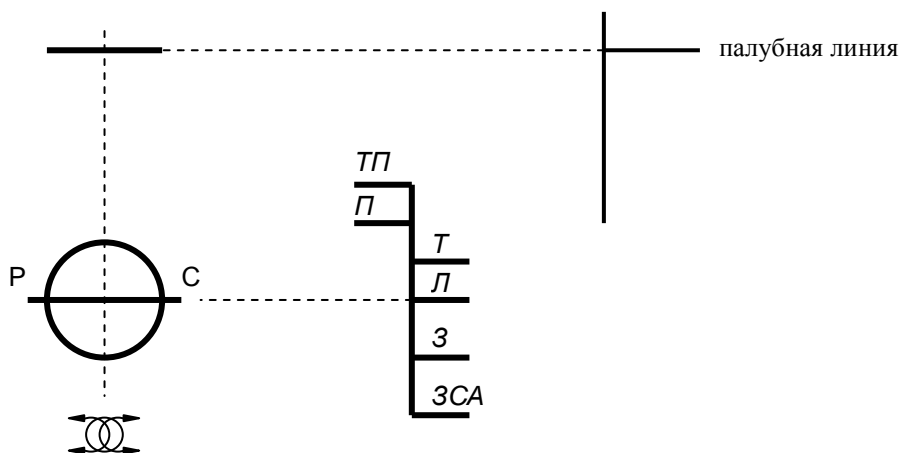


Рис. 5. Грузовая марка

Л – плавание летом в соленой воде. Расстояние от верхней кромки этой линии до верхней кромки палубной линии соответствует минимальному надводному борту, назначенному Регистром. Линию Л наносят на одном уровне со средней линией диска Плимсоля;

З – плавание зимой в соленой воде. Надводный борт несколько увеличен, так как зимой более часты штормы и возможно обледенение;

ЗСА – плавание зимой в Северной Атлантике. Надводный борт малых судов ($L < 100,5$ м) увеличивается на 50 мм, так как условия плавания зимой в этом районе еще более жестоки. На крупнотоннажных судах этой линии нет;

Т – плавание в тропиках в соленой воде. Благодаря спокойным условиям плавания допускается уменьшение надводного борта;

П – плавание в пресной воде. Расстояние между линиями Л и П соответствует величине изменения средней осадки при изменении солености воды;

ТП – плавание в тропиках в пресной воде.

При перевозке леса часть груза располагается на палубе, поэтому его можно рассматривать как продолжение надводного борта. Вследствие этого, минимальный надводный борт может быть уменьшен, поэтому лесовозы кроме обычной грузовой марки имеют еще и лесную. Для лесной марки гребенки осадок располагаются в корму от миделя, их обозначения такие же, но с добавлением буквы Л.