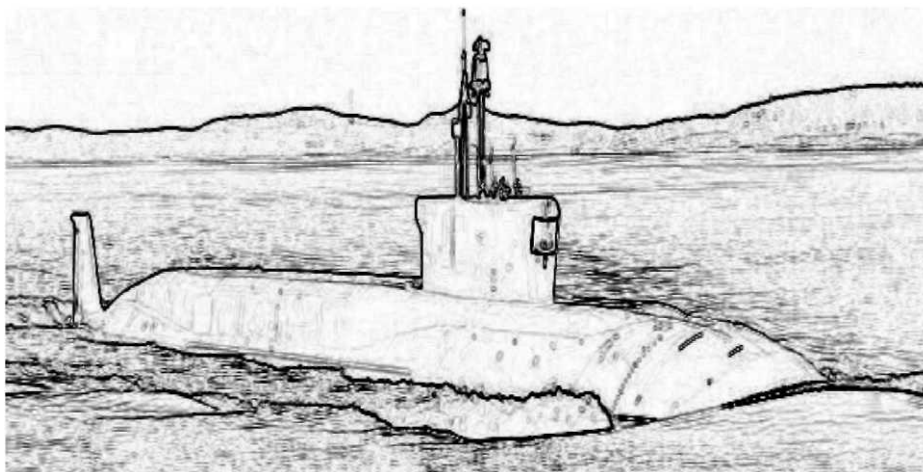


1. ЗАДАЧИ О ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ



Проектная задача:

Задача 1. Подводная лодка «Комсомолец» погрузилась на рекордную глубину 1020 м. Оцените силу давления, которое испытывал каждый квадратный сантиметр поверхности лодки на этой глубине. Атмосферное давление принять равным 100 КПа.

Решение. Если не учитывать изменение плотности воды с глубиной, приняв её равной 1030 кг/м^3 , то давление на борт лодки определится суммой атмосферного и гидростатического давлений:

$$p = p_0 + \rho gh,$$
$$p_0 = 100 \text{ КПа}, \rho = 1030 \text{ кг/м}^3, h = 1020 \text{ м}.$$

Силу давления можно рассчитать как произведение давления на площадь: $F = pS$ ($S = 1 \text{ см}^2$). Выполнив расчеты, получим приблизительно 1060 Н. Такую же силу давления на этой площади может создать груз массой 106 кг!

Задача 2. Подсчитайте, на какой глубине человек ещё может открыть изнутри крышку выходного люка лодки. При открывании нужно преодолеть силу давления воды на крышку люка. Считать, что крышка круглая, диаметром 65 см, а человек может поднять 90 кг. Играет ли роль, где расположен люк: сверху, снизу или сбоку лодки?

Решение. Силу давления воды на люк можно рассчитать по формуле: $F = pS$, где $p = \rho gh$. Тогда $h = F/\rho gS$.

Площадь люка $S = 3,14 \cdot 0,65^2 : 4 = 0,33 \text{ м}^2$.
Сила F равна весу груза 90 кг. $F = 90 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 882 \text{ Н}$

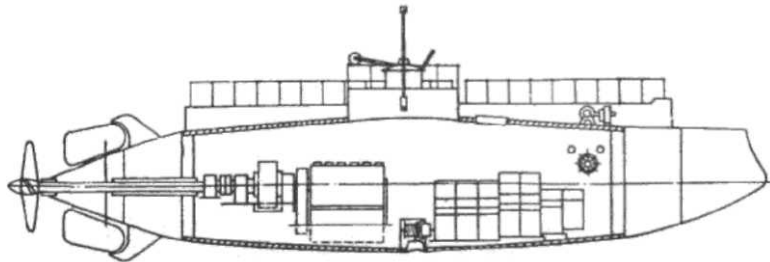
Тогда

$$h = \frac{882 \text{ Н}}{1030 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,33 \text{ м}^2} = 0,265 \text{ м}$$

На глубине более 26,5-27 см человек без помощи механизмов люк открыть не сможет. Положение люка значение не имеет, т.к. вода оказывает равное давление во все стороны.

Задача 3. Какие силы дают подводной лодке возможность погружаться, всплывать или оставаться на необходимой глубине?

Решение. На лодку, как и на все остальные физические тела, погруженные в воду, распространяется закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом воды. Она уравнивает силу тяжести, действующую на тело. На этом основано главное свойство любого корабля - его плавучесть, способность удерживаться на поверхности воды. Чтобы лодка могла погружаться, всплывать или держаться под водой, она должна менять свою плавучесть. Лодка оборудована специальными цистернами, которые то заполняются забортной водой, то опорожняются.

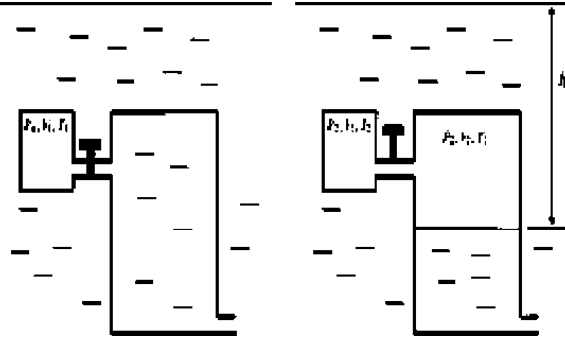


Задача 4. Сжатый воздух является вторым по значению источником энергии на лодке и, во вторую очередь, даёт запас кислорода. С его помощью производится множество эволюций — от погружения и всплытия до удаления из лодки отходов.

Сколько литров воды можно вытеснить из цистерны подводной лодки воздухом из баллона объёмом 50 л, если он наполнен воздухом при температуре 27 °С при давлении 1 МПа. Вытеснение

производится на глубине 40 м. Температура воздуха после расширения 0°C. Атмосферное давление 100 кПа. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Решение.



2. Объем входит в уравнения Клапейрона и Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{PV}{T} = const \text{ или } \frac{PV_1}{T_1} = \frac{PV_2}{T_2} \text{ и } PV = \nu RT, \text{ соответственно.}$$

3, 4. В качестве **рабочего выражения** выберем

$$\frac{PV_1}{T_1} = \frac{PV_2}{T_2} \quad (1)$$

Тогда объем вытесненной воды

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad (2)$$

6. Неизвестной величиной является V_2 .

7. Выразим V_2 из равенства (1):

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot V_1 \quad (3)$$

Появилась новая неизвестная величина P_2 (давление, которое будет создавать воздух после расширения).

Очевидно, что давление P_2 будет равно гидростатическому давлению воды:

$$P_2 = P_A + \rho gh \quad (4)$$

Тогда

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{(P_A + \rho gh)} \cdot V_1 \quad (5)$$

Таким образом,

$$\Delta V = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{(P_A + \rho gh)} \cdot V_1 - V_1 = \frac{273}{300} \cdot \frac{10^5}{(10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 40)} \cdot 50 - 50 = \frac{273}{300} \cdot 2 \cdot 50 - 50 = 91 - 50 = 41 \text{ л.}$$

Задача 5. 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 электромагнитных волн 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 6. В подводных лодках широко используется гидроакустика. Гидроакустический приемник обнаруживает отраженный от цели звук, излучаемый синхронизированным передатчиком.

Этот способ называется еще эхопеленгованием или эхолокацией. С подводной лодки, погружающейся вертикально и равномерно, испускаются звуковые импульсы длительности t_0 . Длительность приема отраженного от дна импульса t . Скорость звука в воде c . С какой скоростью погружается подводная лодка?

Решение. Если лодка неподвижна, то расстояние между передним и задним фронтами звукового сигнала равно $c \cdot t_0$. Так как лодка движется, то пройденное ею расстояние за время t_0 равно $v \cdot t_0$, расстояние между передним и задним фронтом звуковой волны $(c - v) \cdot t_0$. Отразившись от дна, сигнал придет к лодке со скоростью $(c + v)$ и пройдет через приемник звуковых сигналов, находящихся на лодке через время t .

Расстояние между передним и задним фронтом звуковой волны равно $l = (c - v)t_0$, с другой стороны $l = (c + v)t$ или $(c - v)t_0 = (c + v)t$.

Решая последнее уравнение относительно неизвестной скорости лодки, имеем: $v = (t - t_0)c/(t + t_0)$.

Ответ: $v = (t - t_0)c/(t + T_0)$.

Задача 7. ОК-650 — серия водо-водяных ядерных реакторов на тепловых нейтронах, размещаемых на подводных лодках.

В качестве ядерного топлива используется высокообогащённая по 235-у 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

$$m = \frac{P \cdot t}{q}$$

Получаем приблизительно 16 000 кг.

Задача 8. На дизельных подводных лодках ставят два типа двигателей: дизельные для надводного движения и электромоторы, работающие от аккумуляторов. Почему нельзя обойтись одним типом двигателей?

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.

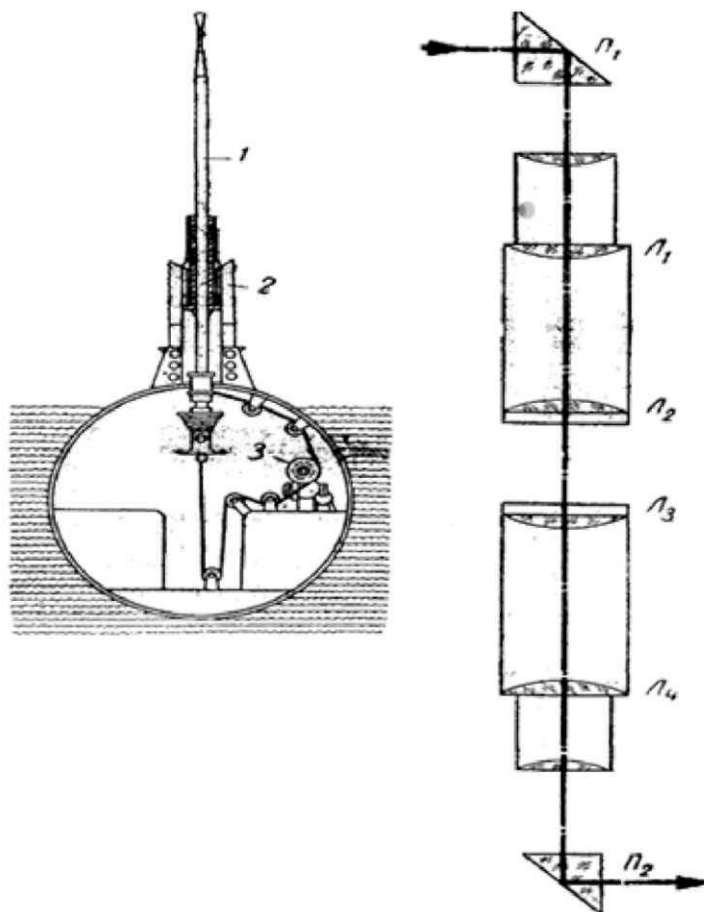
Когда батареи будут полностью заряжены, подводная лодка может погружаться. Поскольку заряженные батареи - это единственный способ как можно погрузить подводную лодку, то ограниченное количество этих батарей может значительно сократить время пребывания субмарины под водой.

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 9. Единственным устройством для наблюдения из подводной лодки, находящейся в подводном положении долгое время, был перископ. На основе каких физических законов создано это устройство?

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 10. 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 О НАДВОДНЫХ СУДАХ

Проектная задача: Разработка проекта нового наплавного (понтонного) моста.

Наплавной мост – уникальное строительное сооружение, позволяющее решить проблему переправы автотранспорта. Является полноценной альтернативой обычным капитальным мостам, но экономически менее затратное, при сроке эксплуатации до капитального ремонта 30 лет. Не препятствует движению маломерных судов. Средняя грузоподъемность до 80 тонн.

Мост состоит из составных частей (секций) и береговых опор.

Наплавная часть состоит из мостовых участков понтонного типа и обеспечивает пропуск автомобилей и пешеходов. Мостовые участки с помощью специальных сцепных замков собираются в мост необходимой длины. Один из мостовых участков изготавливается пролетного типа, что обеспечивает пропуск маломерного флота. Для пропуска больших судов предусмотрена выводная секция, которая может отводиться при помощи речного буксирного транспорта или быть с автоматическим управлением.

Верхняя надстройка для проезда автотранспорта и прохода пешеходов обеспечивает долговечность конструкции моста. Настил верхнего строения проезжей части моста выложен из деревянного бруса и обеспечивает хорошее сцепление колес автотранспорта.

На конечностях моста устанавливаются аппарели для удобного заезда автотранспорта и прохода пешеходов во время снижения уровня воды. По желанию заказчика крепление аппарели может быть выполнено одним из двух вариантов:

- Скользящее опирание на береговых опорах и шарнирным соединением с мостом;
- Шарнирное соединение аппарелей на береговых опорах и скользящим опиранием на мост.

Береговые опоры выполняются в виде металлических коробов, устанавливаемых в берег реки с засыпкой камнем и дополнительным креплением с помощью анкерных тяг. Береговые опоры могут быть выполнены на месте в виде свайного сооружения.

Во многих регионах есть большой переизбыток использованных и новых металлических бочек, применяемых для хранения горюче-смазочных материалов. Выпуск налажен, утилизация бочек производится неактивно.

Описание: Бочки металлические стальные сварные с гофрами на корпусе предназначены для транспортировки и хранения жидких химических и нефтехимических продуктов, таких как:

- Натр едкий жидкий (сода каустическая),
- Пластификатор ДОФ (диоктилфталат),
- Стекло натриевое жидкое,
- ГСМ (горюче-смазочных материалов),
- Лакокрасочных материалов,
- Растворителей,
- и других жидкостей, не действующих активно на сталь.

Основные показатели Бочки металлической 200 л. (габариты бочки, размеры)

Наименование	Значение
Вместимость	200 литров
Габаритные размеры бочки 200 л, мм:	
- диаметр наружный, мм	594 ± 3
- высота бочки, мм	845 ± 5
Толщина металла, мм: обечайка и днище	0,8-1,0*
Вес, не более, кг	20

Задача – спроектировать мост на основе бочек ГСМ.

Критерии:

- Конструкция
- Грузоподъемность
- Прочность

В обоснование разрабатываемого варианта можно включить:

- Река
- Населенный пункт
- Скорость течения реки
- Рабочий перепад уровня воды
- Отметки глубин реки в створе установки
- Наличие пролета для маломерного флота

- Наличие выводной части моста
- Наличие пешеходных переходов
- Ширина проезжей части
- Величина полной массы транспортных средств
- Срок службы моста

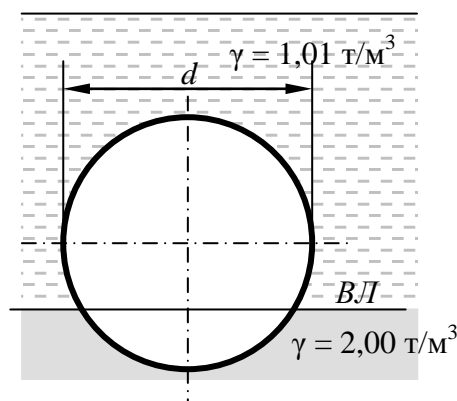
Задача 1. Для постановки корабля в док необходимо уменьшить его осадку до $T_1 = 8,30$ м. Какое количество грузов необходимо для этого снять с корабля, если его первоначальная осадка $T = 9,00$ м, площадь конструктивной ватерлинии $S = 5\,500$ м², а удельный вес воды $\gamma = 1,025$ т/м³. При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным.

Решение. $P = \gamma S \Delta T,$

$$\Delta T = T_1 - T_0 = 8,3 - 9,0 = -0,7 \text{ м,}$$

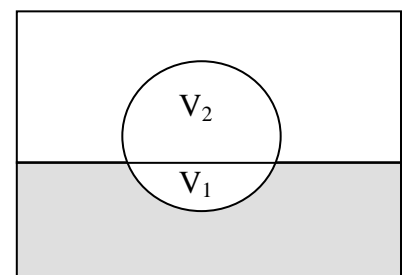
$$P = 1,025 * 5500 * (-0,7) = -3946 \text{ т.}$$

Задача 2. Круглый цилиндрический понтон диаметром $d = 5,0$ м и длиной $L = 24$ м погружается на жидкий илистый грунт удельным весом $\gamma_1 = 2,00$ т/м³ (рис. 12), Определить, какой объем понтона v_1 погрузится в ил, если вес понтона при погружении $P = 530$ т, глубина воды в месте погружения более 6 м, а удельный вес воды $\gamma = 1,01$ т/м³.



Решение.

$$D = \gamma_1 V_1 + \gamma_2 V_2.$$



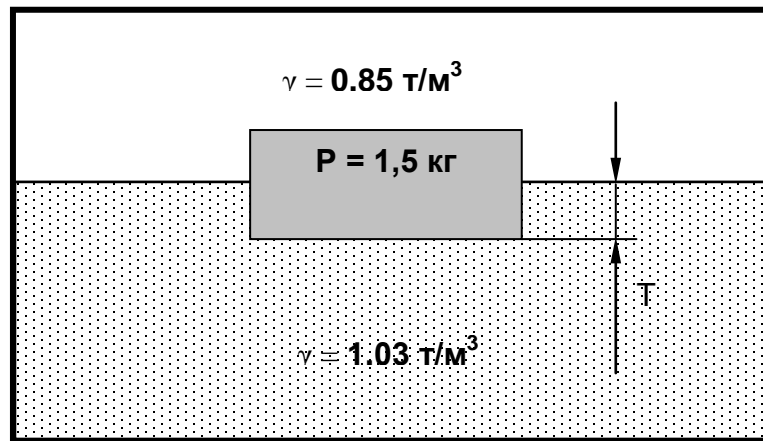
$$V = V_1 + V_2, \text{ откуда } V_2 = V - V_1,$$

$$V = L\pi d^2/4 = 24 \cdot 3,14 \cdot 5,0^2/4 = 471 \text{ м}^3.$$

$$D = \gamma_1 V_1 + \gamma_2 (V - V_1) = \gamma_1 V_1 + \gamma_2 V - \gamma_2 V_1 = (\gamma_1 - \gamma_2) V_1 + \gamma_2 V.$$

$$V_1 = \frac{D - \gamma_2 V}{\gamma_1 - \gamma_2} = \frac{530 - 1,01 \cdot 471}{2,00 - 1,01} = 54,84 \text{ м}^3.$$

Задача 3. В топливной цистерне корабля снизу находится забортная вода с удельным весом $\gamma = 1,03 \text{ т/м}^3$ а сверху – дизельное топливо с удельным весом $\gamma = 0,85 \text{ т/м}^3$ (рис. 17). В плоскости раздела обеих жидкостей плавает поплавок в виде прямоугольного параллелепипеда, частично погруженного в воду, частично в топливо. Найти осадку поплавка под плоскость раздела T , если его размеры $L = 20 \text{ см}$, $B = 10 \text{ см}$, $H = 8 \text{ см}$, а вес $P = 1,5 \text{ кг}$.



Решение.

$$P = \gamma_1 V_1 + \gamma_2 V_2,$$

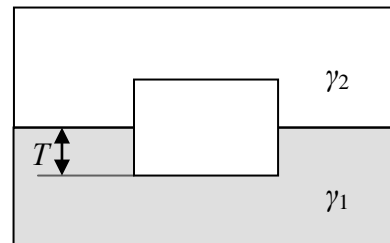
$$V_1 = LBT,$$

$$V_2 = LB(H - T).$$

$$P = \gamma_1 LBT + \gamma_2 LB(H - T),$$

$$P/LB = \gamma_1 T + \gamma_2 H - \gamma_2 T,$$

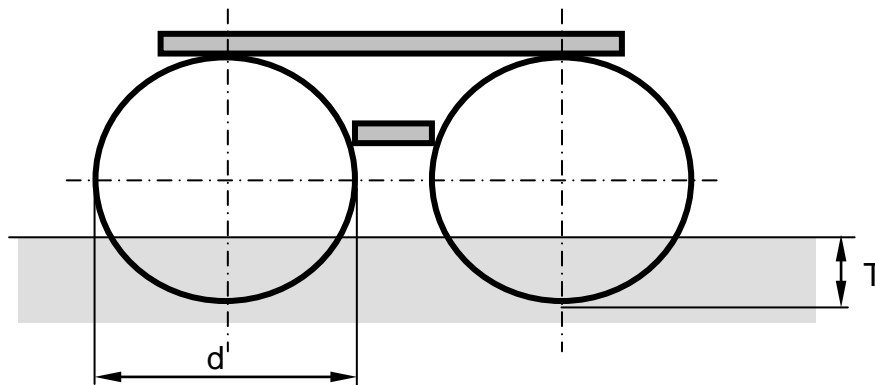
$$P/LB - \gamma_2 H = (\gamma_1 - \gamma_2) T.$$



$$T = \frac{P / LB - \gamma_2 H}{\gamma_1 - \gamma_2},$$

$$T = \frac{1,5 / (0,2 * 0,1) - 850 * 0,08}{1030 - 850} = 0,0389 \text{ м} = \mathbf{3,89 \text{ см.}}$$

Задача 4. Понтон состоит из двух цилиндрических поплавков, диаметром $d = 1,0$ м, жестко соединенных между собою (рис. 18). Длина каждого понтона $L = 6,0$ м. Найти вес понтона, если его средняя осадка порожнем в воде с удельным весом $\gamma = 1,01$ т/м³ составляет $T = 0,25$ м. При решении задачи считать, масса связей понтона в расчете не учитывается.



Решение.

$$D_{\text{понт}} = \gamma V_{\text{понт}},$$

$$V_{\text{понт}} = 2\varphi L\omega,$$

Так как поплавки – цилиндры, то $\varphi = 1$.

Форма мидель шпангоута – сегмент. Площадь сегмента:

$$\omega = r^2 \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)$$

где α – центральный угол, выраженный в радианах.

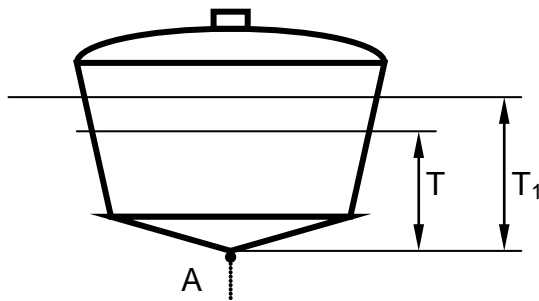
По теореме: длина катета в прямоугольном треугольнике, лежащего напротив угла в 30° равна половине гипотенузы. В треугольнике ABC : $AC = d/2$, $AB = d/4 = AC/2$. Следовательно, угол $ACB = 30^\circ$. Угол $\alpha = CAB = 60^\circ = 1,047$ радиан.

$$\omega = 0,5^2 \left(1,047 - \frac{\sin(2 \cdot 1,047)}{2} \right) = 0,15 \text{ м}^2.$$

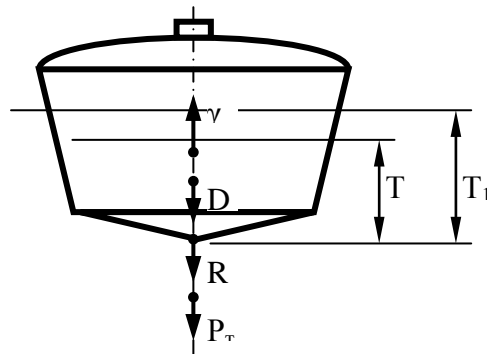
$$V_{\text{понт}} = 2 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 6,0 = 1,80 \text{ м}^3.$$

$$D_{\text{понт}} = 1,01 \cdot 1,80 = 1,82 \text{ т}.$$

Задача 5. С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, прикрепленный к тросу длиной $l_{\text{тр}} = 50$ м. Из-за малой длины троса буй всплыл не полностью и плавает с осадкой $T_1 = 0,64$ м (рис. 23). Реакция от натяжения троса составила $R = 75$ кг. Через некоторое время трос оборвался в точке А. Определить осадку буя после обрыва троса, если средний диаметр буя равен $d = 1,0$ м, удельный вес воды $\gamma = 1,02$ т/м³, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.



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.

Тогда: $\gamma V = D,$

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

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

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

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

С другой стороны изменение объема подводной части буя:

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

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

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

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

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