МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОСИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

СУДОВОДИТЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТЕНТ

КУРСОВАЯ РАБОТА

ПО УПРАВЛЕНИЮ СУДНОМ

ВАРИАНТ №25

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

РУКОВОДИТЕЛЬ:

Санкт-Петербург

2004

**Введение**

Данная курсовая работа выполняется с целью закрепления теоретических знаний, полученных при изучении курса «Управление судном» и привитие навыков выполнения инженерных расчетов, связанных с эксплуатацией судна.

Она состоит из 3 разделов:

* Крепление палубного груза
* Буксировка судна морем
* Снятие судна с мели

В первом разделе рассчитываются силы, действующие на груз, и параметры найтовов, а также чертятся схемы действия сил, размещение груза, подкладочного материала и найтовов.

Во втором разделе рассчитываются скорость буксировки и тяга на гаке в условиях отсутствия волнения, высота волны, при которой возможна буксировка заданным буксирным тросом, а также строятся кривые сопротивления буксировщика и буксируемого судна, приводится схема определения скорости буксировки и тяги на гаке.

В третьем разделе определяется сила, необходимая для снятия судна с мели с приведением соответствующих схем.

**Исходные данные**

Расчет крепления груза

1. вес груза W=80 кН
2. габариты груза 4м ∙2м ∙1,1м
3. период поперечных колебаний Т1=9 сек
4. период продольных колебаний Т2=5 сек
5. координаты центра массы груза у=3 м; х=26 м; z=3,5 м
6. расчетный угол крена θ=30о
7. расчетный угол дифферента ψ=5о
8. высота волны hв=4,0м
9. высота фальшборта hф=2м
10. высота надводного борта hнб=2м
11. плотность морской воды 1,025 т/м
12. длина шпации l1=0,6м
13. длина полубимса l2=5,5м
14. высота трюма hтр=4м
15. количество найтовов продольных t2=2 штуки
16. количество найтовов поперечных t1=3 штуки
17. высота подкладываемого материала hп=0,15м
18. скорость на спокойной воде V=10 узлов
19. угол наклона троса к вертикальной плоскости (ДП) ά1=30о
20. угол наклона троса к вертикальной плоскости (шпангоута) ά2=30о
21. номер профиля бимса N=20/12
22. коэффициент запаса прочности троса Кпрочн.тр.=3

расчет буксировки судна морем

1. максимальная скорость V=11 узлов
2. дисковое соотношение винта θ=0,6
3. диаметр винта d=1,5м
4. мощность двигателя N=1300л.с.
5. полуширина буксирной линии l=120м
6. коэффициент запаса прочности буксирного троса Кзап=3
7. состояние винта – СТОП

снятие судна с мели

1. осадка носом до посадки на мель Т1н=3,0м
2. осадка носом после посадки на мель Т2н=2,9м
3. осадка кормой до посадки на мель Т1к=3,4м
4. осадка кормой после посадки на мель Т2к=3,6м
5. число тонн, изменяющих осадку на 1см q=10т/см
6. коэффициент проницаемости затопленного отсека К2=0,97
7. коэффициент затопления отсека К1=0,7
8. высота уровня воды в отсеке hо=0,6м
9. длина затопленного отсека lо=18,0м
10. ширина затопленного отсека b=11,0м
11. водоизмещение судна D=3000т
12. метацентрическая высота до посадки на мель h=2 м
13. ширина судна B=11,3м
14. длина судна L=96м
15. масса станового якоря Ря=1,9т
16. тяговое усилие лебедки F=27кН
17. грунт-песок

**Раздел №1. Расчет крепления палубного груза.**

* 1. **Расчет сил действующих на груз**

Суммарные силы Ру и Р1z, действующие соответственно по осям ОУ и ОZ при бортовой качке рассчитываются по формулам:

Ру = mg sinθ + m 4π2/T12(z+r)sinθ + Pb

Py = 80∙0,5 + 8,17∙4∙3,142/81∙(3,5+5)∙0,5 + 0 = 51 кН

r = 0,5 ∙ hb = 0,5 ∙ 4 = 2м

P1z= mg cosθ + my 4π2/T12 sinθ + mr 4π2/T12 cosθ

P1z=80∙0,87 + 8,17∙3∙4∙3,142/81∙0,5 + 8,17∙2∙4∙3,142/81∙0,87 = 82,8кН

Суммарные силы Px и P2z, действующие соответственно по осям ОХ и ОZ при килевой качке, определяются выражениями

Рх= mg sinψ + m4π2/T22zsinψ + m4π2/ T22 r ∙ sinψ

Рх = 80∙0,09 + 8,17∙4∙3,142/25∙3,5∙0,09 + 8,17∙4∙3,142/25∙2∙0,09 = 13, 6 кН

Р2z = mg cosψ + mx 4π2/T22sinψ + mr4π2/T22cosψ

P2z = 80∙1 + 8,17∙2,6∙4∙3,142/25∙0,09 + 8,17∙2∙4∙3,142/25∙1 = 109,2 кН

В формулах приняты следующие обозначения:

m – масса груза, кг

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с2

Т1, Т2 – соответственно периоды бортовой и килевой качки, с

Θ, ψ – соответственно углы крена и дифферента, рад

х, у, z – координаты центра массы груза, м

r – радиус вращения центра массы груза при волнении, равный 0,5 hв, где hв ожидаемая высота волн в районе плавания, м

Рв – сила ветра, Рв - S∙Р, где Р – давление ветра при заданной его скорости на 1 м2, при расчетах может быть принято равным 500 Па. Силу удара волны в данной работе не учитываем, так как на судах смешанного плавания с этим явлением практически не сталкиваются.

**Обеспечение прочности верхней палубы**

Обеспечение прочности верхней палубы достигается путем распределения тяжести груза таким образом, чтобы на 1 м2 палубы приходилось нагрузки не более указанной в судовых документах. Если же в судовых документах этих сведений нет, то безопасную нагрузку на 1 м2 можно в кПа рассчитать по формуле Регистра:

Р = 0,083∙L+d/Д-4,9

Где L – длина судна, м

d – осадка судна, м

Д – высота борта, м

Р = 0,083∙96 + 13∙(3,4/5,4)-4,9 = 11,5 кН/м2

Отношение d/Д не следует принимать менее 0,65 или 0,80. В данном случае это отношение принимается равным 0,65

Р = W/S = 80/ 4∙2 = 10 < 11,5

**1.3.Расчет найтовов**

реакция найтовов от усилий, направленных перпендикулярно диаметральной плоскости судна рассчитывается по формуле:

Ry = Py/(t1∙sinά2) = 51 кН/(3sin30o) = 34 кН

Реакция найтовов от усилий, направленных параллельно диаметральной плоскости судна рассчитывается по формуле:

Rx = Px/(t2∙sinά3) = 13,6кН/(2sin30o) = 13,6 кН

Где t1, t2 – количество найтовов в поперечной и продольной плоскостях

ά – наименьший угол наклона найтовов к вертикали, принимаемый равным 30о

Py, Px – усилия действующие вдоль оси OY и вдоль оси ОХ

Значения Ry и Rx являются рабочими нагрузками найтовов, и для получения разрывных усилий их следует умножить на коэффициент запаса прочности, принимаемый равным 3

Траз = 3∙34 = 102 кН

По найденному разрывному усилию подобрали трос диаметром d=17мм

**Раздел №2. Буксировка судов морем**

Цель работы – определение пригодности выбранной буксирной линии для проведения безопасной буксировки морем, в ходе расчетов определяется насколько изменяется расстояние между судами во время волнения.

**2.1.Определение тяговых усилий в буксирной линии при плавании на спокойной воде**

упор винта в швартовом режиме равен:

Тш = 0,136∙N = 0,136∙1300л.с.∙0,735Вт/л.с. = 130кН

Принимаем упор винта в швартовом режиме равным сопротивлению воды движению судна Ri при максимальной скорости последнего без буксира:

Тш = 130 кН = Rб1

Далее определяем сопротивление, соответствующее различным скоростям хода:

Ri-1= Ri∙(Vi-12/Vi2)

Где Ri, Ri-1 – сопротивление воды движению судна при скоростях Vi и Vi-1

Сопротивление винтов буксируемого судна определяем по эмпирической формуле:

Rв = К1∙Q1∙dв2∙V2= 500∙0,6∙1,52∙V2 = 675∙V2

Где Q1 – дисковое отношение винта

dв – диаметр винта, м

V – скорость буксировки, м/с

К1 – коэффициент равный 500 для застопоренного и 150 для проворачиваемого винта

Сопротивление буксируемого судна находим по формуле:

Rб.о. = R′i-1+Rвi-1, где R′i-1 – сопротивление корпуса аварийного судна, оределяемое аналогично Ri-1

Общее сопротивление состава равно:

Rсi-1= Rбi-1+ Rб.о.i-1= Rбi-1+R′i-1+ Rвi-1

Данные вычислений представлены в виде таблицы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| V,узлы | Rб, кН | Rв, кН | Rб.о., кН | Rс, кН |
| 11 | 130 | 21,2 | 151,2 | 281,2 |
| 10 | 107,4 | 17,6 | 125,0 | 232,4 |
| 9 | 87,0 | 14,5 | 101,5 | 188,5 |
| 8 | 68,7 | 11,5 | 80,2 | 148,9 |
| 7 | 52,6 | 8,8 | 61,4 | 114,0 |
| 6 | 38,7 | 6,4 | 45,1 | 83,9 |
| 5 | 26,9 | 4,5 | 31,4 | 58,3 |
| 4 | 17,2 | 2,9 | 20,1 | 37,3 |
| 3 | 9,7 | 1,6 | 11,3 | 21,0 |
| 2 | 4,3 | 0,7 | 5,0 | 9,3 |
| 1 | 1,07 | 0,18 | 1,25 | 2,32 |

По результатам таблицы построен график с помощью которого можно найти тягу на гаке и скорость буксировки.

Из графика видно, что:

Тr = 70 кН

V = 7,5 узла

**2.2.Расчет «игры» буксирной линии**

за максимальное усилие, могущее возникнуть при волнении в буксирной линии, принимается так называемая случайная нагрузка, принимаемая равной половине разрывной прочности троса. Так как рабочая нагрузка буксирного троса в расчетной практике принимается равной тяги, то в этом случае:

Траз = Кх∙Тr = 5∙70кН = 350кН

Тсл =1/2Траз = 350/2 = 175кН

Где Траз – разрывная прочность буксирного троса

Кх – коэффициент запаса прочности равный 5 – при тяге на гаке 98,1 кН и менее, 3 – при тяге на гаке 294 кН и более. Для данного значения тяги – 70 кН коэффициент запаса прочности – 5. Диаметр троса = 28 мм. Масса одного метра каната из приложения 1 будет равна 25,9 Н/м.

Далее для расчета «игры» буксирной линии определяем вспомогательные параметры:

а1 = Тr/q = 70 кН/0,87∙25,9Н/м = 3,1∙103м

a2 = Тсл/q = 175 кН/ 0,87∙25,9Н/м = 7,8∙103м

где а1, а2 – расстояние от нижней точки провиса буксирной линии до начала координат, м

q= 0,87∙qвозд – вес одного метра буксирной линии в воде, Н/м

qвозд - вес одного метра буксирной линии в воздухе, Н/м

Далее рассчитываем отношение:

n1 = l/a1 = 120м/3,1∙103м = 0,039

n2 = l/a2 = 120м/7,8∙103м = 0,015

где l – длина буксирной линии

Так как 0,039<0,25, то возможна замена буксирной линии параболой.

1. Рассчитываем стрелки провиса буксирной линии

f1 = l2/2a1 = 1202/2∙3,1∙103 = 2,32м

f2 = l2/2a2 = 1202/2∙7,8∙103 = 0,92м

f1,f2 – стрелки провиса буксирной линии соответственно при тяговых усилиях в тросе Tr и Тсл

1. 1-x1 = f1∙1/3a1 = 2,32∙120/3∙3,1∙103= 0,03м

1-x2 = f2∙1/3a2 = 0,92∙120/3∙7,8∙103= 0,005м

x1,x2 – абсциссы рассматриваемых точек (в данном случае расстояние от кормы буксировщика или носа буксируемого судна до оси ординат, проходящей через низшую точку буксирной линии) соответственно при Тг и Тсл

1. l1=(2Trl)/(Eтр∙ Fтр)= (2∙70∙120)/(3,63∙6,15) = 0,75м

l2=(2Tcлl)/(Eтр∙ Fтр)= (2∙175∙120)/(3,63∙6,15) = 1,88м

где l1, l2 – удлинение буксирной линии за счет упругой деформации троса соответственно при Тг и Тсл

Етр – модуль упругости троса, при расчетах принимаем равным 3,63

Fтр – суммарная площадь сечения всех проволок в тросе, выбирается из ГОСТа и равна 6,15 см2

1. ά1 = 2∙((l-x1)-(l-x2)) = 2∙(0,03-0,005) = 0,025м

ά1 – изменение расстояния между судами за счет изменения формы буксирной линии

1. β=l2-l1= 1,88-0,75 = 1,13м

β – изменение длины троса, обусловленное его упругой деформацией

1. hp= ά1+β = 0,025+1,13 = 1,155м

hp – общее расхождение судов за счет ά1, β должно быть больше или равно максимальной высоте волны в районе плавания

Так как hp=1,155м<4,0= hв, то необходимо увеличить стрелку провеса путем введения в буксирную линию якорной цепи

Рассчитываем требуемую длину якорной цепи:

άтр = hвβ = 4-1,155= 2,845 м

3∙άтр∙а22∙а12 3∙2,8∙3,12∙7,82∙1012

lcт.тр.= --------------- = ------------------------ = 457,7 м

а22-а12 (7,82-3,12)106

lн = 2(lcт.тр – l) = 2(457,7 – 120) = 675,4 м

lц = (lн∙qст.тр.)/qn = (675,4 ∙ 25,9)/(25∙9,81) = 71,3 м цепи 3,7 смычки

где άтр – требуемая весовая «игра» буксирной линии, м

lcт.тр – общая полудлина буксирного троса с имеющимися параметрами, которая может обеспечить άтр

l – имеющаяся полудлина троса

lн – недостающая длина троса

lц – требуемая длина якорного каната

qст, qn – соответственно вес одного метра имеющегося на судне стального троса и якорной цепи.

**Раздел №3. Снятие судна с мели**

1.Определение потерянного водоизмещения

Определение потерянного водоизмещения производится по формуле:

Q=100q1((Tн+Тк)/2) + γ∙Voi = 100∙10(0,1+0,2)/2 + 1,025∙80,7 = 233т= 2285,7 кН

Где Tн и Тк – изменение осадки носом и кормой после посадки на мель, м

γ – удельный вес забортной воды, кН/м3

Voi – объем воды, попавшей внутрь судна через пробоину, м3, рассчитывается по формуле:

Voi = К1∙К2∙l∙b∙ho = 0,7∙0,97∙18∙11∙0,6=80,7 м3

К1 – коэффициент полноты затопленного отсека

К2 - коэффициент проницаемости затопленного отсека

l, b – длина и ширина затопленного отсека, м

ho – высота уровня воды в затопленном отсеке, м

q1 – вес груза, изменяющий осадку на 1 см, кН/см

2. Усилие необходимое для снятия судна с мели

Усилие необходимое для снятия судна с мели, находится из выражения:

F= T∙Q= 0,5∙2285,7= 1142,9 кН

T – коэффициент трения корпуса судна о грунт, равный 0,50 так как грунт – крупный песок и машина на судне находится в положении СТОП.

Упор винта собственного судна на заднем ходу, определяется по формуле:

Тш.з.х.= 0,1 N= 0,1 ∙ 1300 ∙ 0,7355 = 95,6 кН

Где N – индикатор мощности главного двигателя

Так как 95,6 кН<1142,9кН, то от этого способа придется отказаться

Для расчета снятия судна с мели с помощью якорей определим тяговое усилие, которое может быть создано с помощью гиней.

Fгин = Fлеб∙(n+1)/(1+0,1n) = 27 (6+1)/(1+0,1∙1,6) = 118,1 кН

Где Fлеб – усилие развиваемое лебедкой, кН

n – количество шкивов, шт

Число якорей, которое необходимо завести, чтобы полностью использовать мощность, развиваемую палубным механизмами и гинями, находим из выражения:

N=Fгин/ηя∙Ря∙9,81 = 118,1/1,7∙1900∙9,81 = 4 якоря

Где Ря – вес якоря, кН

ηя – коэффициент держащей силы якоря, который равен 1,7

разрывная прочность закрепляемого за якорь троса:

Rраз = 5∙ Fгин = 5∙118,1 = 590,5 кН

Где 5 – коэффициент запаса прочности троса

По Rраз из ГОСТа находим диаметр и массу метра троса, диаметр равен 37,5 мм, диаметр проволоки равен 2,0мм, а масса метра троса равна 46,2 кг

Расстояние х, на которое необходимо завести якоря, находится из выражения:

2f∙Fгин 2∙4∙118,1

х> ----------- = -------------- = 49,1 м

q 0,87∙0,45

где f – стрелка провиса троса равная глубине места подкладки якоря, м

q – вес метра троса в воде, кН/м

требуемая длина троса:

l = (х2+Н2) = 49,12+42 = 49,3 м

где Н – глубина места подкладки якоря, м

Fгин+ Тш.з.х. = 118,1 + 95,6 = 213,7 кН

Так как 213,7<1142,9, то от этого способа тоже придется отказаться и необходимо вызвать на помощь другие суда. Рассчитаем количество судов требуемых для снятия с мели.

В нашем случае считаем, что судно буксировщик однотипное с нашим судном.

N = F/Tr = 1142,9/70 = 16 cудов

От этого способа тоже необходимо отказаться, потому что такое количество судов невозможно разместить.

Иногда требуется применять рывок для снятия судна с мели. Для этого необходимо подобрать трос.

Тсл>F = 1142,9 кН

Рраз= 2Тсл= 2∙1142,9 = 2285,8 кН

Троса с таким Траз нет, поэтому необходимо для снятия с мели снять часть груза, чтобы уменьшить давление судна на грунт.

Усилие требуемое для снятия судна с мели с учетом действия собственных движителей и с помощью буксира:

F1=F – (Tш.з.х.+ Тг) = 1142,9 – (95,6 + 70) = 977,3 кН

Q1 = F1/f = 977,3/0,5 = 1954,6 кН

М1 = Q1/g = 199,3 т