“Расчёты ходкости и проектирование гребного винта”

**Содержание курсовой работы**

1. Определение смоченной поверхности
2. Расчёт сопротивления трения судна
3. Расчёт полного сопротивления движению судна по данным прототипа
4. Определение параметров гребного винта
5. Профилировка лопасти гребного винта
6. Проверка гребного винта на кавитацию
7. Проверочный расчёт прочности лопасти гребного винта
8. Расчёт паспортной диаграммы гребного винта
9. Определение веса гребного винта

Список используемой литературы

**1. Определение смоченной поверхности**

Исходные данные:

Главные размерения:

-длина судна по ГВЛ (L) = 150 м.

-ширина судна по ГВЛ (B) = 18м.

-осадка судна (T) = 7,8 м.

Коэффициенты полноты:



Скорость корабля:

s= 5,10,15,20,25 узлов.

1. Используя проекцию ,,корпус” теоретического чертежа, определим площадь смоченной поверхности для трёх осадок и вычертим графическую зависимость

Ω = f (t).

Сопротивление движению изменяется прямо пропорционально величине смоченной поверхности. Поэтому величину смоченной поверхности необходимо определять с наибольшей точностью.

Поверхность подводной части корпуса судов обычно нельзя представить в виде явной функции от координат и вычислить её площадь аналитически не удаётся. Поэтому для вычисления смоченной поверхности применяют приближённые методы.

Наиболее точно величину смоченной поверхности можно определить по теоретическому чертежу. Для этого необходимо измерить полуметры погружённой части каждого теоретического шпангоута li для заданной осадки.

Площадь смоченной поверхности определим по формуле:

Ω=2 ∆L ( ∑li -  ) , где ∆L = , а L – длина судна. ∆L =  = 15,0

Данная формула не учитывает влияния продольной кривизны обводов корпуса судна на величину смоченной поверхности, но для морских транспортных судов обычных образований это влияние незначительно (примерно 1- 1,15%), поэтому никаких поправок в расчёт не вводят.

# Таблица 1.1. Определение площади смоченной поверхности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ∑ | Поправка | ∑исп | Ω |
| Т 1=2,6 | - | 2,95 | 4,5 | 6,4 | 8 | 8,95 | 8,75 | 7,1 | 4,45 | 2,8 | - | 53.9 | 2,875 | 51,025 | 1408,29 |
| Т2 =5,2 | - | 5,75 | 7,6 | 9,55 | 11 | 11,7 | 11,5 | 10,25 | 8,65 | 6,15 | - | 82,15 | 5,95 | 76,2 | 2161,032 |
| Т3= 7,8 | 0 | 8,55 | 10,45 | 12,3 | 13,6 | 14,3 | 14,1 | 13,2 | 11,9 | 11,05 | 3,5 | 112,95 | 1,75 | 111,2 | 3336 |

**2. Расчёт сопротивления трения судна для трёх осадок**

Часть полного сопротивления, возникающих за счёт касательных напряжений, называется сопротивлением трения. Сопротивление трения обусловлено влиянием вязкости жидкости и рассчитывается с учётом состояния поверхности корпуса судна. Оно включает также влияние кривизны поверхности корпуса судна. Учитывая, что сопротивление трения и сопротивление формы обусловлены вязкостью, они могут быть объединены в одну составляющую, которую принято называть вязкостным сопротивлением.

Разделение полного сопротивления на сопротивление давлений и сопротивление трения основано на учёте физического различия элементарных сил, действующих на поверхность судна.

Расчёт сопротивления трения судна выполняется по методу эквивалентной пластины.

RF = ( CFо + CA )  Ω , где

RF – сопротивление трения судна

CFo – коэффициент сопротивления плоской пластины

CA – надбавка шероховатости

V – скорость

Ω - площадь смоченной поверхности

CFo = 

CA = ( 0,3 ч 0,5 ) 10-3 ≈ 0,45 10-3

ρ= 104 

V = 0,514 VS

Re = ,

где   м2/с

Определение сопротивления трения судна.

Таблица 2.1 Расчётное сопротивление для Т1=2,6 м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчётные значения | Значения скоростей. | | | | |
| Vs=5узлов | Vs=10узлов | Vs=15узлов | Vs=20узлов | Vs=25узлов |
| V,м/с | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| Re |  |  |  |  |  |
| CF0 |  |  |  |  |  |
| CA |  |  |  |  |  |
| RF | 11218,95 | 41707,73 | 90068,05 | 155643,04 | 238000,98 |

Таблица 2.2 Расчётное сопротивление для Т2=5,2 м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчётные значения | Значения скоростей. | | | | |
| Vs=5узлов | Vs=10узлов | Vs=15узлов | Vs=20узлов | Vs=25узлов |
| V,м/с | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| Re |  |  |  |  |  |
| CF0 |  |  |  |  |  |
| CA |  |  |  |  |  |
| RF | 17164,97 | 63822,51 | 137836,78 | 238204,26 | 364265,37 |

Таблица 2.3 Расчётное сопротивление для Т3=7,8 м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчётные значения | Значения скоростей. | | | | |
| Vs=5узлов | Vs=10узлов | Vs=15узлов | Vs=20узлов | Vs=25узлов |
| V,м/с | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| Re |  |  |  |  |  |
| CF0 |  |  |  |  |  |
| CA |  |  |  |  |  |
| RF | 26337,26 | 96957,76 | 211595,51 | 365715,53 | 559308,72 |

**3.Полное сопротивление**

Используя графики серийных испытаний моделей судов, рассчитаем полное сопротивление и буксировочную мощность для трёх осадок.

Наиболее достоверные результаты при определении сопротивления воды движению судов могут быть получены путём расчётов по данным испытаний систематических серий моделей судов. Под систематической серией понимается группа моделей с систематически изменяющимися от модели к модели параметрами, характеризующимися форму теоретического чертежа и соотношения главных измерений. Количество моделей может быть достаточно велико. При разработке таких серий модели разделяются на группы так, чтобы в каждой группе систематически и независимо изменялся один какой-нибудь параметр, а другие оставались без изменения. Это даёт возможность проследить влияние на сопротивление этого параметра. Количество групп моделей в серии при этом, очевидно равно числу исследуемых параметров.

Очевидно, что исследовать влияние на сопротивление всех параметров, которые могут оказывать влияние на сопротивление, невозможно. Поэтому важно при расчётах сопротивления проектируемого судна подбирать такую серию, которая наиболее близко, особенно по ряду исследуемых параметров, подходила бы к рассматриваемому судну.

На основании обработки результатов испытаний систематических серий строятся диаграммы, по которым можно определить сопротивление судна, обводы которого геометрически подобны обводам моделей вошедших в серию.

Систематический характер изменения геометрических характеристик моделей, входящих в серию, даёт возможность разработать метод, с помощью которого можно создать теоретический чертёж проектируемого судна на основании данных о его коэффициентах формы и соотношений главных размерений. Это позволяет создать обводы, геометрически подобные обводам моделей серии, и получить близкий к оптимальному с точки зрения сопротивления теоретический чертёж, а также наибольшую достоверность расчётов сопротивления.

В отечественной практике при оформлении результатов испытаний систематических серий моделей принято представлять основную диаграмму зависимости коэффициентов остаточного сопротивления для ряда постоянных чисел Фруда от коэффициента общей полноты для основных моделей серий, образующих группу. Для этой группы моделей, как правило, одни параметры формы, например L/B и B/T , остаются постоянными, а другие, обычно Ψ и XC, меняются систематически.

Таким образом, определяющим параметром является коэффициент общей полноты. Влияние других параметров на сопротивление оценивается с помощью вспомогательных диаграмм.

Коэффициенты, учитывающие влияние параметров формы для отдельных серий могут быть произвольными. Они определяются тем, влияние каких параметров формы исследовалось при разработке и испытании моделей данной серии. Принципиально увеличением числа исследуемых параметров можно повысить точность соответствующих расчётов. Коэффициенты влияния определяются по соответствующим вспомогательным диаграмм.

Для расчёта полного сопротивления движению судна следует рассчитать соответствующие заданным скоростям коэффициенты сопротивления трения, ввести надбавку на шероховатость и надбавку на выступающие части. Сумма этих коэффициентов и коэффициента остаточного сопротивления определяет коэффициент полного сопротивления рассматриваемого судна. Затем рассчитывается полное сопротивление судна и его буксировочная мощность для случая движения на тихой воде.

Выбор наиболее пригодной серии и соответствующих расчётных диаграмм определяется типом судна и его основными геометрическими параметрами формы, прежде всего коэффициентом общей полноты и особенностями формы обводов корпуса.

Данные :

Тип судна – транспортное судно;

Для осадки T1 = 2,6 м.

L = 138 м ;

B = 18 м ;

V = 1907 м3 ; Ω = 1408,29 м2 ;

= 7,67

= 6,9 ;

Ψ =  ;

δ = 0,30 ;

Ψ0 = 11,13

ν = 1,57 \* 10-6 м2/с ;

 = 36,79

ρ = 1,025 т/м3

Ω \* 10-3 \* ρ/2 = 0,72 т/м ;

Для осадки

T = 5,2 м.

L = 141,8 м ;

B = 18 м

V = 5721 м3

Ω = 2161,032 м2 ;

= 7,9 ;

= 3,46 ;

Ψ =  ;

δ = 0,43 ;

Ψ0 = 7,9

ν = 1,57 \*10-6 м2/с

 = 37,30

ρ = 1,025 т/м3

Ω \* 10-3 \* ρ/2 = 1,1 т/м ;

Для осадки T = 7,8 м.

L = 150 м

B = 18 м

V = 10390 м3

Ω = 3336 м2 ;

= 8,33

= 2,3 ;

Ψ =  ;

δ = 0,49

Ψ0 = 6,87

ν = 1,57 \* 10-6 м2/с

 = 38,36

ρ = 1,025 т/м3

Ω \* 10-3 \* ρ/2 = 1,7т/м ;

L – длина судна;

B – ширина судна;

V – объёмное водоизмещение;

Ω - площадь смоченной поверхности;

Ψ - относительная длина судна;

δ - коэффициент общей полноты;

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёт полного сопротивления ибуксировочной мощности.(Т1=2,6) | | | | | | | |
| № | Наименование. | Обозначение. | Числовые значения. | | | | |
| 1 | Число Фруда | Fr | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,35 |
| 2 | К-т остаточного сопротивления | Cr0·10і | 0,5 | 0,5 | 0,63 | 1,77 | - |
| 3 | К-т влияния | kψ | - | - | - | - | - |
| 4 | К-т влияния | kВ/TaВ/T | - | 1,15 | 1,15 | 1,17 | 1,19 |
| 5 | К-т влияния | kv | - | 1,03 | 1,07 | 1,1 | 1,07 |
| 6 | К-т остаточного сопр. испр. | Cr·10і | 0,50 | 0,59 | 0,78 | 2,28 | 1,27 |
| 7 | Скорость судна | v=Fr(gL)^1/2 | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| 8 | Число Рейнольдса | Re |  |  |  |  |  |
| 9 | К-т трения, эквив-й пластины | Cf0·10і | 1,9 | 1,74 | 1,65 | 1,59 | 1,55 |
| 10 | Надбавка на шереховатость | Ca·10і | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | К-т сопротивления выступ. частей | Cap·10і | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 12 | К-т сопротивления | C·10і | 2,70 | 2,56 | 2,62 | 3,84 | 2,92 |
| 13 | Квадрат скорости | vІ | 6,60 | 26,42 | 59,44 | 105,68 | 165,12 |
| 14 | Полное сопротивление | Rx | 12,87 | 48,72 | 112,58 | 292,66 | 348,00 |
| 15 | Буксировочная мощность | EPS | 33,1 | 250,4 | 868,0 | 3008,5 | 4471,8 |
| 16 | Скорость судна | vs | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 17 | Буксировочная мощность | EPS | 45 | 341 | 1181 | 4092 | 6082 |

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёт полного сопротивления ибуксировочной мощности.(Т2=5,2) | | | | | | | |
| № | Наименование. | Обозначение. | Числовые значения. | | | | |
| 1 | Число Фруда | Fr | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,34 |
| 2 | К-т остаточного сопротивления | Cr0·10і | 0,5 | 0,5 | 0,63 | 1,77 | - |
| 3 | К-т влияния | kψ | - | - | 0,62 | 0,65 | 0,60 |
| 4 | К-т влияния | kВ/TaВ/T | - | 1 | 1 | 1,02 | 1,04 |
| 5 | К-т влияния | kv | - | 1,03 | 1,07 | 1,1 | 1,07 |
| 6 | К-т остаточного сопр. испр. | Cr·10і | 0,50 | 0,52 | 0,42 | 1,29 | 0,67 |
| 7 | Скорость судна | v=Fr(gL)^1/2 | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| 8 | Число Рейнольдса | Re |  |  |  |  |  |
| 9 | К-т трения, эквив-й пластины | Cf0·10і | 1,9 | 1,73 | 1,64 | 1,59 | 1,54 |
| 10 | Надбавка на шереховатость | Ca·10і | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | К-т сопротивления выступ. частей | Cap·10і | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 12 | К-т сопротивления | C·10і | 2,70 | 2,55 | 2,61 | 3,88 | 2,95 |
| 13 | Квадрат скорости | vІ | 6,60 | 26,42 | 59,44 | 105,68 | 165,12 |
| 14 | Полное сопротивление | Rx | 19,75 | 74,47 | 172,10 | 453,65 | 540,00 |
| 15 | Буксировочная мощность | EPS | 50,8 | 382,8 | 1326,9 | 4663,5 | 6939,0 |
| 16 | Скорость судна | vs | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 17 | Буксировочная мощность | EPS | 69 | 521 | 1805 | 6342 | 9437 |

Таблица 3.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёт полного сопротивления ибуксировочной мощности.(Т3=7,8) | | | | | | | |
| № | Наименование. | Обозначение. | Числовые значения. | | | | |
| 1 | Число Фруда | Fr | 0,07 | 0,13 | 0,20 | 0,27 | 0,33 |
| 2 | К-т остаточного сопротивления | Cr0·10і | 0,5 | 0,5 | 0,63 | 1,77 | - |
| 3 | К-т влияния | kψ | - | - | 0,52 | 0,78 | 0,74 |
| 4 | К-т влияния | kВ/TaВ/T | - | 0,85 | 0,84 | 0,84 | 0,82 |
| 5 | К-т влияния | kv | - | 1,03 | 1,07 | 1,1 | 1,07 |
| 6 | К-т остаточного сопр. испр. | Cr·10і | 0,50 | 0,44 | 0,29 | 1,28 | 0,65 |
| 7 | Скорость судна | v=Fr(gL)^1/2 | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| 8 | Число Рейнольдса | Re |  |  |  |  |  |
| 9 | К-т трения, эквив-й пластины | Cf0·10і | 1,88 | 1,72 | 1,63 | 1,57 | 1,53 |
| 10 | Надбавка на шереховатость | Ca·10і | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | К-т сопротивления выступ. частей | Cap·10і | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 12 | К-т сопротивления | C·10і | 2,68 | 2,46 | 2,22 | 3,15 | 2,48 |
| 13 | Квадрат скорости | vІ | 6,60 | 26,42 | 59,44 | 105,68 | 165,12 |
| 14 | Полное сопротивление | Rx | 30,26 | 111,02 | 226,07 | 568,36 | 699,92 |
| 15 | Буксировочная мощность | EPS | 77,8 | 570,6 | 1743,0 | 5842,7 | 8994,0 |
| 16 | Скорость судна | vs | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 17 | Буксировочная мощность | EPS | 106 | 776 | 2371 | 7946 | 12232 |

Рассчитаем полное сопротивление движению судна по данным прототипа для полной осадки и построим графическую зависимость Rx = f(Vs), T = const.

Приближённое определение сопротивления по прототипу основано на использовании полученной в результате модельных испытаний зависимости коэффициента остаточного сопротивления CR(Fr), для судна с формой обводов, аналогичной принятой для рассчитываемого объекта, и по возможности с небольшими различиями в основных геометрических характеристиках корпуса. При этом влияние на остаточное сопротивление несоответствия геометрических параметров, как правило, соотношений главных размерений L/B, B/T, ψ, коэффициентов полноты δ, ϕ, а иногда и абсциссы центра величины xc учитывается введением системы корректирующих поправок в исходные значения CR для прототипа. Применение указанных поправок основывается на допущении о независимости влияния на остаточное сопротивление каждого геометрического параметра из числа различающихся у проектируемого судна и прототипа, при этом остальные параметры полагаются постоянными.

Кроме использования для расчёта коэффициента CR по прототипу непосредственно материалов систематических серий, существуют комплекты графиков, построенных специально для определения «коэффициентов влияния». Обычно по таким графикам вычисляют kδ, от основных безразмерных геометрических параметров, характеризующих полноту обводов и соотношения главных размерений. Наиболее известные из них диаграммы, построенные И.В. Гирсом, учитывающие влияние относительной длины ψ = L/, коэффициента продольной полноты ϕ = δ/β и отношения ширины к осадке B/T. Именно этими диаграммами мы и будем пользоваться в наших расчётах.

Таблица 3.4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёт буксировочной мощности путём пересчёта коэффициента остаточного сопротивления по прототипу. | | | | | | |
| № | Обозначение расчётных величин | Численные значения | | | | |
| 1 | VS,узлы | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 2 | V,м/с | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| 3 | V2,м2/с2 | 6,6049 | 26,4196 | 59,4441 | 105,6784 | 165,1225 |
| 4 | Fr | 0,07 | 0,13 | 0,20 | 0,27 | 0,33 |
| 5 | CR\*103 | 1 | 1 | 0,98 | 0,94 | 0,93 |
| 6 | K | - | - | 1,074 | 1,067 | 1,059 |
| 7 | KL/B | - | - | 0,94 | 0,92 | 1,07 |
| 8 | KB/T | - | - | 0,97 | 0,97 | 0,97 |
| 9 | CR \*103 =[5]\*[6]\*[7]\*[8] | - | - | 0,98 | 0,98 | 1,13 |
| 10 | Re |  |  |  |  |  |
| 11 | CR\*103 = f( Re ) | 1,88 | 1,72 | 1,63 | 1,57 | 1,53 |
| 12 | CA\*103 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 13 | CAP\*103 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| 14 | C\*103 =[9]+[11]+[12]+[13] | 2,18 | 2,02 | 2,73 | 2,65 | 2,72 |
| 15 | RX =(/2)\*\*[3]\*[14],кН | 25 | 91 | 278 | 479 | 769 |
| 16 | PE = [2]\*[15] , кВт | 63 | 469 | 2140 | 4924 | 9877 |
| K = CR( CRL/B = CR(L/B=7,38) / CR(L/B=7,5);  KB/T= K(B/T=2,1) / (B/T=2,32); | | | | | | |

1. **Определение параметров гребного винта**

Определим в первом приближении параметры гребного винта, обеспечивающего максимальную скорость движения судна. По результатам вычислений построим графические зависимости.

Спроектировать гребной винт означает выбрать не только его диаметр, шаговое и дисковое отношение и число лопастей, но также и профили сечений, кривизну этих профилей и относительные толщины профилей лопастей. При этом необходимо учесть взаимоотношение винта с корпусом корабля так, чтобы работая за корпусом гребной винт показывал наивысший КПД (пропульсивный коэффициент). Кроме высокого пропульсивного коэффициента винту необходимо обеспечить устойчивость против кавитации и надёжность в эксплуатации. Эти требования находятся в противоречии: с точки зрения кавитации лопасти должны быть тоньше, а с точки зрения надёжности толще.

Каждый элемент лопасти должен рассчитаться с учётом условия его работы и взаимодействия с другими элементами лопасти. Существует несколько схем расчета гребного винта. Во всех схемах расчёта очень часто используются результаты продувок изолированных профилей в аэродинамических трубах. Во многих схемах расчёта используется вихревая теория гребных винтов. При проектировании гребных винтов в основном решается одна из двух задач:

а.) В результате проектирования устанавливаются элементы гребного винта обеспечивающие наивысшую скорость судна. В этом случае мощность энергетической установки задаётся заранее из числа двигателей основанных промышленностью.

б.) При проектировании гребного винта требуется определить элементы такого винта, который будет потреблять наименьшую мощность. В этом случае должно быть известно только сопротивление движению при заданной скорости судна.

Для того, чтобы рационально спроектировать гребной винт необходимо иметь все данные к которым относятся:

* главные размерения
* водоизмещение судна
* коэффициенты полноты
* теоретический чертёж
* внешняя характеристика двигателя, количество двигателей на один вал, тип соединения двигателя с гребным винтом, КПД валопровода, редуктора, электропередачи, передаточное отношение в редукторе.
* эффективная или буксировочная мощность, полученная в результате испытаний моделей судов, коэффициенты попутного потока ψ, засасывания t, и коэффициент i = , учитывающий влияние неравномерности потока на КПД винта.
* дисковое отношение θ = 
* число гребных валов zp
* число лопастей z

θ = 0,375( )2/3 ;

D = 0,7\*Tk = 0,7\*7,8 = 5,46 м ;

δmax = 0,09; z = 4;

c’= 0,065-коэффициент учитывающий прочность материала лопасти(углеродистая сталь);

m’ = 1,15-коэффициент учитывающий нагрузку гребного винта;

θ = 0,375()2/3 =0,112;

Принимаю θ = 0,4;

26t = a\*6616a = 0,6 ) ;

zp = 1 ( количевство гребных винтов );

n = 2,1 об/с;

 = 1,025 кг\*/м3;

a =1,03

в = 0,98

В результате построения графиков были получены следующие данные:

Vs max = 24 узл

D= 5,7 м;

H/D = 0,97;

η = 0,70.

Таблица 4.1 Определение параметров гребного винта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование величины | Обозначение | Размер-ность | Числовое значение | | | | | |
| 1 | Скорость судна | Vs | м/с | 2,57 | 5,14 | 7,71 | 10,28 | 12,85 |
| 2 | Скорость воды в диске винта | Vp=0,514Vs(1-) | м/с | 1,9 | 3,8 | 5,7 | 7,6 | 9,5 |
| 3 | Тяга гребного винта | Pe=Rx/zp | кН | 30 | 111 | 226 | 568 | 700 |
| 4 | Упор гребного винта | P=Pe/(1-t) | кН | 36 | 132 | 268 | 674 | 830 |
| 5 | Число оборотов гребного винта | n | об/сек. | 2,1 | | | | |
| 6 | Исправленное значение упора гребного винта |  | кН | 36 | 132 | 268 | 674 | 830 |
| 7 | Коэффициент числа оборотов-упора | kn'=(Vp/n0,5)/(P)0,25 | - | 0,53 | 0,77 | 0,96 | 1,03 | 1,23 |
| 8 | Относительная поступь | P'=f(kn') | - | 0,32 | 0,47 | 0,59 | 0,63 | 0,77 |
| 9 | Исправленное значение относительной поступи | p=a\*p | - | 0,33 | 0,48 | 0,61 | 0,65 | 0,79 |
| 10 | Оптимальный диаметр винта | D=Vp/(n\*p) | м. | 2,743 | 3,736 | 4,464 | 5,574 | 5,701 |
| 11 | Коэффициент упора гребного винта | k1=P/(n2\*D4) | - | 0,1 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,17 |
| 12 | КПД гребного винта | p=f(p, k1) | - | 0,49 | 0,6 | 0,66 | 0,67 | 0,71 |
| 13 | Шаг гребного винта | H/D=f(p, k1) | - | 0,66 | 0,71 | 0,83 | 0,87 | 1,00 |
| 14 | Коэффициент влияния корпуса |  | - | 1,11 | | | | |
| 15 | Пропульсивный коэффициент | р((1-t)/(1-)) | - | 0,56 | 0,68 | 0,75 | 0,76 | 0,81 |
| 16 | Потребительская мощность двигателя | Ne=(Pe\*V\*i2)/(75в) | кВт. | 142 | 850 | 2361 | 7796 | 11325 |

1. **Профилировка лопасти гребного винта**

Выполним профилировку лопасти гребного винта и вычертим проекции гребного винта на миллиметровке формата А2.

θ = 0,5(1,083 - )\*z ⇒bmax= 0,54Dθ;

d0 = (0,17 ÷ 0,22)D;

θ=0,4;

bmax = 1,262 м.

Контур спрямлённой поверхности и распределение толщины лопасти для z=4.

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r/R | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| x2/bm | 0,377 | 0,430 | 0,482 | 0,526 | 0,567 | 0,602 | 0,627 | 0,607 | 0,551 | 0,260 |
| x1/bm | 0,606 | 0,680 | 0,727 | 0,744 | 0,723 | 0,664 | 0,538 | 0,327 | 0,152 | - |
| b/bm | 0,982 | 1,110 | 1,209 | 1,270 | 1,291 | 1,266 | 1,162 | 0,934 | 0,703 | - |
| y | 0,209 | 0,185 | 0,161 | 0,137 | 0,113 | 0,089 | 0,065 | 0,041 | 0,029 | 0,017 |
| c | 0,452 | 0,452 | 0,452 | 0,458 | 0,502 | 0,572 | 0,618 | 0,646 | 0,646 | - |

1. **Проверка гребного винта на кавитацию**

Выполним проверку гребного винта на кавитацию

Кавитация – явление, связанное с вскипанием воды на лопасти гребного винта и образование в связи с этим полостей, заполненных парами воды и газами, растворёнными в воде. Известно, что кавитация возникает в тех случаях, когда давление достигает давления насыщенных паров при соответствующей окружающей температуре.

Кавитация причиняет большой вред движителям, так как при появлении кавитации, либо снижается КПД движителя, либо разрушается лопасть.

Существует много схем проверки гребного винта на кавитацию. Наиболее простой является схема Папмеля. В соответствии с этой схемой рассчитывается критическое число оборотов nкр, которое затем сравнивается с расчётным числом оборотов.

nкр = 

где

γ = 1025

hs – глубина погружения оси винта;

hs=10,65 м.

ρ = 1,025 кг\*/м3

D- диаметр гребного винта;

ζk – коэффициент разряжения, определяется по формуле:

ζk = 0,5Cy(1+Cy)+2δ, где

Cy – коэффициент подъёмной силы

Cy = ;

K1 =  =  = 0,173

Cy =  = 0,305

ζk = 0,5\*0,305(1+0,305)+2\*0,005 = 0,208

=  = 0,7 м.;

δ = ;

δ = 0,005\* ;

- удельная нагрузка гребного винта;

=  =  = 33 кН.

δ = 0,005\* = 0,005

nкр =  = 33,556 об/с.

n = 2,1 об/с ; 0,9nкр = 30,2 об/с.

Так как n < nкр , то кавитации нет.

**7. Проверочный расчёт прочности лопасти гребного винта**

Произведём проверочные расчёты прочности лопасти гребного винта.

Это объясняется сложной геометрической формой лопастей. В процессе работы гребного винта в потоке с неравномерным распределением скоростей внешние силы, действующие на лопасть не остаются постоянными в течение одного оборота, а напряжения определяются положением рассмотренной точки лопасти. Усилие приобретает пульсирующий характер, при котором амплитудные значения могут значительно превосходить средние. Перечисленными особенностями объясняется сложность задачи. Однако, применяемые методы позволяют оценивать напряжения приближённо, а недостаток применяемых методов компенсируется введением больших запасов прочности.

В практике наиболее часто применяется метод Ромсома. Этот метод отличается от других большей точностью полученных результатов.

В этом методе предполагается, что связь между упором и тангенсальной силой на данном радиусе определяется КПД винта, что справедливо только для оптимальных гребных винтов. С учётом этого допущения и в результате внесения уточнений в расчёте моментов сопротивления были получены формулы.

Наибольшие напряжения от изгиба лопасти:

σр’ = ⋅x

σс’ = ⋅x

σр′′ = 

σc′′ = 

Np – мощность подведённая к гребному винту ( л.с. )

Np = ηв.Nе ;

ηв = 0,97÷0,98

b – хорда расчётного сечения (м)

e – толщина лопасти (см)

αр = 0,096

αс = 0,086

nm – число оборотов в минуту = 126 об/мин.

ηp = 0,49

λp = 0,33

D = 5,7 м – диаметр винта

z – число лопастей, z =4

CA = 5,8;

CB = 70;

x = 1,012;

εo p. = 0,58

εo с. = -0,58 ;

C, A – расчётные коэффициенты характеризующие расположение точки приложения равнодействующей центробежных сил

С = 0,48;

A = 0,55 ;

Np = 0,98⋅11000 = 10780 кВт.

b = 0,982 м ;

e = 0,2 м ;

z = 4;

σр’ = ⋅1,012 = 686,07 кгс/см2

σс’ = ⋅1,012 = 765,84 кгс/см2

σр′′ =  = 171,77 кгс/см2

σc′′ =  = 128,43 кгс/см2

Работая, в неравномерном поле скоростей, лопасти гребного винта используют воздействие знакопеременных нагрузок и важную роль в этом случае начинают играть усталостные напряжения, которые представляют опасность для прочности гребного винта.

При работе в неравномерном поле скоростей судна силы имеют периодический характер, а напряжения можно рассматривать как сумму среднего напряжения цикла σm и симметрично пульсирующего переменного цикла σa.

Поскольку для усталостной прочности используется синусоидальная кривая изменения напряжения, устанавливается связь между пределом усталости материала и предельными напряжениями при реальном ассиметричном цикле. Эта связь определяется соотношением:

,

или



n1 – коэффициент запаса прочности, n = 4

σ-1 – предел усталости материала,

σ-1 = 700 кгс/см2

σmax – наибольшее расчётное напряжение

σmin – наименьшее расчётное напряжение

 = 127,64

175 > 127,64, то есть условие выполняется.

**8. Расчёт паспортной диаграммы гребного винта**

Рассчитаем и построим паспортную диаграмму гребного винта

Паспортная диаграмма гребного винта – совокупность согласованных кривых линий, характеризующих ходовые свойства корпуса судна, характеристик гребног винта и главного двигателя. Суда и корабли эксплуатируются в различных условиях, при которых сопротивление движению изменяется, поэтому ходовые качества тоже изменяются и для оценки ходкости корабля применяются паспортные диаграммы.

Для расчёта и построения паспортной диаграммы необходимо выполнить расчёты в таблице 8.1.

Упор

Р=, кН.

Мощность

Ne=, кВт.

Скорость хода судна Vs=, узлы.

**9. Определение веса гребного винта**

Чистый вес гребного винта определяется по формуле:

G = 

γm – удельный вес материала винта,

γm = 8500 кг/м3

e – толщина лопасти на r = 0,6R,

e = 0,113 м

d0 = (0,17÷0,22)D

d0 = 1,14 м

G =  = 16,68 т

Маховый момент:

Jz = 8,42⋅10-8

Jz = 8,42⋅10-8 = 0,017

**Список используемой литературы**

1. А.А. Русецкий, М.М. Жученко, О.В. Дубровин “ Судовые движители “.
2. Методическое пособие “ Сопротивление движению судна “.
3. Конспект лекций.
4. Справочник по теории корабля. Том 1.