**Глава 3 Определение рабочих параметров, построение характеристик.**

3.1 Расчет, определение размеров руля.

Для расчета принимается простой обтекаемый прямоугольный двухопорный балансирный руль, который по сравнению с рулями других типов позволяет получить ***наименьшее значение момента*** на баллере.

Таблица 2 Расчет определения размеров руля

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Обозначение | Единица измерения | Расчётная формула | Числовое значение |
| 1 | Длина судна | L | м | задана |  |
| 2 | Осадка | Т | м | задана |  |
| 3 | Практический коэффициент | µ | Из методических указаний | 0,013-0,019 |  |
| 4 | Суммарная площадь рулей | $$ΣF\_{p}$$ | $$м^{2}$$ | $$μ\*L\*T$$ |  |
| 5 | Площадь одного руля | $$F\_{p}$$ | $$м^{2}$$ | $$F\_{p}= \frac{ΣF\_{p}}{n}$$ |  |
| 6 | Относительное удлинение | $$λ$$ | - | задана |  |
| 7 | Высота пера руля | h | м |  |  |
| 8 | Ширина пера руля | b | м |  |  |
| 9 | Коэффициент компенсации (для балансирных рулей) | $$K$$ | - | Принимаем *K* = 0,25-0,35 |  |
| 10 | Расстояние от передней кромки руля до оси баллера | z | м |  |  |
| 11 | Площадь балансирной части руля | *Fб* | м2 |  |  |

 3.2 Расчет гидродинамических сил, момента на баллере руля.

Таблица 3 Расчет гидродинамических сил, момента на баллере руля.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование величины | Обозначение | Единица измерения | Расчётная формула | Числовое значение |
| 1 | Коэффициент попутного потока | ψ | - | $$(0,22÷0,26)$$ |  |
| 2 | Коэффициент влияния корпуса на руль | $$К\_{k}$$ | - | $$(1-ψ)^{2}$$ |  |
| 3 | Диаметр гребного винта  | D | м | Задан |  |
| 4 | Площадь винта, омываемая потоком винта | $$F\_{в}$$ | м2 | b×D |  |
| 5 | Скорость судна | υ | Уз | - |  |
| 6 | Скорость судна в м/с | $$υ\_{C}$$ | м/с | 1852× υ/3600 |  |
| 7 | Плотность забортной воды | ρ | кг/ м3 | Методические указания, берем среднее значение |  |
| 8 | Осевая скорость винта относительно воды | $$υ\_{ρ}$$ | м/с | $$(1-ψ)×υ\_{C}$$ |  |
| 9 | Мощность затрачиваемая на вращение винта | $$N\_{ρ}$$ | кВт | $$0,98×N\_{e}$$ |  |
| 10 | Упор винта | P | кН | $$(N\_{ρ}η\_{ρ}/υ\_{ρ})×10^{3}$$$$η\_{ρ}=0,6÷0,7$$ |  |
| 11 | Коэффициент нагрузки винта по упору | $$σ\_{ρ}$$ | - | $$\frac{8P}{πρυ\_{ρ}^{2}D^{2}}$$ |  |
| 12 | Коэффициент влияния винта на руль | $$К\_{В}$$ | - | $$1+\frac{F\_{в}b}{F}$$ |  |
| 13 | Угол поворота руля от среднего положения | α | град | Выбираем из таблицыв Методических указанияхили[4, стр.178] | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 14 | Коэффициент сопротивления | $$С\_{х}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | Коэффициент подъемной силы  | $$С\_{у}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | Коэффициент центра давления | $$С\_{d}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | Коэффициент нормальной силы | $$С\_{n}$$ | - | $$С\_{у}\cos(a)+С\_{х}\sin(a)$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 18 | Отстояние центра давления от передней кромки руля | s | м | $$С\_{d}×b$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 19 | Коэффициент гидромеханического момента | $$С\_{m}$$ | - | $$С\_{n}×\frac{s}{b}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 20 | Нормальная сила | N | кН | $$С\_{n}К\_{k}К\_{В}\frac{ρ υ\_{c}^{2}}{2}F\_{в} 10^{-3}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 21 | Гидродинамеческий момент относительно передней кромки руля | M | кН×м | $$С\_{m}К\_{k}К\_{В}\frac{ρ υ\_{c}^{2}}{2}F\_{в}b 10^{-3}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 22 | Гидродинамеческий момент относительно оси руля | $$M\_{a}$$ | кН×м | $$С\_{n}К\_{k}К\_{В}\frac{ρ υ\_{c}^{2}}{2}F(b×С\_{d}-z) 10^{-3}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 23 | Коэффициент нормальноей силы на заднем ходу | $$С\_{n. 3. x.}$$ | - | $$(0,7÷0,8)С\_{n}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | Отстояние центра давления от задней кромки руля на заднем ходу | $$S\_{3. x.}$$ | м | $$(0,3÷0,35)b$$ |  |
| 25 | Гидродинамический момент на заднем ходу судна | $$M\_{a. 3. x.}$$ | кН×м | $$С\_{n. 3. x.}×\frac{ρ υ\_{3.x.}^{2}}{2}×F\_{в}[b-\left(S\_{3. x.}+z\right)]×10^{-3}$$$$υ\_{3.x.}=(1,1÷1,2)υ\_{C}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 26 | Гидродинамический момент для расчета | $$M\_{ρ}$$ | кН×м | Принимается равным $M\_{a}$(вся строка), $M\_{aМАХ}>M\_{a. 3. x.МАХ} $, или $M\_{a. 3. x.}$ (вся строка), если $M\_{aМАХ}<M\_{a. 3. x.МАХ}$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 27 | Крутящий момент баллере с учетом дополнительных внешних нагрузок | $$M\_{кр}$$ | кН×м | $$(1,1÷1,2)M\_{б}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |
| 28 | Момент на баллере руля с учетом трения в боковых опорах баллере и пяте руля | $$M\_{б}$$ | кН×м | $$(1,15÷1,2) M\_{ρ}$$ | - |  |  |  |  |  |  | - |

 3.3 Расчет рулевого привода, мощности насоса.

Дополнение из: «Правила РМРС, Часть III»

2.3.1 Диаметр головы баллера d0l см, должен быть не менее большего значения, определенного по формуле

где к10 - коэффициент, равный: 26,1 - для режима переднего хода судна; 23,3 - для режима заднего хода судна;

МК - расчетный крутящий момент кН м

ReH - верхний предел текучести материала баллера, МПа…

Выбираем из таблицы

Таблица 4 Расчет рулевого привода, мощности насоса.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование величины | Обозначение | Единица измерения | Расчётная формула | Числовое значение |
| 1 | Диаметр баллера | $$d\_{б}$$ | см | $$k\_{10}×\sqrt[3]{{М\_{кр}}/{R\_{еН}}}$$$$k\_{10}=26,1$$$$R\_{еН}=320 МПа$$ | См. дополнение выше |
| 2 | Начальный радиус | $$R\_{0}$$ | м | $$(1÷1,5)×d\_{б}$$ |  |
| 3 | Давление масла в цилиндре привода | $$P\_{i}$$ | МПа | $$(10÷20)$$ |  |
| 4 | Число пар цилиндров привода | $$К\_{ц}$$ | - | 1-при МКР < 100 кН\*м2-при МКР > 100 кН\*м |  |
| 5 | КПД привода | $$η\_{пр}$$ | - | Принимаем 0,78 |  |
| 6 | Диаметр плунжера | $$D\_{п}$$ | м | $$\frac{1}{10}\sqrt{\frac{0,4 М\_{кр}×cos^{2}(a)}{π×К\_{ц}×P\_{i}×R\_{0}×η\_{пр}}}$$ |  |
| 7 | Ход плунжера при перекладки руля с борта на борт | $$s\_{I}$$ | м | $$R\_{0}tg35+R\_{0}tg30≈1.277R\_{0}$$ |  |
| 8 | Объём масла, подаваемый в цилиндры рулевого привода при перекладке руля с борта на борт | V | м3 | $$К\_{ц}×\frac{πD\_{п}^{2}}{4}×s\_{I}$$ |  |
| 9 | Время перекладки руля с борта на борт | t | с | Принимаем 28 | 28 |
| 10 | Подача насоса | q | м3/с | $$(1,1÷1,2)×\frac{V}{t}$$ |  |
| 11 | Радиус румпеля при значении угла поворота угла | $$R\_{a}$$ | м | $$\frac{R\_{0}}{cos⁡a}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | Нормальная сила давления на цапфу румпеля | Q | кН | $$\frac{М\_{кр}}{К\_{ц}×R\_{a}}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Сила давления на цапфу вдоль оси плунжера  | $$Q^{1}$$ | кН | $$Q×cos⁡a$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | Сила давления масла на плунжера | $$P\_{1}$$ | кН | $$\frac{Q^{1}}{η\_{пр}}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | Давление масла в цилиндре при значениях угла поворота руля | $$P\_{i}$$ | МПа | $$\left(\frac{4P\_{1}}{π D\_{п}^{2}}\right)10^{-3}$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | Давление масла в цилиндре с учетом подпитки | $$P\_{iпод}$$ | МПа | $$P\_{i}+\left(0,2÷0,3\right), $$$$\left(0,2÷0,3\right)=P\_{под} $$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | Давление нагнетания насоса с учетом сопротивления напорного трубопровода | $$P\_{н}$$ | МПа | $$P\_{i}+P\_{под}+ΔP\_{тр. н.},$$$$Δ P\_{тр. н.}=(0,02÷0,03)$$ | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | Давление всасывания насоса с учетом давления подпитки и сопротивления сливного (всасывающего) насоса | $$P\_{в}$$ | МПа | $$P\_{под}-ΔP\_{тр. в.},$$$$Δ P\_{тр. в.}=(0,02÷0,03)$$ |  |
| 19 | Давление насоса | P | МПа | $$P\_{н}-P\_{в}$$ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 | Мощность насоса | $$N\_{н}$$ | кВт | $$\frac{qP}{η\_{н}}×10^{3}$$ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | КПД насоса | $$η\_{н}$$ | - | [4, рис. 150] | 0,57 | 0,58 | 0,62 | 0,65 | 0,67 | 0,62 | 0,58 | 0,55 |
| 22 | Мощность электродвигателя | $$N\_{Э}$$ | кВт | $$\frac{N\_{н}}{η\_{э}}, $$$$η\_{э}=(0,86÷0,87)$$ |  |  |  |  |  |  |  | - |

Далее следует построение диаграмм зависимости: 1) момента на баллере; 2) давления масла и 3) потребной мощности насоса.

Обратите внимание, чтобы давление не превысило реальные давления от гидронасосов! Т.е. на практике – не больше 20 МПа! (Впрочем, возможны варианты…) Если выше – изменяйте диаметр плунжера и др. изменения!

**Список используемой литературы**

1. Харин В.М., Занько О.Н., Декин Б.Г., Писклов В.Т. «Судовые вспомогательные механизмы и системы» Москва, ТРАНСЛИТ, 2010

2. «Правила классификации и постройки морских судов», часть III: Устройства, оборудование и снабжение, РМРС, Санкт-Петербург, 2022

3. РД 31.21.30-97 «Правила технической эксплуатации судовых технических средств», ЦНИИМФ, Санкт-Петербург, 1997

4. Завита В.В., Декин Б.Г. «Судовые вспомогательные механизмы и системы»

Москва, Транспорт, 1984