

# Моторная лодка с поперечным реданом

## Исходные данные

Вес лодки с мотором и топливом = 0.16 т.

Мощность мотора «Mercury ME 15 M» = 15 л.с.

Максимальное число оборотов двигателя = 6000 об/мин.

Передаточное соотношение в редукторе = 2:1

Параметры гребного винта:

Число лопастей –  $Z = 3$  лопасти

Диаметр гребного винта –  $D = 9$  дюймам

Шаг гребного винта –  $H = 9$  дюймам

Шаговое отношение –  $H/D = 1$

Дисковое отношение –  $A_e / A_o = 0.531$

На испытаниях зафиксированы следующие скоростные показатели:

При водоизмещении в 0.235 т–  $V_{A1} = 42$  км/час

При водоизмещении в 0.280 т–  $V_{A2} = 40$  км/час

При водоизмещении в 0.405 т–  $V_{A3} = 37$  км/час

При водоизмещении в 0.500 т–  $V_{A4} = 32$  км/час

## Цель дальнейших вычислений

Математически перепроверить озвученные данные, а так же подтвердить или опровергнуть факт выхода мотолодки на режим глиссирования при водоизмещении  $D = 0.500$  т.

## Расчётная часть

Определение максимально возможной скорости:

$$V = 6 \times \sqrt{\frac{N}{D}}$$

V – максимально возможная скорость в км/час

N – мощность двигателя в л.с.

D – весовое водоизмещение в тоннах

$$V_1 = 6 \times \sqrt{\frac{15}{0.235}} = 47.9 \text{ км/час}$$

$$V_2 = 6 \times \sqrt{\frac{15}{0.280}} = 43.9 \text{ км/час}$$

$$V_3 = 6 \times \sqrt{\frac{15}{0.405}} = 36.5 \text{ км/час}$$

$$V_4 = 6 \times \sqrt{\frac{15}{0.500}} = 32.8 \text{ км/час}$$

Максимально возможная скорость по альтернативной формуле:

$$V = 3.14 \times \sqrt{\frac{N}{D}}$$

V – максимально возможная скорость в уз.

N – мощность двигателя в л.с.

D – весовое водоизмещение в тоннах

$$V_1 = 3.14 \times \sqrt{\frac{15}{0.235}} = 25.086 \text{ уз}$$

$$V_1 = 25.086 \times 1.852 = 46.459 \text{ км/час}$$

$$V_4 = 3.14 \times \sqrt{\frac{15}{0.500}} = 17.198 \text{ уз}$$

$$V_4 = 17.198 \times 1.852 = 31.850 \text{ км/час}$$

Определение начальной скорости глиссирования при водоизмещении

D = 0.5 тонне:

$$V = 9.45 \times \sqrt[6]{D}$$

V – скорость в м/с

D – весовое водоизмещение в тоннах

$$V_4 = 9.45 \times \sqrt[6]{0.500} = 8.419 \text{ м/с}$$

$$V_4 = 8.419 \text{ м/с} = 30.308 \text{ км/час}$$

Определение теоретически возможной скорости для случая когда

водоизмещение D = 0.235 тонне:

$$V = 0.001524 \times n \times H \times K$$

V – теоретическая скорость в км/час

n – обороты двигателя в об/мин

H – шаг гребного винта в дюймах

K – передаточное соотношение в редукторе

$$V = 0.001524 \times 6000 \times 9 \times 1/2 = 41.148 \text{ км/час}$$

Определение относительного скольжения, а так же возможной суммарной погрешности возникающей при некорректном замере скоростных показателей :

Воспользуемся следующей формулой :

$$S = \frac{V - V_A}{V}$$

$S$  – относительное скольжение гребного винта в долях

$V$  – теоретическая скорость в км/час

$V_A$  – фактическая скорость в км/час

$$S_1 = \frac{41.148 - 42.0}{41.148} = - 0.0207$$

$$S_1 = - 0.0207 \times 100\% = - 2.07 \%$$

Принимая во внимание что относительное скольжение не может быть отрицательным числом, а так же никогда не бывает ниже значений в 2.5%, то фактическая скорость данной мотолодки будет следующей :

$$V_A = V \times (1 - w)$$

$V_A$  – фактическая скорость в км/час

$V$  – теоретическая скорость в км/час

$W$  – коэффициент попутного потока равный значению  $S = 0.025$

$$V_A = 41.148 \times (1 - 0.025) = 40.119 \text{ км/час}$$

Определение суммарной погрешности - X:

$$X = 42 - 40.119 = 1.880 \text{ км/час}$$

Принимая во внимание эту погрешность, приступаем к пересмотру всех имеющиеся скоростных показателей полученных в тот день :

$$V_{A1} = 42 - 1.880 = 40.120 \text{ км/час}$$

$$V_{A2} = 40 - 1.880 = 38.120 \text{ км/час}$$

$$V_{A3} = 37 - 1.880 = 35.120 \text{ км/час}$$

$$V_{A4} = 32 - 1.880 = 30.120 \text{ км/час}$$

Определив ранее что начальная скорость выхода мотолодки на режим глиссирования должна составлять  $V = 30.308 \text{ км/час}$ , а фактическая скорость после перепроверки  $V_{A4} = 30.120 \text{ км/час}$ , то о полноценном режиме глиссирования говорить не приходится.

Определение теоретически возможной скорости

Используя стороннюю информацию о взаимосвязи между увеличением полезной нагрузки и снижением числа оборотов у двигателя, получаем следующие значения теоретически возможных скоростей при  $S = 0$ :

$$V_1 = 0.001524 \times 6000 \times 9 \times 1/2 = 41.148 \text{ км/час}$$

$$V_2 = 0.001524 \times 5858 \times 9 \times 1/2 = 40.174 \text{ км/час}$$

$$V_3 = 0.001524 \times 5464 \times 9 \times 1/2 = 37.472 \text{ км/час}$$

$$V_4 = 0.001524 \times 5164 \times 9 \times 1/2 = 35.414 \text{ км/час}$$

Определение относительного скольжения для каждого конкретного случая :

$$S_1 = \frac{41.148 - 40.120}{41.148} = 0.0249$$

$$S_1 = 0.0249 \times 100\% = 2.49\%$$

$$S_2 = \frac{40.174 - 38.120}{40.174} = 0.0511$$

$$S_2 = 0.0511 \times 100\% = 5.11\%$$

$$S_3 = \frac{37.472 - 35.120}{37.472} = 0.0627$$

$$S_3 = 0.0627 \times 100\% = 6.27\%$$

$$S_4 = \frac{35.414 - 30.120}{35.414} = 0.1494$$

$$S_4 = 0.1494 \times 100\% = 14.94\%$$

Альтернативный вариант расчёта значений относительного скольжения :

$$S = \left( 1 - \frac{V_A \times 1056 \times K}{n \times H} \right) \times 100\%$$

S – относительное скольжение выпаженное в %

$V_A$  – фактическая скорость в мил/час

$$V_{A1} = 40.120/1.609 = 24.934 \text{ миль/час}$$

$$V_{A2} = 38.120/1.609 = 23.691 \text{ миль/час}$$

$$V_{A3} = 35.120/1.609 = 21.827 \text{ миль/час}$$

$$V_{A4} = 30.120/1.609 = 18.719 \text{ миль/час}$$

K – передаточное соотношение в редукторе

n - обороты двигателя в об/мин

H - шаг гребного винта в дюймах

$$S_1 = \left( 1 - \frac{24,934 \times 1056 \times 2}{6000 \times 9} \right) \times 100 \% = 2.48 \%$$

$$S_2 = \left( 1 - \frac{23,691 \times 1056 \times 2}{5858 \times 9} \right) \times 100 \% = 5.09 \%$$

$$S_3 = \left( 1 - \frac{21,827 \times 1056 \times 2}{5464 \times 9} \right) \times 100 \% = 6.25 \%$$

$$S_4 = \left( 1 - \frac{18,719 \times 1056 \times 2}{5164 \times 9} \right) \times 100 \% = 14.93 \%$$

### Итоги произведённых расчётов

По результатам математических вычислений следует, что данная лодка, оснащённая подвесным мотором «Mercury ME 15 M» - имеющего передаточное соотношение в редукторе как 2:1, так и не вышла на режим чистого глиссирования при котором число Фруда  $F_{rD} < 3.2$  :

$$F_{rD} = \frac{V_A}{\sqrt{g \times \sqrt[3]{D}}}$$

$V_A$  – фактическая скорость = 8.366 м/сек

$g$  – ускорение свободного падения = 9.81 м/сек

$D$  – весовое водоизмещение = 0.500 т.

$$F_{rD} = \frac{8.366}{\sqrt{9.81 \times \sqrt[3]{0.500}}} = 2.99$$