

Моторная лодка «Диана 350»

Исходные данные

Вес лодки с мотором, топливом и 1 пассажиром = 0,229т

Мощность мотора «Mercury ME15M Sea Pro» = 15л.с.

Максимальное число оборотов двигателя = 5800 об/мин

Передаточное соотношение в редукторе = 1,85:1

Параметры гребного винта «SOLAS New Saturn» :

Число лопастей – Z = 3 лопасти

Диаметр винта – D = 9,25 дюймам = 0,235м

Шаг винта – H = 10 дюймам = 0,254м

Шаговое отношение – H/D = 1.08

Дисковое отношение – $A_e/A_o = 0.478$

$A_e = 0.0069 \times 3 = 0.0207$

$$A_o = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,235^2}{4} = 0,0433$$

На испытаниях была достигнута скорость в $V_A = 46$ км/час

Цель дальнейших вычислений

Определить реальную фактическую скорость.

Расчетная 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

$$V_1 = 6 \times \sqrt{\frac{15}{0,229}} = 47,8128 \text{ км/час}$$

Теоретически 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

$$V = 3,14 \times \sqrt{\frac{15}{0,229}} = 25,022 \text{ уз.}$$

$$V = 25,022 \times 1,852 = 46,340 \text{ км/час}$$

Определение теоретически возможной скорости при относительном скольжении винта $S = 0$:

$$V = 0,001524 \times n \times H \times K$$

V – скорость в км/час

n – обороты двигателя в об/мин

H – шаг гребного винта в дюймах

K – передаточное соотношение в редукторе

$$V = 0.001524 \times 5800 \times 10 \times 1/1.85 = 47.779 \text{ км/час}$$

Теоретически возможная скорость по альтернативной формуле:

$$V = \frac{H \times n}{K \times 1056}$$

V – скорость в сухопутных милях = 1,609 км/час

$$V = \frac{10 \times 5800}{1.85 \times 1056} = 29,688 \text{ миль/час}$$

$$V = 29,688 \times 1,609 = 47,767 \text{ км/час} = 13,26 \text{ м/сек}$$

Определение относительного скольжения, а так же возможной суммарной погрешности возникающей при замерах скоростных показаний:

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

S – относительное скольжение гребного винта в долях

V – теоретическая скорость в км/час

V_A - фактическая скорость в км/час

$$S = \frac{47,767 - 46}{47,767} = 0,0369$$

$$S = 0,0369 \times 100\% = 3,69\%$$

Расчет кинематических характеристик гребного винта

Расчет числа оборотов гребного винта:

$$n_B = \frac{n \times B}{60} \times j$$

$$j = 1/1,85 = 0,54$$

$$n_B = \frac{5800}{60} \times 0,54 = 52,2 \text{ об/сек}$$

Определение относительной поступи:

$$J = \frac{V_A}{n \times D}$$

V_A - фактическая скорость в м/сек

n - обороты винта в об/сек

D – диаметр винта в метрах

$$J = \frac{12,777}{52,2 \times 0,235} = 1,041$$

Определение линейной поступи:

$$h_p = \frac{V_A}{n}$$

$$h_p = \frac{12,777}{52,2} = 0,2447$$

Определение абсолютного скольжения винта:

$$S_p = H - h_p$$

$$S_p = 0,254 - 0,2447 = 0,0093$$

Определение относительного скольжения винта:

$$S = 1 - \frac{h_p}{H}$$

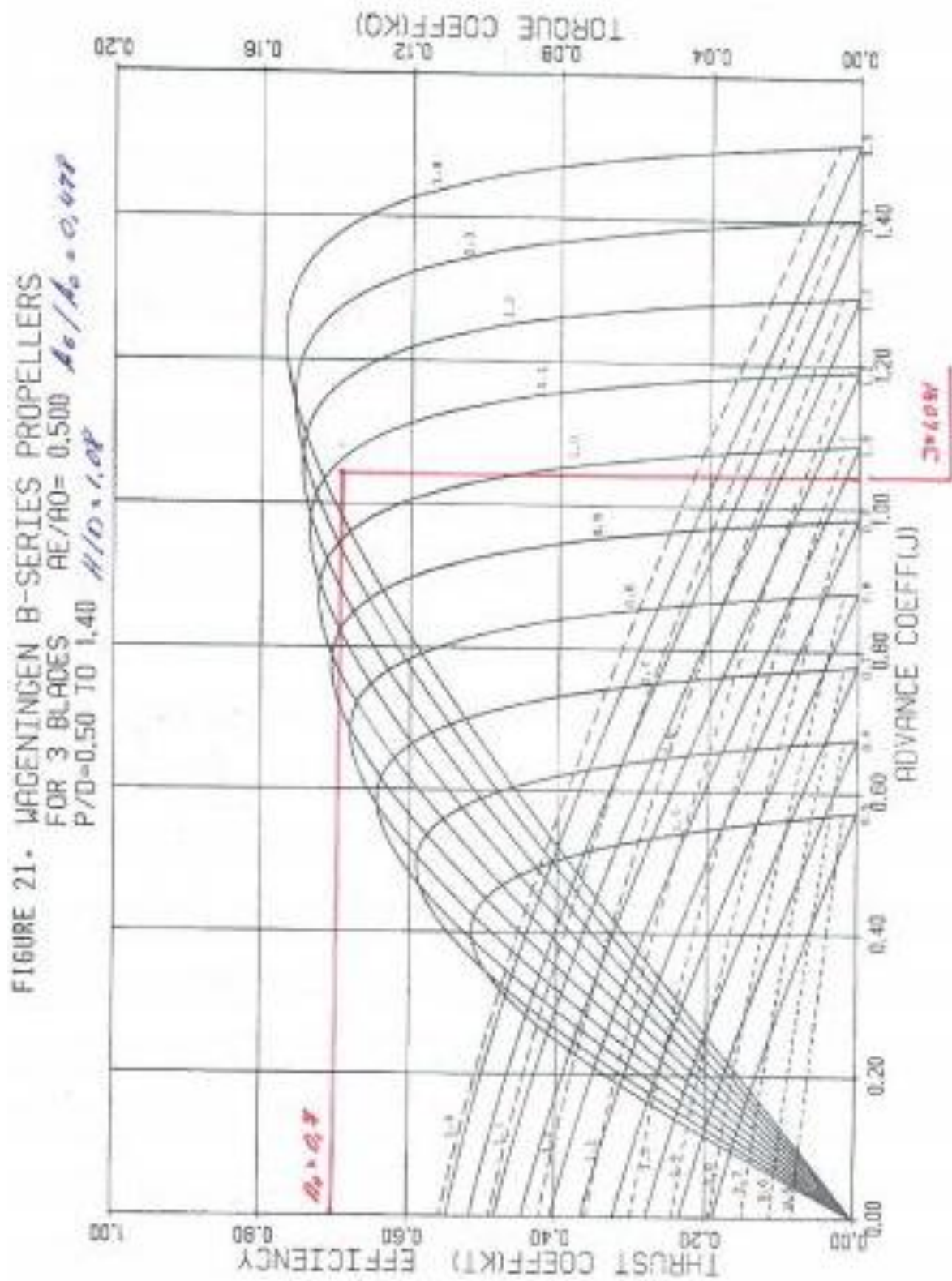
$$S = 1 - \frac{0,2447}{0,254} = 0,0366$$

$$S = 0,0366 \times 100 \% = 3,66 \%$$

На данном этапе расчетов видно, что в случае когда на моторе «Mercury ME 15 M Sea Pro» действительно устанавливался винт «SOLAS New Saturn» с параметрами «3 x 9.25 x 10», то зафиксированная в ходе испытаний фактическая скорость $V_A = 46$ км/час вполне могла быть реальной.

Расчёт гидродинамических характеристик гребного винта

По графику находим значение КПД винта – и как видим он равен $\eta_0 = 0,7$:



Через значение КПД гребного винта находим коэффициент тяги (упора):

$$K_T = \frac{n_o \times K_Q \times 2\pi}{J}$$

n_o - КПД гребного винта

K_Q - коэффициент момента

J - относительная поступь

Коэффициент момента рассчитывается по следующей формуле:

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \times n^2 \times D^5}$$

Q – момент в кгс х м

ρ – удельный вес воды = 102 кг х с²/м⁴

n – число оборотов гребного винта = 52,2 об/сек

D – диаметр гребного винта = 0,235 м

Момент определяется через следующее вычисление:

$$Q = \frac{N \times 716,2}{n}$$

N – мощность двигателя в л.с.

n - число оборотов гребного винта = 3135 об/мин

$$Q = \frac{15 \times 716,2}{3135} = 3,42679$$

$$K_Q = \frac{3,42679}{102 \times 52,2^2 \times 0,235^5} = 0,0176$$

Теперь определяем значение коэффициента тяги (упора):

$$K_T = \frac{n_o \times K_Q \times 2\pi}{J}$$

$$K_T = \frac{0,7 \times 0,0176 \times 2 \times 3,14}{1,041} = 0,074$$

Для определения значений тяги винта воспользуемся следующей формулой:

$$T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4$$

K_T - коэффициент тяги (упора) = 0,074

ρ – удельный вес воды = 102 кг × с²/м⁴

n – число оборотов гребного винта = 52,2 об/сек

D – диаметр гребного винта = 0,235 м

$$T = 0,074 \times 102 \times 52,2^2 \times 0,235^4 = 61,7 \text{ кгс}$$

Альтернативный вариант расчета значений тяги (упора) гребного винта:

$$T = \frac{75 \times N \times n_o \times n_H}{V_A}$$

N – мощность двигателя в л.с.

n_o - КПД гребного винта = 0,7

V_A - фактическая скорость лодки = 12,77 м/сек

n_H – коэффициент влияния корпуса

Коэффициент влияния корпуса рассчитывается следующим образом :

$$n_H = \frac{(1 - t)}{(1 - w)}$$

t – коэффициент засасывания гребного винта = 0.0366

w – коэффициент попутного потока = 0,0366

$$n_H = \frac{(1 - 0,0366)}{(1 - 0,0366)} = 1$$

$$T = \frac{75 \times 15 \times 0,7 \times 1}{12,77} = 61,7 \text{ кгс}$$

Определение мощности поставленной на гребной вал :

$$DHP = \frac{2\pi \times n \times Q}{75}$$

$$DHP = \frac{2 \times 3,14 \times 52,2 \times 3,42679}{75} = 14,978 \text{ л.с.}$$

Определение эффективной мощности мотора или как её ещё называют буксировочной мощности (EHP) :

$$EHP = \frac{R_T \times V}{75}$$

R_T - полное сопротивление воды движению судна в кгс

V - теоретическая скорость = 13,26 м/сек

Значение R_T определяют по следующей формуле :

$$R_T = T \times (1 - t)$$

$$R_T = 61,7 \times (1 - 0,0366) = 59,44 \text{ кгс}$$

$$\text{ЕНР} = \frac{59,44 \times 13,26}{75} = 10,5 \text{ л.с.}$$

Контроль полученных значений произведём через следующую формулу :

$$n_o = \frac{\text{ЕНР}}{\text{ДНР}}$$

$$n_o = \frac{10,5}{15} = 0,7$$

Итоги произведённых расчётов

В результате математических вычислений установлено что в ходе испытаний моторной лодки «Диана 350», укомплектованной подвесным мотором «Mercury ME15M Sea Pro» - на котором в день испытаний стоял гребной винт «SOLAS New Saturn 3 x 9.25 x 10» , действительно была достигнута скорость с показаниями в $V_A = 46 \text{ км/час}$.