

Г. Ф. Демешко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

АМФИБИЙНЫЕ СУДА

НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Санкт-Петербург

"Судостроение"

1992

§ 5.4. Назначение характеристик ВВ в кольцевой насадке

Наиболее эффективным способом увеличения тяги ВВ является установка на нем кольцевой профилированной насадки, на которой, как на аэродинамическом профиле, удается получить дополнительную силу тяги.

Насадка, таким образом, представляет собой кольцевое крыло, сосное с помещенным в нее ВВ (рис.5.7). Ее входное отверстие больше выходного ($d_{вх} > d_{вых}$). Поджатие потока, входящего в насадку (см.рис.5.7), создает угол атаки α° . Проекция единичной силы на крыльевом профиле генерирует интересующую нас дополнительную силу тяги и силу, сжимающую кольцо.

Известно [30], что кольцевая насадка, используемая и в традиционном судостроении, эффективна при $\sigma_p \approx 1.0$, она тем эффективнее, чем больше σ_p . Наличие насадки наиболее целесообразно в случае затруднений с преодолением "горба" сопротивления, когда значение σ_p становится в 2...3 раза выше, чем σ_p на эксплуатационной скорости.

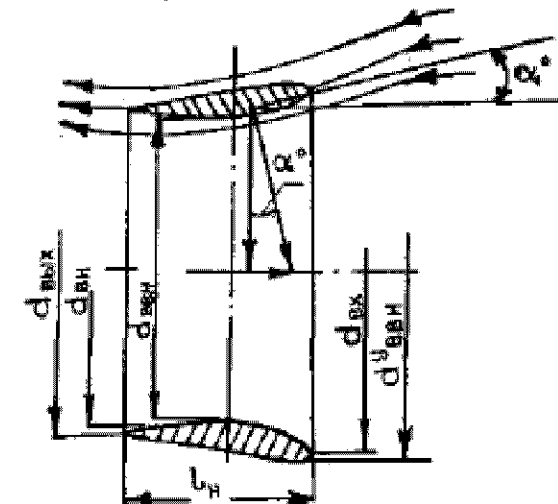


Рис.5.7. Кольцевая насадка ВВ

Идеальный КПД двигателя в кольцевой насадке определяется выражением

$$\eta_{\text{и}} = \frac{4}{3 + \sqrt{1 + \sigma_p}} \quad (5.18)$$

На рис.5.8 показано, насколько эффективной становится насадка с ростом σ_p . Здесь помимо идеального КПД для свободного винта и винта в кольцо даны сведения по ВВ в насадках нескольких зарубежных СВП.

Тяговые характеристики свободного ВВ, имеющего $d_{\text{ВВ}} = 4,42$ м, намного ниже характеристик ВВ, выполненного с $d_{\text{ВВ}} = 3,66$ м, но помещенного в кольцевую насадку, наружный диаметр которой равен диаметру сравнимого свободного воздушного винта (рис.5.9). Преимущество ВВН по сравнению со свободным ВВ наблюдается лишь до скоростей хода ба-

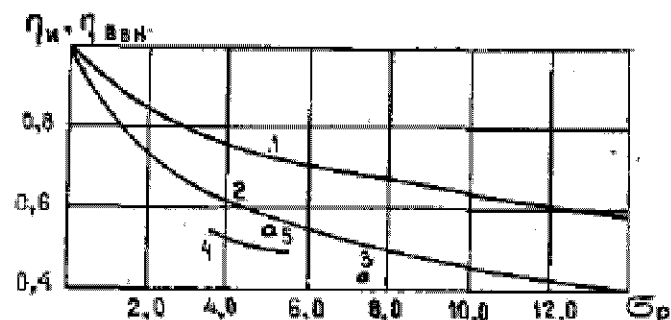


Рис.5.8. КПД ВВ в кольцевой насадке: 1 - идеальный двигатель в кольцевой насадке; 2 - идеальный свободный двигатель; 3 - ВВН КВП JEFFA; 4 - ВВН КВП JEFFB; 5 - двигатель в насадке КВП VT.2.

зового судна $U_s < 50$ уз. Установка кольцевых насадок может решить проблему преодоления "горба" сопротивления и уклона поверхности, над которой движется судно.

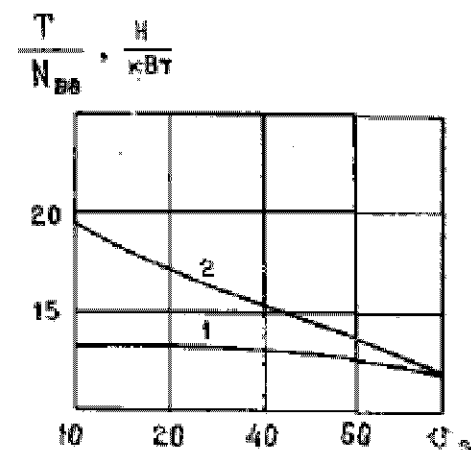


Рис.5.9. Сравнение ВВ свободного и в кольцевой насадке по тяговым характеристикам: 1 - свободный ВВ, $d_{\text{ВВ}} = 4,42$ м; 2 - ВВН (наружный диаметр насадки $d_{\text{ВВН}}^y = 4,42$ м; $d_{\text{ВВН}} = 3,66$ м)

Тяга свободного винта и винта в кольцевой насадке связаны выражением [165]

$$\frac{(T_{\text{ст}})_H}{T_{\text{ст}}} = 1,26 \left(\frac{d_{\text{ВВН}}^y}{d_{\text{ВВ}}} \right)^{2/3}, \quad (5.19)$$

где $d_{\text{ВВН}}^y$ и $(T_{\text{ст}})_H$ - соответственно условный диаметр и тяга винта в кольцевой насадке (диаметр здесь измеряется по наружной поверхности насадки).

Из выражений (5.8) и (5.19) можно получить величину тяги, создаваемой ВВН на единицу мощности:

$$\frac{(T_{\text{ст}})_H}{N_{\text{ВВН}}} = \frac{156,7 \chi_r^{2/3}}{\sqrt[3]{\frac{N_{\text{ВВН}}}{(d_{\text{ВВН}}^y)^2}}} \quad (5.20)$$

Винт внутри насадки располагается в сечении кольцевого аэродинамического профиля, имеющего форму крыла, в месте его наименьшего внутреннего диаметра. Наружный диаметр кольцевой

насадки (обозначенный здесь как $d_{\text{ВВН}}^y$) и диаметр винта, находящегося в насадке $d_{\text{ВВН}}$, связаны обычно соотношением

$$d_{\text{ВВН}}^y = b d_{\text{ВВН}},$$

где $b = 1,15 \dots 1,25$.

Это с учетом (5.19) дает основание сказать, что при использовании ВВ одной и той же серии и безотрывном обтекании воздушными потоками тела насадки при столь меньших размерах винта, находящегося внутри насадки, комплекс винт-насадка развивает статическую тягу в 1,4...1,45 раз большую, чем свободный воздушный винт, эквивалентный по диаметру напорному диаметру кольцевой насадки.

Хорда крыльцевого профиля, используемого для насадки, определяется длиной l_n , составляющей обычно

$$l_n = (0,5 \dots 1,0) d_{\text{ВВН}}. \quad (5.21)$$

У американского КВП JEFFB четырехлопастный винт, заключенный в насадку, имеет диаметр 3,6 м. В принятых здесь обозначениях насадка имеет следующие характеристики: $b = 1,1427$; $l_n = 0,438 d_{\text{ВВН}}$. Зазор между диском ВВ и внутренней поверхностью насадки (см. рис. 5.7) принимается из условия

$$d_{\text{ВН}} \cong (1,003 \dots 1,005) d_{\text{ВВН}}. \quad (5.22)$$

Последнее обстоятельство существенно ужесточает требования к изготовлению насадки и особенно к ее закреплению. Узлы крепления должны исключать вибрацию насадки, а с точки зрения прочности воспринимать и передавать судну силу тяги, получаемую на ней, а также аэродинамические усилия, возникающие на насадке как на воздушном стабилизаторе. Эти требования увеличивают массу насадки, и комплекс винт - насадка по весовым характери-

кам значительно проигрывает альтернативному свободному ВВ. Учитывая размеры насадки, целесообразно выполнять ее сплошной даже из алюминиевых сплавов. Предпочтительно изготавливать насадку из стеклопластиков с включением жестких силовых связей.

Использование кольцевой насадки уменьшает уровень генерируемого ВВ шума и делает винт более безопасным в эксплуатации.

Значительный резерв повышения величины снимаемой с винта тяги на единицу подводимой мощности заключается в увеличении покрытия (дискового отношения) ВВ. Большинство ВВ авиационного типа имеет отношение ширины лопасти к диаметру $b_n/d_{\text{ВВ}} = 0,08 \dots 0,1$.

Разработка фирмой Pacific Propeller широколопастного ВВ в насадке PP1 1300 для американского СВП LACV-30 ($d_{\text{ВВН}} = 2,31$ м и $b_n/d_{\text{ВВН}} = 0,23$) вместо применявшегося свободного ВВ ($d_{\text{ВВ}} = 2,74$ м и $b_n/d_{\text{ВВ}} = 0,086$)

позволила получить увеличение располагаемой судном тяги "на стопе" в 1,7 раза и рост скорости хода на 24% [152]. Такое улучшение тяговых характеристик винта было бы невозможно только за счет использования кольцевой насадки.

Растеты развиваемой комплексом винт - насадка тяги и потребляемой при этом мощности производятся по аэродинамическим характеристикам серий комплексов, испытанных в аэродинамической трубе.