

Краткий конспект лекций
«Проектирование скоростных судов»
26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов
морской инфраструктуры (МЗКСР)

Глава 1. Общие сведения о глиссерах

1.1 Режим движения и форма корпусов глиссеров.

В спокойном состоянии судна на плаву вес полностью уравновешивается гидростатическим давлением воды (В дальнейшем гидростатические силы). При движении глиссеров к гидростатическим силам добавляются гидродинамические, которые появляются как нормальные силы реактивного воздействия на корпус обтекающего потока.

В зависимости от соотношения гидростатических и гидродинамических сил поддержания различают три скоростных режима движения судов:

- плавание
- переходный режим
- глиссирование

1. Плавание. При режиме плавания практически точно соблюдается условие равновесия сил веса и сил поддержания

$$gD = \gamma W, \Rightarrow \boxed{D = \rho W} \quad (1.1)$$

где D – масса судна, кг;

– ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

γ – удельный вес воды, Н/м^3 ;

ρ – плотность воды, кг/м^3

W – объемное водоизмещение, м^3 .

2. Переходный режим (ПР). При ПР отмечается заметное проявление гидродинамических подъемных сил. Судно всплывает, его подводный объем уменьшается, при этом оно сначала дифферентует на нос, затем на корму, что сопровождается возрастанием волнообразования. Условие равновесия при ПР имеет вид

$$gD = \gamma W_1 + P_y \quad (1.2)$$

– равнодействующая гидродинамических подъемных сил, Н;

– объемное водоизмещение судна, соответствующее ходовой ватерлинии, м^3 ;

3. Глиссирование. При высоких скоростях движения и соответствующей

форме корпуса гидродинамическая подъемная сила становится основной силой поддержания, судно всплывает и с некоторым дифферентом на корму начинает скользить (глиссировать) по поверхности воды. Вес судна при этом почти полностью уравнивается гидродинамической подъемной силой

$$gD = P_y$$

Характер скоростного режима можно охарактеризовать через относительную скорость, выраженную числом Фруда, которое при переменной длине ватерлинии целесообразно считать по водоизмещению D , т.е.:

$$F_{r,D} = \frac{V}{\sqrt{g \sqrt[3]{D} / \gamma}} \quad (1.3)$$

где $F_{r,D}$ - число Фруда, рассчитанное по водоизмещению (массовому);

- скорость V судна, м/с;

Установлено [1], что границы различных режимов движения судов, характеризуются следующими значениями чисел Фруда:

Плавание $F_{r,D} \leq 1,0$

Переходный режим $1,0 \leq F_{r,D} \leq 3$

Глиссирование $F_{r,D} > 3$

Для благоприятных условий возникновения гидродинамической подъемной силы днище корпуса глиссирующего судна должно быть плоским или плоскодонным, и иметь некоторый подъем от кормы к носу. Простейшая

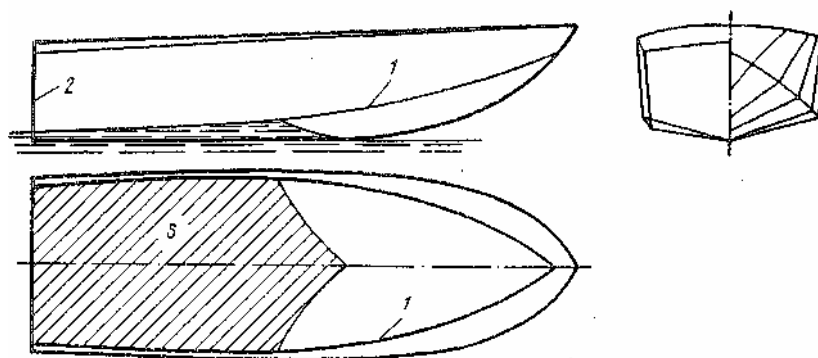


Рис. 1.1. Безреданный глиссер.

1 — бортовая скула; 2 — транец; 3 — глиссирующая часть днища.

форма корпуса т.н. безреданного типа показана на рис 1.1. При достижении определенной скорости будет скользить по воде на кормовой части плоскокилеватого днища.

Более высокая эффективность глиссирования достигается на реданном глиссере (рис. 1.2), а еще большая - на трехточечном (предложение американского конструктора Апеля [1]).

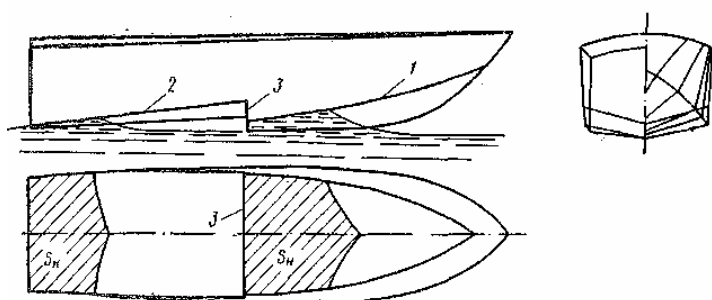


Рис. 1.2. Реданный глиссер.

1 — носовая скула; 2 — скула кормовая; 3 — носовой редан; S_n и S_k — соответственно носовая и кормовая площадки глиссирования.

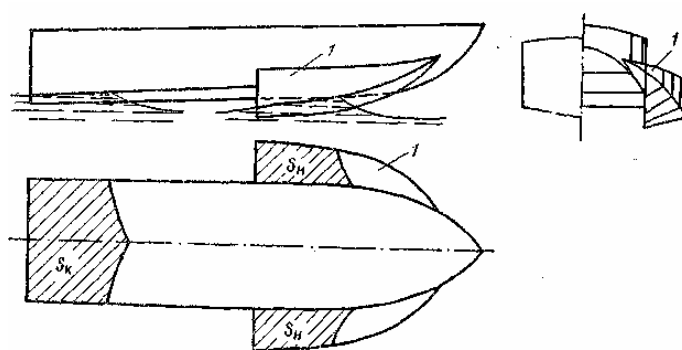


Рис. 1.3. Трехточечный глиссер.

1 — глиссирующие поплавики (спонсоны).

Если реданный глиссер имеет 2 несущие площадки — носовую и кормовую (причем кормовая находится в условиях набега на неевозмущенного потока, что неблагоприятно), - то трехточечный глиссер поддерживается на ходу тремя глиссирующими площадками, работающими в свободных (невозмущенных) потоках воды. Однако трехточечные глиссеры из-за сложности их проектирования не получили массового распространения, хотя наиболее высокие скорости достигнуты на глиссерах этого типа.

В настоящее время получили широкое распространение катера, известные под названием «Морские сани» (рис 1.4).

Катера этого типа устойчивы на курсе, не «рыскают» на попутной и встречной волне, идут без брызг и имеют более высокое гидродинамическое качество по сравнению с обычными типами безреданных катеров.

Для движения в промежуточных режимах ($1 < F_{r,0} < 2,5$) хороши мореходные качества достигаются с помощью комбинированной формы корпуса (рис. 1.5). Носовая часть этого корпуса проектируется по типу водоизмещающего судна с плавными обводами (для безударного входа на волну), а кормовая — чисто глиссирующей.

Особенности изменения сопротивления воды движению судна видны из рис. 1.6.

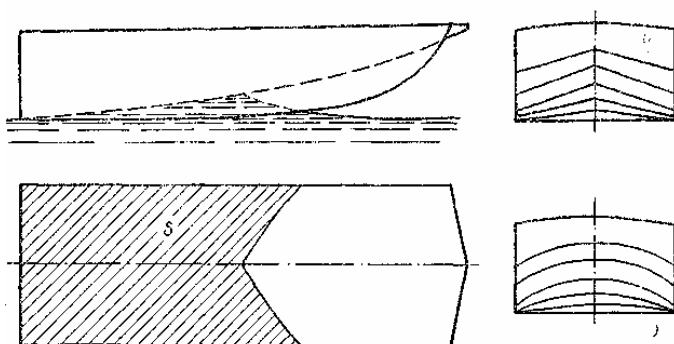


Рис. 1.4. Безреданный глиссирующий катер типа «морские сани».

S — глиссирующая часть днища.

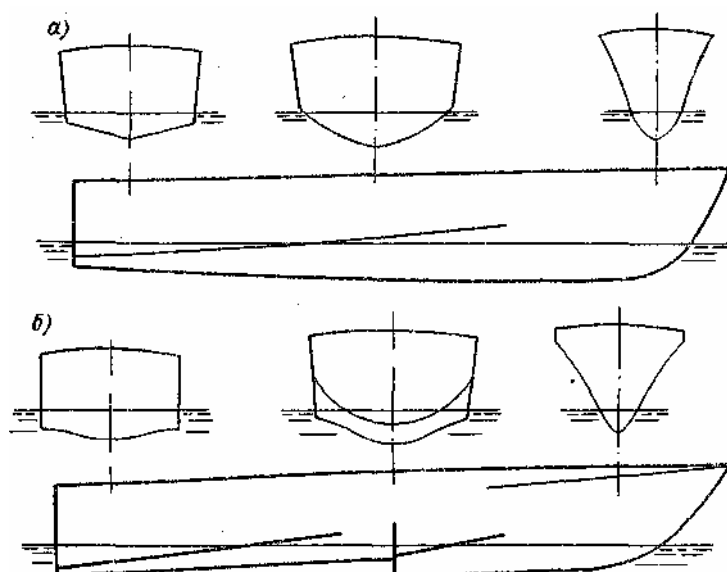


Рис. 1.5. Комбинированные обводы корпусов: а — безреданный; б — реданный.

Из рис. 1.6 видно, что в районе чисел Фруда $F_{r,D}=1,5\div 2,0$ кривые 2, 3 имеют «горб», свидетельствующий о том, что в переходном режиме сопротивления воды движению глиссирующего корпуса заметно выше сопротивления водоизмещающего судна. После преодоления «горба» судно начинает переходить в режим глиссирования и за счет резкого снижения волнообразования вокруг корпуса его сопротивление начинает снижаться. В дальнейшем с увеличением скорости сопротивление движению снова возрастает, что связано с увеличением сопротивления трения.

На рис. 1.6 (нижняя часть) показано изменение посадки глиссера, характеризуемой углом ходового дифферента φ и осадкой транца ΔT_K в зависимости от режима движения.

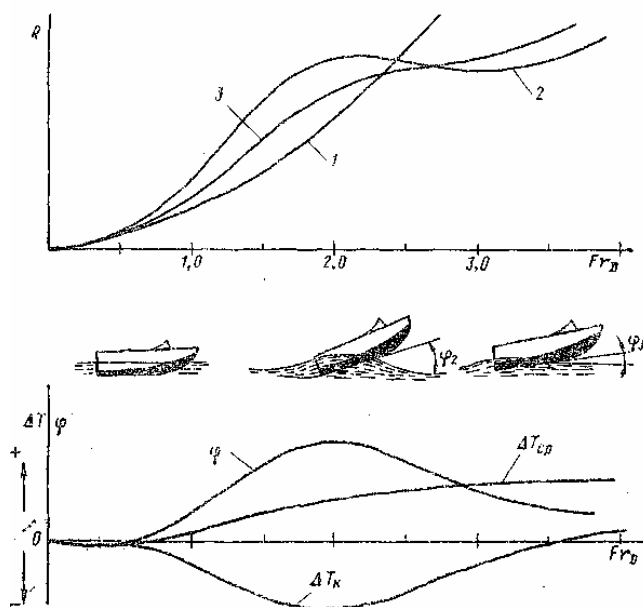


Рис. 1.6. Кривые, характеризующие режимы движения судов. 1, 2, 3 – сопротивление водоизмещающего судна, реданного и безреданного глиссеров соответственно

1.1 Классификация глиссирующих судов (ГС) и их архитектурно-компоновочные особенности

ГС классифицируются по след признакам:

- по назначению:
 - служебно-разведные; прогулочные; туристские; спортивно-гоночные; пассажирские; катера специального назначения (санитарные, пожарные, спасательные).
- По архитектурно-конструктивному типу:
 - беспалубные мотолодки открытого типа; мотолодки и катера с носовой палубой и открытым кокпитом; катера с носовой настройкой; катера и суда со сплошной надстройкой; большие запалубные катера со средней рубкой; двухкорпусные суда с рубкой на соединительном мосту; суда с аэродинамическими формами корпусов, рассчитанными на минимальное сопротивление воздуха и на получение дополнительной подъемной силы.
- По форме корпуса:
 - безреданные остроскулые суда с плоскокилеватой или иной формой (плоской, вогнуто-килеватой, S-образной и др.) шпангоутов;
 - безреданные с тоннельным образованием днища: однотоннельные (морские сани), двухтоннельные или трехкилевые;
 - реданные (классический тип глиссера);
 - реданные глиссеры трехточечного типа;
 - мореходные глиссеры с комбинированной формой корпуса;

- глиссеры с формой корпуса «глубокое V»;
-глиссеры типа «кафедрал» (сочетание формы «глубокое V» с не смачиваемыми на ходу спонсонами).

Краткая характеристика ГС

Служебно-разъездные, прогулочные и туристские катера имеют длину 5-7 м; водоизмещение 900÷1500 кг. По форме корпуса эти суда относятся к безреданным, килеватым судам.

Спортивно-гоночные суда подразделяются на 4 основных типа: скутеры, мотолодки, глиссеры и катера.

Скутеры – одноместные гоночные суда с одним подвесным мотором. Корпус скутера выполняется по типу трехточечного глиссера с передним расположением спонсонов. По объему двигателя скутеры делятся на 9 классов: OJ, OA, OB,.. ON, OZ.

Наименьший рабочий объем цилиндров – до 175 см³ (OJ), наибольший – 2000 см³ и выше (OZ).

Мотолодки – небольшие безреданные суда открытого типа с одним серийным подвесным мотором. Мотолодки классифицируются по размерам корпуса и по рабочему объему цилиндров. По этим признакам различают 10 классов спортивных лодок (SA₁ – SA₁₀). Так мотолодки, по второму классу (SA₂) имеют ограничения по объему цилиндров от 175 до 250 см³, а по размеру корпуса L×B = 3,5×1,3 м. Для последнего, десятого класса предусматривается объем цилиндров ≥2000 см³ с размерами корпуса L×B = 5×1,5 м.

Катера – небольшие суда со стационарным двигателем. Различают семь классов катеров по рабочему объему цилиндров и по размерам корпуса (S₁, S₂...S₇). Для класса S₁ объем цилиндров равен 1000 см³ и размеры корпуса 4,25×1,4 м. Для класса S_∞ соответственно = 7000 см³ и выше, при L×B = 6,25×1,7 м.

Глиссеры подразделяют на 7 классов по рабочему объему цилиндров (R₁, R₂... R₆, R_∞) с диапазоном рабочего объема от 100 см³ до (5÷7)·10³ см³ и выше.

Глиссеры неограниченного класса (R_∞) являются очень мощными (N≈7500 кВт), относительно легкими (D ≤ 3т) и очень скоростными (V ≥ 300 уз.).

Пассажирские глиссеры подразделяются условно на 3 группы:

1. Легкие глиссеры, используемые для почтово-пассажирских перевозок на мелководных реках. D ≤ 3т, N≈185 кВт, V ≥ 32 уз.

Пассажировместимость П ≤ 12 чел.

2. Быстроходные катера-автобусы. D ≤ 25т, V ≥ 22 уз., П ≤ 100 чел.

3. Морские катера-глиссеры D ≤ 60÷70 т, N≈2200 кВт.

Глава 2. Гидродинамика и мореходность глиссирующих судов

2.1 Распределение скоростей и давлений в потоке под глиссирующей пластиной

Рассмотрим неподвижную пластину, на которую под углом α со скоростью V набегают поток идеальной жидкости (рис 2.1)

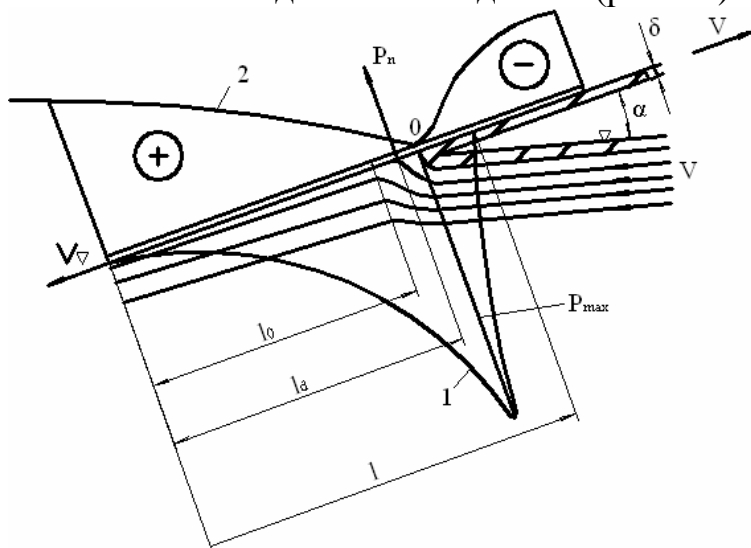


Рис. 2.1. Схема обтекания пластины набегающим потоком:
1,2 - эпюры давлений и скоростей соответственно.

На рис 2.1 показано, что пластина изменяет направление и скорость потока, разделяя его на две части: основную и верхнюю, которая у пластины заметно подтормаживается и замет двигается по ней в виде тонкой струи, направленной в противоположную сторону.

Отмечая наличие двух частей у потока, обтекающего пластину, можно прийти к выводу о существовании разделительного слоя, в котором скорость потока относительно пластины равна нулю. Нулевое значение скорости в точке O означает, что весь скоростной напор потока превращается в критическое нормальное давление, т.е. максимальное по величине и равное

. Влево и вправо по пластине от точки O в связи с увеличением

скорости обтекания давления будет уменьшаться.

Общую картину распределения скоростей и давления по длине пластины, расположенной под углом α к набегающему потоку можно представить так, как это показано на рис. 2.1.

Схема распределения давления по ширине глиссирующей пластины показана на рис. 2.2.

В связи с тем, что под пластиной давление больше, чем на поверхности воды, в районе боковых кромок возникает поперечное перетекание воды, что приводит к снижению давления под пластиной у боковых кромок. Наличие

бокового протекания снижает эффективность глиссирования плоской пластины и относительно тем больше, чем меньше ее ширина.

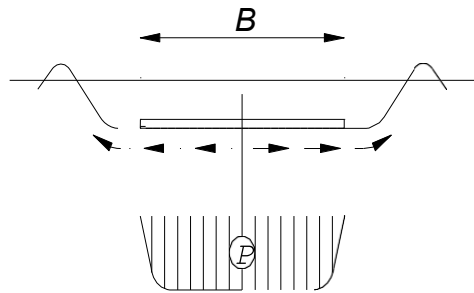


Рис. 2.2. Распределение давления по ширине глиссирующей пластины

2.2. Гидродинамическая подъемная сила (ГПС) и ее сопротивление

Для определения ГПС рассмотрим движение жидкости пластины по неподвижной жидкости (рис. 2.3). Заменяя суммарное нормальное давление потока на пластину равнодействующей P_n , можно установить, что нормальные силы обуславливают возникновение горизонтальной составляющей P_x – силы сопротивления воды движению пластины, равной

$$P_n \sin \alpha$$

Следовательно, секундная энергия (буксировочная мощность), необходимая для движения пластины с заданной скоростью V может быть определено по выражению

$$A = P_x v = P_n \sin \alpha v \quad (2.1)$$

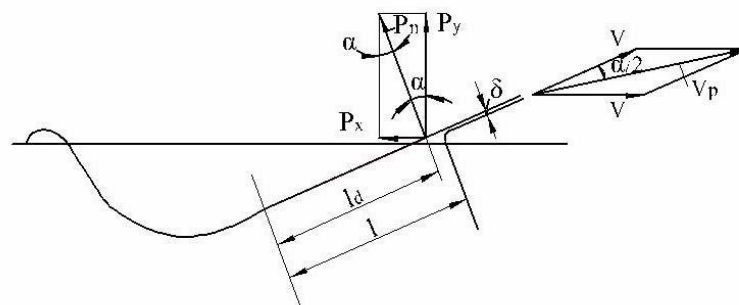


Рис. 2.3.а. К определению подъемной силы и сопротивления при глиссировании пластины по идеальной жидкости.

Скорость отбрасываемой воды в данном случае определяется как сумма векторов скорости глissирующей пластины и скорости движения струи относительно пластины, т.е. будет равна

$$v_p = 2v \cos \alpha / 2$$

При этом масса воды, отброшенная вперед, составляет величину, равную (при единичной ширине струи), где ρ - плотность воды, кг/м³; δ - толщина брызговой струи, м.

Следовательно, кинетическая энергия брызговой струи

$$A_{\delta p} = \frac{1}{2} \Delta M v_p^2 = \frac{1}{2} \rho \delta v (v 2 \cos \alpha / 2)^2 = 2 \rho \delta v^3 \cos^2 \alpha / 2 \quad (2.2)$$

Приравнявая (2.1) и (2.2) получаем

$$P_n v \sin \alpha = 2 \rho \delta v^3 \cos^2 \alpha / 2.$$

Тогда

$$P_n = \rho \delta v^2 \frac{2 \cos^2 \alpha / 2}{\sin \alpha} = \rho \delta v^2 \frac{2 \cos^2 \alpha / 2}{2 \sin \alpha / 2 \cos \alpha / 2}$$

Окончательно находим

$$P_n = \rho \delta v^2 \operatorname{ctg} \alpha / 2 \quad (2.3)$$

Тогда подъемная сила P_y и сопротивление движению пластины P_x определяются по формулам

$$\begin{cases} P_y = \rho \delta v^2 \operatorname{ctg} \alpha / 2 \cdot \cos \alpha \\ P_x = \rho \delta v^2 \operatorname{ctg} \alpha / 2 \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (2.4)$$

При скольжении по реальной жидкости на глissирующую пластину кроме нормального давления будет действовать сила трения. При этом общее сопротивление воды движению пластины возрастает, а подъемная сила уменьшается (рис 2.3, б)

Из рис. 2.3, б можно записать

$$\begin{cases} P_x \cdot \cos \alpha = P_f + P_y \cdot \sin \alpha \\ P_x = P_f \frac{1}{\cos \alpha} + P_y \cdot \tan \alpha \end{cases} \quad (2.5)$$

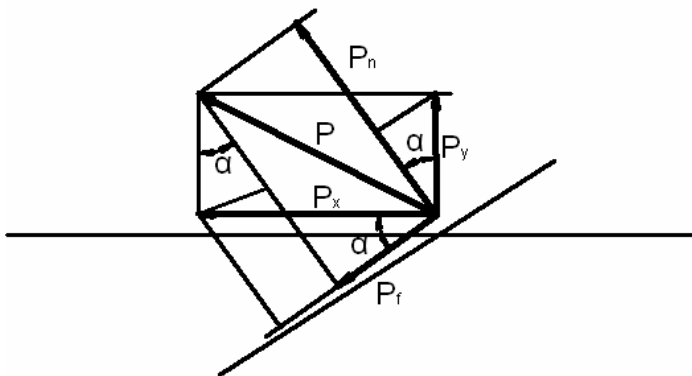


Рис. 2.3.б. К определению подъёмной силы при глссировании пластины по реальной жидкости

Т.к. при малых углах $\cos \alpha \rightarrow 1$, то (2.5) можно записать

$$P_x = P_f + P_y \cdot \tan \alpha \quad (2.6)$$

где P_x - полное сопротивление; P_f - сопротивление трения; $P_y \cdot \tan \alpha$ - динамическое сопротивление (сопротивление давления). Т.о. полное сопротивление глссирющей поверхности состоит из двух составляющих – сопротивления трения и гидродинамического сопротивления.

Применительно к судну для режима чистого глссирования, когда сила тяжести судна полностью уравнивается гидродинамической подъёмной силой ($= gD$), выражение (2.6) записывается в виде

$$R = R_T + Dg \tan \alpha \quad (2.7)$$

Или

$$R = R_T + R_{дин} \quad (2.8)$$

Динамическое сопротивление $R_{дин}$ обусловлено действием нормальных гидродинамических сил и является следствием затраты их энергии на брызго

- и волнообразование. Из выражения динамического сопротивления $R_{дин} = Dg \tan \alpha$ видно, что оно зависит только от массы судна и угла атаки и не зависит от скорости. Однако следует иметь в виду, что величина угла атаки α для заданного судна зависит от скорости, следовательно, можно говорить, что с увеличением скорости динамическое сопротивление падает. Это имеет место при переходе судном «горба» сопротивления, когда судно выходит на режим чистого глссирования. В дальнейшем с увеличением скорости угол атаки и динамическое сопротивление могут оставаться постоянными.

2.3 Безразмерные гидродинамические характеристики

Для обработки результатов испытаний в опытовых бассейнах используются следующие безразмерные характеристики:

Гидродинамическое качество

$$K = \frac{P_y}{P_x} = \frac{D \cdot g}{R}, \quad (2.9)$$

где P_y - подъемная сила, Н; D - масса пластины (судна), кг; g - ускорение силы тяжести, м/с²; $P_x = R$ - полное сопротивление, Н;
Коэффициент динамической нагрузки

$$C_\varepsilon = \frac{D \cdot g}{0,5 \rho v^2 \varepsilon^2}, \quad (2.10)$$

где ε - ширина глиссирующей пластины.

Относительное удлинение пластины

$$\lambda = \frac{l}{\varepsilon} = \frac{l^2}{S}, \quad (2.11)$$

где l - смоченная длина пластины, м; S - смоченная поверхность пластины, м².

Иногда в расчетах используется и обратная величина

$$\lambda_1 = \frac{\varepsilon}{l}, \quad (2.12)$$

Коэффициент момента гидродинамических сил

$$m_\Delta = \frac{M_{\text{дин}}}{g D \varepsilon} = \frac{l_{\text{дин}} D g}{g D \varepsilon} = \frac{l_{\text{дин}}}{\varepsilon}, \quad (2.13)$$

где $M_{\text{дин}}$ - момент гидродинамической подъемной силы относительно задней кромки пластины, Нм; $l_{\text{дин}} = 0,785l$ - плечо приложения равнодействующей гидродинамических подъемных сил от задней кромки пластины, м;

Относительная центровка глиссирующей пластины (судна)

$$m_\Delta = \frac{x_g}{\varepsilon}, \quad (2.14)$$

где x_g - отстояние ЦТ массы пластины от ее задней кромки, м.

Обычно считается, что $m_x = m_y$

Из приведенных характеристик гидродинамическое качество K является основным показателем, который при проектировании судна стремятся получить максимальным.

Экспериментально установлено, что $K_{\max}=13,2$ для плоской пластины при $\alpha=2^\circ 20'$, $\lambda_1 > 10$, $F_{r,D} \approx 3$ (рис. 2.4)

Из рис. 2.4 видно, что гидродинамическое качество тем выше, чем больше коэффициент λ_1 , т.е. более выгодны широкие и короткие глиссирующие пластины, а не узкие и длинные.

Повышение гидродинамического качества также можно достичь путем продольной профилировки глиссирующей поверхности. Так, если плоскому днищу придать плавный сгиб в кормовой части, то угол встречи днища с набегающим потоком уменьшится, что будет способствовать снижению брызгообразования и, следовательно, уменьшению динамического сопротивления.

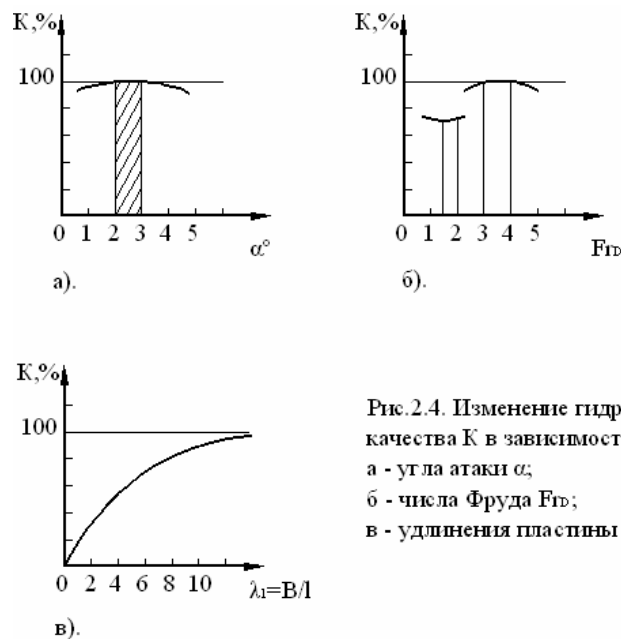


Рис. 2.4. Изменение гидродинамического качества K в зависимости от
а - угла атаки α ;
б - числа Фруда Fr_D ;
в - удлинения пластины λ_1 .

2.4 Гидродинамический расчет глиссирующих судов (ГРГС)

В задачу ГРГС входит определение полного сопротивления, осадки, угла атаки и длины сочленной поверхности на различных скоростях движения при заданном водоизмещении, центровке и ширине судна.

В результате расчета строятся кривые R , α , l , $t = f(v)$, которые в совокупности составляют гидродинамический паспорт проектируемого судна.

За исходные данные принимаются средняя ширина катера

$$M_{\text{dyn}} = gD \cdot x_g \quad (2.17)$$

Принимая, что коэффициент момента

$$m_D = x_D / \theta$$

Определяется относительное удлинение λ и параметр C_θ / α . Вычислив коэффициент нагрузки C_θ по формуле

$$C_\theta = \frac{D \cdot g}{0,5 \rho \theta^2 g^2}$$

Определяют угол атаки
$$\alpha = \frac{C_\theta}{C_\theta / \alpha}$$

Найденные значения λ и α корректируют на килеватость по формулам И.П. Любомирова

$$\lambda\beta = \lambda^{0,8} \frac{1}{\cos\beta} [1 - 0,29 (\sin\beta)^{0,8}] \times \left[1 - 1,35 (\sin\beta)^{0,44} \frac{m_D}{\sqrt{R_{r,\beta}}} \right]; \quad (2.18)$$

$$\lambda\beta = \alpha + \frac{0,15 (\sin\beta)^{0,8} (1 - 0,17 \sqrt{\alpha \cos\beta})}{R_{r,\beta}^{0,2} \sqrt{\lambda \cos\beta}}, \quad (2.19)$$

где $\lambda\beta$ и $\alpha\beta$ – соответственно относительное удлинение и угол атаки для килеватого днища.

Затем определяются динамическое сопротивление $R_{дин} = gD \tan \alpha$, смоченная длина $l = \lambda_\theta B_4$ и смоченная поверхность $S = \lambda_\theta B^2$.

Расчет сопротивления трения ведется обычным способом. Затем определяется полное сопротивление $R = R_{тр} + R_{дин}$, после чего вычисляется осадка на трение по формуле:

$$t = \frac{\alpha\beta \cdot B}{\lambda\beta \sqrt{1 + \lambda\beta}} \quad (2.20)$$

2.5 Мореходность глиссирующих судов

Под мореходностью понимается совокупность навигационных качеств, обеспечивающих безопасность и удобство использования судна в конкретных условиях эксплуатации (плавучесть, остойчивость, управляемость, ходкость, незаливаемость на волне и т.д.)

Более узко под мореходностью понимается поведение судна при движении на взволнованной воде. Судно считается мореходным, если оно имеет плавную качку, не зарывается в воду при встрече с волной и мягко с ней соударяется, устойчиво на курсе и остойчиво на попутной волне.

Основным критерием мореходности глиссеров является устойчивость их движения при волнении и величина вертикальных перегрузок от соударения корпуса с волной.

На устойчивость движения влияет ряд факторов: центровка (положение ЦТ по длине и высоте), форма корпуса и соотношение главных размерений, дифференцирующий момент от упора движителя и его реактивный крутящий момент, форма и расположение руля, воздействие аэродинамических сил.

Различают устойчивость на курсе и устойчивость глиссирования.

Нарушение устойчивости на курсе проявляется в виде: рыскливости (уход с курса вправо или влево, что сопровождается постоянной перекладкой руля и снижением скорости) или внезапного разворота на ходу, достигающего до 180° при незначительной перекладке руля.

Эти явления (рыскливость, внезапный разворот) зависят от взаимного расположения ЦТ и центра общего сопротивления глассера. Если центр общего сопротивления расположен впереди ЦТ, то нарушения устойчивости на курсе вполне возможны.

Нарушение устойчивости глиссирования проявляется в виде рикошетирования или дельфинирования.

Рикошетирование возникает у судов с малой удельной нагрузкой, движущихся с высокой скоростью по взволнованной поверхности. Рикошетирование расшатывает конструкцию и снижает скорость до 50% и более.

Дельфинирование – неустойчивое движение судна с плавным периодическим раскачиванием вокруг поперечной оси, иногда со все увеличивающимся размахом. Дельфинирование возникает по ряду причин:

- a. Лишнее смещение ЦТ в нос;
- b. Слишком низкое расположение ЦТ;
- c. Малый продольный момент инерции глиссирующей поверхности;
- d. Аэродинамический момент, дифференцирующий судно на нос.

На мореходность глиссирующих судов влияет также и динамическая поперечная остойчивость (ДПО). ДПО зависит от ширины глиссирующей поверхности, формы днища и положения ЦТ по высоте. На рис. 2.6,а показаны схемы распределения динамического давления по ширине судна для различных форм поперечного сечения днища.

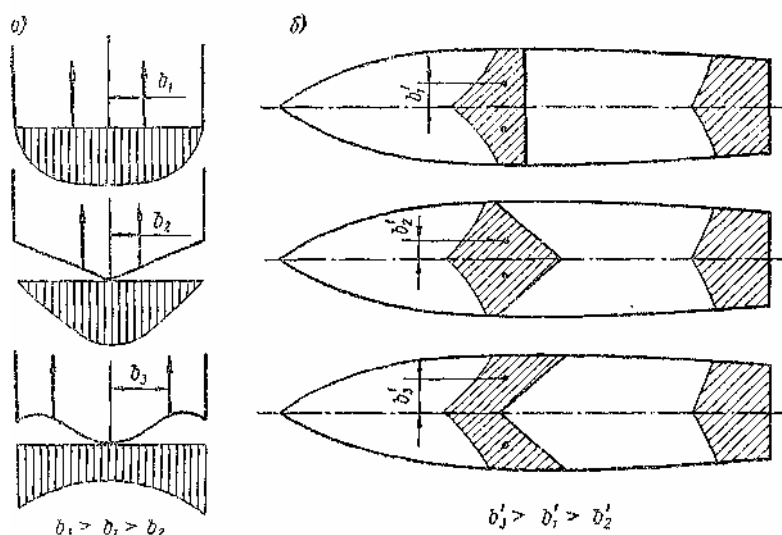


Рис. 2.6. Влияние формы поперечного сечения корпуса и формы носового редана в плане на плечи поперечной динамической остойчивости.

Очевидно, что равнодействующие симметричных половин этих эпюр давлений будут определять динамический восстанавливающий момент ($M_{дин} = P_{дин}l$). Из рис. 2.6 видно, что глиссирующая поверхность выпукло-вогнутой формы обладает небольшой динамической остойчивостью.

Поперечная остойчивость на циркуляции у глиссера практически полностью определяется действием гидродинамических сил, возникающих в результате его бокового подкальзывания (дрейфа) во внешнюю сторону циркуляции (рис. 2.7). Если при этом результирующая гидродинамических сил (нормальное давление и трение) P_y проходит выше ЦТ, то глиссер кренится внутрь циркуляции и наоборот. Крен во внутреннюю сторону циркуляции характеризует хорошую динамическую остойчивость, а крен во внешнюю сторону – плохую, т.к. в этом случае возрастает сила сопротивления дрейфу, которая вместе с центробежной силой создает пару сил, опрокидывающую судно во внешнюю сторону

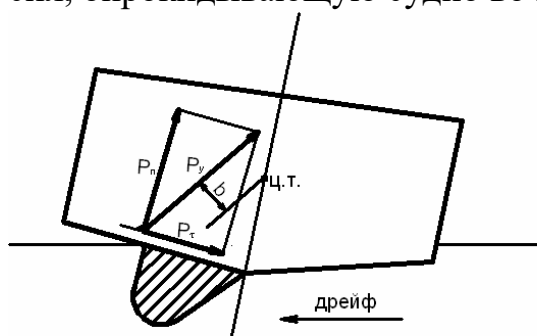


Рис. 2.7. Действие гидродинамических сил на глиссирующий корпус при циркуляции

Глава 3. Разработка проекта в начальной стадии проектирования

3.1 Общие положения

Мировая практика постройки и эксплуатации глиссирующих судов, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили выработать определенные рекомендации по проектированию быстроходных судов. Эти рекомендации в идее отдельных положений, аналитических зависимостей и графикой лежат в основе современных практических методов проектирования, являются по существу методами последовательного приближения.

При проектировании пассажирских, туристских и других типов судов при условии, что задан тип двигателя целесообразно следующая схема разработки проекта в начальной стадии:

1. Выбирается архитектурно-конструктивный тип судна, составляется эскиз общего расположения и определяются минимальные размеры L , B , H из условий общего расположения. При этом учитываются общие рекомендации по выбору отношений L/H ; L/B ; B/H .
2. По среднестатистическим данным или по прототипу в зависимости от материала корпуса или типа судна определяется измеритель массы по кубическому модулю и определяется масса корпуса

$$P_k = \rho_k LBH$$

3. Составляется полная нагрузка судна и определяется его водоизмещение D и рассчитывается положение ЦТ по высоте (z_g) и по длине (x_g)
4. По найденному значению D и заданной мощности N , используя графики, например, $N/D=f(v)$ и приближенные формулы, определяется достижимая скорость;
5. По значению достижимой скорости в зависимости от материала корпуса выбирается форма обводов;
6. Составляется эскиз теоретического корпуса и производится расчет элементов плавучести и остойчивости для горизонтальных и наклонных ватерлиний. В результате этого расчета определяется положение статической ватерлинии ($ВЛ$ на плаву) для водоизмещения и центровки, полученных в п.3.
7. При согласовании п.3 и п.6 уточняются основные параметры судна, после чего необходимо произвести для различных скоростей судна гидродинамический расчет, расчет двигателя, определить гидродинамическое качество.

Следующий этап (эскизный проект) происходит по той же схеме, но с более тщательной разработкой чертежей общего расположения с предварительной

проработкой конструктивного чертежа корпуса машинного отделения, что позволяет уточнить нагрузку и центровку судна. При этом разрабатывается принципиальная схема постройки и производится предварительный технико-экономический расчет. После согласования эскизного проекта с заказчиком приступают к завершающей стадии проектирования - разработке технического проекта рабочих чертежей.

3.2 Определение нагрузки судна

Полная нагрузка определяется как сумма укрупненных масс

$$D = P_K + P_M + P_{\text{топ}} + P_{\text{гр}} + P_{\text{снаб}} + P_{\text{св}} + P_N \quad (3.1)$$

где P_K - масса корпуса с оборудованием, устройствами и системами; P_M - масса энергетической установки (двигатель и монтажное оборудование); $P_{\text{топ}}$ - запас топлива; $P_{\text{гр}}, P_N$ - масса грузов и пассажиров соответственно; $P_{\text{снаб}}$ - масса экипажа и снабжения; $P_{\text{св}}$ - запас водоизмещения.

Обычно из техзадания $P_{\text{гр}}$ - величина известная. $P_N = 100\Pi$, где 100 - расчетная масса пассажира, кг; Π - количество пассажиров на судне.

Масса топлива $P_{\text{топ}}$ предварительно определяется в зависимости от дальности пробега (дальность плавания без пополнения запасов топлива) и удельного расхода топлива

$$P_{\text{топ}} = \frac{L_{\text{пр}}}{V} N g \quad (3.2)$$

где $L_{\text{пр}}$ - длина пробега, м, мили; V - эксплуатационная скорость, уз; N - эксплуатационная мощность, кВт; g - удельный расход топлива, кг/кВтчас.

Масса энергетической установки P_M представляется в виде

$$P_M = P_{\text{дв}} + P_{\text{моб}} \quad (3.3)$$

где $P_{\text{дв}}$ - масса двигателя, кг; $P_{\text{моб}}$ - масса монтажного оборудования, кг.

Масса $P_{\text{дв}}$ - обычно берется по технической характеристике. Масса $P_{\text{моб}}$ (валопровод, движитель, аккумуляторы, выхлопные трубы) может браться по прототипу.

Предварительная оценка массы корпуса P_K производится по измерителю массы (масса прототипа $P_{\text{пр}}$, отнесенная к кубическому модулю L_0, V_0, H_0). Таким образом

$$P_k = \left(\frac{P_{k0}}{L_0 B_0 H_0} \right) LBH - p_k LBH$$

где p_k – измеритель массы по $p_k = 110 - 140$ кубическому модулю, кг/м³; кг/м³ – морские катера и яхты, корпусом из стали; $p_k = 500$ кг/м³ – катера туристские, каютные.

3.3 Центровка

Для реданных катеров ЦТ должен располагаться позади носового редана. Наиболее оптимальной величиной отстояния ЦТ от редана считается

$$x_g = (0.2 \div 0.25) l_p$$

где l_p – отстояние носового редана от транца

Для трехточечных глиссеров и катамаранов ЦТ располагается впереди центра воздушного сопротивления, что повышает запас продольной остойчивости.

Для безреданных катеров и мотолодок в первоначальной стадии проектирования принимают

$$x_g' = (0.36 \div 0.41) L$$

где x_g' – отстояние ЦТ судна от транца; L – длина судна по ватерлинии на плаву.

3.4 Выбор главных размерений и их соотношений

За основной размер конструкторы чаще всего принимают длину проектируемого судна, которую принимают по требованиям заказчика или ориентируясь на прототип.

Располагая основными размерами (L или B) через отношение L/B, B/T, L/H можно получить все другие размеры.

3.4.1. Отношение L/B, ширина B

Среднестатистические данные показывают, что с ростом длины судна L отношение L/B возрастает, что подтверждается формулами

$$\frac{L}{B} = 1,45\sqrt{L} - 0,002L^2 \quad (3.4)$$

$$\frac{L}{B} = (0,1L + 2,3) \pm 0,25 \quad (3.5)$$

Для реданных катеров рекомендуется принимать следующие отношения в зависимости от скорости

$L/B < 3$ при $V \leq 11$ м/с;

$L/B = 3 \div 4$ при $V = 11 \div 16$ м/с;

$L/B \geq 4$ при $V = 17 \div 28$ м/с;

По отношению L/B определяется ширина B судна – размер, оказывающий исключительные значения на качество глиссирующего судна. Наивыгоднейшую ширину проектируемого судна можно выбрать по графику (см. рис. 3.1) либо из отношения $\frac{x_g}{B} \approx 2 \div 10$.

Пусть дано $D = 1000$ кг; $x_g = 3$ м; угол килеватости $\beta = 5^\circ$, расчетная скорость $V = 12,5$ м/с.

Вычисляем коэффициент нагрузки (по координате ЦТ)

$$C_D = \frac{Dg}{\frac{1}{2}\rho V^2 x_g^2} = \frac{1000 \cdot 9,81}{0,5 \cdot 10^3 \cdot 12,5^2 \cdot 3^2} = 0,014$$

Это значение C_D соответствует относительному удлинению $\lambda_1 = 0,272$. По кривой $\frac{x_g}{B}$ определяем $\frac{x_g}{B} = 3,0 \Rightarrow B = \frac{x_g}{3} = \frac{3}{3} = 1$ м, что обеспечивает гидродинамическое качество $k = 6,9$.

Полученную ширину B необходимо сравнить с допустимой минимальной шириной B_{\min} , которая устанавливается из условия поперечной остойчивости ($B \geq B_{\min}$).

Минимальное значение ширины B_{\min} из условия остойчивости может быть определено по формуле

$$B_{\min} = \left[\frac{47D}{10^3} + 0,465 \right] - 0,01\beta^\circ, \quad (3.6)$$

где D – полная масса катера, кг; β° – угол внешней килеватости.

Для рассматриваемого случая

$$B_{\min} = \left[\frac{47 \cdot 10^3}{10^3} + 0,465 \right] - 0,01 \cdot 5 = 0,885 \text{ м}$$

Т.к. $B > B_{\min}$, то принятая ширина $B = 1$ м удовлетворяет условию остойчивости.

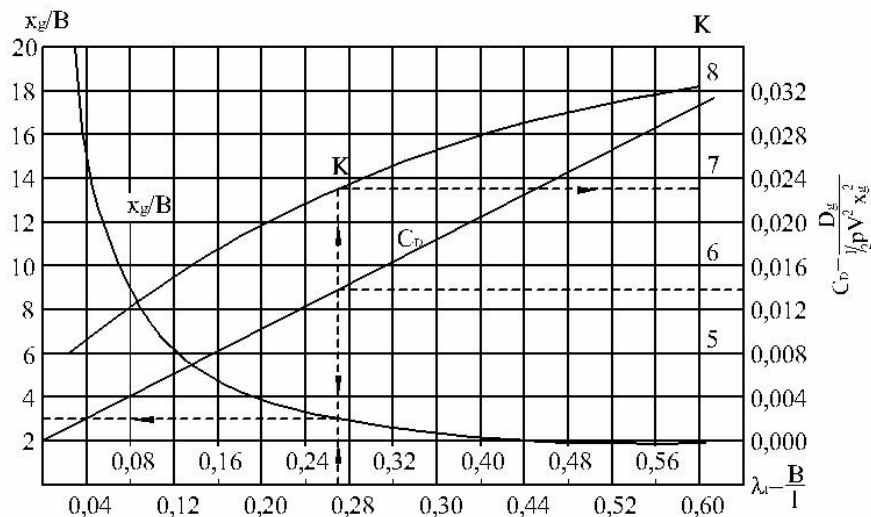


Рис. 3.1. Взаимосвязь наибольшего гидродинамического качества, центровки и относительного удлинения при килсватости $\beta=5^\circ$ с коэффициентом нагрузки C_p .

3.4.2. Отношение В/Т, коэффициент общей полноты

Выход судна на режим глиссирования осуществляется тем быстрее, чем больше отношение В/Т. При выборе этого отношения обычно исходят, что у лучших глиссеров отношение $V/T \approx 4 \div 10$.

Главные измерения L , B , T и водоизмещение судна на плаву связаны основным уравнением плавучести

$$D = \rho \delta L B T$$

Из которого при заданных D , ρ , δ , L , B определяют осадку T .

Иногда, задаваясь значением V/T , определяют осадку $T = \frac{B}{V/T}$, а затем из уравнения плавучести определяют δ .

Коэффициент общей полноты для глиссирующих судов в принципе не является характерным параметром и не имеет такого важного значения, как для водоизмещающих судов. Для глиссеров $\delta = 0,3 \div 0,6$.

Между V/T и δ для глиссирующих судов существуют определенные соотношения

$$\delta = 0,28 \sqrt{V/T} - 0,234 \quad (3.8)$$

$$\frac{B}{T} = 12,6(\delta + 0,234)^2 \quad (3.9)$$

3.4.3 Отношение L/H, высота борта H

Отношение L/H характеризует общую прочность корпуса. Глиссирующие катера имеют обычно малое отношение L/H, изменяющееся в пределах от 5,5 до 11. Для выбора отношения можно руководствоваться зависимостью

$$\frac{L}{H} = \frac{2}{3}L + a \quad (3.10)$$

где L – длина судна, м; a – величина, зависящая от типа судна (a=1÷6); для речных и озерных катеров a=3÷6; для морских судов длиной L=11÷17 м a=1÷1,05.

Увеличение высоты борта (уменьшение L/H) повышает запас плавучести, вместимость корпуса и общую прочность, но утяжеляет корпус, повышает парусность подводной части и ухудшает маневренность и ходкость.

Уменьшение высоты борта (увеличение L/H) снижает запас плавучести, повышает забрызгиваемость людей, ухудшает условия общей прочности корпуса. Однако при этом снижается центр тяжести, уменьшается масса корпуса и его парусность, что положительно влияет на остойчивость, маневренность и скорость судна.

3.5 Приближенное определение достижимой скорости глиссирующих судов и потребной мощности двигателя

В задании на проектирование обычно задаются или мощность двигателя или скорость судна. В первом случае надо добиваться максимальной скорости, а во втором минимальной мощности, при которой будет обеспечена требуемая скорость. Для определения N или V используются эмпирические формулы или различные графики.

На рис. 32 графики показывают, что глиссеры очень чувствительны к удельной нагрузке

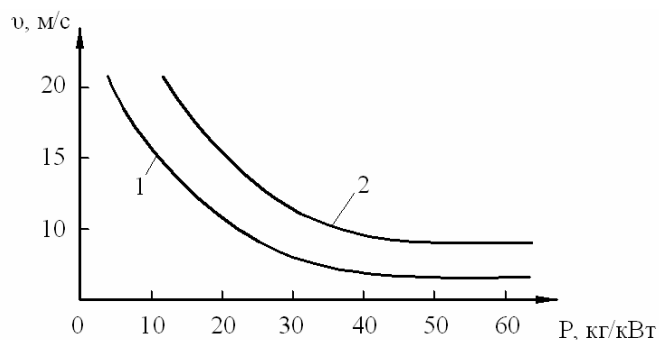


Рис. 3.2. Зависимость скорости от удельной нагрузки.

1 - средние значения $v=f(P)$;

2 - лучшие показатели.

Практикой установлено, что при $p > 40 \text{ кг/кВт}$ добиться режима глиссирования очень трудно. Для получения высоких скоростей ($17 \div 20 \text{ м/с}$) величина p не должна превосходить $12 \div 14 \text{ кг/кВт}$.

По графику 3.2 легко установить максимально достижимую скорость при заданных D и N , или наоборот, располагая заданной скоростью и водоизмещение D легко можно установить минимальную мощность N .

Ориентировочная оценка скорости глиссирующих судов может производиться по приближенным формулам. При использовании прототипа, отличающегося от проектируемого судна лишь мощностью мотора достижимую скорость можно оценить с помощью формул пересчета:

при $F_{r,D} = 2,5 \div 3$

$$V_1 = V_0 (N_1/N_0)^{0.5} \quad (3.11)$$

При $F_{r,D} > 4$

$$V_1 = V_0 (N_1/N_0)^{2/3} \quad (3.12)$$

Здесь V_0 , V_1 , N_0 , N_1 – скорости и мощности соответственно прототипа и проектируемого судна.

Глава 4. Проектирование элементов формы корпуса глиссирующих судов

4.1 Безреданные остроскулые корпуса

Шпангоуты днища в средней части выполняются по типу килеватых или изогнуто-килеватых обводов. Характерные типы обводов представлены на рис. 4.1, 4.2

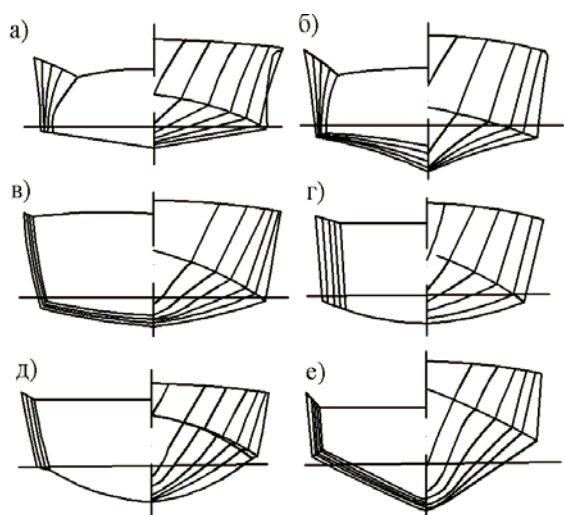


Рис. 4.1. Типы обводов глиссирующих катеров: а - плоскокилеватые; б - вогнуто-килеватые; в - с выпукло-килевым днищем; г - развертываемые (упрощенные обводы); д - округлые с большой килеватостью; е - "глубокое V".

Наиболее простыми в изготовлении являются плоскокилеватые и выпукло-килеватые формы днища.

Вогнуто-килеватая форма, а также тоннельная и S-образная являются технологически сложными формами.

Гидродинамическое качество корпуса понижается с увеличением килеватости, потому целесообразно проектировать днище возможно более плоскими.

НО! Повышение гидродинамического качества судов с большой килеватостью при сохранении мореходных качеств может быть достигнуто в результате постановки продольных реданов.

Кормовые шпангоуты днища. Придание некоторой килеватости или округлости кормовым шпангоутам и транцу обеспечивает устойчивость на курсе и подкальзывание кормы при повороте судна, что обеспечивает уменьшение радиуса циркуляции. Килеватость кормы не должна резко отличаться в кормовой и миделевой частях корпуса. Поэтому в кормовой части ее стараются сохранять постоянной (обводы типа «моногодрон»), что дает улучшение гидродинамических и мореходных свойств. Для обеспечения внутреннего крена на циркуляции целесообразно делать в кормовой части срез скулы, а точнее двухскульное образование (рис. 4.3)

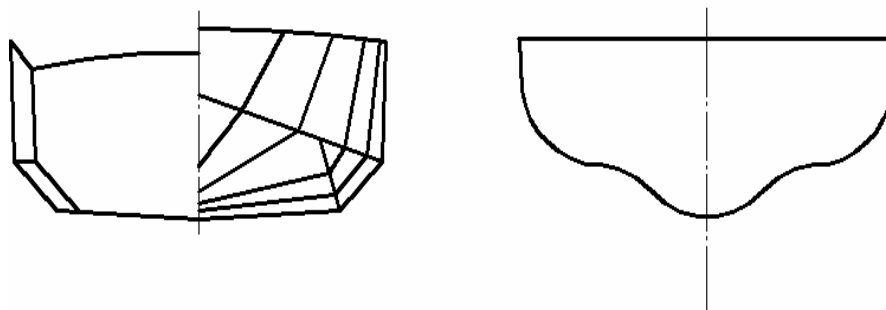
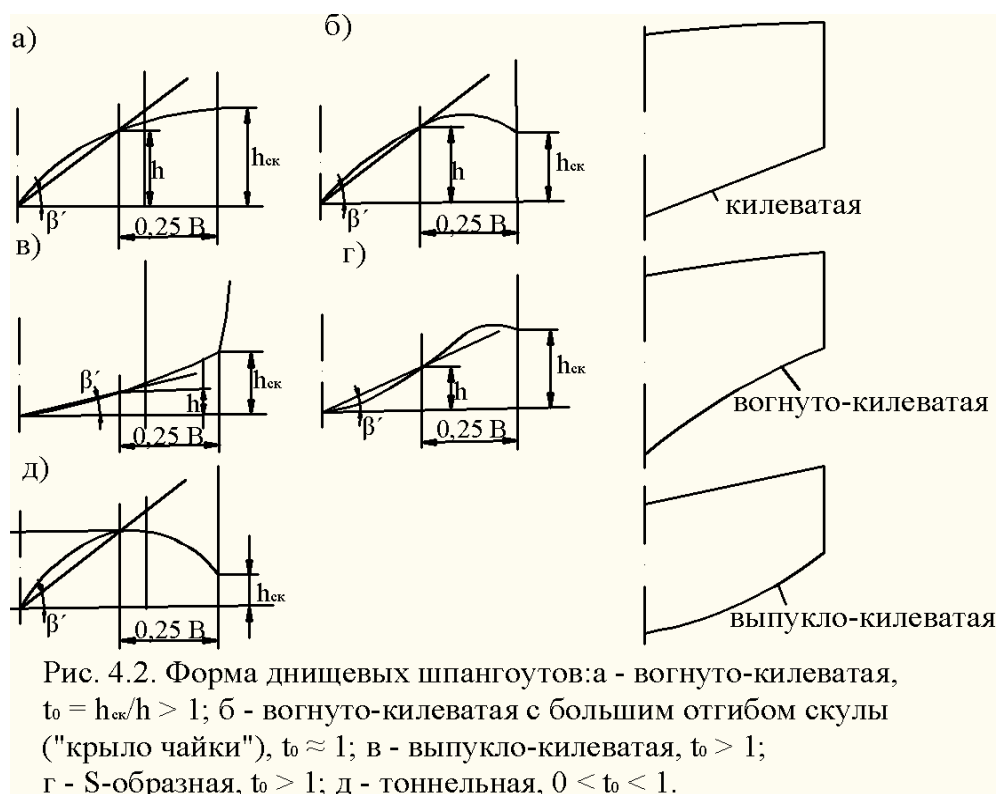


Рис. 4.3. Корпус моторной лодки с двойной скулой

Носовые шпангоуты днища. Как правило носовые шпангоуты идентичны шпангоутам в средней части, отличаясь от последней только большей килеватостью. Чем острее носовые обводы, тем мягче соударения корпуса с волной. Однако острые обводы с недостаточным развалом у скулы способствуют «зарыванию» носа в волну и неустойчивости движения особенно на попутном волнении.

Установлено, что для достижения наилучших мореходных качеств носовые шпангоуты следует проектировать по типу S-образных лентальных (рис. 4.1 е), что обеспечивает мягкое соударение днища с водой.

Шпангоуты борта. В носовой части бортовые шпангоуты должны иметь достаточный развал, увеличивающий плавучесть. В носовой части лучшая форма шпангоутов – вогнутая, в средней части – прямая с некоторым развалом. Развал бортов выполняется и в кормовой части на некоторой высоте от скулы, что обеспечивает «придавливание» бортового попутного потока и уменьшение волнового сопротивления и сопротивление трения.

Линия киля, форштевень, скула, борт. Килевая линия в кормовой части обычно выполняется в виде прямой, которая плавно переходит в линию форштевня. У морских судов форштевень делается более крупным, у речных

– пологим. Иногда у транца делается плавный отгиб (рис 4.4), что увеличивает подъемную силу и улучшает работу гребного винта, и, как следствие, до 15 % повышает скорость судна.

Скуловая линия проводится в виде плавной кривой, которая в кормовой части (примерно $\frac{1}{4} L$ от транца) должна идти параллельно килевой линии.

Пересечение скуловой линии со статической ВЛ обычно происходит на расстоянии $0,75 \div 0,8 L$ от транца. Смещение этой точки ближе к форштевню затрудняет плавный подъем скулы, приводит к повышению «крутизны» обводов, что сопровождается образованием подпорной носовой волны и заливанием палубы на малых и средних ходах. Точка притыкания скулы у форштевня должна быть тем выше, чем больше требований предъявляется к мореходности.

В плане (проекция полушироты) скуловая линия должна иметь измеренную остроту в носовой половине, небольшую цилиндрическую часть в середине длины и плавное сужение ($0,8 \div 0,9$ от ширины на миделе) в корме для обеспечения срыва попутного потока.

Палубная линия в плане должна быть крутой, чтобы обеспечить необходимый развал носовых шпангоутов. Подъем палубной линии в носу должен быть умеренным, чтобы не затруднять видимость в условиях ходового дифферента.

4.2. Реданные катера

Основные проектные параметры, определяемые в начальной стадии разработки корпуса, следующие:

- 1) Положение носового редана по длине (l_p);
- 2) Углубление кромок носового и кормового реданов (T_n и T_k);
- 3) Форма и положение носовой и кормовой скулы, углов атаки α_1 и α_2 носового и кормового реданов;
- 4) Форма носового и кормового реданов в плане и поперечном сечении (рис. 4.5)

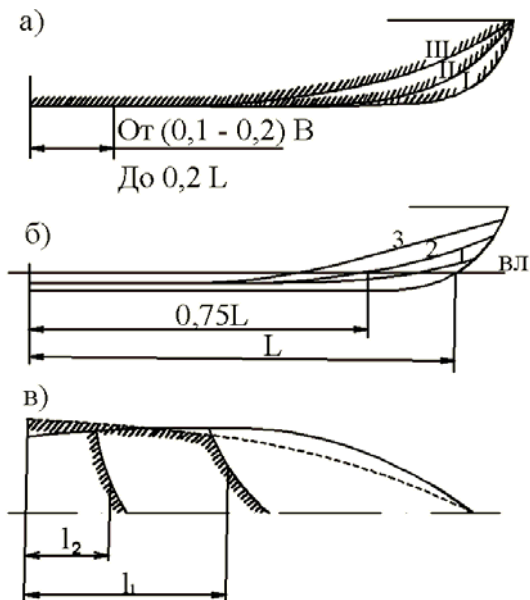


Рис. 4.4. Форма скуловой линии форштевня и киля:
а - типы форштевней и килевой линии; б - скуловые
линии на проекции бока; в - скуловые линии в плане.

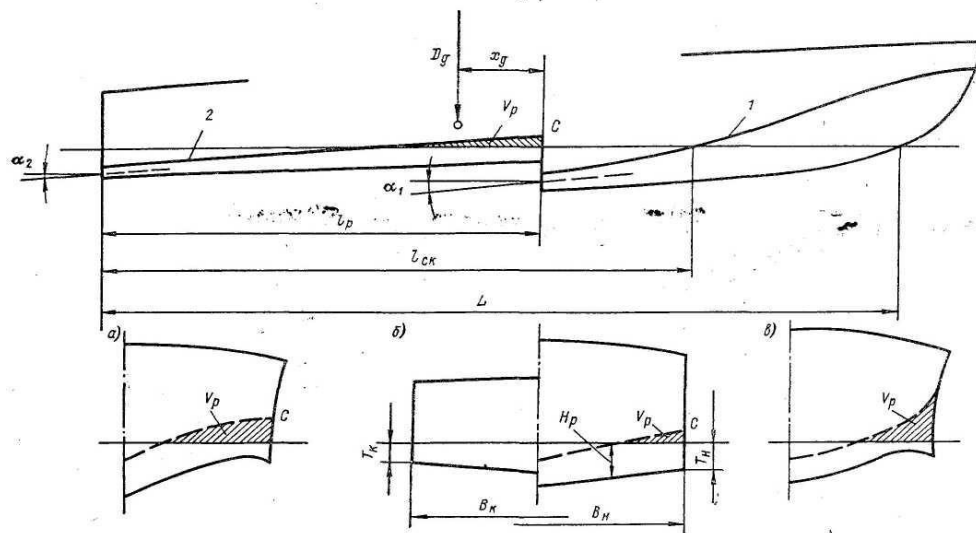


Рис. 4.5. Реданный корпус и основные типы поперечных сечений носового редана: а — вогнуто-килеватое с отгибом скулы; б — плоскокилеватое; в — S-образное с большим скруглением кормовой скулы у редана.
1, 2 — линии носовой и кормовой скулы; H_p — средняя высота носового редана; V_p — заряданный объем, расположенный над статической ватерлинией («продуктивное пространство»); B_n , B_k — ширина носового и кормового редана.

Важную роль при выборе параметров формы играют центровка судна и распределение нагрузки по реданам (рис. 4.6). Для установившегося глиссирования уравнение равновесия имеет вид

$$Dg = P_{н.р} + P_{к.р} \quad (4.1)$$

$$\sum M_0 = 0 \quad (4.2)$$

где $P_{н,р}$ и $P_{к,р}$ – подъемная гидродинамическая сила носового и кормового реданов; $\sum M_0$ – сумма моментов гидродинамических сил и веса судна относительно транца.

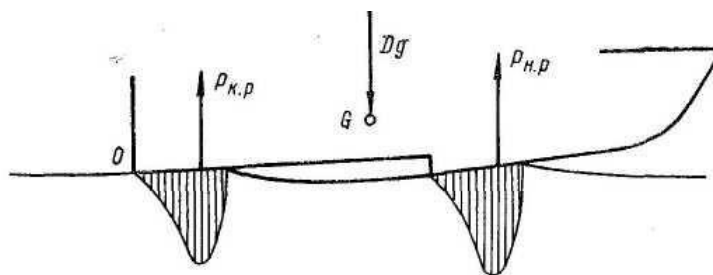


Рис. 4.6. Схема поддержания реданного катера.

$P_{н,р}$ – нагрузка на носовой редан; $P_{к,р}$ – нагрузка на кормовой редан.

В зависимости от соотношения между $P_{н,р}$ и $P_{к,р}$ различают три основных типа реданных глиссеров

1. С носовым несущим реданом, когда $P_{н,р} > 0,75Dg$, $T_n > T_k$, $\alpha_1 > \alpha_2$, $B_n > B_k$;
2. С главным кормовым несущим реданом, когда $P_{к,р} = 0,65Dg$, $T_n < T_k$, $\alpha_1 < \alpha_2$, $B_n < B_k$;
3. Глиссер «тандем», когда $P_{н,р} = P_{к,р} = 0,5Dg$, $T_n = T_k$, $\alpha_1 = \alpha_2$, $B_n = B_k$;

Расположение носового редана.

1. Носовой редан оказывает отрицательное влияние на кормовой, т.к. последний работает в возмущенном потоке. Поэтому для повышения гидродинамического качества глиссера расстояние между ними желательно увеличивать.

2. Практически гидродинамическое качество носового редана выше, чем у кормового, поэтому целесообразно большую часть нагрузки переносить на носовой редан с одновременным увеличением его ширины.

Отстояние носового редана от транца для существующих судов колеблется от 0,35 до 0,6 L. Для рассмотренных типов судов это расстояние рекомендуется выбирать следующим образом:

- 1-й тип - 0,51 L;
- 2-й тип – 0,6 L;
- 3-й тип – 0,53 L;

Для указанных типов катеров положение ЦТ и ЦВ от транца должно находиться на расстоянии:

- 1-й тип - 0,35÷0,47 L;
- 2-й тип – 0,25÷0,35 L;
- 3-й тип – 0,3÷0,41 L;

- носовой редан
- кормовой редан
- тандем

Углубление кромок реданов T_H и T_K . величину углубления кромок обычно назначают в зависимости от B_H ширины редана. Для всех типов глиссеров обычно принимают

$$T_H = 0,08 \div 0,1 B_H$$

Для кормового редана T_K определяется в зависимости от угла кромок реданов $\alpha_{кр}$ (рис 4.7)

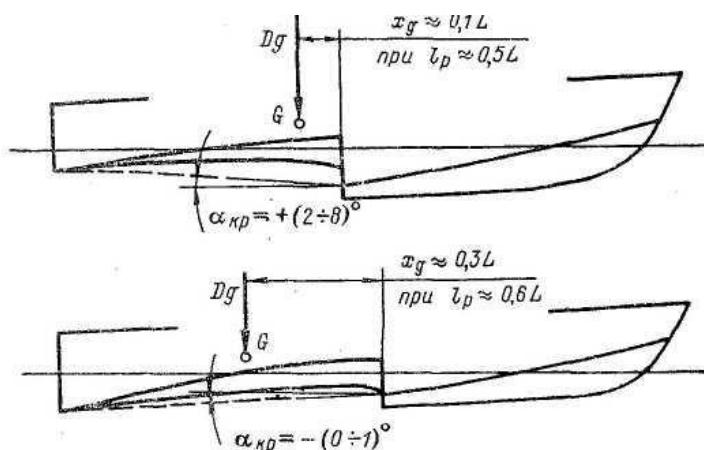


Рис. 4.7. Углы кромок реданов.

Положение линии скулы на проекции бока.

Точка пересечения носовой скулы с ватерлинией ВЛ для глиссеров 1-го типа располагается на $0,75L$ от транца; для 2-го типа – не более $0,83 L$; для 3-го типа – не более $0,78 L$.

Кормовая скула выполняется обычно в виде плавной вогнутой или выпуклой кривой с таким расчетом, чтобы точка ее притыкания располагалась над проектной ВЛ на плаву. Такое положение точки притыкания кормовой скулы к носовому редану исключает создание вакуума в заданном пространстве, за счет сообщения последнего с атмосферой.

Углы атаки реданов.

Угол атаки редана зависит от нагрузки и относительной длины глиссирующих площадок. В первом приближении средний угол атаки носового редана может быть определен по формуле

$$\alpha_n^s = a l_p + b \quad (4.3)$$

где l_p - расстояние носового редана от транца, выраженное в долях от L .

Коэффициенты a и b в (4.3) выбираются следующими:

- 1) Для носового несущего редана $a=11,5$ и $b=-1,45$
- 2) Для кормового несущего редана $a=7,8$ и $b=-0,45$
- 3) Для глиссеров «тандем» $a=3,7$ и $b=0,73$

Кормовой редан обычно скользит на обратном склоке полуволны, образующейся за носовым реданом и обычно его угол назначают на 30-45° меньше носового.

Высота редана.

Высота редана должна обеспечивать срыв потока без «зализывания» возможно большей части днища за реданом. В районе борта высота уступа должна обеспечить доступ воздуха в зареданную часть.

Практически высоту редана не делают меньше 50 мм.

Форма редана.

Форма поперечного сечения носового редана может быть самой разнообразной: плоско-килеватой, изогнуто-килеватой, S-образной и т.д. подходы к выбору формы сечения редана те же, что и по выбору миделевых шпангоутов безреданных катеров.

4.3

Форма «глубокое V». Продольные реданы

Проектирование обводов «глубокое V» не представляет особой сложности. Их проектируют по типу «моногедрон» принимая килеватость на транце такой же как и на миделе, или же транец делают более плоским ($4 \div 5^\circ$ не более). В этом случае действующая ВЛ оказывается больше на плаву и при глиссировании за счет увеличения ширины, что положительно сказывается на повышении остойчивости судна. Шпангоутам в этом случае представляется целесообразным придавать выпуклую форму, что снижает силу удара днища о воду в случае соударения корпуса с волной при крене на борт.

Для улучшения всхожести на волну итальянский конструктор Ренато Леви установил два носовых продольных редана – срывника. Действие продольных реданов обеспечивает подтор в результате в районе редана возникает дополнительное давление (рис. 4.8)

За реданом появляется несмачиваемый участок днища, что уменьшает смоченную поверхность и, следовательно сопротивление трения. В результате подъемная сила возрастает и гидродинамическое качество также возрастает (в ряде случаев до 17%).

Наиболее эффективны в действии короткие реданы, установленные в районе брызговой пелены т.е. у носовой границы ходовой ВЛ (рис. 4.9,б). в кормовой части действие продольных реданов малоэффективно, т.к. скорость поперечного перетекания здесь уменьшается из-за уменьшения давления на днище (рис 2.1) и кроме того затруднение продувки может создать эффект «присоса» днища, что увеличит его сопротивление.

Форма поперечного сечения редана принимается в виде прямоугольного треугольника с гипотенузой расположенной горизонтально с малым катетом, расположенным перпендикулярно к обшивке (см. рис.)

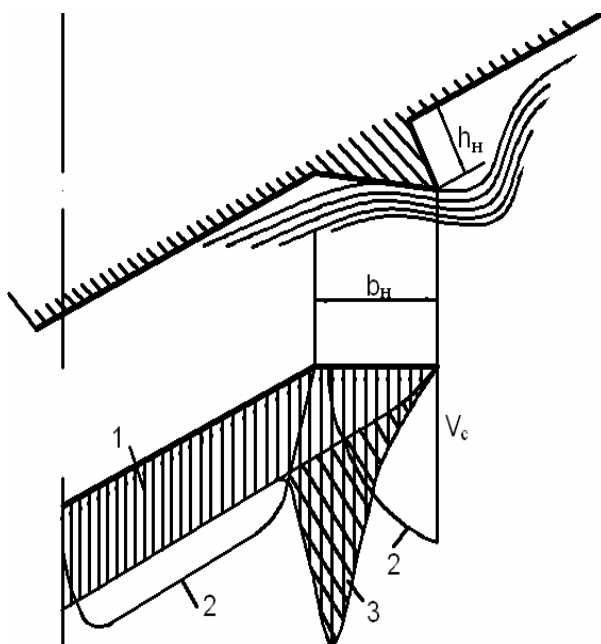


Рис. 4.8. Схема поперечного обтекания килеватого днища с продольными реданами.

1 - эпюра давлений на днище; 2 - эпюра скоростей поперечного перетекания; 3 - дополнительное давление, создаваемое продольным реданом.

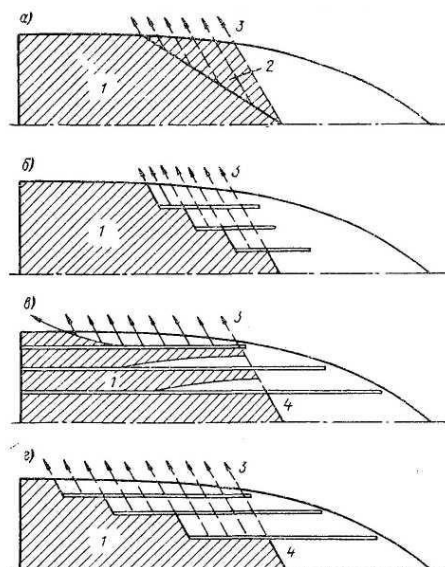


Рис. 4.9. Расположение продольных реданов: а — днище без реданов; б — короткие реданы в районе брызговой пелены; в — длинные реданы; г — длинные реданы, не достигающие до транца со ступенчатым расположением кормовых концов.

1 — смоченная поверхность днища; 2 — зона брызговой пелены; 3 — брызговые струи; 4 — носовая граница ходовой ватерлинии.

Чтобы обеспечить незамываемость выходящей из воды поверхности днища (рис. 4.10) необходимо принимать соответствующую высоту редана h_n . практика показала, что для катеров водоизмещением $800 \div 1200$ кг $h_n \leq 30$ мм.

Количество реданов, устанавливаемых на днище катера зависит от ширины корпуса и расчетной скорости. На существующих малых и средних катерах бывает по 2-4 пары реданов (по 2-4 редана на каждую половину ширины судна). Каждая пара реданов определяет оптимальную ширину смоченной поверхности при соответствующей скорости судна. Из сказанного следует, что расстояние между ближними, симметрично расположенными реданами должно равняться оптимальной ширине ходовой ВЛ на расчетной скорости (см. рис. 4.10).

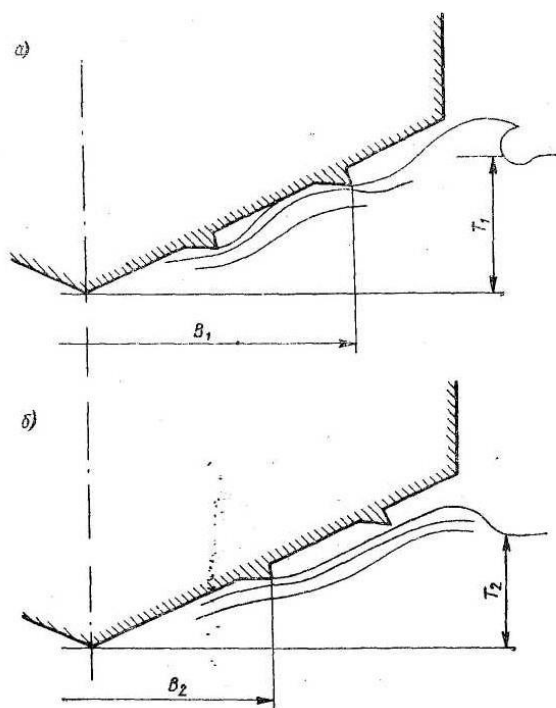


Рис. 4.10. Схема положения судна, глиссирующего при двух (а) парах работающих реданов и при одной паре (б).
 B_1 , B_2 — ширина ходовой ватерлинии; T_1 , T_2 — ходовая осадка (по данному сечению).

4.4 Тенденция современного развития глиссирующих судов.

К современным конструкциям можно отнести обводы катеров под названием «тридин» (рис.4.11)

Эти обводы представляют собой сочетание трех (включая транец) поперечных реданов с острокилевой носовой частью, имеющей продольный редан. Удачно подобранные углы атаки и смоченные длины поперечных реданов исключают скачки судна на волне.

Конструкция «тридин» характеризуется мягким ходом на волне и высоким гидродинамическим качеством.

Эти обводы представляют собой сочетание трех (включая транец) поперечных реданов с острокилевой носовой частью, имеющей продольный редан. Удачно подобранные углы атаки и смоченные длины поперечных реданов исключают скачки судна на волне.

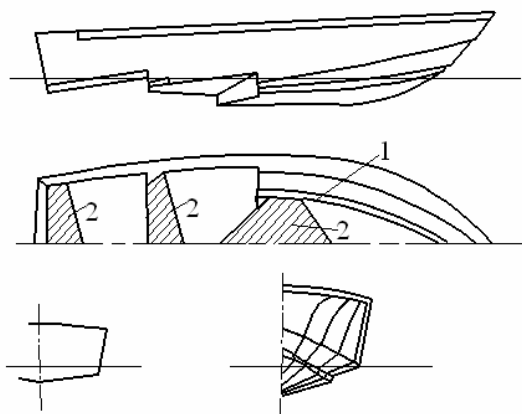


Рис. 4.11. Схема обводов типа "тридин".

1 - носовой продольный редан;

2 - глиссирующие площадки поперечных реданов

Конструкция «тридин» характеризуется мягким ходом на волне и высоким гидродинамическим качеством.

К числу удачных с точки зрения гидродинамики относится и конструкция типа «эйрслот» (рис. 4.12)

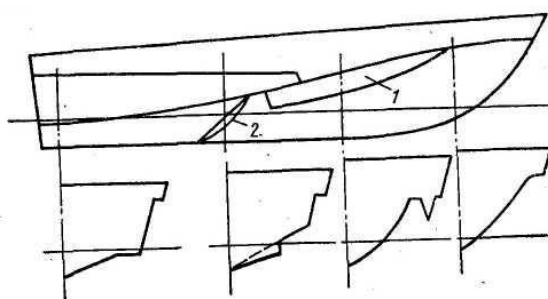


Рис. 4.12. Схема обводов типа «эйрслот».

1 — спонсон; 2 — поперечный редан.

В основе этой конструкции лежат обводы «кафедрала» («глубокое V» в сочетании со спонсонами, не смачиваемыми на ходу). Особенностью этих обводов являются поперечные реданы и горизонтальные продольные участки у бортов днища в кормовой части. Поперечный редан в этой конструкции «срывает» избыточную подъемную силу от волны, после прохождения его редана. Волна накатывается на реданную площадь, имеющую меньший угол атаки, и с меньшей подъемной силой действует на корпус, что практически исключает его отрыв от воды. Горизонтальные участки днища «затрагивают» продольные валы, образующиеся при движении судна, что повышает его поперечную остойчивость. Интересной следует признать конструкцию катера «дунаплон». Это реданный катер с основным несущим носовым реданом (рис. 4.13), имеющий килеватость $12,5^\circ$. Форма носовых шпангоутов V-образная с небольшой выпуклостью. Днище у редана имеет небольшой отгиб. В районе брызговой пелены поставлены короткие продольные реданы. Поперечный редан имеет в

плане обратную клиновидность «ласточкин хвост». Высота редана около 40 мм. Выхлоп газов осуществляется в зареданное пространство. На днище в корме установлена регулировочная плита, позволяющая легко устанавливать оптимальный ходовой дифферент в зависимости от нагрузки и состояния волнения моря. Гребной вал гибкий, что обеспечивает работу винта в прямом потоке. Гидродинамическое качество катера достаточно высокое ($K > 7$) и он обладает хорошей мореходностью.

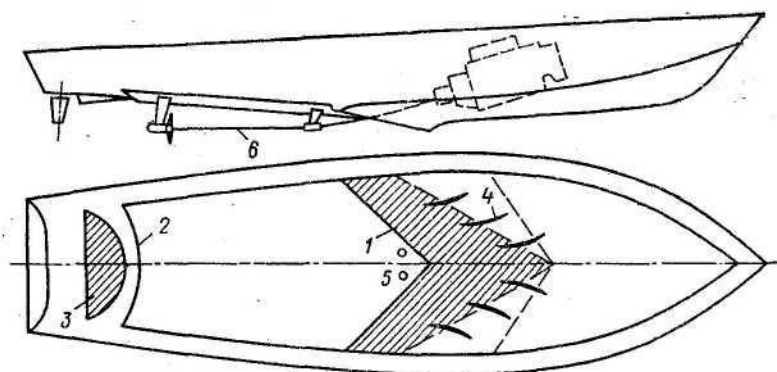


Рис. 4.13. Схема экспериментального катера «Дунаплан».

1 — носовой (главный) редан; 2 — кормовой редан; 3 — стабилизатор (регулирующая пластина); 4 — короткие носовые продольные реданы — брызгоотбойники в районе носовой границы площадки скольжения; 5 — подводный газовыхлоп от двигателя; 6 — гибкий вал.