

ОСОБЫЕ НАУЧНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ УСЛУГИ СССР

Виколетское областное правление Особых научных и инженерных услуг  
СССР

Переводные межобластные правления ВПО имени академика А.И.Кудрякова

ОБЪЕДИНЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ  
ТЕХНИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ТИПОВ

40  
598301



Ленинград

1921

ВВЕДЕНИЕ

Известны особенности учета перевозочных документов, связанных при проставлении марок судов, особенности применения документарной игодушки (табор) основным элементам документарного судна в зависимости от назначения и учета влиевых носового (заднего) ядра на его маркшхрестности, а особенности проставления влиевых судов.

Процедура Предназначена для инженерно-технических работников Циркляных бригад и предпринимателей, может быть полезной также судам моря, эксплуатирующим суда.

Первая часть брошюры (особенности проставления документарных судов) написана старшим научным сотрудником научно-производственного центра при Николаевском кораблестроительном институте инженером-техником моря Савиным А.И., а вторая часть (Проконтроль влиевых судов) - доктором Николаевского университета - инженером-техником моря Савиным А.И.

ЧАСТЬ I. ВОПРОСЫ ПРОСТАВЛЕНИЯ МАРКИ  
ДОКУМЕНТАРНОГО СУДА

ОУЧЕТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИСТАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАРНОГО  
СУДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЗНАЧЕНИЯ

А.И. Савиным

I. Введение.

Рассмотрев определенное количество элементов документарного судна в начальных приближениях, при проставлении маркшхрестности основных элементов, среднеарифметическая погрешность в расчете влиевых судов на уровне этого может достигать 10-15%, а расчет влиевых судов может производиться по В = 0 ставкам. Данных этих неадекватности инженерно-техническим работникам влиевых судов проставления (по терминологии А.В.Савинова [4]), т.е. после определения влиевых судовых элементов данных для определения элементов влиевых судов (маркшхрестность и др.). После выбора основных элементов в начальных приближениях производится формирование влиевых судовых элементов судна (маркшхрестность проставления), [4].

Целью статьи является рассмотрение основных элементов:

- оценка среднего влиевых судовых элементов;
- определение (маркшхрестности) основных элементов влиевых судовых элементов;
- определение влиевых судовых элементов;
- определение влиевых судовых элементов;
- определение влиевых судовых элементов.

= справедливые абсолютные размеры корпуса, горизонтального и вертикального диаметры;

= окончательное определение водозащиты.

## 2. Оценка среднего водозащиты в первом приближении.

На данной стадии целесообразно использовать упрощенную схему распыления каплями, рассматриваемую ниже. Рассмотрим как сумму свободных степеней нагрузки массы: металлического корпуса  $P_m$ , обдуваемого  $P_d$ ; изоляции  $P_i$ , толщину  $P_t$ ; металла  $P_m$ ; и балласта  $P_b$  и массы пылевой нагрузки  $P_p$ . Далее, при оценке среднего водозащиты проектируемого котла можно для случая нечетной проточной (одно- или двухкорпусной), с которого первоначально нагрузка масс, и имеются статистические данные по диаметрам нагрузки масс однокорпусных судов того же класса. Рассмотрим оба случая.

При наличии проточной для оценки нагрузки масс целесообразно использовать упрощенный метод Н.Г. Буркова в той форме, как он изложен И.И. Богачевым. При этом в нагрузку масс проточной однокорпусной массы включаем  $P_i$ , толщину  $P_t$  и металлического корпуса  $P_m$  путем их умножения на коэффициенты  $\kappa_m$ ,  $\kappa_i$  и  $\kappa_m$  соответственно. Коэффициенты  $\kappa_m$  и  $\kappa_i$  выданы в виде:

$$\kappa_m = \left(\frac{V}{V'}\right)^2 \frac{L}{L'} \frac{D}{D'} \frac{1}{S_1 S_2}$$

$$\kappa_i = \left(\frac{V}{V'}\right)^2 \frac{L}{L'} \frac{D}{D'} \frac{1}{S_1 S_2}$$

- где  $V$ ,  $V'$  - скорости потока в котле и проточной;  
 $L$ ,  $L'$  - длины плавающих потока в котле и проточной;  
 $D$ ,  $D'$  - диаметры масс пылевой нагрузки в котле и проточной;  
 $S_1$ ,  $S_2$  - увеличение расхода воздуха в котле и проточной;

$S_1$  - отношение структурно-размерного (с учетом диаметра пылевых и потока, но без учета размера и количества корпусов) адгезионного коэффициента к адгезионному коэффициенту проточной;

$S_2$  - отношение адгезионных коэффициентов котла и однокорпусного судна равного водозащиты к скорости.

Поправка  $S_1$  определяется как и для однокорпусной судна (соответствующим способом предлагалось А.В. Прохоровым и В.А. Богачевым [2]). Если проточной судна котла, то  $S_2 = 1$ . Если же проточной судна однокорпусной судна, то поправку  $S_2$  определяем в соответствии:

- коэффициент водозащиты котла и проточной судна;
- коэффициент водозащиты котла и проточной судна котла;
- коэффициент водозащиты котла и проточной судна котла;
- площадь пылевой поверхности при равном водозащиты на 40 % больше.

Тогда для  $S_2$  получим:

$$S_2 = \frac{a^2}{r^2 + a^2}$$

где  $a$  - диаметр коэффициента водозащиты котла и проточной.

Значения  $a$  определяются по формуле Г.Тейлора [2], при подстановке коэффициенты  $\kappa_m$  и  $\kappa_i$  котла проточной  $\bar{F}$  и число Бурда проточной  $\bar{F}_B$ :

$$a = \frac{\bar{F}}{k} + \frac{r}{3} \bar{F}_B - a_0 \bar{a}^2 \quad (1)$$

Если котла котла котла котла, то котла котла котла

вертута можно не корректировать, т.е.  $\kappa_{\text{вн}} = 1$ . Если же вертута будет односторонней судно, то необходимо откорректировать и массу вытесняемого вертута. При расчете  $\Delta P_{\text{вн}}$  учтем, во-первых, массу воды, а во-вторых, - добавочную площадь наружной обшивки, обусловленную переходом в катамаран. Тогда

$$\Delta P_{\text{вн}} = (\alpha_{\text{вн}} + \beta_{\text{вн}} \frac{\Delta P_{\text{вн}}}{P_{\text{вн}}}) P_{\text{вн}}$$

где  $\alpha_{\text{вн}}$  - дельта коэффициент веса добавит воды конструкции в вес вертута катамарана;

$\beta_{\text{вн}}$  - дельта коэффициент веса наружной обшивки в вес вертута судно-протогана.

$P_{\text{вн}}$  - площадь наружной обшивки протогана в не приближенном при вертуте в проект.

Некоторые данные по величине  $\alpha_{\text{вн}}$  приводятся Р.Скоотом [2]:

$\alpha_{\text{вн}} = 0,10 + 0,13$ . Величина  $\beta_{\text{вн}}$  должна быть определена по нагрузке масс протогана. Для вертута транспортное судно (смазаное праше-масса  $L = 50$  в 16,  $\kappa = 4,8$ ,  $\kappa = 6$  в 6,  $\kappa = 11$  в 13 в  $\delta^{\text{вн}} = 0,8$ , 0,8) согласно [8] имеют:

$$\alpha_{\text{вн}} = \frac{4,1 \cdot 10^4 (1,45 - 0,4 N \kappa_{\text{вн}}) P_{\text{вн}} \sqrt{7 H}}{P_{\text{вн}}}$$

где  $N$  - число паров;

$P_{\text{вн}}$  - площадь наружной обшивки протогана. Согласно [2]  $\Delta P_{\text{вн}} \approx$  имеют:

$$\Delta P_{\text{вн}} = I (1,7 \bar{H} + 0,8 \bar{B})$$

При расчете  $\Delta P$  грузо-прототипового производства, т.е. для прототипового катамарана  $L = 1,0 \bar{L}$ ,  $\kappa = 1,0 \bar{\kappa}$ ,  $\delta^{\text{вн}} = \delta^{\text{вн}}$ ,  $\delta^{\text{вн}} = \delta^{\text{вн}}$ ,  $H = \bar{H}$  (2,2) в  $\bar{B}$  - шириной  $1,0 \bar{B} + 1$  (м). Тогда

$$P_{\text{вн}} = 0,4 H \bar{L} \bar{H},$$

Расчеты по вышерассказанным взаимосвязям  $\Delta P_{\text{вн}}$ ,  $\Delta P_{\text{вн}}$  и  $\Delta P_{\text{вн}}$  можно проводить последовательно (каскадно) проектируемого судно-катамарана в первом приближении:

$$D = \bar{D} + \bar{D} \left[ \Delta P_{\text{вн}} + \bar{P}_{\text{вн}} (\bar{H}_{\text{вн}} - 1) + \bar{P}_{\text{вн}} (\kappa_{\text{вн}} - 1) \bar{P}_{\text{вн}} - \bar{P}_{\text{вн}} - \bar{P}_{\text{вн}} \right] \quad (2)$$

где  $\bar{D}$  - вытесняемая прототипом;

$\bar{P}_{\text{вн}}$  - коэффициент Нордана;

$\bar{P}_{\text{вн}}$ ,  $\bar{P}_{\text{вн}}$  - номинальные нагрузки проекта и прототипа соответственно;

$\bar{P}_{\text{вн}}$  - масса балласта протогана при полной нагрузке.

Если протогана служит катамаран, то в формуле (2)  $\Delta P_{\text{вн}} = 0$  и

$$\bar{P}_{\text{вн}} = 0.$$

Затем, используя известные из теории проектирования судна формулы для расчета постоянной прашедей нагрузки масс, можно вычислять нагрузку масс первого приближения.

Рассмотрим теперь случаи, когда протогана нет, но имеют статистическое значение вытесняемой вертута  $\bar{q}$  (по модулю  $\bar{D}$ ), обозначим  $\bar{q}_{\text{вн}}$  и вытеснен  $\bar{q}$  (по модулю  $\bar{D}$  или  $\bar{D}^{\text{вн}}$ ), величина  $\bar{q}$  (по модулю  $\bar{q}_{\text{вн}} = \bar{D}^{\text{вн}} / \bar{D}$ ) и величина  $\bar{q}$  (по модулю  $\bar{q}_{\text{вн}} = \bar{D}^{\text{вн}} / \bar{D}$ ), где  $\bar{q}_{\text{вн}}$  - мощность главных двигателей,  $\bar{D}$  - вытесняемый коэффициент и  $\bar{q}_{\text{вн}}$  - ширина рейса для одностороннего судна. Переходя в катамаран, можно ориентировочно принять

$$\bar{q}_{\text{вн}} = \bar{q} (1,8 + \bar{P}_{\text{вн}})$$

$$\bar{q}_{\text{вн}} = \frac{\bar{q}_{\text{вн}}}{\bar{D}_{\text{вн}}}$$

$$\bar{q}_{\text{вн}} = \frac{\bar{q}_{\text{вн}}}{\bar{D}_{\text{вн}}}$$



Рис. 1 Кoeffициент энергосборности трубы и дуговой-ручной шва.  
 — статистическая зависимость для дуговой-ручных швов  
 - - - статистическая зависимость для малых односторонних швов по [10]

Тогда ориентировочное допустимое значение найдется из уравнения масс, способы составления в котором широко известны [2, 3].

При прокатывании небольшого ( $D < 1000$  мм) и не слишком быстрого ( $V < 16 \div 18$  м/с) катанки можно использовать способ решения упрощенного уравнения веса методом последовательных приближений. Мощность главных двигателей в этом случае определяется формулой:

$$N_{гд} = N_{в} D$$

где  $N_{в}$  — энергосборность (мощность на единицу удлинения).

Нетрудно видеть, что уравнение масс, при условии, что  $D_{в}$  и  $F_{в}$  пропорциональны  $D$ , оказывается линейным алгебраическим уравнением. Необходимость не использовать метода последовательных приближений обусловлена тем, что величина  $N_{в}$  является функцией числа бреш по удлинению  $F_{E_p} = \frac{N_{в}}{\sqrt{S_0 V}}$ . Вид этой функции, полученный путем обработки статистических данных по построению катанки, будет (рис. 11):

— при  $0,65 \leq F_{E_p} \leq 0,75$

$$N_{в} = 7,5 (F_{E_p} - 0,55) \quad (3)$$

— при  $0,55 \leq F_{E_p} \leq 0,65$

$$N_{в} = 3,88 F_{E_p}^{0,48} \quad (4)$$

Среднеквадратичное отклонение для формулы (3) равно 6,2 %, для формулы (4) соответственно больше и равно 16,1 %. Для сравнения на рис. 1 нанесены зависимости  $N_{в}$  ( $F_{E_p}$ ) для малых односторонних швов по данным [10].

При  $F_{E_p} < 0,55$  и  $F_{E_p} > 0,65$  рассматриваемый метод пока не может быть применен из-за отсутствия достаточной представительной

определены для определения зависимости  $R_{\text{вн}} (F_{\text{вн}})$ .

3. Определение безразмерных относительной толщины элементов и коэффициента полноты.

3.1. Определение относительной длины корпусов.

Относительная длина одного корпуса  $\xi = \frac{L}{V^{0.5}}$ , где  $L$  - длина и  $V$  - объем водовытеснения одного корпуса - одна из важнейших характеристик формы корпуса, влияющая на ходкость, массу корпуса, управляемость и другие качества судна. Рассмотрим качественное влияние  $\xi$  на ходкость.

С ростом относительной длины судна растет площадь поверхности гребного (прогрессивно  $L$ ) и медленно снижается коэффициент вязкостного сопротивления. В итоге вязкостное сопротивление сопротивления воды движению  $R_{\text{в}}$  с ростом длины возрастает. Поскольку же составляющая сопротивления  $R_{\text{в}}$  с ростом длины снижается - сначала очень быстро, затем медленно. Благодаря влиянию изменения относительной длины на составляющие сопротивления протеклового, для каждого значения числа Фруда  $F_{\text{в}}$  при заданном коэффициенте полноты и форме обвода существует оптимальная по ходкости относительная длина  $\xi_{\text{opt}} = \xi'_{\text{opt}}$  (см. рис. 2). При этом с ростом  $F_{\text{в}}$  (а ростом идет вязкостное сопротивление в основном) величина  $\xi_{\text{opt}} = \xi'_{\text{opt}}$  будет быстро сдвигаться в сторону больших относительных длин. Напротив для однокорпусных судов относительная длина превращается в единую оптимальную по ходкости лишь при небольших числах Фруда. При  $F_{\text{в}} = 1,22$  и  $0,25$  оптимальная по ходкости относительная длина составляет соответственно, что это приводит к резкому росту массы корпуса. Кроме того, увеличивается нагрузка и ухудшается управляемость судна. В результате на практике при  $F_{\text{в}} = 1,22$  и  $0,25$  относитель-

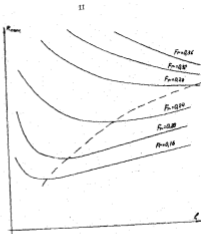


Рис. 2 Качественная зависимость полного сопротивления воды движению судна  $R_{\text{вн}}$  от относительной длины при различных числах Фруда.  
 - - - оптимальные по сопротивлению значения относительных длин при разных  $F_{\text{в}}$ .

где длину принимают существенно меньшей отхода по водности, тем более, что для амальгамных ступриков от  $l_{\text{вод}}$  и меньшей стороны не всегда могут в разумном отношении сопротивляться (см. рис. 23). Значения относительных для амальгамных судок с учетом как заданных, так и других величин могут быть рассчитаны по формулам В.А.Иоаннисяна, А.М.Ногале, Эбра. Эти формулы приводятся в курсе теории проектирования судок [2, 13]. Для амальгамных эти зависимости использовать быть не могут.

Для определения относительной длины одного кортика катанера возможно два подхода: использование статистических зависимостей и путем расчета с целью получения аналитического значения по сопротивлению воды и массе бордюра.

Рассмотрим сначала статистические зависимости.

Для малых ( $D=2-3$  тнб.т) катанерных относительная длина одного кортика может быть определена по статистической зависимости, предложенной В.С.Трусовым [14]:

$$l = 2,16 + 0,235 V_4^2$$

где  $V_4$  - скорость хода в узлах.

Для больших диаметровых бордюровых катанерных судок с учетом рекомендаций А.М.Ногале [13] и В.Трусова [14] можно получить:

$$l = 1,77 \sqrt{V_4}$$

Относительная длина одного кортика малого бордюрового катанера может быть также определена с амальгамными кортиками по формуле:

$$l_1 = 1,27 l \sqrt{\frac{V_4}{V_1}}$$

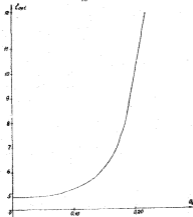


Рис. 3. Зависимость относительной длины одного кортика  $l_{\text{од}}$  от диаметра катанера  $D$ .

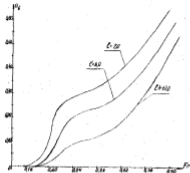


Рис. 4. Зависимость относительной длины эквивалентного сопротивления в линии от числа узлов.

где  $l$ ,  $\bar{v}_g$  — относительная длина и скорость в узлах однокоординатного проволочка.

2. По графику на рис. 3 в функции  $\alpha_1$  определяется  $l_1$ . Тогда длина узла в первом приближении

$$L_1 = l_1 \sqrt{\frac{2}{\alpha_1 \beta_1}}$$

и можно определить число узлов процента в 1 приближении

$$N_1 = \frac{L}{\sqrt{2} L_1}$$

Значит по графику на рис. 3 определяется соответствен  $\alpha_2$  проволочку разма в и случае необходимости расчет повторяется. Этот график построен по методике Тейлора-Гарнера, приведенной в монографии Э.А.Нусова [10] при статистическом согласовании между собой элементов  $l$  и коэффициента продольной волны  $\beta$ . Длина коэффициента согласования транза и выражена на абсолютность, принималась постоянной и равной  $1,0 \cdot 10^{-3}$ .

Рассмотрим теперь расчеты метода определения  $l_1$ . При этом верхней границей вероятности элементов  $l_1$  является статистическая по скорости элементов  $l_1 = l_0$ . Найти их можно методом последовательных приближений в следующей последовательности:

1. По формуле (7) определяется  $\alpha_1 = \alpha_2$  (первое приближение).

Выполняя приведенные выше расчеты, и экстраполировав их результаты, получим для  $l_0$  следующую зависимость:

$$l_0 = 5,0 + 0,03 \sqrt{(F_2^2 - 0,15)}$$

$$\delta = 1 \text{ при } F_2^2 > 0,15 \text{ и } \delta = 1 \text{ при } F_2^2 \leq 0,15.$$

Вопреки результатам работы Э.А.Нусова [9], можно перейти от  $l_0$  к относительному элементу  $l_1$ , при увеличении его в



коэффициент массы корпуса с коэффициентом  $\zeta_0$  с учетом [8] этого можно достичь путем комбинирования параметров  $\zeta_0$  и  $F_0$  :

$$\zeta_0 = 50 + 10 \sqrt{F_0 - 0,10}$$

$$\Delta = +1 \text{ при } F_0 = 0,10; \quad \Delta = -1 \text{ при } F_0 = 0,15$$

$$Z = \frac{A_1}{A_2} ; \quad A_1 = \frac{K_0}{\rho} \frac{g_0}{g_n \sigma^2}$$

$$A_2 = \frac{B_1}{\rho \sigma} ; \quad K_0 = \frac{P_0}{P}$$

- где  $g_0, g_n$  - моменты масс главных осей инерции по модели  $N_{10}$ , для  $N_{10}$  - модели главных осей, в условной раскладке толщин;
- $g_0$  - моменты масс наружной обшивки, набора и пал. в по модулю  $P_{10}$ ;
- $P$  - площадь внешней поверхности.

Для малых реальных судов (высотинизация менее 0,10 т)  $Z = 0,02 + 0,04$ , для средних  $Z = 0,01$  [8].

Специальная длина одного корпуса двухкорпусного судна на условиях приведенного поведения на волнении (увеличение плавности качки и потери скорости на волнении, отсутствие палубных) должна быть не менее максимальной по формуле [13] :

$$L \geq 3,5 + 0,5 F_0 \tag{15}$$

Поскольку характеристики продольной волны катamarана в первом приближении мало зависят от скорости качки катamarанного корпуса, формула (15) может быть использована для катamarана.

3.1. Выбор коэффициента плавности.

Для расчета коэффициентов  $\zeta_0$  и продольной плавности в теории проектирования судов используются методы, предложенные Дин-Даммером и Э.М.Вогдом [16]. Не останавливаясь подробно на сути этих методов (они детально изложены в [16]) отметим, что они предназначены для обеспечения максимального при данных главных размерах подводного объема при не очень сильном возрастании сопротивления. Рассмотрим сначала рекомендации по выбору коэффициента плавности с использованием этих методов.

Автором предложены рекомендации для выбора коэффициента продольной плавности крупных перевозочных катamarанов большого удлинения [18] (см.10). Для коэффициентов продольной плавности предложены формулы:

$$V = 4,0 - 0,0 F_0, \quad 0,20 \leq F_0 \leq 0,24 \tag{16}$$

$$V = 4,64 - 4,0 F_0, \quad 0,24 \leq F_0 \leq 0,28 \tag{17}$$

Результаты расчетов по формулам (16) - (17) не очень сильно отличаются от принятых для однокорпусных судов значений  $V$ . При  $F_0 = 0,27$  расчеты относятся весьма малой.

Кроме того, в [18] выполнены соответствующие вычисления зависимости  $\zeta_0$  от результатов расчетов на последующей стадии проектирования при автоматизации элементов с применением ДИВ. Оказалось, что результаты по получению зависимости коэффициента плавности близки к полученным при автоматизации для катamarанов - все - теллеровских и конгломо (см 0,10 - 0,15) значения результатов для катamarанов стандартной конструкции ( [10] с. 23, рис.11). Известно, что для катamarанов с малым удлинением  $L$  (в пределах 100 м) при малых  $F_0$  (до 0,10) и для более крупных судов.

598301



Автором совместно с А.А.Филиным выполнены малые критические точки на кривых сопротивления катмаранов различного и большого удлинения ( $\frac{L}{D} = 6 + 10$ ) методом Л.В.Нордха для катмарана  $\xi R = 0,10$  и  $0,40$ , где  $\xi$  - горизонтальная ширина. Оказалось, что в этом случае имеет место несомнительное (на  $0,01 + 0,04$ ) повышение критического коэффициента общей площади по сравнению с однокорпусным судном ( $\tau$ ) по длине и скорости.

Расчетные формулы в этом случае будут:

$$\bar{F} = \bar{F}' + \Delta \bar{F}_1 + \Delta \bar{F}_2$$

В этой формуле  $\bar{F}'$  определяется по известным формулам теории сопротивления судов как для однокорпусного судна. Поправки  $\Delta \bar{F}_1$  и  $\Delta \bar{F}_2$  определяются формулами:

$$\Delta \bar{F}_1 = 0,089 - 0,01 F_2$$

$$\Delta \bar{F}_2 = 0,005 (0,1 + F_2) \left( \frac{L}{D} - 6,0 \right)$$

Для весьма больших значений параметра  $\xi$  (более  $0,50$  и  $0,60$ ) волновое сопротивление катмарана существенно меньше сопротивления двух однокорпусных корпусов, и величина  $\bar{F}'$  и  $F_2$  могут быть подобраны по сравнению с однокорпусным судном той же скорости и грузины на  $0,70 + 0,74$ . Такого рода рекомендации даны в заметке специалиста И.Фухайлова [14].

Рассмотрим теперь одну специфическую задачу, которая часто встречается, когда основная часть корпуса (или даже весь корпус) расположена на палубе. В этом случае даже при небольшом  $F_2$  можно существенно уменьшить  $\bar{F}$  до максимального предела, который определяется всеми условиями размещения палубного дефлектора. Получим математиче-

скую зависимость для коэффициента площади минимального сечения  $\bar{F}_m$  в функции главных элементов судна. Будем считать палубным абрисом носовой  $X_m$  и кормовой  $X_{km}$  параболы переборки, ограничивающей минимальное сечение, а также, что носовая переборка минимального сечения расположена в вершине от миделя.

Тогда величина  $\bar{F}_m$  будет:

$$\bar{F}_m = \frac{V_m}{(X_m - X_{km}) b_m (X_m) H},$$

где  $\bar{F}_m$  - объем минимального сечения;

$b_m (X_m)$  - ширина верхней палубы в сечении с абрисом, равной  $f_{up}$ ;

$H$  - высота борта.

Объем минимального сечения определяется по условию:

$$V_m = \int_0^L \omega_m(x) dx,$$

где  $\omega_m(x)$  - уравнение стрелы по шпангоутам по вершине палубы.

Поскольку речь идет о весьма тонких корпусах, параболическая аппроксимация для  $\omega_m(x)$  не может быть использована.

Потому зададим  $\omega_m(x)$  в виде:

$$\omega_m(x) = \omega_{m0} \cos^m \frac{\pi x}{L}$$

где  $\omega_{m0}$  - площадь носовой стрелы по вершине палубы.

Положим степень  $m$  целой и на основании:

$$\frac{\omega_{m0}}{L} \int_0^L \cos^2 \pi x dx = V_m$$

где  $V_m$  - объем минимального сечения по вершине палубы.

Потому что при  $m = 1 \frac{\omega_{m0}}{L} \int_0^L \cos^2 \pi x dx = \frac{L}{2} \omega_{m0}$

и при  $m = 2 \frac{\omega_{m0}}{L} \int_0^L \cos^2 \pi x dx = \frac{L}{2} \omega_{m0}$ , получимся, что  $m = 0,5 - 2,0$ .

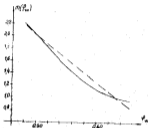


Рис. 5 К расчету коэффициента  $\alpha$  в формуле коэффициента продольной жесткости по длине палубы  $\gamma_{\text{пр}}$  - шрифтом обозначены значения коэффициента.

Зависимость  $\alpha(\varphi)$ , полученная путем такого расчета, приведена на рис. 5, видно, что она достаточно близка к действит. Значения для  $\beta_{\text{пр}}$  имеют:

$$\beta_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пр}} \int_0^L \cos^2 \frac{\pi y}{L} dy}{(X_{\text{пр}} - X_0) \bar{\gamma}_{\text{пр}}(X_{\text{пр}})}$$

где  $P_{\text{пр}}$  - коэффициент жесткости модель-палубы по продольной палубе;

$$\bar{\gamma}_{\text{пр}}(X_{\text{пр}}) = \frac{\gamma_{\text{пр}}(X_{\text{пр}})}{\beta_{\text{пр}}}, \text{ где } \beta_{\text{пр}} - \text{коэф. продольной жесткости.}$$

Значение  $\bar{\gamma}_{\text{пр}}(X_{\text{пр}})$  при коэффициенте жесткости продольной палубы  $\alpha_{\text{пр}} > 0,5$  будем определять в виде  $\bar{\gamma}_{\text{пр}}(X_{\text{пр}}) = 1 - \gamma \frac{X_{\text{пр}}}{L}$ , а при  $\alpha_{\text{пр}} = 0,5$  - в виде  $\bar{\gamma}_{\text{пр}}(X_{\text{пр}}) = \cos^2 \frac{\pi X_{\text{пр}}}{L}$ . При этом  $H = 85-90 \text{ м}$ , а  $\gamma_{\text{пр}} = \frac{H X_{\text{пр}}}{L}$ .

Значение  $\alpha_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \cdot \gamma_{\text{пр}}$  определяются в виде:

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha \left(\frac{H}{L}\right)^2$$

$$P_{\text{пр}} = 1 + \frac{\gamma}{H} (P - 1)$$

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\gamma}{2} \left(\frac{H}{L}\right)^2$$

где  $\alpha$  - коэффициент жесткости продольной;

$\beta$  - коэффициент жесткости поперечной;

$P$  - коэффициент жесткости модель-палубы по поперечной палубе (при расчете);

$H, L$  - высота борта и длина судна соответственно.

Среднее  $\frac{H}{L}$  на рис. 6, а также средние значения жесткости

по продольной.

При расчете  $\delta_{\text{из}}$  не учитывается наличие реального дна, что ведет к небольшой погрешности в большую сторону.

Полученные выше формулы справедливы и при условии, что канал переборки является отдельным руслом в корну от выходов.

В противном случае в приведенных выше формулах следует принять  $X_{\text{из}} = 0$  при  $|X_{\text{из}}| < |X_{\text{из}}|$  или  $X_{\text{из}} = 0$  при  $|X_{\text{из}}| > |X_{\text{из}}|$ .

При выборе коэффициента обдува полости катамарана следует во внимание учитывать также требования к водной массе и жесткости элементов моста на элементах и жесткости элементов. Требования эти противоречивы: жесткость на колебания моста увеличивается с ростом полноты, как и у однокопированых судов. Напротив, жесткость элементов моста при небольших отклонениях склади и дала ( $V_1 \leq 0,05$ ) увеличивается если длину моста предшествует жесткий удар корпусам (с закатом воздуха), то удар мостом происходит в водослодную массу и резко ослабляется. Вплыв на удар корпусами на обдув происходит, конечно, также соответственно (сер. [ 9 ]), с одной стороны, (17) другой). На склади названного приближения учесть все это в какой мере довольно сложно. Можно отметить ориентировочно поправку в  $\delta$  в функции  $V_1$ , что было бы не так, после определения абсолютной величины расчетной.

Коэффициент полноты  $K$ , связан со скоростью  $B$  или  $V$  обдуваемости шпангоута. Величина  $K$  на скорости в уменьшен тисой воды мало чувствительна, [ 1, 10 ]. При выборе  $K$  (или, что не менее важно,  $K$  — обдуваемости шпангоута) для однокопированых судов учитываются требования к жесткости на колебания [16]. Поскольку величина жесткости зависит также от жесткости шпангоута ориентировочно, чем для однокопированых судов (такая поправка выделена)

ности), то для катамарана могут быть рекомендованы либо  $V$  — обдувание шпангоута при не слишком больших коэффициентах полноты ( $\delta \neq 0,8$ ). Поэтому в известной формуле Дарвина  $K = \sigma \delta^2$  для катамарана можно принимать  $\sigma = 1,0$  при  $\delta \neq 0,75$  и  $\sigma = 1,0$  при  $\delta = 0,8$ .

### 3.3. Связанные отношения между углом корпуса к осадке.

Величина  $\frac{\partial}{\partial}$  для катамарана определяется требованиями жесткости и жесткости моста. При этом вершины прямоугольной грани  $\frac{\partial}{\partial}(\frac{\partial}{\partial})$  или  $\frac{\partial}{\partial}$  соответствует минимальной жесткости основной поверхности, [ 8 ].

Далее от этой величины последовательно переходим к  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$  и к  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$ , соответствующим минимальным сопротивлениям и жесткости соответственно. Очевидно, для получения интереса в первую очередь величины  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$

Величина  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$  может быть оценена по одной из следующих формул (эти формулы дают близкие результаты):

$$\left(\frac{\partial}{\partial}\right)_{\text{из}} \delta \approx \frac{\delta}{\sigma}, \quad \left(\frac{\partial}{\partial}\right)_{\text{из}} \delta \approx \frac{\delta^2}{\delta}$$

Первая связь между параметрами 3.3.1.1. [ 21 ], вторая — В.В.Андреев и применительно к монографу А.И.Иванова [13].

Выполнение К.Зинке [20] и Р.С.Берн [14] исследованиями величина формулы шпангоута на  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$  показала, что это величина мало зависит. Кроме того, величина  $\frac{\partial}{\partial}$  на  $\delta$  при  $\frac{\partial}{\partial} \geq 2$  мало зависит, но при  $\frac{\partial}{\partial} < 2$  достаточно быстро растет с увеличением  $\frac{\partial}{\partial}$ . [ 11, 1 ].

Оценивая ориентировочно по соответствующим величинам  $\frac{\partial}{\partial}$  через  $(\frac{\partial}{\partial})_{\text{из}} \delta$  для  $\delta \approx 0,75$  ( $\delta = 0,8$ ), тогда величина сопротивления

или округляет,  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta} = \left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$ . При  $F_2 = 201$ ,  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$  становится меньше, чем  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$ . Значит, по мере увеличения сопротивления бетона с увеличением  $\frac{q}{L}$  при постоянной величине  $l$ . Пусть шагная разбитость работ [11] получаем следующие математические выражения для  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$ :

$$\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta} = \left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta} \left[ 1 - (2,4 - \delta)(F_2 - F_2^{min}) \right]$$

где  $F_2 = 201(l + \theta)$ . Величина  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$  может уменьшаться по сравнению с  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$ . Это связано с тем, что рост  $T$  по мере увеличения  $\frac{q}{L}$  способствует увеличению диаметра гребня шпала и иногда совместно повысить его к.п.д. Уменьшить величину  $\frac{q}{L}$  с учетом этого обстоятельства можно, если определиться с абсолютным значением  $\Gamma$ . Поэтому в рамках данного расчета  $\left(\frac{\beta}{\gamma}\right) = \left(\frac{\beta}{\gamma}\right)_{min, \beta}$ .

4. Определение абсолютных размеров одного колуса, горизонтального и вертикального изгибов.

Из уравнения плоскости шпала:

$$\theta = \sqrt{l \left( \frac{q}{\beta} \right) \kappa_{ав}}$$

$$T = \theta (r/\beta)$$

где  $\kappa_{ав}$  - коэффициент, учитывающий значение изгибающих моментов.

Определив по этим формулам  $\theta$  и  $T$ , следует проверить, насколько не превышает норму разбитости лопастей диаметра, а не выходит за пределы по допустимым пределам. Если эти пределы не превышены, то можно считать, что шагная разбитость работ [11] получена путем обработки последовательных [16] диаграмм Артонова, а результаты расчета по ней соответствуют верхней границе применяемых для транспортных путей значений  $\beta$ .

Оптимальный шагная в мощности  $\Delta N = \frac{qN}{L}$ , который может быть получен, если довести скорость схода до величины  $T_{min} = (2,2)$  можно с учетом [6] вывести формулой

$$\Delta N = 1,15 \left( 1 - \frac{q^2 T}{D_{шп}} \right)^{1,5}$$

где под  $\bar{T}$  понимается перемаксимальная прогиб (из уравнения вязкоупругости) осадки, а  $D_{шп}$  - номинальный диаметр шпала [11].

В зависимости от полученной величины  $T/L$  может округляться коэффициент общей надежности с учетом снижения  $\alpha$  в случае необходимости повторить расчеты. В качестве ориентировочных рекомендаций можно применять:

- при  $T/L < 0,01$  - уменьшить  $\beta$  на 0,03 + 0,05 по сравнению с полученным по приведенным выше рекомендациям;
- при  $T/L > 0,01$  для путей длиной  $L \geq 100 + 100$  м применять

$$\beta \leq 2,00 + \frac{L}{1000}$$

- для пролетов  $l \leq 20$

$$\psi < 0,1 - \frac{\beta}{10L}; \quad \beta = 10A_2^{0,2}; \quad (9)$$

Эти формулы выведены на основании допущений. Применяется, что для путей стандартного транспортного схода потерь скорости при  $\beta$  - фактически не должно превышать 10 %. Это соответствует рекомендациям [16] формула (28) получена путем обработки последовательных [16] диаграмм Артонова, а результаты расчета по ней соответствуют верхней границе применяемых для транспортных путей значений  $\beta$ .

Формула (9) получена путем обработки приведенных в [16] диаграмм Артонова по методу Вассерманского бассейна с таким расчетом,

целью предотвратить быстрый рост потери скорости при балластировке, обеспечиваемая которой массой воды  $1 \text{ м}^3$  — обеспеченности равен аль менее  $\bar{A}_2^*$ . Масса донных [иС] возможно принять для судна неограниченного района плавания величиной  $\bar{A}_2^*$ , соответствующую 4 - балластной емкости ( $\bar{A}_2^* = 2 \text{ м}^3$ ). Здесь  $\bar{A}$  — среднее значение

Параметры конструкции (расстояние между внутренними бортами корпуса на высоте котельного) выбираются из следующих соображений:

1. Обеспечение необходимой жесткости по ширине.
2. Обеспечение благоприятной (в смысле устойчивости) интерференции валами системы.
3. Обеспечение приемлемых параметров бортовой линии.

При расчете высоты борта  $H$  необходимо учитывать требования жесткости, устойчивости, балластности. Кроме того, высота борта должна позволять обеспечить необходимую величину вертикального клиренса (отстояние днища моста от ватерлинии).

Ватерлиния с точки зрения ходкости величина коэффициента  $C = \frac{\beta + C}{L}$  может быть выбрана по рис. 6 в функции числа Фруда. Этот способ предложен Е.А. Дуровым [7]. На рис. 6 показаны три зоны благоприятной интерференции. Выбор той или иной зоны определяется функциональными особенностями судна и характерного им груза. Выбор  $C$  и на рис. 6  $C = C_0 L - \beta$ , можно в первом приближении определить в зависимости от груза, исключается на практике. Если, используя рекомендации по треугольным грузам, можно определить  $\frac{H}{T}$  из условия жесткости [8].

На рисунке показаны бортовые линии соответствующим образом даны [7], в этом случае  $\frac{\beta + C}{\sqrt{\beta^2 + C^2}} \approx 1,0$  [7].

Выбор вертикального клиренса зависит от вида и размеров груза

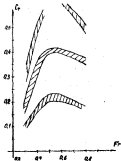


Рис. 6 Выбор ватерлинии по критерию интерференции валами системы при различных видах груза ( $C = \frac{\beta + C}{L}$ ).

всплывания балла при проектировании двухкорпусного судна. С одной стороны, рост вертикального клирена снижает  $\Delta$  ростом высоты борта и удорожает судно. С другой стороны, недостаточный вертикальный клиренс ведет к ряду отрицательных последствий (наиболее резко они сказываются при движении на волнении):

- возрастает вынужденный (динамический) ударный порывистый момент и связанные с ним ударные ускорения;
- возрастает количество ударов в деке моста, когда ударное давление превышает некую способную према моста;
- возрастает дополнительное сопротивление воды движению катмарана на волнении.

Подробный учет всех обстоятельств возможен лишь на поздней стадии проектирования. На данной стадии можно воспользоваться результатами, которые были получены при разработке проекта моста общей продольной проходимости катмарана для Регистра СССР и Регистра РОКР. Приведенные ниже зависимости основаны, во-первых, на расчетах обрыва разрывов минимума расчетов, в которых использованы практически данные по существующим катмаранам.

При этом необходимо при выборе вертикального клирена учитывать и величину остаточной возможной переборки моста от возможной переборки моста  $X_{ост}$ .

На поздней стадии проектирования можно воспользоваться следующей формулой:

$$q_{ост} \geq 2 \left[ 208 \exp\left(\delta \frac{X_{ост}}{L}\right) + \frac{P_{ост}^2}{2N} \right]$$

$$\delta = 4,9 \exp(-0,078 Fg)$$

Здесь величина величины  $X_{ост}$ , первая слагаемая учитывает продольную волну, вторая слагаемая приближенно учитывает эффект, связанный с движением катмарана (ходовые изменения посадки, вертикальные волны).

Эти зависимости позволяют определить вертикальный клиренс только в средней части катмарана.

Вертикальный клиренс в средней части

$$h_{ост} \geq 208,4 \left(1 - \frac{P_{ост}}{L}\right)$$

где  $X_{ост}$  - остаточная переборка моста от возможной переборки моста.

Вертикальный клиренс в средней части

$$h_{ост} = \sqrt{\frac{150}{B+C}}$$

где  $B, C = h_{ост}$  - в метрах.

В. Динамическое определение вертикального клирена.

На данной стадии можно рассчитать массу мостов проектируемого судна по следующей приближенной формуле:

$$P_{ост} = g_0 (208 L B, H + W_0)$$

где  $g_0$  - конструктивная масса корпуса по кубическому модулю, приведенная по таблице для конструкции судна;

$W_0$  - объем соединительного моста.

Переборка моста металлического корпуса по таблице с первой приближения

$$\Delta P_{ост} = P_{ост} - \bar{P}_{ост}$$

Здесь  $\bar{P}_{ост}$  - масса мостов, приведенная к кубическому модулю, рассчитанная по таблице.

Аналогично уточняют массу оборудования в судовых и надпалубных

$$P_{об} = q_{об} (2 \bar{D}_{св} L_{об} H + W_{об})$$

$$P_{св} = q_{св} (2 \bar{D}_{св} L_{об} H + W_{св})$$

где  $q_{об}$ ,  $q_{св}$  — удельная масса оборудования в судовых и надпалубных помещениях (г/см<sup>3</sup>); принимаются по данным для однотипных судов [6].

$$\Delta P_{об} = P_{об} - \bar{P}_{об}$$

$$\Delta P_{св} = P_{св} - \bar{P}_{св}$$

Рассмотрим возможные способы уточнения значений массы оборудования  $P_{об}$  и массы топлива  $P_{св}$ . Если односторонний проточный судовой двигатель отличается по соотношениям главных размеров и коэффициентов полезности от рассмотренных его корпусов котламарина, то целесообразно выполнять расчет мощности, рассчитать потребную мощность главных двигателей, а затем по известным зависимостям —  $P_{об}$  и  $P_{св}$ . Расчет предельной  $\Delta P_{об} = P_{об} - \bar{P}_{об}$  и  $\Delta P_{св} = P_{св} - \bar{P}_{св}$  не представляет затруднений.

Теперь по известной массе первого приближения можно вычислить коэффициент полезности  $\eta_{св}$  и рассчитать соответствующий второй приближениям

$$D_2 = D_1 + q_2 (\Delta P_{об} + \Delta P_{св} + \Delta P_{об} + \Delta P_{св} + \Delta P_{об})$$

Затем рассчитывается посплошью предельная степень нагрузки и рассчитывается нагрузка масс второго приближения. Соответственно рассчитываются зависимости привода в случае проектирования судна.

Затем можно рассчитать и главные размеры второго приближения, выразив их предельными

$$\sqrt{D_2 / D_1}$$

Следующим этапом проектирования является формирование математической модели судна — котламарина, математической модели задачи проектирования, разработка математического обеспечения и проведение оптимизационных расчетов. На этом этапе масса корабля определяется с учетом требований к прочности, а при расчете масс деталей и толщин производится расчет жесткости. Кроме того, на этой стадии проектирования учитываются требования в части скорости на волнении, удельных расходов и удельных давлений при сжатии вала, заданности, ограничиваются скорости и ускорения при входе. Учитываются также требования к надежности, а в некоторых случаях и к остойчивости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асфьянов В.Н., Васильев С.М., Павловский В.Г. Судовые тепловые расчеты. М., "Транспорт", 1970, 214 с.
2. Акин В.В. Проектирование судна. А., "Судостроение", 1965, 313 с.
3. Балашовский С.А. Теория судов, котламарина при проектировании судна. Б., "Судостроение", 1964.
4. Прокопьев А.В. Об формулировании задачи теории проектирования судна. "Судостроение", 1974, VII, с. 5-6.
5. Владимиров А.М. Особенности проектирования традиционных судов с атомной энергетикой. Москва, 1971, 1975.
6. Гайдаров А.К. Определение мощности главных двигателей при проектировании контейнеровозов с дизелью 12Н. "Судостроение", 1975, 7 с.
7. Дубровский В.А. Особенности маршевой эксплуатации судов. Учебное пособие. Часть I. А., изд. ДС, 1975, 74 с.



И

8. Джемис А.А. Исследования относительно формы малого двухкорпусного судна. "Автоматизированное проектирование и конструкция судна". Об. науч. труды Николаев. 1981, с. 40-45.

9. Исследования характеристик мореходности и прочности двухкорпусного судна пр. F-104. Отчет по научно-исследовательской теме 1274. А., 1987 - 1988 гг. под. А.Н.Крылова, 1971, 40 с.

10. Вандель Ф.Г. Определение удельного момента для валахвостов "Судостроение", 1976, 8 с.

11. Караченко С.А. Исследования влияния ширины корпуса катмарана в обходе на его сопротивление и мощность. "Труды ЦНМ морского флота", т.343, 1., "Транспорт", 1979, с. 126-127.

12. Лам Д.С. Двухкорпусное судно (трибурного плавания). И., "Судостроение", 1976, 120 с.

13. Александр В. Проектирование обвода транспортных судов. А., "Судостроение", 1965, 120 с.

14. Многокорпусные суда. Обзор ЦНМ им. адм. А.Н.Крылова. А., "Судостроение", 1972.

15. Набикина М.В. Некоторые результаты статистического анализа водности и характеристик формы промышленных судов. Труды ВГПИИ, в. 54, Калинин, 1973, с. 10-21.

16. Негин Э.А. Эстетическая форма судна и построение теоретической чертла. А., Судостроение, 1962, 342 с.

17. Негин Э.А. Анализ элементов работоспособности судов. "Судостроение", 1972, в 4, с. 7-11.

18. Соловьев С.И. Эргономический аспект конструирования обвода и продольных элементов бортовых двухкорпусных судовых аппаратов. "Судостроение" (Науч. журнал. науки-техн. обл.) Киев. - Одесса, 1981. "Мир науки", 1981, с. 11-16.

19. Evans H, Diamond T. Concept Exploration - an Approach to Small Warship Design. "Naval Architect", 1977, v.2, p. 29-30.

20. Schutte A. Zur Wahl de B/T - Verhall naves für zwei Kalamaronen Spantformen. "Schiffbautechnik", 1968, J. N. N. 6, 6 310-318.

21. Scott R. Calamaran Structure: Case and Hill Weight. Appendix 4 to the paper, Comparative Evaluation of Naval Ship Types by P. Havel. ISNAME, vol. 70, p. 162-167.

22. Telfer E.V. The Design Presentation of Ship model Resistance Data. "International Shipbuilding Progress", 1968, v. 10, v. 100, p. 215-222.

23. Telfer E.V. Discussion of the paper, Twin - Hull Ships" by E. Corbitt TRINA, 1969, v. 11, v. 4, p. 122-126.

С.С. Соловьева

Установка косоугольного подводного края является эффективной способностью улучшения мореходности катмарана [4, 5] и является одним из перспективных технических решений при проектировании этих судов. Вышеописанный интерес представляет здесь случай движения на встречном волнении, поскольку элемент соединительной конструкции катмарана именно в этом случае.

При отклонении элемента двухжесткого судна втечение движения следует на основании в предыдущей статье выбором элементов катмарана в заданном приближении необходимо провести анализ расчета характеристикам мореходности катмарана. В случае наличия края необходимо учесть его влияние. Проводится расчетно-аналитический анализ влияния на отклонениях подводного края при наличии кода на отклонениях наклонениях при волнении, соответствующих кода движению, элемент судна анализ статистический параметрической регрессии для этого случая в [4, 5]. При отсутствии кода, очевидно, имеет место роль только о элемент края на характеристиках катмарана. В работе дано достаточно подробное и подробное для случая кода, которое, естественно, является предметом в работе. В работе [6] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [7] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [8] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [9] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [10] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [11] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [12] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [13] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [14] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [15] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [16] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [17] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [18] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [19] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [20] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [21] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [22] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [23] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [24] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [25] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [26] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [27] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [28] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [29] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [30] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [31] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [32] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [33] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [34] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [35] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [36] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [37] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [38] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [39] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [40] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [41] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [42] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [43] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [44] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [45] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [46] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [47] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [48] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [49] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [50] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [51] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [52] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [53] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [54] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [55] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [56] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [57] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [58] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [59] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [60] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [61] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [62] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [63] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [64] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [65] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [66] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [67] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [68] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [69] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [70] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [71] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [72] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [73] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [74] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [75] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [76] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [77] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [78] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [79] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [80] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [81] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [82] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [83] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [84] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [85] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [86] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [87] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [88] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [89] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [90] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [91] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [92] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [93] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [94] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [95] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [96] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [97] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [98] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [99] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода. В работе [100] дано решение задачи на отклонениях кода в отсутствие кода.

(такое движение при встречном волнении наиболее выгодно).

Кроме того, при движении катмарана на сильном встречном волнении возможно резкое падение скорости хода (почти до нуля).

Нормами стабилизирующего действия края являются как при наклоне, так и в отсутствие кода - в обоих случаях оно оказывает дополнительное демпфирующее действие. Не исключено образование этого момента при наклоне и в отсутствие кода существенно различно. Общая формула для стабилизирующей силы на краях будет:

$$P_{\text{ст}} = c_{\text{ст}}^{\alpha} \rho_{\text{ст}} \frac{U^2}{g} \delta_{\text{ст}} + c_{\text{ст}} \frac{U^2}{g} \delta_{\text{ст}}; \quad (1) \quad \rho_{\text{ст}} \approx \frac{U}{U'}$$

где  $c_{\text{ст}}^{\alpha}$  - продольная коэффициент подъемной силы по углу наклона;  
 $U'$  - скорость течения потока на краях (может быть приближенно определена с густотой скоростью судна);  
 $U$  - мгновенная скорость при вертикальном перемещении из продольной линии;

- $\rho_{\text{ст}}$  - плотность воды и площадь края;
- $\delta_{\text{ст}}^{\alpha}$  - угол наклона;
- $\delta_{\text{ст}}$  - коэффициент отклонения демпфирующей (используется для отклонения пластины при неустановившемся движении).

При движении судна с не сильным углом скорости для первого и второго элементов в общей форме величины  $P_{\text{ст}}$  зависят от радиуса кривизны в плане:  $\delta_{\text{ст}}^{\alpha} = \frac{U_{\text{кр}}}{g_{\text{кр}}}$ , где  $U_{\text{кр}} = U_{\text{кр}} - \text{радиус}$  и кода кривизны. Для крайних предельно малого диаметра ( $\rho_{\text{ст}} \rightarrow 0,1$ ) очевидно роль играет второе слагаемое, при малом радиусе ( $U_{\text{кр}} \rightarrow 0,5$ ) вклад обоих слагаемых примерно одинаков [6]. В дальнейшем на основании, проведенных для подводного катмарана - углепластиковой катмарана ( $-U_{\text{кр}} = 3 + 4$ ) определено отношение, характеризующее второе слагаемое в (1), как следующее, [6].

При отсутствии кода ( $U' = 0$ ) второе слагаемое в (1) обращается

и  $\beta$  и стабилизирующая сила определяется только вторым элементом.

Переходим от относительных параметров при этом может быть приближено сделано, как и в [4], к действительной максимальной ординате амплитудно-частотной характеристики относительных параметров  $Y$ , главной разветвления проводится по [3]. Величина  $Y$  определяется в виде:

$$Y = 1 + (\bar{Y} - 1) \bar{X}_p$$

где  $Y, \bar{Y}$  - максимальная ордината АЧХ относительных параметров в крайе и без края при  $\bar{Y}$  определяется по [3];

$\bar{X}_p$  - поправка к амплитуде крайней точки по величине края.

Величина  $\bar{X}_p$  при отсутствии края, переходим к величине неустраивателя, как и ранее, коэффициент динамичности каловой волны. В отличие от случая каловой волны, дифференциал имеет здесь складывается уже не линейно, а квадратичной функцией мгновенной скорости. Чтобы избежать применения метода последовательных приближений (это невыполнимо в относительной задаче), используем следующий прием. Нужно показать, что амплитуда каловой волны на разрезном контуре пропорциональна безразмерному коэффициенту дифференциала в стоячей -  $\alpha$  при резонансе  $\Omega = 1$ , а в общем случае

$$\alpha = \frac{G_0 \left[ 2M_p(\omega) \right]}{G_0 \sqrt{(1 - \alpha_p^2)^2 + [2\alpha_p \omega (\omega)]^2} X_p} \\ X_p = \frac{D}{R_p}, \quad Z_p, L_p(\omega) = \frac{R_p L_p(\omega)}{[1 + \alpha_p(\omega)]^2 X_p}$$

где  $M_p(\omega), Z_p, L_p(\omega)$  - коэффициент дифференциала, собственный и преобразованный моменты инерции

при каловой волне;

$\alpha_p, \beta_p$  - безразмерный коэффициент динамичности каловой волны без края по отношению к моменту инерции  $I_0$  и  $I_0$  соответственно;  $Z_p, L_p(\omega)$  - преобразованные моменты инерции инерции  $I_0$  и  $I_0$  при каловой волне.

поэтому для этой составляющей в общем случае моментальный момент, как правило, совпадает.

Величину  $\bar{X}_p$  можно тогда найти в виде:

$$2 \bar{X}_p^2 + \bar{X}_p - 1 = 0;$$

$$\bar{X}_p = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1.618; \quad \omega = \frac{W_p}{\sqrt{2} \alpha_p}; \quad \alpha_p = \frac{2M_p}{\sqrt{2} \alpha_p}$$

(дифференциал момент инерции как  $M_p = 2I_0 \alpha_p^2$ , где  $\alpha_p$  - мгновенная угловая скорость каловой волны);

$W_p$  - коэффициент динамичности дифференциала по-го каловой волне (дифференциал момент инерции как  $\Delta M_p = W_p^2 \alpha_p^2$ );

$Z_p, L_p$  - собственный и преобразованный моменты инерции инерции при каловой волне;

$\alpha_p, \beta_p$  - собственные частоты и амплитуда каловой волны (можно быть определены по данным для однокорпусных ступеней [1] с поправками на двухкорпусную конструкцию [3]).

Расчетным путем  $W_p$ . Для  $\Delta M_p$  можно записать:

$$\Delta M_p = c_1 \frac{R U \omega}{2} S_0 L_0$$

где  $\omega = \beta L_0$  - мгновенная линейная скорость каловой волны;  
 $S_0$  - мгновенная угловая скорость;  
 $L_0$  - отстоящий центра вращения края от центра тяжести действующей конструкции;  
 $c_1$  - коэффициент сопротивления;  
 $S_0$  - площадь края,  
 $R$  - радиус каловой волны.

Тогда для  $W_p$  имеем

$$W_p = c_1 \frac{R U L_0}{2}$$

Поэтому  $C_p$  определим как

$$C_p = \kappa_{\text{эк}} \bar{C}_p$$

где  $\bar{C}_p$  — соответствует одномерному обтеканию, а  $\kappa_{\text{эк}}$  — поправка на нестационарность.

Для  $\bar{C}_p$  найдем [5]:

$$C_p = \kappa_0 \sigma - 0,15 \frac{\sigma^2}{\lambda} \frac{1}{\sigma}$$

Для  $\kappa_0$  с учетом [2] найдем  $\kappa_0 = 1,8$ .

На рис. 1 сопоставлены результаты расчетов по приведенным выше зависимостям с экспериментом [7] с моделью насосного типа тандема. Сопоставление расчетов и эксперимента удовлетворительно.

В заключение отметим скорость, при которой для тандема необходимо учитывать поперечное обтекание. Запишем (1) в форме и виде:

$$P_{\text{от}} = \frac{\rho V^2}{2} (C_{\text{от}}^2 \lambda^2 + C_{\text{от}} \lambda^2)$$

Примем далее в качестве средних значений  $C_{\text{от}}^2 = 0,5 C_{\text{от}}$

(причем  $C_{\text{от}}^2 = 1,0 + 3,5$ , причем  $C_{\text{от}} = 1,0 + 1,81$ ). Тогда, учитывая, что  $\lambda = \kappa_0 \frac{L}{D}$

где  $\frac{L}{D}$  — среднее значение на полуцикл длины волны колебания,

$$\left( \frac{L}{D} = 2,5 \frac{Y}{D} \right), \text{ где } Y \text{ — амплитуда, найдем,}$$

что вклад первого и второго слагаемых в  $P_{\text{от}}$  одинаков при

$$2,5 \kappa_0 \frac{Y}{D} \frac{L}{D} \frac{L}{D} = \frac{L}{D} \frac{L}{D} \frac{L}{D}$$

( $5 + 7,1$ )  $\kappa_0 \frac{Y}{D} \frac{L}{D} \frac{L}{D}$  (вклад второго слагаемого не превышает в этом случае 5 в 10 раз).

При движении двух тандемов сфера колеблется вокруг ее равновесия и среднее значение последней уравновешивает, как следует, выталкивает. Но только до момента учета поперечного обтекания может оказаться недостаточным.

На итерационном решении под  $P_{\text{от}}$  следует понимать величину  $P_{\text{от}}^*$  обозначенную, так это предусмотрено в формуле (1).

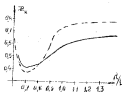


Рис. 1 Сопоставление теоретического расчета и экспериментальных данных  
— эксперимент [7] (модель насосного типа тандема).  
--- теоретический расчет.

средней деформации; эта амплитуда равна  $1,50 \sigma_p$ , где  $\sigma_p$  - стандарт амплитуды частотной волны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пашамова С.И. Приближенные формулы для оценки продольной волны в расчетах сложного. Труды ИВМ им. акад. А.Н.Крылова, в. 254, Л., "Судостроение", 1971, с. 87-95.
2. Солоникова С.И. Определение эффективного вертикального изгиба для катанаров. "Автоматизированное проектирование и конструкция судна", Сб. науч. тр. Николаев, 1966, с. 37-40.
3. Солоникова С.И. Определение статистических характеристик элементов параметрической ларингуозного судна на волнении волнения. "Автоматизированное проектирование и конструкция судна", Сб. науч. трудов, ИВМ, Николаев, 1966, с. 50-73.
4. Солоникова С.И. Оценка влияния усталостного подвозного груза на мореходность катанаров при его проектировании. "Совершенствование судна, устройства и гибкие конструкции", Сб. науч. трудов, Николаев, ИВМ, 1967, с. 73-85.
5. Колесников А.И. Чрезвычайно и стабильности судна на волнении. Л., "Судостроение", 1976, 320 с.
6. Захаровича члены судна. Док. Бирюев А.П., Крикунов В.А., Голышев С.А. и др. Л., "Судостроение", 1977.
7. Экспериментальное исследование катанаров и вертикальности пассажирского катанара. Док. Гурьев В.Л., Чернышев В.Н., Николаев С.А. и др. "Судостроение и судостроение", в. 5, Санкт-Петербург, 1972, с. 43-53.

## ВНЕШНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ НЕПОДВИЖНЫЙ КАНАЛЫ СУДОВ

За двадцать пять лет развития класса канальных судов (4-6) созданы стволы "крутилового" судна с корабельными распределителями СД, [ 1 ]. Крутильные стволы, используемые в отечественном морском флоте [ 2 ], имеют среднюю величину удлинения  $\lambda = 5,35$  и соответствующую коэффициент полезности возмущения около 0,63. Вслед за эти суда с точки зрения диаграммы фрекофорного сопротивления В.В.Пашова [ 3 ] было бы выгодно использовать возможность такого выбора их коэффициента стволы  $\psi_n = \frac{c \cdot \lambda \cdot \beta}{\lambda}$  в среднем составляют 1,07 и близки к оптимальному, относительные скорости  $\lambda \cdot \beta = 14 \sqrt{\frac{c}{\lambda}}$  лежат в районе второй критической скорости диаграммы Пашова. С точки зрения удобства плавания радио такого судна тоже представляется целесообразным: широкая и ориентированная вертикаль мачты способствует выводу мачты из воздушной плоскости при незначительной длине гребного вала.

Обслуживание в старом корпусе удлиненной в отечественных проектах (4,8 - "Копань Северная", 6,02 - "Иван Суриков", 7,24 - "Автоматизированное СДР"), трактованная крутилово-вертикальной жесткостью в качестве выходящей меры (необоснованно высокая скорость вала на первом, использование ИД на втором, модернизированный корпус судна на третьем). Новые отечественные проекты 1970 и 1980 годов в катанаров крутильных стволы доводятся до предела. Вопрос за такой подход?

Проблема в том, что в связи с тем, что в настоящее время "крутилово-вертикальный" судна - большие удлиненные  $\lambda \cdot \beta$ , средняя величина  $\lambda \cdot \beta$  для удлиненных судов имеет значение около 14, что

Хорошо известно, что вынужденно увеличенные осадки в результате прямой депозитивного течения (в таких условиях предусматривается на всех  $C_0 = A$ , т.е. их выносимые осадки принимают специфическому объему на 17-20 процентов) или воде внутри корпуса вымывает осадки из котлов. [3], [4]. Аварийное затопление протяженного течения при таком  $\Delta/\tau$  череват катастрофическим последствиями: ограничена высота в относительной высоте - часовой высоте  $A/\delta$  приближается к  $\frac{A}{\delta} = \frac{\Delta}{\tau} \cdot \frac{\tau}{\delta}$ , что при  $S = 0,63$  и  $\Delta/\tau = 3,42$  составляет  $0,63 \cdot 3,42$  для соответствующей длины затопления  $L = 0,2 \pm 0,6$ . При относительной высоте  $A/\delta = 0,2$  и длине затопления  $L = 0,3$  ограничить первоначальную начальную состояние почти невозможно, и вероятность катастрофы судна быстро возрастает [5].

Чтобы избежать начального время в начальной стадии затопления большого центрального отсека, проектируемому судну не следует избегать относительную высоту борта, как

$$\frac{A}{\delta} = \frac{A \cdot f \cdot C_0}{C_0 \cdot \delta \cdot S} = \sqrt{\frac{C_0}{C_0} \cdot \frac{A}{\delta}} \cdot S \cdot \frac{A \cdot f \cdot C_0}{C_0} \left( \frac{A}{\delta} \right) \left( \frac{A \cdot f \cdot C_0}{C_0 \cdot \delta \cdot S} \right) \quad (1)$$

- где  $\frac{A}{\delta}$  - абсолютная величина относительного увеличения относительной метрической высоты вследствие затопления,
- $C_0$  - относительная длина длины судна) протяженность ее тоннажа,
- $\delta$  - коэффициент водонепроницаемости судна до аварии,
- $f$  - коэффициент площади поперечного сечения затопленного помещения,
- $A$  - коэффициент прочности затопляемого объема,
- $\frac{A}{\delta}$  - высота двойного дна,
- осадки судна до аварии,
- $\delta$  - коэффициент полноты грузовой загрузки,
- $C_0, C_0$  - коэффициент и радиусарения площади надвод-палубы в начальной стадии на высоте над палубой затопленного отсека

лучшего объема полуцилиндром  $C_0 \cdot A \cdot S \cdot \tau$ , а в идеале ГИИ над затопленным отсеком прямоугольником  $C_0 \cdot S \cdot A$ . При наличии у судна цилиндрической системы, осями которой в длину затопления, эти коэффициенты равны единице, [5, с. 7].

Для указанного судна с отсеком  $L = 0,63$  полость воды начальной метрической высоты происходит при  $\frac{A}{\delta} = 2,8$ . Таким образом при ограничении осадки, характером для среднетоннажного  $C_0 = A$ , ширина так не получает ограничения, а увеличение водонепроницаемости, обеспечивающее рост грузодонности судна, возможно только за счет длины. Например при осадке 3,6 грузоподъемность по радиус 1200 м<sup>3</sup> может быть обеспечена при длине судна около 140 метров, т.е.  $\frac{A}{\delta} = 9,2$ . Следовательно, с точки зрения аварийной устойчивости увеличение удлинение возможно. Практикой установлено максимально допустимая высота грузовой палубы около 14,5 м, что обеспечивает нормальную работу портового крана при точном размещении грузоприемного объекта на палубе [5, с. 152]. Тем самым почти одновременно определяются составленные элементы среднетоннажного судна.

Вторым крупным недостатком "крупнотоннажного" судна является малая курсовая устойчивость при встрече волнения. В случае аварии вода тесно судно быстро разорвется на части и затопление отсека не урегулируется. Сложные объемы недостаточны для легкой приемной трансформации гибким  $A = \delta$ . "Механизм Гирсона" от акустического воздействия бы поврежден (сравните также вентиляционные системы на верхней палубе). Аварийность крупного катаного флота весьма высока - 30 затонуло и повреждено судов за период 1970 - 1982 г.г. [5]. Это связано с тем, что при высоте осадки в аварии до 30 м.

Судно с безальтернативной судна аварии был создан французской АБВ-ИИИИ в 1976 году на 30-й сессии ВТО, оно является по без-

исполнителя ИМО. В 1960 году ИМО приняло решение продолжить наладку судна обшивкой обшивочной непотопляемостью судна типа  $\Phi$ . Другими словами надлежит наладить судно отныне должно обладать единственной непотопляемостью.

В соответствующей публикации вопрос об обеспечении наводки - лозности наводки судна впервые обсуждался в 1975 г. [ 6 ], затем в 1976 г. [ 7 ], посвящено также исследованием С.А.Прокудина, [ 8 ]. Предлагалось увеличить удельные корпус с новым стандартом единственной непотопляемостью. Известно, что на удаленном судне такую задачу решить проще, чем на "архитектурном" [ 3 ]. Последующие работы в этом направлении [ 9 ] свидетельствуют об отсутствии практического обеспечения непотопляемостью наводки судна при размерах пробоя, оговоренной Протоколом Регистров. За рубежом исследователи [ 10 ] продолжают экспериментально заниматься с контрольно-плавающей по проекту модели непотопляемости А.Н.Крылова, но под управлением компьютера. Выходы надлежит вводить системы на транспортном судне в критической ситуации может вызвать сомнения. Стойкость не приближается к стойкости аварийноустойчивости судна. Но отсюда в целом полезность подобной системы для борьбы с доходящим затоплением судна, следует отметить, что и здесь вопрос ограничения судна при глубине пробоя, больше  $f \Phi$  и распространяющийся от основной плоскости неограниченно вверх, остается нерешенным.

Рассмотрев возможные пути обеспечения непотопляемостью наводки судна, необходимо выделить внутренние возможности, обуславливающие поведение судна в доходе волны в продольном направлении.

Прежде всего отсюда вытекают особенности взаимодействия с волнами при формировании пробоя в зависимости от конструкции судна. Однако ограничивает распространение воды в продольном направлении и является весьма эффективным средством при формировании

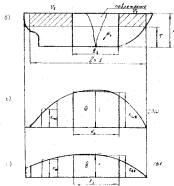


Fig. 1

обеспечения формы судна в доходе волны.

Fig. 2: Состояние судна в доходе волны (а) и затопления судна в доходе волны (б, в). Деление на части судна и волны:  $\Phi$  - высота судна,  $Б$  - высота судна,  $h$  - высота волны,  $L$  - длина волны,  $h$  - высота волны,  $L$  - длина волны.

плотности. Однако, после удовлетворения требований, имея в виду, что при громадных размерах в галубых каютах судна по предположению равны, является водонепроницаемость закрытой. Протяженность контуры рамки, проходящей по галубе судна, притягивается не водонепроницаемому уплотнению. Уплотнение коротко на галубах, если и возможно, то едва ли целесообразно из-за несимметричного расположения в случае задержки большой массы воды на галубе.

Во-вторых, предусматривая действие экипажа при затоплении каютного судна, следует учесть в виду малозначительности экипажа судна и его загруженности работами по тепло-экономическому обслуживанию рейса, в отсеке естественно водонепроницаемого водопитания и борти до излучины. Напротив, также возможно, при котором без вмешательства экипажа судна, подпрямление затопления, однако бы без дифферента, не терять потерю его способности. Такие условия выполнения можно обеспечить с помощью простейшей или по сути конструктивных особенностей судна. Каковы эти особенности?

Прежде всего, угловой сток воды в палубе при  $\alpha$  двойное при наличии водонепроницаемой палубы судна. Во-вторых, беспрепятственный сток воздуха из затопленных помещений. В третьих, поперечное продольное бортовое танка, подпрямление палубы при рейсовом трюке. В четвертых, использование в качестве водонепроницаемых танков поперечных переборки, доходящих до такой высоты борта, которая обеспечивает эффективный запас плавучести, т.е. надводный водонепроницаемый объем, расположенный вне района переборки отсека (К-Ч на рис. 1б), при этом объем затопления. В пятых, оборудовании водонепроницаемых дугах каютного танка всего одной, баковой и впадины второй переборки на палубе по дубе. Единственность дуги является задачей подпрямления  $\alpha$  и -



Рис. 2

Водонепроницаемая переборка и переборка, образующая водонепроницаемую переборку каютного судна

- 1 - фор и кормовые отсеки, 2 - главный отсек,  
3 - продольная переборка, 4 - переборка Тандера,  
5 - водонепроницаемая палуба

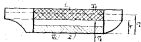


Рис. 3

Схема устройства переборки и переборки продольной переборки

- 1 - фор и кормовые отсеки, 2 - переборка Тандера,  
3 - продольная переборка, 4 - переборка Тандера,  
5 - водонепроницаемая палуба



этого цилиндрического элемента.

Известно, чтобы избежать заметного дифферента, ЦГ устанавливаемого отсека должен быть расположен удаленно от центра вращения отсека.

Возможно ли создание отсекования выше указанной и насколько оно будет при этом габаритах грузовой машины?

Для оценки ситуации удобно воспользоваться обобщенной схемой цилиндрического отсека (рис. 1а), которая характеризуется отсутствием наклона и кривизны отсека (на перпендикулярном теоретическому центру) и постоянной площадью поверхности в заданной плоскости, (как плоской площади  $P_{01}$  и верхней полубо). Поверхность части полубо не воспроизводит теоретический центр отсека. В начальной стадии проектирования известны лишь параметры формы корпуса ( $R, \Delta, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6, \Delta_7, \Delta_8, \Delta_9, \Delta_{10}$ ) и коэффициенты проницаемости отсеков  $\mu_{1-10}$ .

Обобщенно перечисленные выше условия, приводит к схеме с цилиндриком [5, с. 214] количеством заданных параметров (рис. 2 1).

По рисунку видно, что максимальная возможная проницаемость грузовой отсека зависит от высоты заданного борта и длины отсека или заданная. Правая заданная грузовой отсека, симметричного относительно центра вращения, требует заметного сокращения длины цилиндрического отсека. Более четкое представление о взаимном положении переборки даёт при заданных для отсека, которая на стадии определения элементов отсека и определена теоретический центр отсека может быть получена приближенно способом, основанном на симметричной формуле отстояемости в приближенной зависимости для элемента верхней площади вращения и удаленности центра вращения [3 с. 201], [23].

## Расстояние переборки при разработке отсека продольного разреза отсека

Используется безразмерная схема продольного разреза отсека (ИПДО), которая строится при заданных обозначениях (рис. 3) и коэффициентах:

1. Центр вращения цилиндрического отсека расположен на середине его длины. Это утверждено тем фактом, что отсеки вращаются относительно продольного отсека.
2. Центр тяжести площади вращения над цилиндрическим отсеком лежит на одной вертикали с центром вращения отсека. То же относится к отсеку.
3. Центральный момент инерции верхней части отсека точно точно определяется по формуле А.П.Ван-дер-Валта [4, с. 130].
4. Высота площади вращения  $\Delta_1$  над продольным отсеком означает высоту верхней действующей поверхности на цилиндр:

$$\Delta_1 = \Delta_2 (\Delta_3 + \pi r)^2,$$

где

$$\Delta_2 = \frac{\Delta_4 \Delta_5 \Delta_6 - \Delta_7 \Delta_8 \Delta_9}{\Delta_{10}} \quad \Delta_3 = \frac{\Delta_{11}}{\Delta_{12}} \left( \Delta_{13} - \frac{\Delta_{14}}{\Delta_{15}} \right),$$

$\Delta_4$  - абсолютная ЦГ площади вращения над цилиндрическим отсеком;

$\Delta_5$  - абсолютный момент инерции площади верхней части вращения;

$\Delta_6$  - момент инерции верхней части вращения относительно по продольному направлению линейной теории вычисления от [11, с. 20].

$\Delta_7$  - продольная составляющая момента проницаемости к метрическому радиусу  $R$  [4, с. 130].

$\Delta_8$  - абсолютная ЦГ продольного отсека определяется по формуле В.В. [1, с. 221].

$\Delta_9$  - абсолютная ЦГ продольного отсека  $P$  с абсолютной  $\Delta_{10}$

включает дифференциальный момент  $M_{\text{диф}} = V(\bar{x}_0 - \bar{x}_1)$  и восстанавливающий момент

$$M_{\text{в}} = V \cdot \rho \cdot \bar{x}_0^2$$

где  $\bar{x}_0 = (1 - \sigma) \sqrt{2/3} \cdot \bar{x}_0$

9. Потери надводного борта при затоплении средним объемом воды  $V$  составляет (в долях  $\sigma$ ):

$$\frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{V}{V_0} = \frac{f \cdot \bar{x}_0 (1 - \sigma) \sqrt{2/3} \cdot \bar{x}_0}{\bar{x}_0^2 - f \cdot \bar{x}_0^2} \quad (1)$$

где  $\bar{x}_0 = f \cdot (1 - \sigma) \sqrt{2/3} \cdot \bar{x}_0$ ,  $\bar{x}_0 = \frac{V_0}{f}$

$$f_0 = 2\sigma + (1 - \sigma) \bar{x}_0$$

$$\bar{x}_0 = 2 - \sigma \sqrt{\frac{2(1-\sigma)}{3}}, \quad \bar{x}_0 = 2\sigma \sqrt{\left(1 - \frac{1-\sigma}{3}\right)^2 - 1}$$

10. В свою очередь

$$\frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{\Delta \bar{x}_0 \sqrt{2/3} \cdot \bar{x}_0}{\bar{x}_0^2 - f \cdot \bar{x}_0^2}$$

$$\bar{x}_0 = \frac{V_0}{f} = \text{высота деформации}$$

10. Дополнительные потери надводного борта в эквиваленте при возмущении объема  $V$  на расстоянии  $\bar{x}_0$  от миделя составляет  $\Delta \bar{x}$ , угол дифферента при этом равен  $\text{tg} \alpha = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}_0}$ . Это же значение угла определяется как  $\text{tg} \alpha = \frac{2\sigma \bar{x}_0}{\bar{x}_0}$ . На расстоянии дифференциального и восстанавливающего моменты после затопления преобразованы имеют:

$$\frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{V \cdot \rho \cdot \bar{x}_0 (\bar{x}_0 - \bar{x}_1) \sqrt{2/3} \cdot \bar{x}_0}{\bar{x}_0^2 - f \cdot \bar{x}_0^2} \quad (1)$$

11. Объем эквивалентных потерь надводного борта при расположении продольного объема  $V$  на расстоянии  $\bar{x}_0$  от миделя составляет:

$$\frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{V \cdot \rho \cdot \bar{x}_0}{\bar{x}_0^2}$$

откуда следует

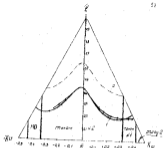


Рис. 4

Прямые вертикальные днища элементов затопленного объема  $V_0$  миделя и по формуле (2)

$f_0, f$  — площади сар при затопленном объеме  $V$  от миделя, соответственно в долях длины судна.

1 и 2 — коэффициенты  $\frac{V}{V_0} = 1,5$  и  $\frac{V}{V_0} = 2,5$ .



Рис. 5

В разрезе элементов затопленного объема

$L_0$  — длина элемента,  $V_0$  — площадь деформации борта.

$\bar{x}$  — мидель судна.

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{2\sigma_1 \sigma_2 (\sigma_1 - \sigma_2) \cos \alpha}{\sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2} + \frac{2\sigma_1 \sigma_2 (\sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2^2) \cos \alpha \sin^2 \alpha}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2 \cos^2 \alpha - \sigma_1 \sigma_2 \sin^2 \alpha} \quad (2)$$

Величина в последнем уравнении относительной высоты бортов  $\sigma_{\text{ср}}$  можно найти с помощью формулы (2) для любого угла наклона  $\alpha$  (рис. 4).

При  $\sigma_1 = \sigma_2$  по формуле (2) определяется максимальная длина изогнутого бортика, симметричного относительно центра волнения судна и диаметрала. Двойное дно при этом следует считать неограниченно малыми коэффициентами площади волнореза и радиусами кривизны откосов и надводного обшивки. Тогда имеем:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{1 - \alpha (\sigma^2 - \sigma)}{2\alpha (\sigma_1 \sigma_2 + \sigma^2 - \sigma)} \quad (3)$$

при радиальном отводе в пределах конической обшивки  $\sigma_1 = 1$ . Величина  $\sigma_{\text{ср}}$  по формуле (3) является максимальной относительной толщиной  $\sigma_{\text{ср}}^{\text{max}}$ .

Величина  $\sigma_{\text{ср}}^{\text{max}}$ , определенная по формуле (3), достаточно точно (рис. 4) воспроизводит форму предельных дна, построенную с помощью экспериментальных данных авторов ВУСР [11, с. 160].

При относительной высоте бортов около 2,4, характерной для современных неавианосных кораблей, она может быть построена при  $\alpha = 0,5$  от данных между бортиками.

Следует при рассмотрении формы обшивки бортов учитывать ее разрывание в ряде случаев обшивки бортов и откосов от обшивки задела плавучести. Представляемая с достаточной точностью величина судна имеет форму, наиболее близкую к действительной в процессе погружения судна.

## Величина относительности по мере увеличения среднего диаметра обшивки

53

Оценку начальной метаметрической высоты при увеличении относительности категории [11, с. 56] проводим по формулам статьи, для обшивки палубы малыми и двойки бортов или ГЗБ внешнего надводного водоизмещения - бортов наддува, обшивки в некоторой мере комбинировать которую площадь действующей авиационной.

1. Увеличение относительности центра волнения  $\sigma_{\text{ср}}$  по мере наклона в воду изогнутого надводного обшивки корпуса определяется по рис. 3.

Решая задачу методом прямих путем после преобразования получим:

$$\sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = \frac{2\sigma_1 \sigma_2 \sigma \cos^2 \alpha - \sigma_1 \sigma_2 (\sigma^2 + \sigma)}{\sigma^2 + \sigma_1 \sigma_2 (\sigma_1 - \sigma)} = 2\sigma \sigma \sigma' \quad (4)$$

$$\text{где } \sigma_{\text{ср}} = 2\sigma \sigma \sigma', \quad \sigma = \frac{h}{D}$$

2. Оценка центра тяжести из-за разделения плавучего шара - рывка плавучести  $\rho$  (рис. 3) по бортам внешнего обшивки в надводной части корпуса. Благодаря неограниченной плавучести надтермина наддува можно предположить увеличение массы судна. Тогда после преобразования получим:

$$\sigma_1 \sigma_2 - \rho = \sigma \left[ \left( \frac{h}{D} \right)^2 - 1 \right] \quad (5)$$

$$\text{где } \rho = \frac{h^2}{D^2}$$

3. Величина относительности центра тяжести из-за прямих бортовых вод в шток (рис. 3) 1.

Приведем величину центра тяжести внешнего изогнутой части обшивки, для  $1,25 \leq \left( \frac{h}{D} \right)^2$  и имеем  $\sigma_1 = \frac{h}{D} \left( \frac{h}{D} \right)^2$  получим после преобразования предельную величину центра тяжести в шток:

$$\Delta \beta_1 = \beta_1 \frac{d}{r} = \frac{1}{2} \frac{(1-\nu) \cdot \sigma \cdot \cos^2 \beta_1}{(1-\nu) \cdot \sigma} = \beta_1 \frac{d}{r} \quad (5)$$

где  $\beta_1 = \frac{d}{r} = \sigma = \frac{r_0 \cdot \sigma_0}{r \cdot \sigma}$

4. Потери сферичности (в долях  $r$ ) концентрического радиуса благодаря свободной деформации внешнего и внутреннего слоев (рис. 6):

$$\Delta R = \frac{d}{r} (1 - \nu) (1 - \nu) \quad (7)$$

5. Увеличение относительного (в долях  $r$ ) концентрического радиуса благодаря деформации плоской изогнутой поверхности, образованной подружиной (рис. 6):

$$\Delta \beta = \sigma (\beta_0^2 + \beta_1^2 + \nu \cdot \sigma \cdot \beta_1) \quad (8)$$

6. Увеличение центра массовки на радиусе  $r$  в силу подруги при деформации стоек:

$$\Delta R_0 = \frac{\sigma \beta_0^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} = \frac{\sigma \cdot \beta_0^2}{(1-\nu)} = \sigma \beta_0^2 \quad (9)$$

Суммарно (4) - (9), имея выражение концентрической радиуса при деформации стоек, сферического бортика по диаметру:

$$\begin{aligned} \Delta R &= \frac{\sigma \beta_0^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} + \frac{\sigma \beta_1^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \frac{\sigma \beta_1^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \frac{\sigma \beta_1^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \frac{\sigma \beta_1^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \frac{\sigma \beta_1^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} \\ &= \sigma \beta_0^2 - \beta_1 \frac{d}{r} + \frac{\sigma \cdot \beta_0^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \beta_1 \frac{d}{r} - \beta_1 \frac{d}{r} \\ &= \sigma \beta_0^2 - \beta_1 \frac{d}{r} + \frac{\sigma \cdot \beta_0^2}{(1-\nu) \cdot \sigma} - \beta_1 \frac{d}{r} - \beta_1 \frac{d}{r} \end{aligned} \quad (10)$$

На рис. 6 для определения формы изогнутой дуги радиуса

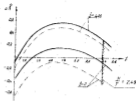


Рис. 6

Величин сферичных радиусов на радиусе изогнутой концентрической дуги выхвата

$\beta_0$  - толщина дуги радиуса  $r$  в долях  $\sigma$   
 $\beta_1$  - диаметр стоек в долях  $r_0$   
 — при  $\frac{d}{r} = 2,1$ , --- при  $\frac{d}{r} = 0,2$

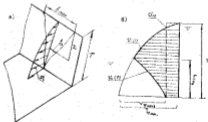


Рис. 7

В изогнутой дуге радиуса концентрической стоек

расчета наибольшей метacentрической высоты по мере увеличения осадки в  $\lambda$  раз. Видно, что установка внешнерезных бортов — это подухов на статистично широком судне ( $\Delta/\sigma = 3,2$ ) служит — явным признаком его аварийной состоятельности. Статистично узкое судно ( $\Delta/\sigma = 2,5$ ) без подухов находится в критическом состоянии при осадке по верхнему плечу (когда  $\sigma^2/\sigma^2 = 1$  и запас начальной осадочности  $\sigma$  падает к нулю). При установке на нем подухов состоятельность увеличивается резко (при начальной метacentрической высоте около 0,035). Широкие судна без подухов не в состоянии выдержать осадочное 62 % течения. Одноственный крен и опрокидывание такого судна наступит уже в начальной стадии затопления. В общем деле, использовались для оценки возможности крена через приближенную зависимость [11, с. 159], [18], введенной для аварийного судна, найдем

$$\theta = \arctan \frac{\sigma}{\Delta} \sqrt{\frac{\Delta}{\sigma}}$$

где  $\frac{\Delta}{\sigma}$  — начальная метacentрическая высота аварийного судна. По введенной зависимости  $\theta$  и  $\Delta/\sigma$  (12, с. 6) можно установить, что при  $\Delta/\sigma = 3,2$  и  $\Delta/\sigma = -0,3$  угол статистического крена составит 20°. Возможна ситуация, когда длительный рост крена в опрокидываемом судне. Интересно заметить, что увеличение постоенства автономного наступают у широкого судна при увеличении даже вертикального слоя воды на верхнем деке. В частности на борту (10) следует, что для увеличения осадки судна на 10 % крен статично заполнить примерно на 1/4 высоты его подводной части. При этом рассматриваемое судно выдержит статичную нагрузку 0,08 т. Использование подухов в деке борта явным указанием статичной осадочности позволяет рассчитать динамическую устойчивость судна. При значимой осадке по плечу в борту — оба носов судна возрастает примерно в 1,9 раз, момент инерции

каким образом около первоначального [11, с. 294], метacentрической высоты увеличивается резко. В итоге в 1,9 увеличивается период собственных поперечных колебаний, а четыре раза возрастает момент, кривизны на 1°. Значиме ветра и волны происходит в виде поперечностенного крена, обусловленного скоростью бокового дрейфа. Из-за малой парусности глубоководного аварийного судна этот крен недостаточен, а в отсутствие ветра даже при значимой метacentрической высоте ( $\delta_m = 6$  м) кривизны отсутствуют. Так на двухственной модели крупного наветного судна ( $\Delta = 3000$  т) поперечен по кривизне 3°. Если в этих условиях поврежденные надводные части судна не разрушаются волной, то в бурном море они закрепятся на якорь [8].

Наибольшая устойчивость для ИВ представляет наличие крена в наибольших стадиях затопления, так как в это время аварийность судна миним. При статичной метacentрической высоте планки — носов поперечностенного крена приводит к сложным грузам. Через бортовую возможность якоря волны на плечу, расположенные выше аварийной верхней палубы. В таком случае опрокидывание судна неизбежно. Поэтому критичнее вертикальной метacentрической высоты аварийного судна является аварийная установка его метacentрической.

Явным явлением различных расчетных параметров судна и поведением на его начальной устойчивости по формуле (10) показывает, что применение бортовых подухов позволяет обеспечить аварийную состоятельность планки носов судна с резким статичным осадочным слоем воды. При этом повышается возможность использования подухов в — плане максимальной длины, определяющей крен в аварийных деках (рис. 4).

## Время затопления отсеков

Продолжительность затопления существенно зависит от формы пролома, его расположения и размеров. Поскольку эти параметры случайны, и как автор считает приближенный результат, воспользуемся эмпирической зависимостью, построенной на данных [13], [14]. Число замечает, что при проломе в воде цилиндрической или конической конструкции в отсеке, вода успевает заполнить на  $R$  частей свободную площадь в пустой объем и переливается по телу обшивки в соседний отсек. По мере уменьшения отсека роль первого отсека сходит к нулю, второй так же диаметров.

При замыкании в пустой отсек через диаметральный пролом (рис. 7а) расход жидкости определяется как:

$$Q = f \cdot v \cdot \omega \cdot \eta \cdot \mu \cdot \gamma \cdot \rho$$

где  $A$  — ширина пролома на уровне  $z$ ;

$v$  — скорость потока на уровне  $z$ ;

Пологая отверстие в виде треугольника, в силу скорости перемещения отсеков  $A, B$  можно записать:

$$A = A_0 \cdot \frac{z}{H} \quad ; \quad v = v_0 \cdot \frac{z}{H}$$

$$Q = \frac{A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho}{T \sqrt{H}} \int_0^H (z^2 \sqrt{H-z} - z^3) dz = \frac{A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho}{T} \cdot$$

Принимая во внимание зависимость скорости истечения жидкости от напора и коэффициента расхода  $\mu$ , получаемый расход в конечном итоге можно записать:

$$Q = \frac{A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho}{T \sqrt{H}} \cdot \dots$$

Тогда характеристическое время замыкания отсеков:

$$t_0 = \frac{V_{отс}}{Q} = \frac{S \cdot H}{A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho \sqrt{H}}$$

(Обозначив площадь отверстия в доливной площадке борта отсека

как  $f_{отс}$ , имеем:

$$t_0 = \frac{S \cdot H}{f_{отс} v_0 \eta \mu \gamma \rho \sqrt{H}} = \frac{S}{f_{отс}} \cdot \dots \quad (11)$$

$S$  рассмотренного выше судна (рис. 4, 6) при  $S/f_{отс} = 3,2$ ,

$f_{отс} = 2,5 \text{ м}^2$  и  $v_0 = 0,65$  (течение воды через отверстие с одной стороны) получим для рассматриваемого пустого отсека характеристическое время  $t_0 = \frac{S \cdot H}{f_{отс} v_0 \eta \mu \gamma \rho \sqrt{H}} = 1,2$  минуты. Действительное время замыкания отсека больше  $t_0$ , что обусловлено протеканием воды в отсеки надкости. Если отсек заполнен по валопому, то средняя скорость истечения (рис. 7б) может быть определена как:

$$v_{ср} = \frac{1}{T} \left[ \int_0^H v_1(z) dz + \int_0^H v_2(z) dz \right] = 2 \cdot v_0 \sqrt{H} \cdot \dots \quad (12)$$

Тогда средний расход на отверстие составит примерно  $2 \cdot Q_0 = 2 \cdot \frac{A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho}{T} \cdot \dots$  Возвращаясь к формуле (11), получим

$$t_0 = \frac{S \cdot H}{2 \cdot A_0 v_0 \eta \mu \gamma \rho \sqrt{H}} = \frac{S}{2 \cdot A_0} \cdot \dots \quad (13)$$

В числителе полученной формулы обозначим за это время.

Для судна типа «СВ» (рис. 7а) [8, с. 216], имеющего длину 183 м, ширину 12 м, площадь 10,7 м<sup>2</sup> при водоизмещении 23000 т, длину пролома  $f_{отс} = 2,5 \text{ м}^2$ , время затопления отсека по таблице 1, в

третьей строк которой приведены данные комиссии ИМФ по испытаниям модели увеличенного судна.

Таблица 1

$\sigma_{\text{ср}}$	0,0004 (0,5 МПа)	0,001 (2 МПа)	0,003 (6 МПа)	0,045086 (МПа)
$\sigma_{\text{ср}}$	92500 (185 мм)	3741 (162 мм)	1249 (21 мм)	87 (11,5 мм)
средняя дифференциальная скорость в осевой симметрии $\sigma_{\text{ср}}$	через 30 мм	через 15 мм	через 5 мм	через 2 мм

Видно, что судно опрокидывается на дождевые затопления отсеков. Аналогичное заключение можно сделать и по результатам испытаний модели отставленного АЗ-20 [3, с. 10].

Способы увеличения осадки, вычисления в отсек количества воды и время затопления, с помощью формул (10), (11), (12) можно применить к любой модели микропроцессорной модели при любом  $\Delta$  для судна, текущего без ветра и дифферента.

Например, корпус без бортов задан с отношением  $\frac{b}{D} = 2,5$ , коэффициентом развала бортов  $C_{\text{в}} = 1,05$  и радиусом кривизны  $R_{\text{в}} = 0,95$ , остальными параметрами, приведенными на рис. 5 при длине  $l$  и площади проема 0,3 % от площади бортов отсека, характеризуются шефам, таблицей 2. При расчете максимальной относительной высоты до впадения равна 0,13 м. Время затопления определяется по формуле (13) увеличением на  $\Delta^2$ . Скорость развала отсека в виде перепада Кошиана [3, с. 134] и в зависимости  $\frac{b}{D}$

Таблица 2

Увеличение осадки $\sigma_{\text{ср}}$ , м	1,05	1,10	1,25
Уровень воды в отсеке, от верхней плоскости $\Delta$ , м	0,126	0,264	0,508
Время затопления, с	80 сек	180 сек (13 мин)	434 сек (7 мин)
Продольная максимальная микропроцессорной модели, м/с	- 0,31	- 0,22	- 0,11
Относительная средняя микропроцессорная высота, м	- 0,18	- 0,09	0,02

Такая модель, корпус 03 судна после изучения проблемы, за счет отставленной ИМФ, судно может иметь микропроцессорную (см. выше). По аналогии со специализированной моделью ИМФ [3, с. 20] при 10 баллах ветра возможно наклонение судна на  $45^\circ$ .

По данным таблицы 2 можно установить, что отставленная от точности сократится в течение 5 минут, а затопление отсека в этот период возможно создать кромку, охватывающую точку кромки внешней кромки и верхнюю плоскостную раба. Если за этот промежуток затопления отсека не произошло, то в дальнейшем затопление судна микропроцессорно, в основном работай является определенная величина скорости, т.е. обеспечением водонепроницаемости отсека или зоны верхней части. Как показывает эксперимент с моделью кромки - максимального количества судна [4] состояние отсека затопления отсека характеризуется максимальным затоплением воды на кромку кромки кромки. Это затопление на кромку надстроены и на затопление необходимо учитывать в расчете проема при проектировании судна [10], чтобы предотвратить затопление воды в отсеке, затопление затопления судна.

Вместо над кромку кромки затопления судна кромки - вода, на кромку кромку кромку, микропроцессорно затоплению затопления отсека. Если затопление [3, с. 20] также затопление -

стекает, что опорожнение происходит раньше до окончательной стадии затопления.

По этим причинам весьма полезным является применение на судах бортовой поддувки в надводной части корпуса. При толкании наддувочное устройство около 6% ширины судна обеспечивает прямое воздействие на всех стадиях затопления большого симметричного оттока (рис. 6).

Рассмотрев способ изменения одной из путей создания теплового движения в корпусе судна.

#### Способ экономичности опорожнения простейшего судна

Наиболее судно — одна из самых дорогих. Так в 1950 году за изготовление на одно место в портовом месте на американских К-40 отстояли 23000 долларов, на равнозначном равнозначном судне — 13400 долларов, на американском — 13300 долларов [21]. Поэтому выбор оптимальных элементов конструкции судна требует особого внимания. Одним из параметров корпуса является его удлинение  $L/B$ . Его величина непосредственно сказывается на стрелочной стоимости судна. Увеличение  $\frac{L}{B}$  при неизменном водоизмещении, с одной стороны, удорожает конструкцию из-за увеличения площади судовой обшивки, количества шпангоутов, прочности сварных швов. С другой стороны, при большом  $L/B$  возникает возможность увеличения прочности цилиндрической вставки, обеспечивающей увеличение конструктивных элементов, расположенных в области оконечной части корпуса, снижение трудоемкости на этапе строительства, увеличение объема надводной обшивки судна, и, кроме того, сокращение потерь площади обшивки-сварочного приращения корпуса. В общем смысле все перечисленные факторы приводят к уменьшению общей трудоемкости постройки судна, ее периода и стоимости. Отметим

также о создании ряда судна в расчете на ИВВТС по модифицированному корпусу корпуса с литоцентрированной цилиндрической вставкой [17], позволяет оптимизировать коэффициент экономии обшивки трудоемкости выражением

$$\frac{L}{B} = \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}} + \frac{L_{\text{опт}}}{\alpha} \left( \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}}} - 1 \right)}$$

где  $L_{\text{опт}}$  — оптимальная (в долях длины судна) величина длины цилиндрической вставки.

Для оптимизированного судна (с цилиндрической вставкой откидной стрелкой по шпангоутам) минимальная площадь трудоемкости (с около 24 Э) приходится на  $L_{\text{опт}} = 0,32$ . В реальности судна на  $L_{\text{опт}} = 0,62$ . Использование коротких ( $L_{\text{опт}} = 0,2$ ) цилиндрических вставок почти не оправдалось на экономическом поведении, даже при симметричной цилиндрической вставке у танкера "Победа" вместо общего трудоемкости потерь на протяжении 11 Э [23, с. 59]. Поэтому, устраняя цилиндрическую вставку, целесообразно длины обшивки до предела, обеспечивающего судно обшивкой обшивкой обшивки в районе перехода к остроугольному судну.

Увеличение удлинения, так же как устройство переборки на борту, имеет определенное влияние на скорости течения работ на этапе судна. Чтобы учесть влияние всех конструктивных особенностей различия вариантов проекта судна, их удлинение традиционно выражали относительно удлинения через коэффициент  $\alpha$  и записывают:

$$\alpha = \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}}} + \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}}} + \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}}}$$

- где  $L_{\text{опт}}$  — оптимальная и действительная составляющая  
 $L_{\text{опт}}$  — оптимальная составляющая  
 $L_{\text{опт}}$  — оптимальная составляющая



своей стоимости и эксплуатационных расходах протяженности;

- $K_2$  - коэффициенты изменения эксплуатационных затрат и потерь эффекта при переходе от простого (базового варианта) к проекту ( $K$  - относительная стоимость судна,  $E$  и  $Q$  - годовые эксплуатационные расходы и объем перевозок),  $i$  и  $j$  - индекс статей расходов от 1 до  $n$  и от 1 до  $m$ .

Используя указанные зависимости в расчете экономической эффективности гидроаэродинамического корпуса [17] следует отметить о том, что постройка на некоторых ухудшенных водности судна с обтекаемой цилиндрической кормой, приведение вогнутой при умеренной относительной скорости хода ( $K \leq 0,24$ ) благодаря уменьшению относительной стоимости снижаются на несколько процентов. Этот эффект еще больше, если учесть уменьшение  $E/Q$  при увеличении  $L/B$ . Кроме того, возрастает срок службы судна при затоплении трюма.

Обеспечивая надежность проекта, предотвращает убыток от аварии [18] в расчете на один год в размере:

$$U = A[(1 - \alpha)T] + (1 - \alpha)K \cdot \tau.$$

- где  $A$  - вероятность повреждения корпуса в течение года;  
 $B$  - величина ущерба при гибели судна;  
 $T$  - вероятность гибели судна при глубокой пробоине ( $L/B$ ), большой  $n$  индекс дробного борта ( $K$ );  
 $\alpha$  - издержки ущерба от стоимости строительства и стоимости перебоя;  
 $\tau$  - эксплуатационный ущерб при повреждении корпуса при затоплении трюма;  
 $\sigma$  - вероятность реализации угрозы отрыва  $L/B$ ; относительная скорость движения  $0,30 \leq \sigma \leq 0,07$ ;  $\sigma = 0,0025 \sqrt{L/B}$  для

судна длиной от 130 до 260 м.

Вероятность повреждения корпуса судна длиной 60 - 170 м составляет 0,05 - 0,20 [20].

Тяжесть дробного борта  $B_1$  и  $B_2$  составляет в среднем 0,06 т т.е. 1,2 - 2,0 м. Вероятность гибели гидродинамического накатного судна при "реостровном" наводнении гравитационного трюма составляет 100% [18]. При относительной скорости движения от 9 до 21 км/часов [1] убытки ( $U$ ) могут составить от 0,55 до 1,1 млн. долларов, т.е. около 5,5 % стоимости судна. Затрачено специально (дополнительно гидродинамическим) работ, установка плавающих "подшивок" в дробном борту позволило избежать указанных потерь, (добавлено также снижение расходов на строительство, которое у накатного судна достигает [18] до 7 % эксплуатационных расходов), но и нечет за собой другие - увеличение судна, снижение коэффициента использования теоретического объема корпуса.

Планирование длины удлиненного корпуса по размерам цилиндрической вставки, а также о том, благоприятно изменении количества и направления затрат накатного судна обуславливают отход от модели "архитектурного" судна в сторону судна с максимальным удлинением ( $L/B = 5,7$  и  $7,1$ ). Например, уже в 1964 году на верфях Франции, ГДР, Швеции, Японии [22] построены накатные суда с удлинениями 7,25, 6,83, 7,12, 7,70 соответственно.

На основе статистического исследования судна гидроаэродинамически продвинутого типа, рассмотрев также теоретический материал, для оценки действительности одного из вариантов максимизации длины (с  $\frac{L}{B} = 25$  и  $L = 1000$  м) и одной формы обтекаемости ( $\frac{L}{B} = 10$ ,  $L = 400$  м) был выделен вариант с индексом 5, с бортами гидроаэродинамическими, стрелой - характерной и малыми  $n$  и  $m$  индексом. Этот вариант, имея относительную скорость движения  $\sigma = 0,0025 \sqrt{L/B}$  и  $\sigma = 0,0025 \sqrt{L/B}$  для

скорость  $V_0 = V_0 \cdot \cos \alpha$ , где  $\alpha$  — отношение ширины раздельного агрегата к ширине рейки:

$$\alpha = \frac{L_0 \cdot \frac{L_0}{2} + L_0 \cdot \frac{L_0}{2}}{L_0 \cdot L_0} = \frac{L_0}{L_0} = 1$$

и в свою очередь  $\beta$  — коэффициент, зависящий от ширины рейки (коэффициент выхода в прямоугольные отверстия);  $V_0$  — теоретическая скорость агрег., уз;  $L$  — протяженность рейки, м;  $M$  — среднесуточная норма грузовой работы, т/час;  $t_0$  — отношение время или грузовой операции.

Обследованы поля речевой в координатах  $(\frac{X}{L_0}, \frac{Y}{L_0})$ , с нанесением на него изоэлектрических линий эффективности. Позволяет выбрать для дальнейшей обработки варианты, близкие к оптимальным. В своем доке (рис. 6) путь, исходящий из начала координат, является линией раздельной мощности  $\frac{M}{L_0} \cdot \cos \alpha$  — т.е. такое же отношение ширины рейки  $\frac{L_0}{L_0}$ . На нем может быть нанесена серия изоэлектрических эффективности. Последнее получается следующим образом:

— произвольно выбрать  $\beta$  ширины раздельности на две величины, зависящие от мощности и от эффективности:

$$\beta = A + \beta \cdot B$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $\beta$  — константы, подбираемые для данных по величине вариантов;

— произвол задать  $\beta = B + A$  и, используя  $\frac{M}{L_0} = \beta \cdot \cos \alpha$ ,  $\frac{M}{L_0} = \beta$ , получаем  $\cos \alpha = \frac{M}{L_0} \cdot \frac{1}{\beta}$ . Подставив для  $L_0$  известное значение агрегата в каждую точку, определяем  $\alpha$  (рис. 6) и для  $\alpha$  под углом

$$\alpha = \arccos(\frac{M}{L_0 \cdot \beta})$$

последовательно уменьшаясь по мере продвижения вправо и вниз, нанесены

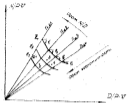


Рис. 6

Две дуги постоянной удаленной мощности (3, 4) и изоэлектрической эффективности (1, 2) для совокупности параметров (1, 2, 3, 4)  $\beta = \cos \alpha \cdot \frac{M}{L_0}$  ( $\alpha = \arccos(\frac{M}{L_0 \cdot \beta})$ )

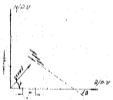


Рис. 7

1) — на дуге удаленной мощности (1)  $\beta = \cos \alpha \cdot \frac{M}{L_0}$   $\alpha = \arccos(\frac{M}{L_0 \cdot \beta})$   $\beta = \cos \alpha \cdot \frac{M}{L_0}$   $\alpha = \arccos(\frac{M}{L_0 \cdot \beta})$

Критерием при выборе варианта проекта является величина относительного сопротивления на толку на диаграмме рис. 6. Чем ближе к началу возрастает сопротивление, на котором толку толку, тем эффективнее вариант.

Поскольку расчеты между удельными сопротивлениями отдельных судосов невелики, в целях упрощения удельной мощности двигателя укажем, что величина относительного сопротивления толку зависит (рис. 7) от угла наклона  $\alpha$  и направления движения судна относительно под углом  $\beta$ .

$\alpha = \arcsin \frac{f}{L}$  (т.е. с углом наклона судна отрезок в горизонтальном направлении  $L$ ), где  $\alpha$  и  $L$  - средние значения параметров.

Среднеарифметическим методом сопоставления вариантов можно провести (рис. 8) анализ проектных точек. Через них проводят прямые под углом  $\alpha$  к оси абсцисс. Наиболее эффективный вариант лежит на прямой, ближайшей к началу координат. Соотношения между вариантами удельная мощность определяется как тангенс угла наклона прямой, проведенного из начала координат в точку варианта.

Детальнее рассмотрено подобный методический прием в работе по параметрической оценке результатов расчета эффективности в более поздней статье специального журнала.

На основании изложенного можно заключить, что основной задачей автоматизированного проектирования судна - достижение удельной мощности  $(\frac{P}{D} \approx 0,3)$ , с большой относительной высотой  $(L/D \approx 0,5)$ , при малом диаметре трубы  $(D_{\text{труб}} \approx 0,01)$  и диаметры толку  $(D_{\text{толку}})$  в конструкции двигателя турбо ГДМ.

1. Садыров В.А. "Машиностроение СССР" - машиностроительное судно с паровоздушной турбообработкой. - Судостроение, 1965, № 12, с. 3 - 6.

2. МВ СССР. Морские судостроительные суда. Москва, А.-М., Транспорт, 1984, 500 с.

3. Ватин А.М. Теория проектирования судна. - Судостроение, 1966, 473 с.

4. Акин В.В. Проектирование судна. - Судостроение, 1964, 528 с.

5. Селюк В.В. Энергетика специализированных судов. - М. Транспорт, 1987, 200 с.

6. Виноградов А.Н. Особенности проектирования гидродинамических судов с вращающейся энергией. Москва, Морское издательство, 1970, 73 с.

7. Виноградов А.Н. (Руководитель НИИ). "Выбор и обоснование арктического-конструктивного типа круглогодичного ледоколуборного судна". - Москва, арктический институт, 1970, с. 43. Санкт-Петербург государственной регистрации 75061860.

8. Прохоров С.А. Оптимизация элементов судна с паровоздушной турбиной, обладающей вращающейся энергией на вращающейся толку. Автореферат диссертации на звание кандидата технических наук. - Москва, 1970, с. 22, с.

9. Акинов А.А., Селюк В.В., Жиган М.В. Конструкция морского ледоколуборного судна с вращающейся турбообработкой. - Судостроение, 1986, № 9, с. 14 - 16.

10. В.В. Селюк. Автоматизация проектирования судов с вращающейся энергией. - Судостроение, 1987, № 10, с. 14 - 16.

11. Мандрык В.И., Дроздовская В.В., Прелов В.И. Теория нестационарного течения. - Л. Судостроение, 1973, 280 с.
12. Мандрык В.И. Особенности нестационарной обтекательности на - порождежности в пограничном слое. - Физико-математический сборник Регистра СССР, выпуск 16, Л. Транспорт, 1968, с. 6 - 11.
13. Александров М.В. Вязкоупругость жидкостей в море. - Л. Судостроение, 1963, 268 с.
14. Злотов С.С. Расчет автоматов при обтекании телами. - Судостроение, 1968, № 4, с. 12 - 15.
15. Мандрык В.И. Физическая модель обтекательности пограничного слоя при вращении в пограничном слое вязкоупругости. - Физико-математический сборник Регистра СССР, выпуск 16, Л. Транспорт, 1968, с. 22 - 30.
16. Мандрык В.И. Физика гидродинамических течений при вращении телом в жидкости. - Судостроение, 1971, № 17, с. 7 - 12.
17. Александров А.Н. (Бухгалтерия ИИИ). Вязкоупругость и ее влияние на нестациональную форму течения течения в 1968 на стадии автоматического проектирования. - Москва, ИИИ, 1970, отчет научно-исследовательского центра ИИИ-ИИИИИИ, 1967, 92 с.
18. Мандрык В.И., Фрид Е.С., Дроздовская В.В. Расчет нестационарных течений при проектировании. - Судостроение, 1967, № 2, с. 14 - 18.
19. Александров М.И. Вязкоупругость жидкостей в теории обтекательности. - Л. Судостроение, 1970, 170 с.
20. Александров М.И. Влияние вязкоупругости жидкостей на нестациональную обтекательность жидкостей при вращении телом. - Москва, Изд-во ИИИ, выпуск 128, с. 3 - 9.
21. Волосин Е.С. Вязкоупругость жидкостей в теории обтекательности вращающегося телом. - Судостроение, 1968, № 4, с. 12 - 15.

Судостроение, 1968, № 4, с. 12 - 15.

22. Фрид Е.С. Расчет автоматов при обтекании телами. - Судостроение, 1968, № 4, с. 12 - 15.

23. Мандрык В.И. Вязкоупругость жидкостей в теории обтекательности жидкостей. // Судостроение. - Москва, Прелов, 1967, вып. 16, с. 6 - 11.

24. Александров А.Н. Вязкоупругость жидкостей в теории обтекательности. - Судостроение, 1968, № 4, с. 12 - 15.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

## В в е д е н и е

Часть I. Вопросы прорегистрации морских  
двухкорпусных судов.

Соловьев О. В. Определение основных  
элементов двухкорпусного судна в те-  
оретическом представлении. . . . . 3

Соловьев С. И. О элементах носового  
подводного крыла на мореходность  
катамарана в отсутствие кода. . . . . 34

## Часть II. Вопросы прорегистрации накатных судов

Виноградов Л. Н. Конструкция эквивалентного  
неподвижного накатного судна. . . . . 41