РОССИЙСКИЙ РЕЧНОЙ РЕГИСТР

# РАСЧЕТ МАНЕВРЕННОСТИ И ПРОВЕДЕНИЕ НАТУРНЫХ МАНЕВРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ

**Руководство**
**Р.006-2004**




**Москва**
**2016**

gost.e-ecolog.ru

| | |
|---|---|
| Утверждено | приказами Российского Речного Регистра от 14.07.2004 № 20-п, от 13.09.2016 № 56-п (Извещение № 1 об изменении) |
| Введено в действие | с 16.08.2004, Извещение № 1 об изменении — с 19.09.2016 |
| Издание | 1 |

Ответственный за выпуск — С. В. Канурный

Оригинал-макет — Е. Л. Багров

Никакая часть настоящего издания не может для целей продажи воспроизводиться, закладываться в поисковую систему или передаваться в любой форме или любыми средствами, включая электронные, механические, фотокопировальные или иные средства, без получения предварительного письменного разрешения федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр».

© Российский Речной Регистр, 2016

# СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения ..... 4
2 Обозначения, определения и пояснения ..... 4
3 Общие указания к выполнению расчетов маневренности ..... 6
4 Поворотливость ..... 7
5 Устойчивость на курсе ..... 21
6 Управляемость при неработающих движителях ..... 26
7 Способность судна к экстренному торможению ..... 27
8 Управляемость при ветре ..... 29
9 Указания по проведению натурных испытаний ..... 32
10 Таблица маневренности ..... 35

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1** Настоящее Руководство предназначено для использования при расчетах численных критериев, регламентирующих маневренность судов, и проведении натурных маневренных испытаний в соответствии с указаниями 6 ч. II Правил классификации и постройки судов (далее – ПКПС).

## 2 ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

**2.1** Термины, относящиеся к общей терминологии Правил, их определения и сокращения приведены в 6.2.1 ч. II ПКПС.

**2.2 В** настоящем Руководстве приняты следующие обозначения:

$A_0 = \pi D^2/4$ – площадь диска гребного винта, м$^2$;

$A_E$ – площадь спрямленной поверхности гребного винта, м$^2$;

$A_R$ – площадь пера руля, м$^2$;

$A'_R$ – площадь части пера руля, расположенной в струе гребного винта, м$^2$;

$A''_R$ – площадь части пера руля, расположенной вне струи гребного винта, м$^2$;

$B$ – ширина судна, м;

$C_B$ – коэффициент общей полноты корпуса судна;

$C_{TT0}$, $C_{T0}$ – коэффициенты нагрузки при номинальном режиме движения судна (при $v_0$ и $n_0$);

$C_{yk}$ – характеристика корпуса судна;

$D$ – диаметр гребного винта, м;

$D_Ц$ – диаметр установившейся циркуляции, м;

$D_Ц / L = 2/\Omega$ – относительный диаметр установившейся циркуляции;

$k_v$ – коэффициент увеличения скорости в районе ДРК при криволинейном движении судна;

$L$ – длина судна, м;

$l_Н$ – длина насадки, м;

$l_Н' = l_Н / D$ –относительная длина насадки;

$m$ – масса судна, т;

$n$ и $n_M$ – частота вращения гребного винта, с$^{-1}$ и мин$^{-1}$;

$n_0$ – номинальная частота вращения гребного винта, с$^{-1}$;

$R$ – сопротивление воды движению судна, Н;

$R_0$ – сопротивление воды движению судна при $v_0$ , Н;

$P$ – шаг гребного винта, м;

$S$ – площадь парусности, м$^2$;

$T$ – осадка судна, м;

$t$ – время, с;

$v$ и $v_S$ – скорость судна, м/с и км/ч;

$v'$ – падение скорости судна при криволинейном движении;

$v_0$ – скорость судна при номинальной частоте вращения всех гребных винтов, м/с;

$V_A$ – скорость ветра в районе плавания, м/с;

$v_a$ – скорость натекания воды на ДРК, м/с;

$w$ – коэффициент попутного потока при движении судна прямым курсом;

$w'$ – коэффициент попутного потока при криволинейном движении судна;

$x_P$, $x_P' = x_P/D$ – отстояние, м, и относительное отстояние носовой кромки профиля руля от плоскости диска открытого гребного винта или от задней кромки насадки, измеренное по оси гребного винта;

$z_P$ – количество ДРК в составе ДРКС;

$\delta^*$ – угол отклонения струи гребного винта при отклонении поворотной насадки на угол $\delta$, град;

$\lambda_R$ – относительное удлинение пера руля;

$\lambda'_R$ – относительное удлинение части пера руля, расположенной в струе гребного винта;

$\lambda''_R$ – относительное удлинение части пера руля, расположенной вне струи гребного винта;

$\rho$ – плотность воды, кг/м$^3$.

**2.3** В настоящем Руководстве приняты следующие определения:

**.1** безразмерная поперечная сила ДРК $C_{yR}$ – поперечная сила ДРК $Y_R$, Н, отнесенная к величине $\rho v_a^2 A_0/2$;

**.2** безразмерная угловая скорость судна $\Omega$ – отношение угловой скорости судна $\omega$, град/с, к величине $57{,}3 \cdot v/L$;

**.3** демпфирующая составляющая силы – составляющая, зависящая от угловой скорости судна, как правило, препятствующая вращению судна;

**.4** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ – упор гребного винта $T_P$, Н, отнесенный к величине $\rho v_a^2 A_0/2$;

**.5** коэффициент нагрузки $C_{TT}$ ДРК «гребной винт – насадка» – упор $T_E$ ДРК «гребной винт-насадка», Н, отнесенный к величине $\rho v_a^2 A_0/2$;

**.6** относительная поступь $J_P$ гребного винта (ДРК «гребной винт – насадка») – отношение скорости натекания во-

ды на ДРК $v_a$, м/с, к произведению частоты вращения гребного винта $n$, $с^{-1}$, и диаметра гребного винта $D$, м;

**.7** относительное удлинение пера руля (части пера руля) – отношение высоты руля или его части (стабилизатора насадки или его части) к соответствующей хорде; при сложной форме в плане – отношение площади в плане к квадрату хорды или отношение квадрата высоты к площади в плане;

**.8** позиционная составляющая силы – составляющая, зависящая от угла дрейфа (для судна), угла перекладки руля (для средств управления);

**.9** угловая скорость судна $\omega$ – отношение изменения угла курса к времени его изменения, град/с;

**.10** угол дрейфа $\beta$ – угол между диаметральной плоскостью (далее ДП) и направлением скорости в центре тяжести судна, град;

**.11** угол дрейфа $\beta_K$ – угол дрейфа в корме (угол натекания воды на ДРК), град;

**.12** угол перекладки руля $\delta$ – угол поворота средств управления по отношению к ДП, град;

**.13** упор гребного винта $T_P$ – сила, развиваемая гребным винтом в направлении ДП, приложенная к упорному подшипнику, Н;

**.14** упор $T_E$ ДРК «гребной винт-насадка» – суммарная сила, развиваемая ДРК «гребной винт – насадка» в направлении ДП, Н.

## 3 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ МАНЕВРЕННОСТИ

**3.1** В настоящем Руководстве предусмотрена возможность расчета численных значений критериев маневренности для следующих типов ДРКС:

**.1** гребные винты в поворотных насадках;

**.2** гребные винты в поворотных насадках и средний руль;

**.3** рули за открытыми гребными винтами;

**.4** рули за гребными винтами в насадках.

Для ДРКС другого типа способы расчета численных значений критериев маневренности должны быть согласованы с Речным Регистром.

**3.2** При пользовании таблицами, графиками и диаграммами, приведенными в настоящем Руководстве, промежуточные значения исходных характеристик определяются с помощью линейной интерполяции.

# 4 ПОВОРОТЛИВОСТЬ

**4.1** Наименьший относительный диаметр установившейся циркуляции $(D_Ц / L)_{min} = 2/\Omega_{max}$ следует определять путем нахождения абсциссы $\Omega_{max}$ точки пересечения кривых $C_{yk}(\Omega)$ и $C_{yR}(\Omega)$, построенных на одном графике в функции безразмерной угловой скорости судна $\Omega$ (рис. 4.1).

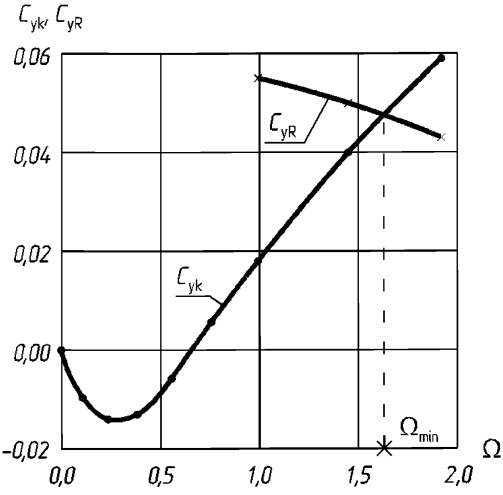


Рис. 4.1. Схема определения безразмерной угловой скорости $\Omega_{max}$

**4.2** Расчет характеристики корпуса $C_{yk}(\Omega)$ и характеристик взаимодействия корпуса с ДРК (коэффициента попутного потока $w'$, падения скорости $v'$, коэффициента увеличения скорости натекания воды на ДРК $k_v$) следует выполнять по форме табл. 4.2, при этом:

Таблица 4.2

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 1 | $\Omega$ (рис. 4.2-1 – 4.2-4) | | | | | | | | |
| 2 | $C_{yk}$ (рис. 4.2-1 – 4.2-4) | | | | | | | | |
| 3 | $\beta_K$ (по формуле (4.2.2)) | | | | | | | | |
| 4 | $w'$ (по формуле (4.2.3–1)) | | | | | | | | |
| 5 | $v'$ (по формуле (4.2.4)) | | | | | | | | |
| 6 | $k_v$ (по формуле (4.2.5)) | | | | | | | | |
| 7 | $\varphi$ (по формуле (4.2.6)) | | | | | | | | |

**.1** для каждого из заданных в табл. 4.2 углов дрейфа β по известным значениям $B/T$, $T/L$ (и $C_B$ для пассажирских судов) по выбранной диаграмме (рис. 4.2-1 – 4.2-4) определяются значения $\Omega$ и $C_{yk}$ (строки 1, 2 табл. 4.2). Диаграммы, приведенные на рис. 4.2-1 – 4.2-4, служат для построения характеристики корпуса судна $C_{yk}(\Omega)$ при расчетах поворотливости, устойчивости на курсе и управляемости при неработающих движителях. Каждая диаграмма (рис. 4.2-1 – для грузовых судов, рис. 4.2-2 – 4.2-4 – для пассажирских судов с различными коэффициентами общей полноты $C_B$) разбита на 5 поддиаграмм, соответствующих значениям $B/T$: 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5. На ка-

ждой поддиаграмме нанесена сетка кривых $T/L$ в диапазоне значений от 0,02 до 0,04 и кривых $\beta$ в диапазоне значений от 5° до 40°.

Для расчета характеристики корпуса судна $C_{yk}(\Omega)$ по типу судна и коэффициенту общей полноты $C_B$ выбирается необходимая диаграмма, затем по отношению $B/T$ выбираются поддиаграмма и на ней соответствующая кривая $T/L$. По заданным значениям углов дрейфа $\beta$ (кривые на поддиаграммах) определяются безразмерная угловая скорость судна $\Omega$ (ось абсцисс) и характеристика корпуса $C_{yk}(\Omega)$ (ось ординат). При этом следует обращать внимание на то, что каждой поддиаграмме соответствует своя ось ординат;

**.2** угол натекания воды на ДРК $\beta_K$ (строка 3) рассчитывается по формуле:

$$\beta_K = \chi \cdot \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\beta + 0{,}475\cdot\Omega/\cos\beta), \text{ град}, \qquad (4.2.2)$$

где $\chi = 1{,}0$ для бортовых ДРК;

$\chi = 0{,}8$ для ДРК в ДП судна;

**.3** коэффициент попутного потока $w'$ для одно- и двухвинтовых судов (строка 4) рассчитывается по формуле:

$$w' = \begin{cases} w_p \cdot \left[1 - (\beta_K / 45)^6\right] & \text{при } \beta_K < 45^\circ, \\ 0 & \text{при } \beta_K \geq 45^\circ, \end{cases} \qquad (4.2.3\text{-}1)$$

где $w_p$ – коэффициент попутного потока по расчету ходкости судна.

Для трехвинтовых судов значение коэффициента $w_p$ принимается по формуле:

$$w_p = (2\cdot w_{борт} + w_{дп})/3, \qquad (4.2.3\text{-}2)$$

где $w_{борт}$ – коэффициент попутного потока по расчету ходкости для бортовых движителей, а $w_{дп}$ – коэффициент попутного потока по расчету ходкости для среднего движителя;

**.4** падение скорости судна $v'$ на установившейся циркуляции (строка 5) рассчитывается по формуле:

$$v' = 1 - 0{,}7\cdot\Omega + 0{,}122\cdot\Omega^{2,6}; \qquad (4.2.4)$$

**.5** коэффициент увеличения скорости натекания воды $k_v$ в районе ДРК судна (строка 6) рассчитывается по формуле:

$$k_v = \cos\beta / \cos\beta_K; \qquad (4.2.5)$$

**.6** вспомогательный коэффициент $\varphi$ (строка 7) определяется по формуле:

$$\varphi = \pi z_P D^2 (1 - w')^2 / (4LT). \qquad (4.2.6)$$

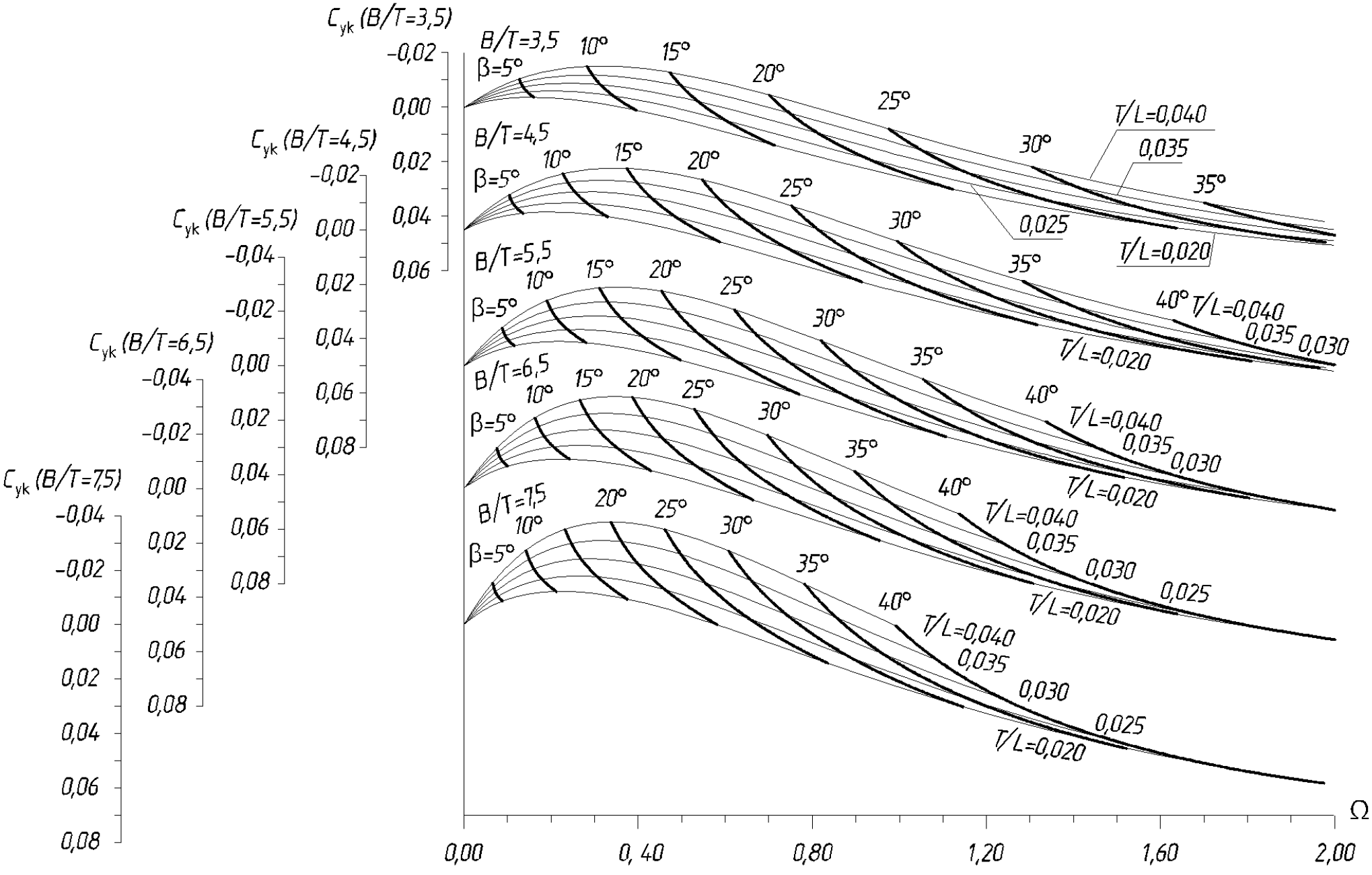


Рис. 4.2-1. Диаграмма Ω – $C_{yk}$ для грузовых судов

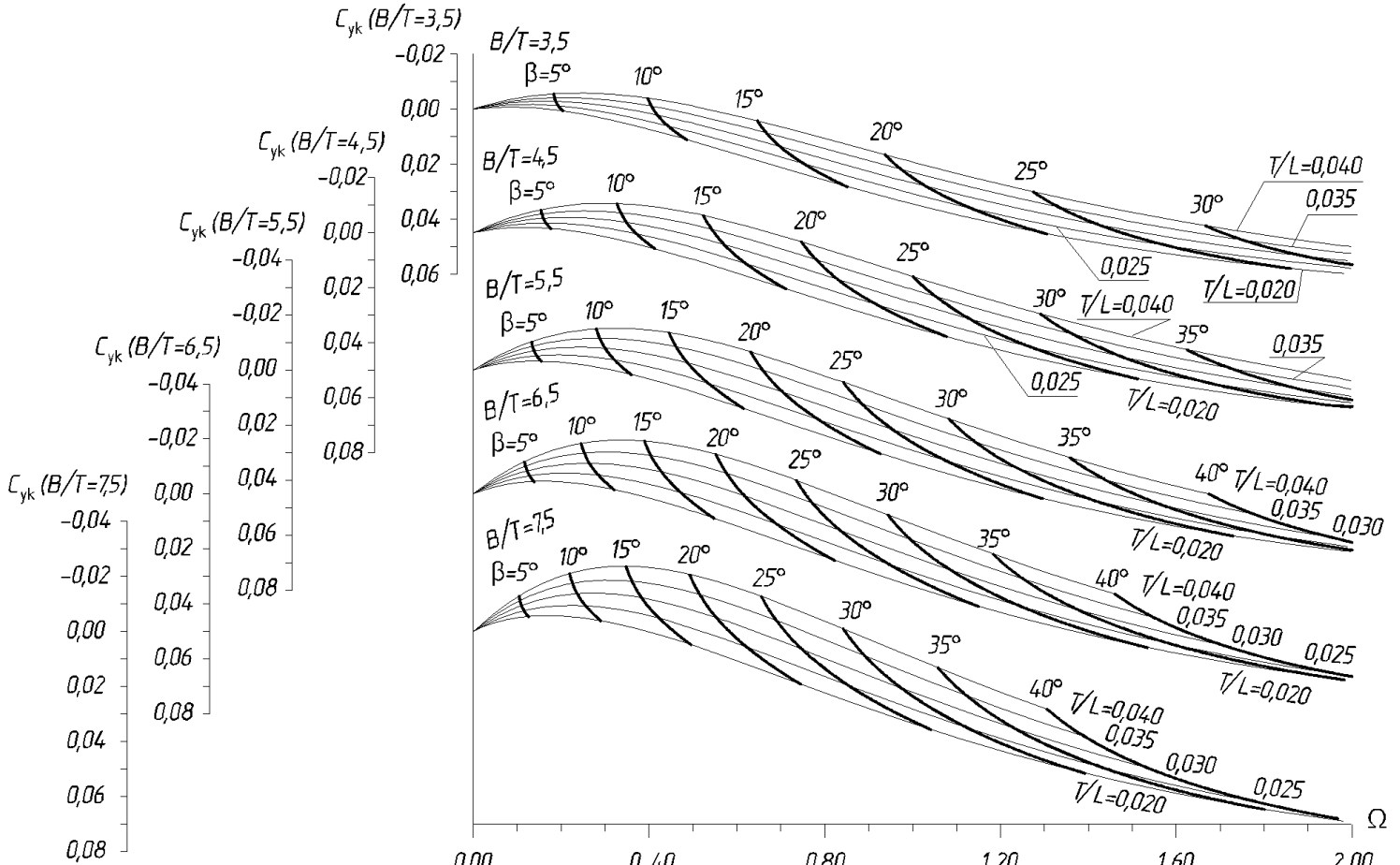


Рис. 4.2-2. Диаграмма Ω – $C_{yk}$ для пассажирских судов при $0{,}55 > C_B \geq 0{,}45$

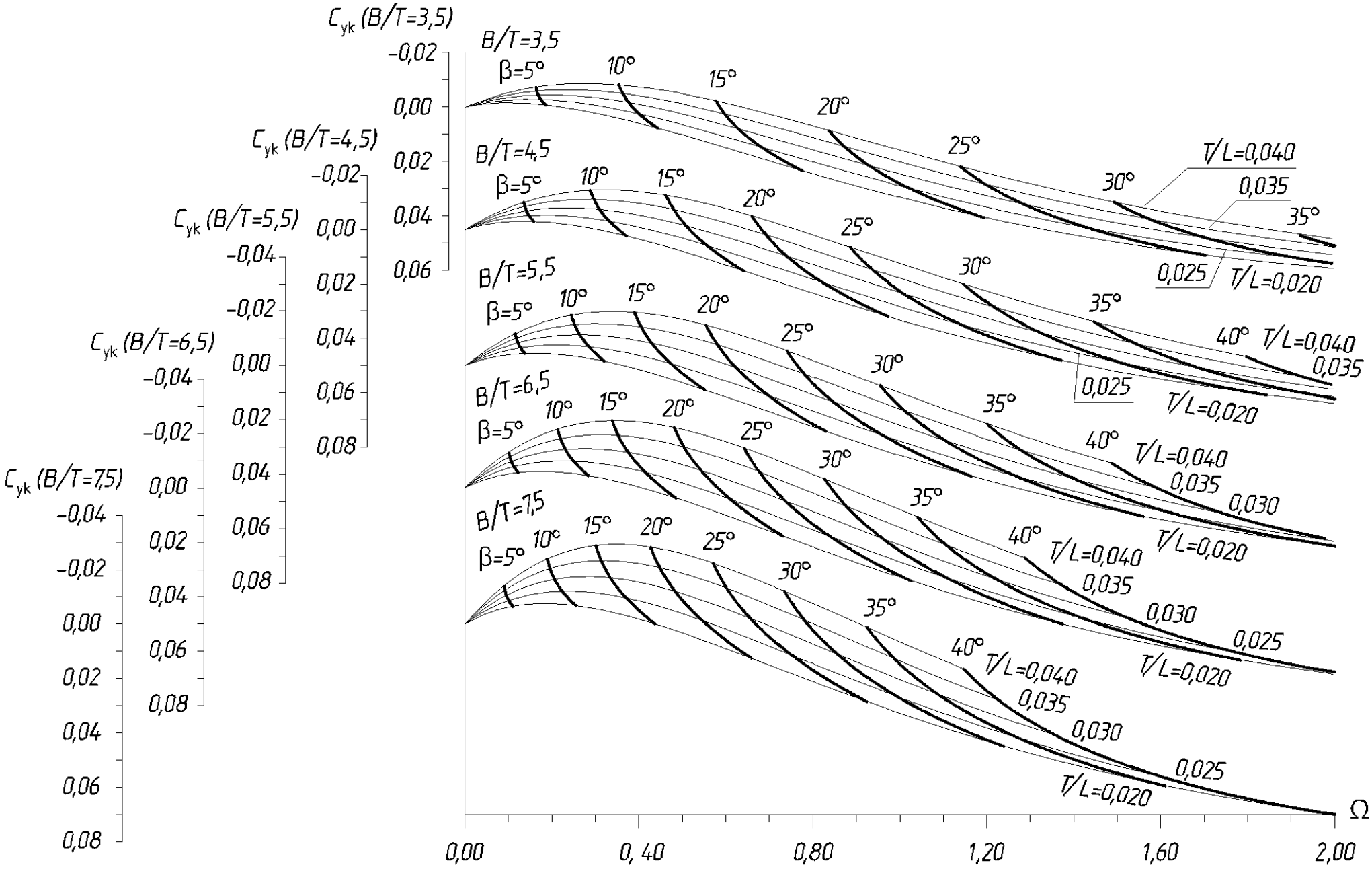


Рис. 4.2-3 Диаграмма Ω – $C_{yk}$ для пассажирских судов при 0,65 > $C_B$ ≥ 0,55

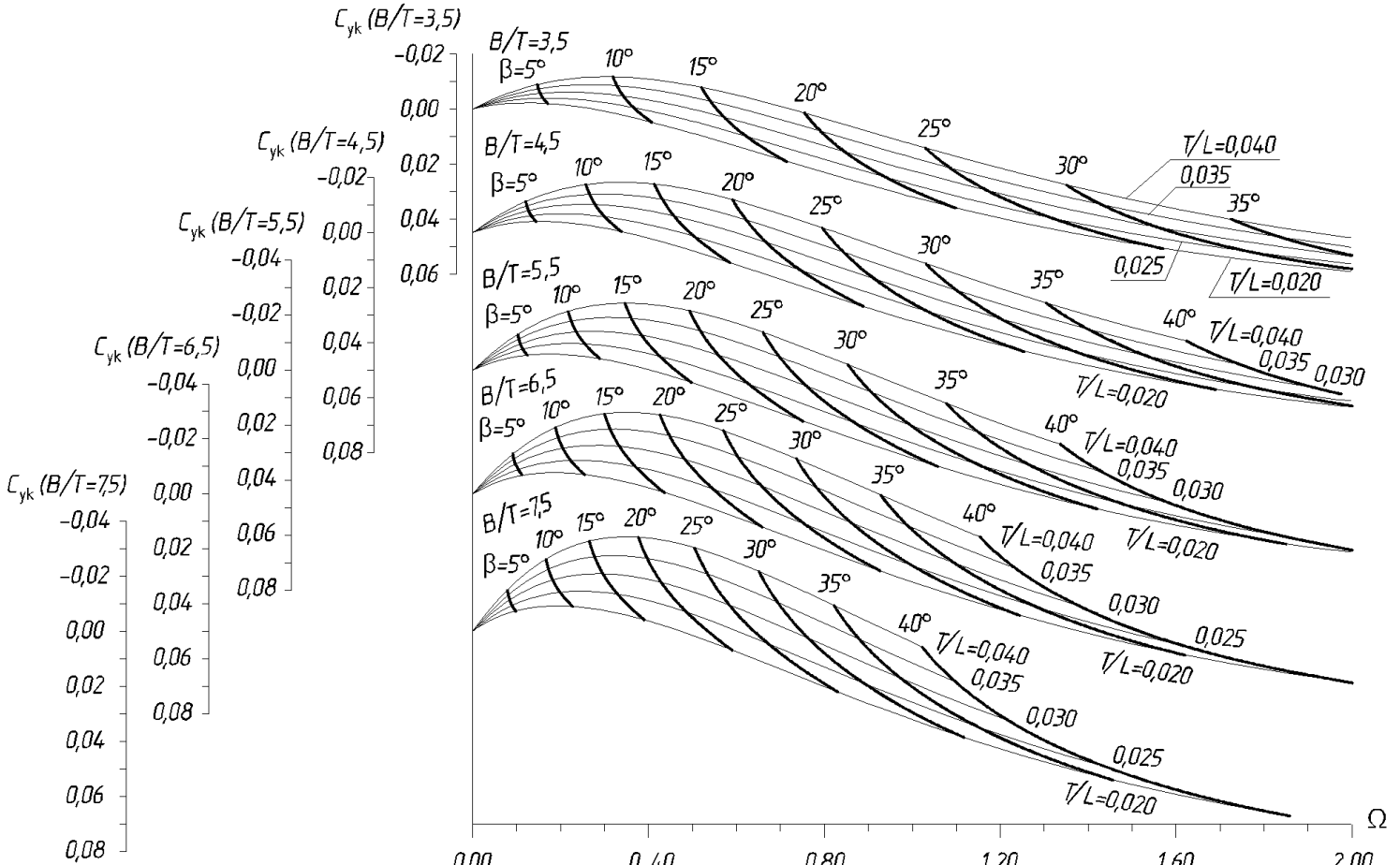


Рис. 4.2-4. Диаграмма Ω – $C_{yk}$ для пассажирских судов при $0{,}75 \geq C_B \geq 0{,}65$

**4.3** Расчеты безразмерной поперечной силы ДРКС любого типа следует выполнять в таблицах 4.4, 4.7, 4.9, 5.4, 5.7, 5.9, являющихся продолжением табл. 4.2 и начинающихся, соответственно, со строки 8.

**4.4** Расчет безразмерной поперечной силы ДРКС «гребные винты в поворотных насадках» и «гребные винты в поворотных насадках и средний руль» следует выполнять по форме табл. 4.4. В качестве наибольшего угла перекладки насадок принимается угол $\delta_m = 32°$. Значение коэффициента $q_T$ увеличения упора гребного винта при перекладке насадки принимается равным 1,40.

Расчет при углах дрейфа $\beta = 5°, 10°, 15°$ может не выполняться.

Таблица 4.4

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_P$ (по формуле (4.6.1)) | – | – | – | | | | | |
| 9 | $C_{TT}$ (рис. 4.6-1) | – | – | – | | | | | |
| 10 | $C_T$ (рис. 4.6-2) | – | – | – | | | | | |
| 11 | $A_Y$ (по формуле (4.6.4)) | – | – | – | | | | | |
| 12 | $k_\delta$ (по табл. 4.6.5) | – | – | – | | | | | |
| 13 | $B_Y$ (по формуле (4.6.6)) | – | – | – | | | | | |
| 14 | $k_\beta$ (по табл. 4.6.7) | – | – | – | | | | | |
| 15 | $D_y$ (по формуле (4.6.8)) | – | – | – | | | | | |
| 16 | $\Delta C_{CT}$ (по формуле (4.6.9)) | – | – | – | | | | | |
| 17 | $C_P$ (по формуле (4.6.10)) | – | – | – | | | | | |
| 18 | $C_{yR}$ (по формуле (4.6.11)) | – | – | – | | | | | |

**4.5** Исходные величины для расчета характеристики ДРК «гребные винты в поворотных насадках», выполняемого в табл. 4.4, должны вычисляться по следующим формулам и таблицам:

**.1** угол отклонения струи гребного винта поворотной насадкой $\delta^*$ – по формуле:

$$\delta^* = \begin{cases} 28{,}0 - 30{,}5\,(l'_H - 0{,}6) & \text{- для насадок без стабилизатора,} \\ 32{,}0 - 15{,}0\,(l'_H - 0{,}6) & \text{- для насадок со стабилизатором;} \end{cases} \quad (4.5.1)$$

**.2** коэффициент снижения упора ДРК $q_{TT}$ – по формуле:

$$q_{TT} = \begin{cases} 0{,}75 - 0{,}25\,(l'_H - 0{,}6) & \text{- для насадок без стабилизатора,} \\ 0{,}70 - 0{,}07\,(l'_H - 0{,}6) & \text{- для насадок со стабилизатором;} \end{cases} \quad (4.5.2)$$

**.3** коэффициент подъемной силы поворотной насадки как кольцевого крыла – по формуле:

$$\mu = 1{,}67 + 4{,}11 \cdot l_H' - 1{,}11 \cdot (l_H')^2 . \quad (4.5.3)$$

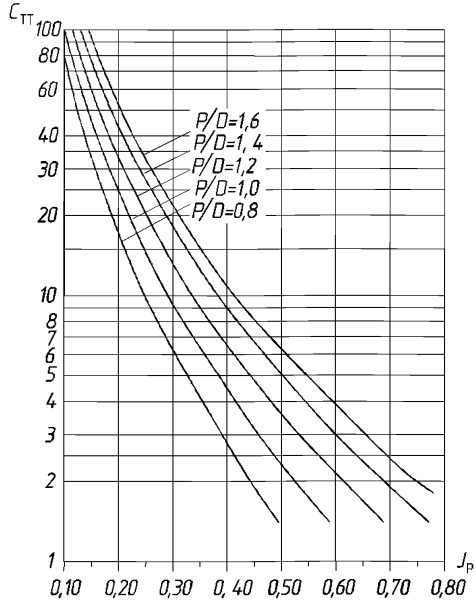


Рис. 4.6-1. Коэффициент нагрузки ДРК «гребной винт в насадке»

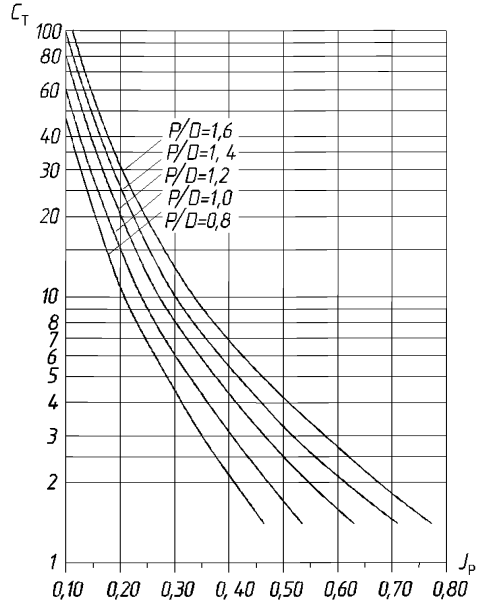


Рис. 4.6-2. Коэффициент нагрузки по упору гребного винта в насадке

**4.6** Величины, входящие в табл. 4.4, должны быть определены с использованием данных табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле:

$$J_P = \frac{v_0 \cdot v' \cdot (1 - w') \cdot k_v}{D \cdot n_0}; \qquad (4.6.1)$$

**.2** коэффициент нагрузки по упору ДРК «гребной винт-насадка» $C_{TT}$ (строка 9) - по графику (рис. 4.6-1);

**.3** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 10) - по графику (рис. 4.6-2);

**.4** вспомогательная величина $A_Y$ (строка 11) - по формуле:

$$A_Y = \frac{q_{TT} \cdot C_{TT}}{\sqrt{1 + q_T \cdot C_T}\cos\delta^* - \cos\beta_K}, \qquad (4.6.4)$$

где $\beta_K$ определяется по формуле (4.2.2);

**.5** вспомогательный коэффициент $k_\delta$ (строка 12) - по табл. 4.6.5;

Таблица 4.6.5

| $l'_н$ | Значения $k_δ$ при $C_{ТТ}$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 |
| 0,6 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,73 | 0,76 | 0,79 | 0,82 | 0,83 | 0,85 |
| 0,7 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,85 | 0,89 | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,98 |
| 0,8 | 0,88 | 0,89 | 0,91 | 0,95 | 0,99 | 1,01 | 1,04 | 1,06 | 1,08 |
| 0,9 | 0,92 | 0,93 | 0,95 | 0,99 | 1,03 | 1,07 | 1,10 | 1,13 | 1,15 |
| $l'_н$ | Значения $k_δ$ при $C_{ТТ}$ | | | | | | | | |
| | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | 35,0 |
| 0,6 | 0,87 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| 0,7 | 0,90 | 1,00 | 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,07 | 1,07 |
| 0,8 | 1,11 | 1,13 | 1,15 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,20 |
| 0,9 | 1,17 | 1,20 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |

**.6** позиционная составляющая безразмерной поперечной силы ДРК $B_Y$ (строка 13) - по формуле:

$$B_Y = \left(A_Y\sqrt{1+q_T C_T} + \mu\cdot\cos\beta_K\right)\cdot k_\delta\cdot\sin\delta^*; \qquad (4.6.6)$$

**.7** вспомогательный коэффициент $k_\beta$ (строка 14) - по табл. 4.6.7;

Таблица 4.6.7

| $l'_н$ | Значения $k_β$ при $C_{ТТ}$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 |
| 0,6 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,49 |
| 0,7 | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,6 | 0,62 | 0,63 |
| 0,8 | 0,61 | 0,63 | 0,63 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,7 | 0,72 | 0,73 |
| 0,9 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,80 |
| $l'_н$ | Значения $k_β$ при $C_{ТТ}$ | | | | | | | | |
| | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 0,6 | 0,50 | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| 0,7 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,68 | 0,69 | 0,7 | 0,71 | 0,72 | 0,73 |
| 0,8 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,8 | 0,81 | 0,82 | 0,84 |
| 0,9 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,86 | 0,89 | 0,90 | 0,90 |

**.8** демпфирующая составляющая безразмерной поперечной силы ДРК $D_Y$ (строка 15) - по формуле:

$$D_Y = -(A_Y + \mu\cdot\cos\delta^*)\cdot k_\beta\cdot\sin\beta_K; \qquad (4.6.8)$$

**.9** если стабилизатор насадки имеет выступающую вверх из струи гребного винта часть с площадью $A''_{СТ}$, м$^2$, и относительным удлинением (отношением средней высоты этой части стабилизатора к ее длине) $\lambda''_{СТ}$, то следует

выполнить расчет дополнительной безразмерной поперечной силы $\Delta C_{CT}$ (строка 16) по формуле:

$$\Delta C_{CT} = \frac{0{,}14 \cdot \lambda''_{CT} \cdot A''_{CT}(32 - \beta_K)\cos\beta_K}{(1 + \lambda''_{CT}) \cdot D^2}\ ; \qquad (4.6.9)$$

**.10** если на двухвинтовом судне, оборудованным гребными винтами в поворотных насадках, установлен дополнительный руль в ДП, имеющий площадь $A_P$ и относительное удлинение $\lambda_P$ и перекладываемый на угол, превышающий угол перекладки насадок в $k_P$ раз, то следует выполнить расчет дополнительной безразмерной поперечной силы $C_P$ (строка 17) по формуле:

$$C_P = \begin{cases} 0{,}14 \cdot \lambda_P \cdot A_P(32 \cdot k_P - \beta_K)\dfrac{\cos\beta_K}{(2 + \lambda_P)D^2} & \text{при } k_P < 1{,}5, \\ 0 & \text{при } k_P \geq 1{,}5, \end{cases} \qquad (4.6.10)$$

где $\beta_K$ определяется по формуле (4.2.2) для ДРК в ДП.

При отсутствии в составе ДРКС среднего руля $C_P = 0$;

**.11** расчет безразмерной поперечной силы $C_{yR}$ ДРКС «гребные винты в поворотных насадках» и «гребные винты в поворотных насадках и средний руль» (строка 18) следует выполнять по формуле:

$$C_{yR} = \varphi \cdot [0{,}81(B_Y + D_Y) + \Delta C_{CT} + 0{,}5 C_P\ ]. \qquad (4.6.11)$$

**4.7** Расчет безразмерной поперечной силы ДРКС «рули за открытыми гребными винтами» следует выполнять по форме табл. 4.7. В качестве наибольшего возможного угла перекладки руля $\delta$ принимается угол $\delta_m = 35°$.

Расчет при углах дрейфа $\beta = 5°, 10°, 15°$ может не выполняться.

Таблица 4.7

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_P$ (по формуле (4.6.1)) | – | – | – | | | | | |
| 9 | $C_T$ (рис. 4.8) | – | – | – | | | | | |
| 10 | $C_Y^{\delta}$ (по табл. 4.8.3) | – | – | – | | | | | |
| 11 | $k_\beta$ (по табл. 4.8.4) | – | – | – | | | | | |
| 12 | $k_\sigma$ (по табл. 4.8.5) | – | – | – | | | | | |
| 13 | $a_R$ (по формуле (4.8.6)) | – | – | – | | | | | |
| 14 | $b_R$ (по формуле (4.8.7)) | – | – | – | | | | | |
| 15 | $A_Y$ (по формуле (4.8.8)) | – | – | – | | | | | |
| 16 | $B_Y$ (по формуле (4.8.9)) | – | – | – | | | | | |
| 17 | $C_{TB}$ (по формуле (4.8.10)) | – | – | – | | | | | |
| 18 | $k_Y$ (по формуле (4.8.11)) | – | – | – | | | | | |
| 19 | $C_{yR}$ (по формуле (4.8.12)) | – | – | – | | | | | |

**4.8** Величины, входящие в табл. 4.7, должны быть определены с использованием данных соответствующих столбцов табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле (4.6.1);

**.2** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 9) - по графику, приведенному на рис. 4.8;

**.3** производная коэффициента нагрузки ДРК по поперечной силе по углу перекладки $C_Y^\delta$ (строка 10) - по табл. 4.8.3;

**.4** коэффициент скоса потока $k_\beta$ (строка 11) - по табл. 4.8.4;

**.5** коэффициент $k_\sigma$ (строка 12) - по табл. 4.8.5 в зависимости от $C_T$.

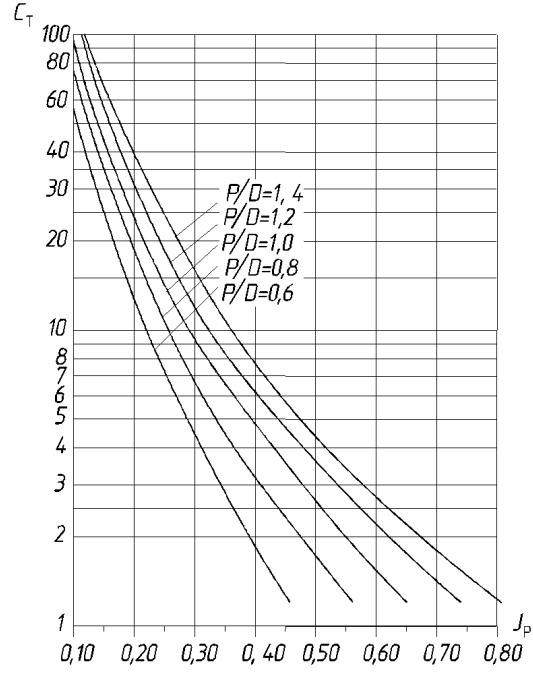


Рис. 4.8. Коэффициент нагрузки по упору открытого гребного винта

Таблица 4.8.3

| $C_T$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 9,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_Y^\delta$ | 3,87 | 4,50 | 5,15 | 5,65 | 6,16 | 6,62 | 7,11 | 7,60 | 8,09 | 9,35 | 10,60 | 11,4 |
| $C_T$ | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| $C_Y^\delta$ | 12,3 | 14,0 | 15,4 | 17,2 | 18,8 | 20,5 | 25,0 | 28,9 | 33,3 | 37,2 | 41,4 | 45,3 |

Таблица 4.8.4

| $x_P$ | Значения $k_\beta$ при $C_T$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 |
| ≤ 0,5 | 0,63 | 0,57 | 0,51 | 0,46 | 0,43 | 0,40 | 0,38 | 0,37 | 0,35 | 0,34 |
| 1,0 | 0,70 | 0,63 | 056 | 0,50 | 0,46 | 0,43 | 0,41 | 0,40 | 0,39 | 0,37 |
| 1,5 | 0,78 | 0,71 | 0,63 | 0,55 | 0,50 | 0,47 | 043 | 0,42 | 0,41 | 0,40 |
| 2,0 | 0,89 | 0,78 | 0,69 | 0,60 | 0,55 | 050 | 045 | 0,43 | 0,42 | 0,41 |

Окончание табл. 4.8.4

| $x_P'$ | Значения $k_\beta$ при $C_T$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| ≤ 0,5 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,20 |
| 1,0 | 0,36 | 0,33 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,26 | 0,24 | 0,21 |
| 1,5 | 0,39 | 0,37 | 0,36 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,24 |
| 2,0 | 0,41 | 0,40 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,27 |

Примечание. $x_P' = x_P/D$ – относительное отстояние носовой кромки профиля руля от плоскости диска гребного винта, измеренное по оси гребного винта.

Таблица 4.8.5

| $C_T$, $C_{TT}$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 9,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_\sigma$ | 1,42 | 1,39 | 1,37 | 1,35 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,23 | 1,19 | 1,18 |
| $C_T$, $C_{TT}$ | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| $k_\sigma$ | 1,16 | 1,14 | 1,13 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,08 | 1,06 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,04 |

Если выступающая из струи гребного винта часть руля имеет относительное удлинение $\lambda_R'' \le 0{,}1$, следует принимать $k_\sigma = 1{,}0$;

**.6** коэффициент $a_R$, учитывающий отличие величины $\lambda_R'$ от 1,0, (строка 13) - по формуле:

$$a_R = \frac{\left(2k_\sigma + \lambda_R' - 1\right)\left(4\lambda_R' k_\sigma - 3\lambda_R' - 4k_\sigma + 6\right)}{\lambda_R'\left(\lambda_R' + 1\right)\left(\lambda_R' + 2\right)}; \qquad (4.8.6)$$

**.7** коэффициент $b_R$, учитывающий влияние части руля, выступающей из струи гребного винта (строка 14), - по формуле:

$$b_R = \frac{8\lambda_R'' A_R''}{\left(1 + \lambda_R''\right)D^2}; \qquad (4.8.7)$$

**.8** безразмерная поперечная сила $A_Y$, развиваемая частью руля, погруженной в струю гребного винта (строка 15), - по формуле:

$$A_Y = 0{,}0175\, a_R C_Y^\delta \left(\delta - k_\beta \beta_K\right); \qquad (4.8.8)$$

**.9** безразмерная поперечная сила $B_Y$, развиваемая частью руля, выступающей из струи гребного винта (строка 16), - по формуле:

$$B_Y = 0{,}0175\, b_R(\delta - \beta_K); \qquad (4.8.9)$$

**.10** безразмерная демпфирующая поперечная сила $C_{ГВ}$, развивающаяся на гребном винте (строка 17), - по формуле:

$$C_{ГВ} = -0{,}0175\,(k_{1Y} + k_{2Y}\sqrt{C_T})\,\beta_K, \qquad (4.8.10)$$

где $k_{1Y} = 0{,}177\ (P/D) + 0{,}087\ (A_E/A_0 - 0{,}55)$,

$k_{2Y} = [0{,}257 + 0{,}233\ (A_E/A_0 - 0{,}55)]\ (P/D)^2 + [0{,}067 - 0{,}018\ (A_E/A_0 - 0{,}55)]$ ;

**.11** коэффициент динамического взаимодействия ДРК с корпусом судна $k_Y$ (строка 18) - по формуле:

$$k_Y = 1 - a\cdot(\delta - 11{,}5), \qquad (4.8.11)$$

где $a = 0{,}022$ – для двухвинтовых судов;

$a = 0$ – для одновинтовых и трехвинтовых судов;

**.12** безразмерная поперечная сила $C_{yR}$ ДРКС «рули за открытыми гребными винтами» (строка 19) - по формуле

$$C_{yR} = \varphi\cdot[(A_Y + B_Y)\cdot k_Y + C_{ГВ}]. \qquad (4.8.12)$$

**4.9** Безразмерную поперечную силу ДРКС «рули за гребными винтами в насадках» следует рассчитывать по форме табл. 4.9. В качестве наибольшего возможного угла перекладки руля $\delta$ принимается угол $\delta_m = 35°$.

Расчет при углах дрейфа $\beta = 5°, 10°, 15°$ может не выполняться.

Таблица 4.9

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_P$ (по формуле (4.6.1)) | – | – | – | | | | | |
| 9 | $C_{TT}$ (рис. 4.6-1) | – | – | – | | | | | |
| 10 | $C_T$ (рис. 4.6-2) | – | – | – | | | | | |
| 11 | $C_Y^{\delta}$ (по табл. 4.10.4) | – | – | – | | | | | |
| 12 | $\Delta\beta$ (по табл. 4.10.5) | – | – | – | | | | | |
| 13 | $k_\sigma$ (по табл. 4.8.5) | – | – | – | | | | | |
| 14 | $a_R$ (по формуле (4.8.6)) | – | – | – | | | | | |
| 15 | $b_R$ (по формуле (4.8.7)) | – | – | – | | | | | |
| 16 | $A_Y$ (по формуле (4.10.9)) | – | – | – | | | | | |
| 17 | $B_Y$ (по формуле (4.8.9)) | – | – | – | | | | | |
| 18 | $k_\beta$ (по табл. 4.6.7) | – | – | – | | | | | |
| 19 | $C_{ГВ}$ (по формуле (4.10.12)) | – | – | – | | | | | |
| 20 | $k_Y$ (по формуле (4.10.13)) | – | – | – | | | | | |
| 21 | $C_{yR}$ (по формуле (4.8.12)) | – | – | – | | | | | |

**4.10** Величины, входящие в табл. 4.9, должны быть определены с использованием данных табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле (4.6.1);

**.2** коэффициент нагрузки по упору ДРК «гребной винт в насадке» $C_{TT}$ (строка 9) - по графику, приведенному на рис. 4.6-1;

**.3** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 10) - по графику, приведенному на рис. 4.6-2;

**.4** производная коэффициента нагрузки ДРК по поперечной силе $C_Y^{\delta}$ (строка 11) - по табл. 4.10.4;

Таблица 4.10.4

| $C_{TT}$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 9,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_Y^{\delta}$ | 3,60 | 4,03 | 4,60 | 5,00 | 5,33 | 5,73 | 6,14 | 6,50 | 6,86 | 7,50 | 8,86 | 9,48 |
| $C_{TT}$ | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| $C_Y^{\delta}$ | 10,2 | 11,4 | 12,7 | 14,0 | 15,2 | 16,8 | 20,0 | 23,4 | 27,0 | 30,5 | 34,0 | 37,5 |

**.5** скос потока $\Delta\beta$ (строка 12) - по табл. 4.10.5;

Таблица 4.10.5

| $\beta_K$, град | $\Delta\beta$, град, при $C_T$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | при $x_P' \le 0{,}5$ | | | | | | при $x_P' > 0{,}5$ | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 10 | 20 | 50 | 1 | 2 | 3 | 10 | 20 | 50 |
| 10 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 |
| 20 | 6 | 4 | 2,5 | 1 | 0,5 | 0 | 7,5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0,5 |
| 30 | 10 | 7,5 | 4 | 2 | 1,5 | 0,5 | 13 | 9 | 6 | 2,5 | 2 | 1 |
| 40 | 15 | 11 | 7 | 3,5 | 2 | 1 | 20 | 14 | 9 | 5 | 2,5 | 1,5 |
| 45 | 17,5 | 13 | 8 | 4 | 2,5 | 1 | 24 | 18 | 11 | 6 | 3,5 | 1,5 |
| 50 | 21 | 16 | 10 | 5 | 3 | 1 | 29 | 21 | 14 | 8 | 4 | 2 |
| 55 | 26 | 19 | 12 | 7 | 4 | 1,5 | 35 | 25 | 16 | 10 | 5 | 2 |
| 60 | 30 | 24 | 14 | 7,5 | 4,5 | 1,5 | 42 | 30 | 20 | 12 | 6 | 2,5 |

Примечание. $x_P' = x_P/D$ – относительное отстояние носовой кромки профиля руля от задней кромки насадки, измеренное по оси гребного винта.

**.6** коэффициент $k_\sigma$ (строка 13) - по табл. 4.8.5 в зависимости от $C_{TT}$;

**.7** коэффициент $a_R$, учитывающий отличие величины $\lambda'_R$ от 1,0 (строка 14), - по формуле (4.8.6);

**.8** коэффициент $b_R$, учитывающий влияние части руля, выступающей из струи гребного винта (строка 15), - по формуле (4.8.7);

**.9** безразмерная поперечная сила $A_Y$, развиваемая частью руля, погруженной в струю гребного винта (строка 16), - по формуле:

$$A_Y = 0{,}0175\, a_R C_Y^{\delta}(\delta - \Delta\beta); \qquad (4.10.9)$$

**.10** безразмерная поперечная сила $B_Y$, развиваемая частью руля, выступающей из струи движителя (строка 17), - по формуле (4.8.9);

**.11** вспомогательный коэффициент $k_\beta$ (строка 18) - по табл. 4.6.7;

**.12** безразмерная демпфирующая поперечная сила $C_{ГВ}$, развивающаяся на ДРК «гребной винт-насадка» (строка 19), - по формуле:

$$C_{ГВ} = -k_\beta \left( \frac{C_{ТТ}}{\sqrt{1 + C_Т} - \cos\beta_К} + \mu \right) \cdot \sin\beta_К , \qquad (4.10.12)$$

где коэффициент $\mu$ определяется по формуле (4.5.3);

**.13** коэффициент $k_Y$ динамического взаимодействия ДРК с корпусом судна (строка 20) - по формуле:

$$k_Y = 1 - 0{,}011\,(\delta - 11{,}5); \qquad (4.10.13)$$

**.14** безразмерная поперечная сила $C_{yR}$ ДРКС «рули за гребными винтами в насадках» (строка 21) - по формуле (4.8.12).

## 5 УСТОЙЧИВОСТЬ НА КУРСЕ

**5.1** Относительный диаметр установившейся циркуляции при нулевом угле перекладки рулей $(D_Ц / L)_0 = 2/\Omega_0$ следует определять путем нахождения абсциссы $\Omega_0$ точки пересечения кривых $C_{yk}(\Omega)$ и $C_{yR}(\Omega)$, построенных на одном графике в функции безразмерной угловой скорости судна $\Omega$ (см. рис. 5.1). Если характеристики $C_{yk}(\Omega)$ и $C_{yR}(\Omega)$ не пересекаются, то судно считается устойчивым на прямом курсе, относительный диаметр его установившейся циркуляции при нулевом угле перекладки $(D_Ц/L)_0 = \infty$, безразмерная угловая скорость $\Omega_0 = 0$.

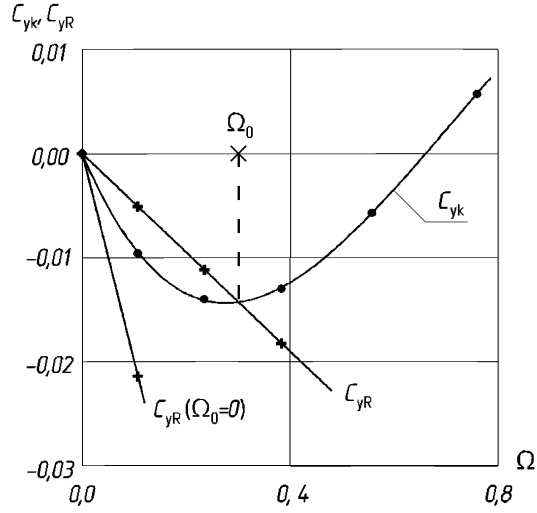


Рис. 5.1. Схема определения безразмерной угловой скорости $\Omega_0$

**5.2** В качестве характеристики корпуса $C_{yk}(\Omega)$ при определении устойчивости на курсе может быть использована характеристика корпуса $C_{yk}(\Omega)$, вычисленная по 4.2.

**5.3** Расчеты безразмерной поперечной силы ДРКС любого типа следует выполнять в таблицах, являющихся продолжением табл. 4.2 и начинающих-

ся, соответственно, со строки 8. Угол перекладки руля $\delta$ принимается равным нулю. Расчеты достаточно производить только при углах дрейфа $\beta$ = 5°, 10°, 15°.

**5.4** Безразмерную поперечную силу ДРКС «гребные винты в поворотных насадках» и «гребные винты в поворотных насадках и средний руль» следует определять по форме табл. 5.4.

Таблица 5.4

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_P$ (по формуле (4.6.1)) | | | | – | – | – | – | – |
| 9 | $C_{TT}$ (рис. 4.6-1) | | | | – | – | – | – | – |
| 10 | $C_T$ (рис. 4.6-2) | | | | – | – | – | – | – |
| 11 | $A_Y$ (по формуле (5.6.4)) | | | | – | – | – | – | – |
| 12 | $k_\beta$ (по табл. 4.6.7) | | | | – | – | – | – | – |
| 13 | $D_Y$ (по формуле (5.6.6)) | | | | – | – | – | – | – |
| 14 | $\Delta C_{CT}$ (по формуле (5.6.7)) | | | | – | – | – | – | – |
| 15 | $C_P$ (по формуле (5.6.8)) | | | | – | – | – | – | – |
| 16 | $C_{yR}$ (по формуле (5.6.9)) | | | | – | – | – | – | – |

**5.5** Величина $\mu$ для расчета безразмерной поперечной силы ДРКС «гребные винты в поворотных насадках», выполняемого в табл. 5.4, должна вычисляться по формуле (4.5.3).

**5.6** Величины, входящие в табл. 5.4, должны определяться с использованием данных табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле (4.6.1);

**.2** коэффициент нагрузки по упору ДРК «гребной винт-насадка» $C_{TT}$ (строка 9) - по графику, приведенному на рис. 4.6-1;

**.3** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 10) - по графику, приведенному на рис. 4.6-2;

**.4** вспомогательная величина $A_Y$ (строка 11) - по формуле:

$$A_Y = \frac{C_{TT}}{\sqrt{1 + C_T} - \cos\beta_K}\ , \qquad (5.6.4)$$

где $\beta_K$ определяется по формуле (4.2.2);

**.5** вспомогательный коэффициент $k_\beta$ (строка 12) - по табл. 4.6.7;

**.6** демпфирующая составляющая безразмерной поперечной силы ДРК $D_Y$ (строка 13) - по формуле:

$$D_Y = -(A_Y + \mu)\, k_\beta \sin\beta_K\ ; \qquad (5.6.6)$$

**.7** если стабилизатор насадки имеет выступающую вверх из струи гребного винта часть с площадью $A''_{СТ}$, м$^2$, и относительным удлинением (отношением средней высоты этой части стабилизатора к ее длине) $\lambda''_{СТ}$, то следует выполнить расчет дополнительной безразмерной демпфирующей поперечной силы $\Delta C_{СТ}$ (строка 14) по формуле:

$$\Delta C_{СТ} = -\frac{0{,}14 \cdot \lambda''_{СТ} \cdot A''_{СТ} \cdot \beta_К \cos\beta_К}{(1+\lambda''_{СТ})D^2}; \qquad (5.6.7)$$

**.8** если на двухвинтовом судне, оборудованном гребными винтами в поворотных насадках, установлен дополнительный руль в ДП, имеющий площадь $A_Р$ и относительное удлинение $\lambda_Р$, то следует выполнить расчет дополнительной безразмерной демпфирующей поперечной силы $C_Р$ (строка 15) по формуле:

$$C_Р = -0{,}14 \cdot \lambda_Р \cdot A_Р \cdot \beta_К \frac{\cos\beta_К}{(2+\lambda_Р)\cdot D^2}, \qquad (5.6.8)$$

где $\beta_К$ определяется по формуле (4.2.2) для ДРК в ДП.

При отсутствии в составе ДРКС среднего руля $C_Р = 0$;

**.9** безразмерная поперечная сила $C_{уR}$ ДРКС «гребные винты в поворотных насадках» и «гребные винты в поворотных насадках и средний руль» (строка 16) - по формуле

$$C_{уR} = \varphi\cdot(0{,}81D_Y + \Delta C_{СТ} + 0{,}5C_Р). \qquad (5.6.9)$$

**5.7** Безразмерную поперечную силу ДРКС «рули за открытыми гребными винтами» следует определять по форме табл. 5.7. В качестве угла перекладки руля $\delta$ следует принимать $\delta = 0°$. Расчет при углах дрейфа $\beta = 20°, 25°, 30°, 35°, 40°$ может не выполняться.

Таблица 5.7

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_Р$ (по формуле (4.6.1)) | | | | – | – | – | – | – |
| 9 | $C_Т$ (рис. 4.8) | | | | – | – | – | – | – |
| 10 | $C_Y^\delta$ (по табл. 4.8.3) | | | | – | – | – | – | – |
| 11 | $k_\beta$ (по табл. 4.8.4) | | | | – | – | – | – | – |
| 12 | $k_\sigma$ (по табл. 4.8.5) | | | | – | – | – | – | – |
| 13 | $a_R$ (по формуле (4.8.6)) | | | | – | – | – | – | – |
| 14 | $b_R$ (по формуле (4.8.7)) | | | | – | – | – | – | – |
| 15 | $A_Y$ (по формуле (5.8.8)) | | | | – | – | – | – | – |
| 16 | $B_Y$ (по формуле (5.8.9)) | | | | – | – | – | – | – |
| 17 | $C_{ТВ}$ (по формуле (4.8.10)) | | | | – | – | – | – | – |
| 18 | $C_{уR}$ (по формуле (5.8.11)) | | | | – | – | – | – | – |

**5.8** Величины, входящие в табл. 5.7, должны определяться с использованием данных табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле (4.6.1);

**.2** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 9) - по графику, приведенному на рис. 4.8;

**.3** производная коэффициента нагрузки ДРК по поперечной силе $C_Y^{\delta}$ (строка 10) - по табл. 4.8.3;

**.4** коэффициент скоса потока $k_\beta$ (строка 11) - по табл. 4.8.4;

**.5** коэффициент $k_\sigma$ (строка 12) - по табл. 4.8.5;

**.6** коэффициент $a_R$, учитывающий отличие величины $\lambda'_R$ от 1,0 (строка 13), - по формуле (4.8.6);

**.7** коэффициент $b_R$, учитывающий влияние части руля, выступающей из струи гребного винта (строка 14), - по формуле (4.8.7);

**.8** безразмерная демпфирующая сила $A_Y$, развиваемая частью руля, погруженной в струю гребного винта (строка 15), - по формуле:

$$A_Y = -0{,}0175 a_R C_Y^{\delta} k_\beta \beta_K ; \qquad (5.8.8)$$

**.9** безразмерная демпфирующая поперечная сила $B_Y$, развиваемая частью руля, выступающей из струи гребного винта (строка 16), - по формуле:

$$B_Y = -0{,}0175\, b_R \beta_K ; \qquad (5.8.9)$$

**.10** безразмерная демпфирующая поперечная сила $C_{ГВ}$, развивающаяся на гребном винте (строка 17), - по формуле (4.8.10);

**.11** безразмерная поперечная сила $C_{yR}$ ДРКС «рули за открытыми гребными винтами» (строка 18) - по формуле

$$C_{yR} = \varphi\,(A_Y + B_Y + C_{ГВ}). \qquad (5.8.11)$$

**5.9** Безразмерную поперечную силу ДРКС «рули за гребными винтами в насадках» следует рассчитывать по форме табл. 5.9. В качестве угла перекладки руля следует принимать $\delta = 0°$.

Расчет при углах дрейфа $\beta = 20°, 25°, 30°, 35°, 40°$ может не выполняться.

**5.10** Величины, входящие в табл. 5.9, должны определяться с использованием данных табл. 4.2 по следующим формулам, таблицам и графикам:

**.1** относительная поступь гребного винта $J_P$ (строка 8) - по формуле (4.6.1);

**.2** коэффициент нагрузки по упору ДРК «гребной винт-насадка» $C_{TT}$ (строка 9) - по графику, приведенному на рис. 4.6-1;

**.3** коэффициент нагрузки по упору гребного винта $C_T$ (строка 10) - по графику, приведенному на рис. 4.6-2;

**.4** производная коэффициента нагрузки ДРК по поперечной силе $C_Y^{\delta}$ (строка 11) - по табл. 4.10.4;

**.5** коэффициент скоса потока $k_\beta$ (строка 12) - по табл. 5.10.5;

**.6** коэффициент $k_\sigma$ (строка 13) - по табл. 4.8.5 в зависимости от $C_{TT}$;

**.7** коэффициент $a_R$, учитывающий отличие величины $\lambda'_R$ от 1,0 (строка 14), - по формуле (4.8.6);

**.8** коэффициент $b_R$, учитывающий влияние части руля, выступающей из струи гребного винта (строка 15), - по формуле (4.8.7);

**.9** безразмерная поперечная сила $A_Y$, развиваемая частью руля, погруженной в струю гребного винта (строка 16), - по формуле:

$$A_Y = -0{,}0175 a_R C_Y^{\delta} k_\beta \beta_K ; \qquad (5.10.9)$$

Таблица 5.9

| № строки | Вычисляемые величины | β | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 8 | $J_P$ (по формуле (4.6.1)) | | | | – | – | – | – | – |
| 9 | $C_{TT}$ (рис. 4.6-1) | | | | – | – | – | – | – |
| 10 | $C_T$ (рис. 4.6-2) | | | | – | – | – | – | |
| 11 | $C_Y^{\delta}$ (по табл. 4.10.4) | | | | – | – | – | – | – |
| 12 | $k_\beta$ (по табл. 5.10.5) | | | | – | – | – | – | – |
| 13 | $k_\sigma$ (по табл. 4.8.5) | | | | – | – | – | – | – |
| 14 | $a_R$ (по формуле (4.8.6)) | | | | – | – | – | – | – |
| 15 | $b_R$ (по формуле (4.8.7)) | | | | – | – | – | – | – |
| 16 | $A_Y$ (по формуле (5.10.9)) | | | | – | – | – | – | – |
| 17 | $B_Y$ (по формуле (5.10.10)) | | | | – | – | – | – | – |
| 18 | $C_{TB}$ (по формуле (5.10.11)) | | | | – | – | – | – | – |
| 19 | $C_{yR}$ (по формуле (5.10.12)) | | | | – | – | – | – | – |

Таблица 5.10.5

| $x_P'$ | Значения $k_\beta$ при $C_{TT}$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 30,0 |
| ≤ 0,7 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 |
| 1,2 | 0,23 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| 1,7 | 0,27 | 0,22 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 2,2 | 0,31 | 0,26 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,08 |

Примечание. $x_P' = x_P/D$ – относительное отстояние носовой кромки профиля руля от задней кромки насадки, измеренное по оси гребного винта.

**.10** безразмерная поперечная сила $B_Y$, развиваемая частью руля, выступающей из струи гребного винта (строка 17), - по формуле:

$$B_Y = -0{,}0175\, b_R \beta_K \; ; \qquad (5.10.10)$$

**.11** безразмерная демпфирующая поперечная сила $C_{ГВ}$, развивающаяся на ДРК «гребной винт-насадка» (строка 18), - по формуле:

$$C_{ГВ} = -0{,}0175 k_\beta \left( \frac{C_{TT}}{\sqrt{1 + C_T} - 1} + \mu \right) \cdot \beta_K \, , \qquad (5.10.11)$$

где коэффициент $k_\beta$ определяется по табл. 5.10.5;

коэффициент $\mu$ - по формуле (4.5.3);

**.12** безразмерная поперечная сила $C_{yR}$ ДРКС «рули за гребными винтами в насадках» (строка 19) - по формуле:

$$C_{yR} = \varphi \cdot (A_Y + B_Y + C_{ГВ}). \qquad (5.10.12)$$

## 6 УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРИ НЕРАБОТАЮЩИХ ДВИЖИТЕЛЯХ

**6.1** Способность судна к выходу из произвольной установившейся циркуляции после остановки главных двигателей следует определять путем сопоставления наибольшей по абсолютному значению отрицательной величины $(C_{yk})_{min}$ характеристики корпуса судна $C_{yk}(\Omega)$, построенной в соответствии с указаниями 4.2, и величины безразмерной поперечной силы $(C_{yR})_{min}$, развиваемой главными средствами управления судна при неработающих движителях (см. рис. 6.1). Судно считается способным к выходу из произвольной установившейся циркуляции при неработающих движителях, если $|(C_{yR})_{min}| \geq |(C_{yk})_{min}|$, т.е. если величина $(C_{yR})_{min}$ лежит ниже минимума характеристики корпуса судна $C_{yk}(\Omega)$.

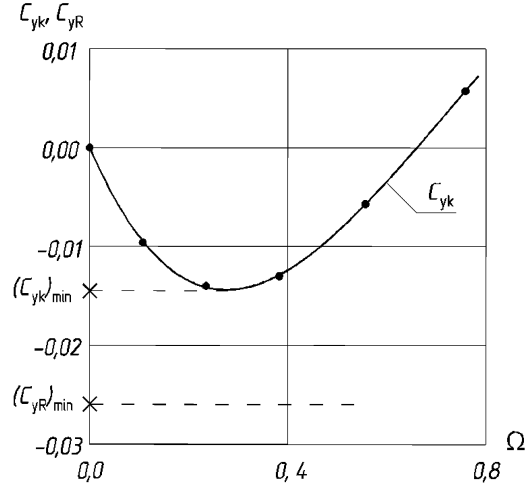


Рис. 6.1. Схема определения способности судна к выходу из произвольной установившейся циркуляции после остановки главных двигателей

**6.2** Величину безразмерной поперечной силы, развиваемой главными средствами управления судна при неработающих главных двигателях, следует принимать:

у одной поворотной насадки $(C_{yR})_{min} = -1{,}1 \cdot \varphi$,

у одного руля за открытым гребным винтом

$$(C_{yR})_{min} = -0{,}75 \cdot \varphi \cdot A_R / A_0,$$

у одного руля за гребным винтом в насадке

$$(C_{yR})_{min} = -0{,}65 \cdot \varphi \cdot A_R / A_0,$$

у среднего руля в ДП двухвинтового судна

$$(C_{yR})_{min} = -\varphi \cdot A_R / (z_P \cdot A_0).$$

## 7 СПОСОБНОСТЬ СУДНА К ЭКСТРЕННОМУ ТОРМОЖЕНИЮ

**7.1** При определении пути торможения процесс экстренного торможения судна рассматривается состоящим из двух этапов:

**.1** первый этап – от подачи команды на экстренное торможение до начала работы всех движителей судна на задний ход;

**.2** второй этап – от начала работы движителей на задний ход до полной остановки судна.

**7.2** Путь экстренного торможения $S_{AT}$, м, следует вычислять по формуле

$$S_{AT} = S_1 + S_2, \qquad (7.2.1)$$

где $S_1$ – путь, проходимый судном в течение первого этапа, м, определяемый в соответствии с 7.3;

$S_2$ – путь, проходимый судном в течение второго этапа, м, определяемый в соответствии с 7.6.

**7.3** Путь $S_1$, м, проходимый судном в течение первого этапа экстренного торможения следует вычислять по формуле:

$$S_1 = \frac{1}{C} \ln(1 + C v_0 t_1), \qquad (7.3.1)$$

где $t_1$ – продолжительность первого периода экстренного торможения, с, определяется в соответствии с указанием 7.4.

Входящая в выражение (7.3.1) величина $C$, $м^{-1}$, должна определяться по формуле:

$$C = \frac{R_0 - \Sigma T_{E1}}{1{,}05 \cdot m \cdot v_0^2}, \qquad (7.3.2)$$

где $m$ – масса судна, т;

$R_0$ – сопротивление воды движению судна при скорости $v_0$, кН, определяется по расчету ходкости;

$\Sigma T_{E1}$ – средний суммарный упор ДРКС в течение первого этапа экстренного торможения, кН, вычисляемый по формуле:

$$\Sigma T_{E1} = \frac{\rho v_0^2}{2} \sum_{i=1}^{Z_P} K_{Ki} D_i^2 \left[ (1 - w_i)^2 + C_{Hi}^2 D_i P_i \right], \qquad (7.3.3)$$

где $z_P$ – количество ДРК судна;

$i$ – номер ДРК в составе ДРКС;

$K_{Ki}$ – коэффициент, принимаемый равным:

0,4 – для открытых гребных винтов;

0,5 – для гребных винтов в насадках;

$w_i$ – коэффициент попутного потока для $i$-го ДРК по расчету ходкости;

$D_i$ – диаметр $i$-го гребного винта, м;

$P_i$ – шаг $i$-го гребного винта, м;

$C_{Hi}$ – поправочный коэффициент, $м^{-1}$, вычисляемый по формуле:

$$C_{Hi} = \frac{(1 - w_i)(\lambda_i - \Delta\lambda_i)}{P_i \sqrt{1 - (\lambda_i - \Delta\lambda_i)^2}}, \qquad (7.3.4)$$

где $\lambda_i$ принимается равным:

0,675 – для открытых гребных винтов;

0,70 – для гребных винтов в насадках;

$\Delta\lambda_i$ принимается равным:

0,5 – при установке реверс-редуктора;

0,3 – при работе двигателя непосредственно на гребной винт.

**7.4** При отсутствии иных данных продолжительность первого этапа экстренного торможения $t_1$ в соответствии с ПСВП принимается равной 25 с. Продолжительность первого этапа экстренного торможения меньшая, чем 25 с, должна быть подтверждена заводом- изготовителем двигателя.

**7.5** Скорость судна $v_1$ в конце первого этапа экстренного торможения, м/с, определяется по формуле:

$$v_1 = \frac{v_0}{1 + C v_0 t_1}, \qquad (7.5)$$

где $C$ – коэффициент, $м^{-1}$, определяется по формуле (7.3.2);

$t_1$ – продолжительность первого периода экстренного торможения, с, определяется в соответствии с указанием 7.4.

**7.6** Путь, проходимый судном в течение второго этапа экстренного торможения, м, вычисляется по формуле:

$$S_2 = \frac{v_1 \cdot \ln(1 + a^2)}{2ab}, \tag{7.6.1}$$

где $v_1$ – скорость судна в конце первого этапа активного торможения, определяемая в соответствии с указанием 7.5.

Величины $a$ и $b$, $с^{-1}$, определяются по формулам:

$$a = (v_1/v_0)\sqrt{|R_0/\Sigma T_{E2}|}, \tag{7.6.2}$$

$$b = \sqrt{|R_0 \Sigma T_{E2}|}/(1{,}05 m v_0), \tag{7.6.3}$$

где $\Sigma T_{E2}$ – средний суммарный упор ДРКС в течение второго этапа экстренного торможения, кН, определяемый по формуле:

$$\Sigma T_{E2} = \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^{Z_P} m_{zi} \cdot K_{K2i} \frac{P_{Di}}{n_{0i} P_i}, \tag{7.6.4}$$

где $m_{zi}$ – коэффициент использования мощности $i$-го двигателя при работе на задний ход, принимаемый для реверсивных двигателей равным 0,85. При установке реверс-редуктора $m_z$ принимается равным отношению передаточных чисел реверс-редуктора на переднем и заднем ходах;

$K_{K2i}$ – коэффициент, принимаемый равным:

6,00 – для открытых гребных винтов,

6,25 – для ДРК «гребной винт – насадка»;

$P_{Di}$ – мощность, подводимая к $i$-му движителю на переднем ходу, кВт;

$n_{0i}$ – частота вращения $i$-го гребного винта на переднем ходу, $с^{-1}$;

$D_i$, $P_i$ – см. 7.3;

$m$ – см. 2.2.

## 8 УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРИ ВЕТРЕ

**8.1** Определение скорости ветра $V_A$, м/с, выдерживаемого судном при движении произвольным заданным прямым курсом с номинальной частотой вращения всех движителей, следует производить по формуле:

$$V_A = 0{,}75 v_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{\varphi_a}\left[\frac{0{,}35}{c}(a_1 + 2{,}10 b_1) + 0{,}12\frac{a_2}{c^2}\right] + 1{,}0}, \tag{8.1}$$

где $c$ – коэффициент, который определяется в соответствии с указаниями 8.2.

Величины $\varphi_a$, $a_1$, $b_1$, $a_2$, входящие в формулу (8.1), следует вычислять по следующим формулам:

.1 вспомогательный коэффициент $\varphi_a$ – по формуле:

$$\varphi_a = 0{,}001225\, S/\,(L \cdot T)\,; \qquad (8.1.1)$$

.2 коэффициент позиционной силы на корпусе $a_1$ – по формулам:

$$a_1 = \begin{cases} 3{,}7\ T/L & \text{- для грузовых судов,} \\ 4{,}2\ T/L & \text{- для пассажирских судов;} \end{cases} \qquad (8.1.2)$$

**.3** коэффициент позиционной силы на корпусе $a_2$ для грузовых судов – по табл. 8.1.3;

Таблица 8.1.3

| B/T | Значения $a_2$ при T/L | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,018 | 0,022 | 0,026 | 0,030 | 0,034 | 0,038 | 0,044 |
| 3 | 0,920 | 0,798 | 0,712 | 0,661 | 0,625 | 0,602 | 0,578 |
| 4 | 0,841 | 0,720 | 0,623 | 0,559 | 0,520 | 0,490 | 0,473 |
| 5 | 0,794 | 0,673 | 0,575 | 0,508 | 0,465 | 0,437 | 0,416 |
| 6 | 0,771 | 0,649 | 0,551 | 0,480 | 0,441 | 0,414 | 0,393 |
| 7 | 0,759 | 0,637 | 0,535 | 0,469 | 0,429 | 0,402 | 0,380 |
| 8 | 0,755 | 0,633 | 0,534 | 0,465 | 0,425 | 0,398 | 0,375 |

**.4** коэффициент позиционной силы на корпусе $a_2$ для пассажирских судов – по табл. 8.1.4;

Таблица 8.1.4

| B/T | Значения $a_2$ при T/L | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,044 | 0,038 | 0,034 | 0,030 | 0,026 | 0,022 | 0,018 |
| 3 | 0,486 | 0,507 | 0,533 | 0,564 | 0,618 | 0,703 | 0,823 |
| 4 | 0,374 | 0,393 | 0,424 | 0,463 | 0,525 | 0,626 | 0,742 |
| 5 | 0,318 | 0,339 | 0,369 | 0,409 | 0,475 | 0,575 | 0,695 |
| 6 | 0,293 | 0,312 | 0,339 | 0,382 | 0,449 | 0,548 | 0,668 |
| 7 | 0,281 | 0,302 | 0,328 | 0,370 | 0,436 | 0,537 | 0,657 |
| 8 | 0,277 | 0,297 | 0,324 | 0,364 | 0,432 | 0,533 | 0,657 |

**.5** коэффициент позиционного момента на корпусе $b_1$ – по формуле

$$b_1 = \begin{cases} \left[0{,}101 + 0{,}00174\left(L/B - 8{,}17\right)\right] \cdot \left(21{,}0T/L + 0{,}285\right) & \text{- для грузовых судов,} \\ \left[0{,}109 + 0{,}00189\left(L/B\text{-}8{,}17\right)\right] \cdot \left(22{,}05T/L + 0{,}299\right) & \text{- для пассажирских судов.} \end{cases} \qquad (8.1.5)$$

**8.2** Коэффициент $c$ в формуле (8.1) следует вычислять по формуле:

$$c = \frac{\varphi D_Y^{\beta} + 0{,}037 b_1}{\varphi B_Y^{\delta}}, \tag{8.2}$$

где величины $B_Y^{\delta}, D_Y^{\beta}$ для различных типов ДРК определяются в соответствии с 8.3 и 8.4, величина $\varphi$ определяется по формуле (4.2.6), входящая в нее величина $w'$ определяется по формулам (4.2.3-1), (4.2.3-2) при $\beta_K = 10°$.

**8.3** Величины $B_Y^{\delta}, D_Y^{\beta}$, входящие в формулу (8.2), для ДРКС «гребные винты в поворотных насадках» и «гребные винты в поворотных насадках и средний руль» следует вычислять по следующим формулам:

$$B_Y^{\delta} = 0{,}0175 k_{\delta} \left( \frac{q_{TT} C_{TT0} \sqrt{1 + q_T C_{T0}}}{\sqrt{1 + q_T C_{T0}} - 1} + \mu \right), \tag{8.3.1}$$

$$D_Y^{\beta} = -0{,}0175 k_{\beta} \left( \frac{q_{TT} C_{TT0}}{\sqrt{1 + C_{T0}} - 1} + \mu \right) - \frac{0{,}14}{D^2} \left( \frac{\lambda''_{CT} A''_{CT}}{1 + \lambda''_{CT}} + \frac{\lambda_P A_P}{2 + \lambda_P} \right). \tag{8.3.2}$$

Величины, входящие в формулы (8.3.1) и (8.3.2), определяются с помощью формул и таблиц, входящих в 4.4 и 4.6. При отсутствии у стабилизаторов насадок части, выступающей из струи гребного винта, $A''_{CT} = 0$. При отсутствии в составе ДРКС среднего руля $A_P = 0$.

**8.4** Величины $B_Y^{\delta}, D_Y^{\beta}$, входящие в формулу (8.2), для ДРКС «рули за открытыми гребными винтами» следует вычислять по следующим формулам:

$$B_Y^{\delta} = 0{,}0175 \cdot \left( a_R C_Y^{\delta} + b_R \right), \tag{8.4.1}$$

$$D_Y^{\beta} = -0{,}0175 \cdot \left( a_R C_Y^{\delta} k_{\beta} + b_R \right), \tag{8.4.2}$$

где величины, входящие в формулы (8.4.1) и (8.4.2), определяются с помощью формул и таблиц, входящих в 4.8.

**8.5** Величины $B_Y^{\delta}, D_Y^{\beta}$, входящие в формулу (8.2), для ДРКС «рули за гребными винтами в насадках» следует вычислять по следующим формулам:

$$B_Y^{\delta} = 0{,}0175 \cdot \left( a_R C_Y^{\delta} + b_R \right), \tag{8.5.1}$$

$$D_Y^{\beta} = -0{,}0175 \cdot \left( a_Y C_Y^{\delta} k_{\beta} + b_R \right), \tag{8.5.2}$$

где величины, входящие в формулы (8.5.1) и (8.5.2), определяются с помощью формул и таблиц, входящих в 4.10.

## 9 УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

**9.1** Программа натурных испытаний маневренности составляется проектантом и должна включать в себя циркуляционные испытания, маневр «спираль», испытания на маневрах «зигзаг» 10°/10°, 20°/20°, 30°/30°, испытания при ходе по инерции, экстренное торможение судна, испытания управляемости на заднем ходу.

**9.2** Циркуляционные испытания должны проводиться путем выполнения установившихся циркуляций с углами перекладки руля $\delta$ = 10°, 20°, 35° на оба борта, а для судов, наибольший угол перекладки рулей которых превосходит 35°, – также при бóльших углах перекладки рулей. Циркуляции выполняются в условиях глубокой тихой воды при произвольной, одинаковой до начала маневра и более не регулируемой частоте вращения всех гребных винтов. В процессе испытаний измеряются диаметры $D_{Ц}$ установившихся циркуляций. В результате испытаний должен быть построен график зависимости величины $\Omega = 2L/D_{Ц}$ или $D_{Ц}/L$ от угла перекладки руля (диаграмма управляемости судна). Участок диаграммы управляемости судна в диапазоне углов перекладки руля $-5° \le \delta \le +5°$ строится по результатам выполнения маневра «спираль» в соответствии с указанием 9.3. Среднее на оба борта при наибольших углах перекладки рулей значение величины $2L/D_{Ц}$ рассматривается как критерий поворотливости судна в соответствии с 6.5.2 ч. II ПКПС.

**9.3** Маневр «спираль» должен выполняться как непрерывная последовательность установившихся циркуляций с углами перекладки руля $\delta$ в диапазоне от +5° до –5°. Для выполнения маневра судно при произвольной фиксированной скорости хода $v_0$ и одинаковой до начала маневра и более не регулируемой частоте вращения всех гребных винтов вводится в циркуляцию с углом перекладки руля $\delta$ = +5°. По достижении установившейся угловой скорости вращения угол перекладки руля последовательно уменьшается до +3°, +2°,+1°,+0°. На каждом этапе должна достигаться установившаяся угловая скорость вращения. Если при $\delta$ = 0° вращение судна прекращается и оно выходит на прямой курс, маневр на этом заканчивается. Если при $\delta$ = 0° судно продолжает вращаться на правый борт, то последовательными малыми перекладками руля на левый борт ($\delta \approx$ –0,5°, –1°, –1,5°, –2°) устанавливается угол перекладки руля на левый борт, при котором судно по достижении установившейся угловой скорости начинает вращаться на левый борт («крити-

ческий угол перекладки руля $\delta_{КР}$»). Далее последовательно по достижении установившихся угловых скоростей руль перекладывается на –3° и –5°. Затем вся процедура повторяется от $\delta = -5°$ до $\delta = +5°$. На каждом из участков, по достижении установившегося вращения судна, производится измерение угловой скорости судна $\omega$, град/с.

Обработка результатов маневра производится по формуле:

$$\Omega = \omega L/(57{,}3 v_0 v') = 2L/D_{Ц}\,, \qquad (9.3.1)$$

где $v'$ определяется по формуле (4.2.4) последовательными приближениями, начиная с $v' = 1{,}0$. Результаты обработки наносятся на диаграмму управляемости судна, полученную в 9.2.

**9.4** Если построенная в соответствии с 9.2, 9.3 диаграмма управляемости судна симметрична относительно оси $\delta = 0°$, то данная ось представляет собой истинный нуль перекладки руля, а средняя на оба борта на этой оси величина $\Omega = \Omega_0$ или величина $D_{Ц0}/L = 2/\Omega_0$ рассматривается как критерий устойчивости судна на прямом курсе в соответствии с 6.6 ч. II ПКПС.

Если построенная в соответствии с 9.2, 9.3 диаграмма управляемости судна несимметрична относительно оси $\delta = 0°$, то на ней через точку $\delta_0 = (\delta_{кр\ ПБ} + \delta_{кр\ ЛБ})/2$ проводится ось «истинного нуля перекладки руля». В этом случае в качестве критерия устойчивости судна на прямом курсе в соответствии с 6.6.1 ч. II ПКПС рассматривается среднее значение $\Omega_0$ величин $\Omega$ левого и правого бортов на оси истинного нуля перекладки руля или величина $D_{Ц0}/L = 2/\Omega_0$.

**9.5** Испытания на маневрах «зигзаг» 10°/10°, 20°/20°, 30°/30° должны выполняться путем последовательной перекладки руля на один и тот же угол $\delta$ левого и правого бортов в моменты уклонения судна от прямого курса на противоположный борт на угол $\theta = -\delta$ (рис. 9.5). Испытания на маневрах «зигзаг» проводятся при скорости судна на исходном прямом курсе $v = 0{,}8 \cdot v_0$. При испытаниях определяются: угол зарыскивания судна $\theta_1$ (угол поворота судна с момента начала перекладки руля для одерживания до момента остановки вращения) и время одерживания $t_1$ (с момента начала перекладки руля для одерживания до момента остановки вращения). На каждом маневре выполняются 3 полупериода и, соответственно, измеряются $\theta_{11}$, $\theta_{12}$, $\theta_{13}$ и $t_{11}$, $t_{12}$, $t_{13}$.

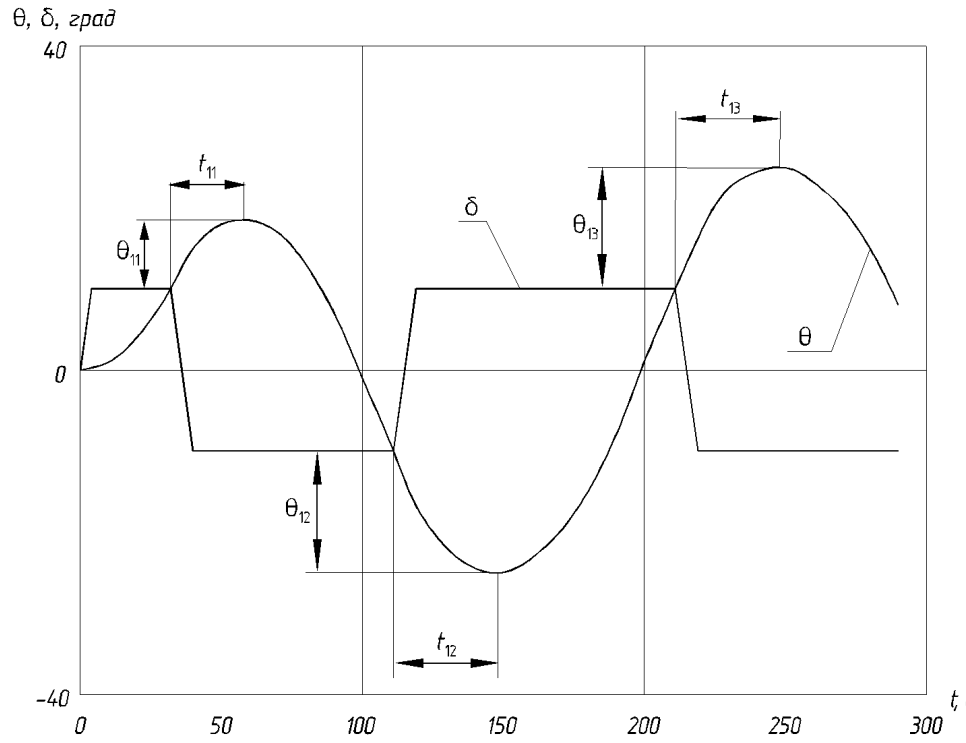


Рис. 9.5. Курсограмма маневра «зигзаг»

**9.6** Испытания при ходе по инерции должны выполняться путем ввода судна в установившуюся циркуляцию с углом перекладки руля на угол $\delta = 20°$, прекращения работы движителей судна и последующей за этим перекладки руля на угол $\delta = 30°$ противоположного борта. При испытаниях фиксируются остановка вращения судна и переход к вращению его на противоположный борт или его неспособность к одерживанию поворота.

**9.7** Экстренное торможение судна должно выполняться при движении судна прямым курсом со скоростью, соответствующей номинальной частоте вращения гребных винтов, и достигаться путем возможно более быстрого перевода движителей в режим полного заднего хода. При испытаниях фиксируются:

**.1** путь торможения судна по траектории его движения от момента подачи команды «стоп – полный назад» до момента остановки судна относительно воды;

**.2** время от момента подачи команды «стоп – полный назад» до момента начала работы гребных винтов на задний ход;

**.3** изменение угла курса по отношению к исходному в момент окончания маневра.

**9.8** Испытания по определению управляемости на заднем ходу выполняются путем движения судна задним ходом и удержания его на прямом курсе без маневрирования главными двигателями.

## 10 ТАБЛИЦА МАНЕВРЕННОСТИ

**10.1** Таблица маневренности для определения характеристик маневренности вывешивается в рулевой рубке на видном месте. Рекомендуемая форма таблицы маневренности судна приведена на рис. 10.1.

**10.2** Таблица маневренности разрабатывается проектантом судна на основании расчетов и дополняется и корректируется им по данным натурных испытаний.

**10.3** Таблица маневренности должна содержать следующие элементы:

**.1** таблицу основных данных судна, СЭУ и средств управления: главные размерения, осадки в грузу и в балласте; мощность главных двигателей, номинальную и критическую частоты вращения главных двигателей; тип и размеры рулей (параметры поворотных насадок, поворотных колонок), мощность и тягу подруливающего устройства. Форма таблицы основных данных судна, СЭУ и средств управления может быть произвольной;

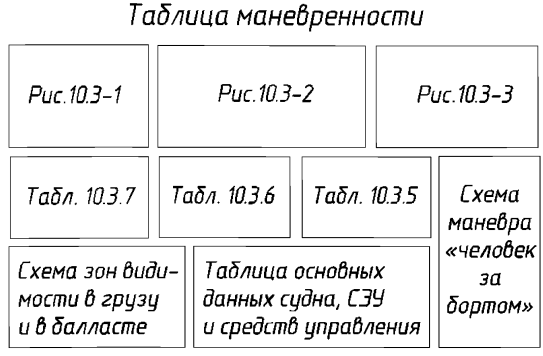


Рис. 10.1. Рекомендуемая форма таблицы маневренности судна

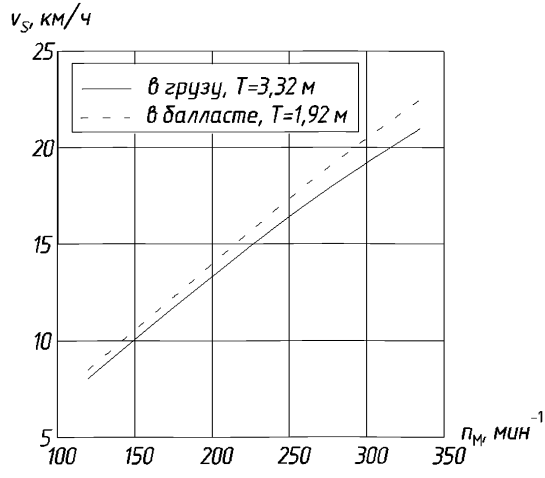


Рис. 10.3-1. Зависимость скорости судна от частоты вращения гребных винтов

**.2** скоростную характеристику судна в форме графических зависимостей скорости судна $v_S$, км/ч, на прямом курсе в условиях глубокой тихой воды от частоты вращения гребных винтов $n_M$, мин$^{-1}$, в грузу и в балласте (рис. 10.3-1);

**.3** характеристики поворотливости судна в грузу в форме планшета, представляющего траектории движения судна в зависимости от времени при разных углах перекладки руля δ (рис. 10.3-2);

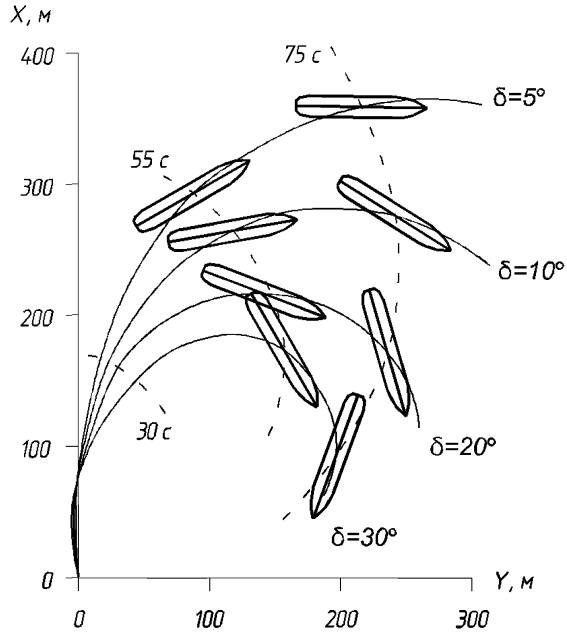


Рис. 10.3-2. Траектории движения судна в зависимости от времени при разных углах перекладки руля δ

**.4** инерционные характеристики судна в форме графических зависимостей скорости судна $v_S$, км/ч, и проходимого им пути $S_{AT}$, м, от времени и исходной скорости $v_{S0}$, км/ч (начальной частоты вращения гребных винтов $n_{M0}$, мин$^{-1}$), при экстренном торможении (рис. 10.3-3);

**.5** характеристики одерживания поворота по форме табл. 10.3.5, в которой содержатся данные о времени одерживания поворота $t_1$, с и угла зарыскивания судна $\theta_1$ при одерживании установившегося поворота, выполняемого судном в грузу на полном переднем ходу с углом перекладки руля $\delta_0$ с помощью наибольшего угла перекладки руля на противоположный борт;

Таблица 10.3.5

| Угол перекладки руля на повороте, град | 10 | 20 | 30 | 35 |
|---|---|---|---|---|
| Время одерживания $t_1$, с | 27 | 31 | 34 | 42 |
| Угол зарыскивания $\theta_1$, град | 17 | 23 | 26 | 29 |

**.6** таблицу данных о предельной скорости ветра в районе плавания $V_A$, м/с, выдерживаемого судном в балласте при движении заданным курсом со скоростью $v$, м/с, по форме табл. 10.3.6;

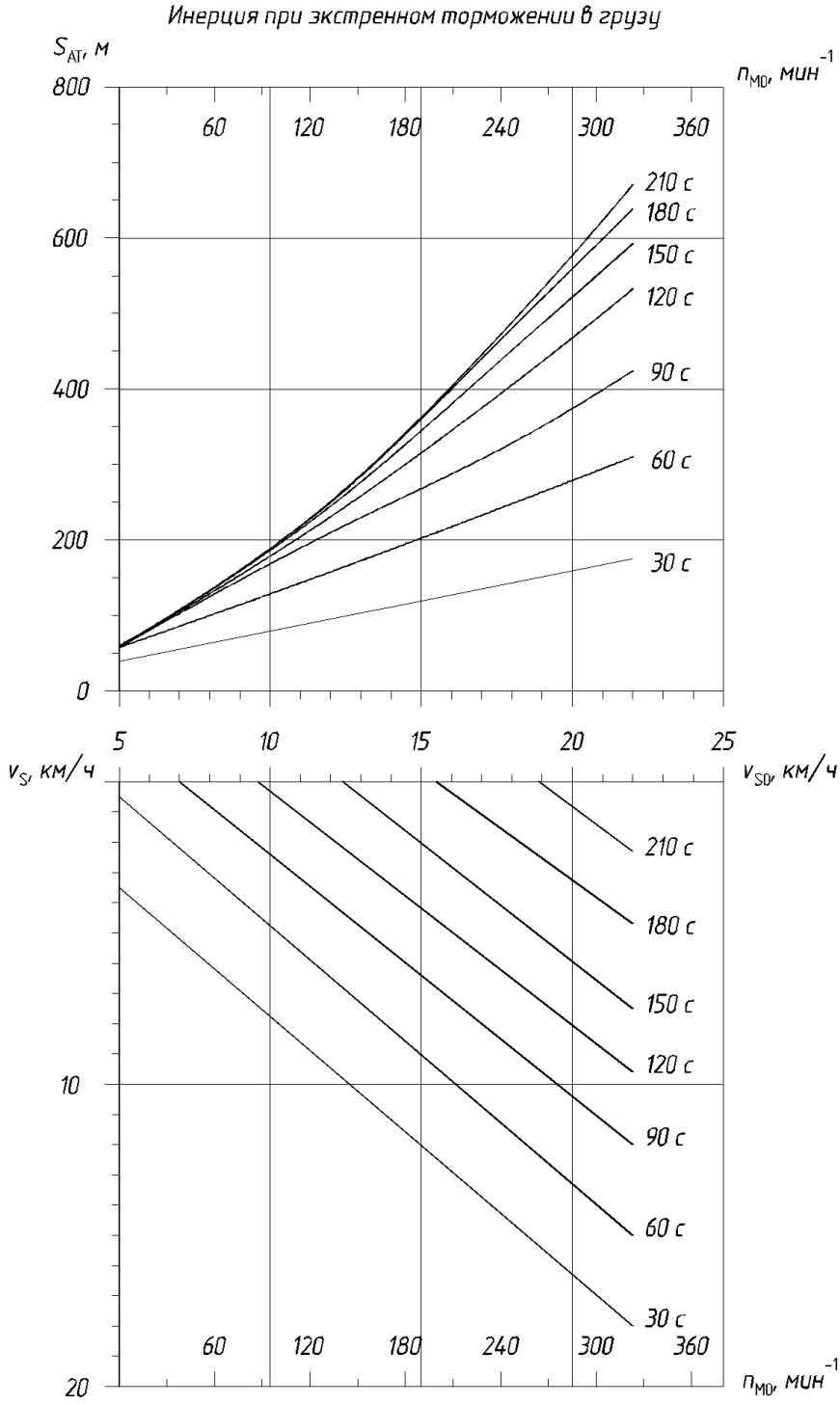


Рис. 10.3-3. Зависимость скорости судна и проходимого им пути от времени и исходной скорости движения при экстренном торможении

Таблица 10.3.6

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Скорость судна на тихой воде, км/ч | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 17,5 | 20,0 | 22,0 |
| Скорость ветра в районе плавания, м/с | 10,5 | 13,1 | 15,7 | 18,4 | 21,0 | 22,4 |

**.7** таблицу данных о просадке судна в грузу $\Delta T_H$ при движении прямым курсом со скоростью $v_s$, км/ч, на мелкой воде при ряде глубин $H$, м, по форме табл. 10.3.7;

Таблица 10.3.7

| Глубина воды, м | $\Delta T_H$ при скорости судна $v_s$, км/ч | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 20,0 | 22,0 |
| 10,0 | 0,11 | 0,15 | 0,19 | 0,25 | 0,3 | 0,37 |
| 7,0 | 0,14 | 0,19 | 0,24 | 0,31 | 0,38 | - |
| 5,0 | 0,17 | 0,24 | 0,31 | 0,39 | - | - |
| 4,0 | 0,21 | 0,28 | 0,36 | - | - | - |

**.8** схему зон видимости;

**.9** схему маневра «человек за бортом».

Примечание. Численные значения параметров, приведенные на рис. 10.1 и 10.3-1 – 10.3-3 и в табл. 10.3.5÷10.3.7, являются иллюстративными и не относятся к конкретному судну.

gost.e-ecolog.ru