

Министерство образования  
и науки Украины  
Одесская национальная морская  
академия

Кафедра: "Управление  
судном"

Курсовая работа  
по дисциплине "Управление  
судном" на тему:

"Определение маневренных ха-  
рактеристик т/х ЗОД Космо-  
дешьянская" для составления  
в круиз.

Выполнил студент:

Зачётная книжка

Руководитель:

Одесса - 2013 год

# Содержание :

Исходные данные для расчёта манёвренных характеристик	4
Введение	5-7
1. Классификация манёвренных характеристик и основные определения	8-12
2. Расчёт переходных коэффициентов :	
2.1. Расчёт переходного коэффициента $\gamma_k$ из эквивалента пассивного теплообмена	12-13
2.2. Расчёт переходного коэффициента $\gamma_p$ из эквивалента активного теплообмена	13-16
2.3. Расчёт переходных коэффициентов $\gamma_{\lambda 1}, \gamma_{\lambda 2}, \gamma_{\lambda T}, \gamma_{\lambda y}$ параметров циркуляции	16-20
2.4. Расчёт переходных коэффициентов теплопроводя.	20-21
3. Расчёт характеристик пассивного теплообмена	21-25
4. Расчёт характеристик активного теплообмена	25-32
5. Расчёт характеристик поворотливости и $g_{\text{пов}} -$	33-42

параметры управляемости

6. Расчет характеристик района и подпорядкования 42-46

7. Расчет параметров поворотности на неководье 46-49

Заключение. 48

Список использованной литературы. 50

Сайт для моряков  
maritimetelegraph.com

Исходные данные для расчета маневренных характеристик т/х		Зоя Космодемьянская		1				
№№ пп	Параметр и единица измерения	Условное обозначение	Значение параметра					
1	Длина между перпендикулярами, м	L <sub>11</sub>	201,6					
2	Ширина наибольшая, м	B	32					
3	Число винтов	i	1					
4	Число рулей	j	1					
5	Тип энергетической установки		ДВС					
6	Скорость уверенного реверсирования, уз	V <sub>рсв</sub>	12,0					
7	Винт: Число лопастей	Z	4					
8	Диаметр, м	D <sub>B</sub>	5,80					
9	Шаговое отношение	H/D <sub>B</sub>	0,736					
10	Дисковое отношение	Θ	0,720					
11	Характеристики руля: Площадь пера руля, м <sup>2</sup>	S <sub>p</sub>	34,3					
12	Высота руля по баллеру, м	h <sub>p</sub>	8,00					
13	Площадь подреза кормы, м <sup>2</sup>	f <sub>k</sub>	48,6					
14	Эксперимент пасс. торможения: начальная скорость, уз	V <sub>0</sub>	13,2					
15	конечная скорость, уз	V <sub>к</sub>	4,6					
16	Время пассивного торможения, с	t <sup>II</sup>	1140					
17	Эксперимент акт. торможения: начальная скорость, уз	V <sub>H</sub>	13,5					
18	число оборотов ЗП, об/мин	n <sub>зхэ</sub>	92					
19	Время активного торможения, с	t <sup>III</sup>	411					
20	Эксперимент циркуляции: начальная скорость, уз	V <sub>нц</sub>	12,2					
21	Конечная скорость, уз	V <sub>кц</sub>	6,2					
22	Угол перекладки руля, градусов	δ <sup>0э</sup>	33					
23	Выдвиг, корпусов	l <sub>1</sub>	2,89					
24	Прямое смещение, корпусов	l <sub>2</sub>	1,75					
25	Тактический диаметр, корпусов	D <sub>T</sub>	3,86					
26	Установившийся диаметр, корпусов	D <sub>y</sub>	2,44					
Данные по состоянию судна		В грузу	В балласте	Эксперимент				
27	Водоизмещение, т	D = 63650	D = 32850	Dэ =	61592			
28	Осадка носом, м	T <sub>H</sub> = 12,22	T <sub>H</sub> = 4,75	T <sub>Hэ</sub> =	11,80			
29	Осадка кормой, м	T <sub>K</sub> = 12,22	T <sub>K</sub> = 8,05	T <sub>Kэ</sub> =	11,60			
30	Коэффициент полноты мидель – шпангоута, β⊗	0,994	0,991		0,990			
Скоростные характеристики судна ( скорость, уз/ обороты, обор./мин.)								
Режим переднего хода		в грузу		в балласте		пзх, об/мин		
31	Передний полный (ПП)	14,8	120	15,8	120	ЗП/	90	
32	Передний полный маневренный (ППм)	12,5	100	13,4	100	ЗС/	65	
33	Передний средний (ПС)	10,2	80	11,2	80	ЗМ/	50	
34	Передний малый (ПМ)	7,9	60	8,5	60	ЗСМ/	25	
35	Передний самый малый (ПСМ)	6,0	45	6,5	45			
36	Площадь проекции надв. части корп. на ДП, м <sup>2</sup>	T <sub>сп</sub> =		S <sub>H</sub> =				
37	Площадь проекции пода. части корп. на ДП, м <sup>2</sup>	T <sub>сп</sub> =		S <sub>п</sub> =				
38	Скорость потери управляемости, уз	V <sub>упр</sub> = 0,2(скорости ПП)						

## Введение.

Управление современным крупнотоннажным судном, шлю-  
ющим мощной движитель и  
находящимся всегда под воздействи-  
ем двух (в общем случае)  
движущихся сред: воды и воз-  
духа, - сложная задача. Чтобы  
правильно определить воздейст-  
вие на судно различных фак-  
торов, судоводитель должен  
иметь глубокие теоретические  
знания и владеть комплексом  
специфических навыков.

Основной задачей развития  
знаний в области управления  
судном является сближение  
науки и практики, теорети-  
ческое обновление тех знаний  
в управлении судном, кото-  
рые наблюдаются, но пока  
еще теоретически не разрабо-  
таны с достаточной степенью  
точности. Научные объединения  
должны выдвигать те новые  
требования к судам и судовым  
устройствам, удовлетворение  
которых позволило бы управ-  
лять судном с меньшей за-

6  
высшей степенью от субъективной  
оценки обстановки судовой  
теплицы и действий внешних  
факторов.

По мере совершенствования  
информационного обеспечения  
процесса маневрирования воз-  
никает форма представления  
информации в виде знания,  
которая объединяет черты  
процедурного и декларативно-  
го его видов. При отсутст-  
вии знания управление про-  
цессом маневрирования прои-  
зводится методом проб и оши-  
бок, в результате чего значи-  
тельно увеличивается вероят-  
ность принятия неправильного  
решения и возникновения  
навигационного происшествия.

Каждый судоводитель для бе-  
зопасного управления движением  
судов должен четко понимать  
физические процессы, происходя-  
щие при маневрировании и  
заблаговременно, решительно  
и точно действовать в любых  
ситуациях при разных навигационных  
условиях.

Цель курсовой работы —

7

обладать профессиональными  
навыками по безопасному управлению судном при любых видах маневрирования, приобрести знания по основным физическим процессам, происходящим при маневрировании судов, практические навыки по выполнению расчетов на маневренных характеристиках.

Сайт для моряков  
maritimetelegraph.ru

## 1. Классификация маневренных характеристик и основные определения.

Для описания судна как объекта управления, используют маневренные характеристики, которые делятся на:

- инерционно-тормозные - к ним относятся разгон, подтормозивание, пассивное и активное торможение.

Разгон ( $\Delta v_{разг}$ ,  $t_{разг}$ ) - процесс увеличения скорости от низкой ступени к высокой. Особый случай такого маневра - разгон из неподвижного состояния и разгон с переключением руля.

Подтормозивание ( $\Delta v_{пт}$ ,  $t_{пт}$ ) - процесс уменьшения скорости от высокой ступени движения к низкой.

Пассивное торможение ( $\Delta v_{пт}$ ,  $t_{пт}$ ) - процесс уменьшения скорости при движении судна с неработающим двигателем, за счёт сопротивления воды.

Активное торможение ( $\Delta v_{ат}$ ,  $t_{ат}$ ) - процесс уменьшения скорости движения судна за счёт укора



винта, работающего на задний ход.

Управляемость, которая делится на характеристики устойчивости и характеристики поворотливости.

К характеристикам устойчивости относятся: постоянная времени задержки поворота  $T(\delta)$ , устойчивость на курсе, критерий  $Q$ , зона неустойчивости  $\pm \omega_0$ ,  $\pm \delta_{00}$ , задерживающий поворот, время  $t_0(\delta)$ ,  $\theta_0(\delta)$  - угол;  $T(\delta)$ .

Устойчивость на курсе называется способностью судна сохранять направление прямолинейного движения. Различают собственную и эквивалентную устойчивость.

Собственная устойчивость - способность судна, получившего под влиянием какого-то возмущения некоторую угловую скорость, постепенно снова проходить в прямолинейное движение (на новом курсе) без помощи рулевого устройства.

Большинство судов собственной устойчивостью не обла-

10  
дают, т.е. являются в большей  
степени в меньшей степени устойчи-  
выми.

Эксплуатационная устойчивость - способность судна сохра-  
нить заданное направление  
движения с помощью периоди-  
чески перекладок руля. Эксплуа-  
ционная устойчивость за-  
висит как от степени собст-  
венной устойчивости судна,  
так и от эффективности ру-  
левого устройства.

Поворотливость - способность  
судна изменить направление  
движения и описать траекто-  
рию заданной кривизны.

К характеристикам поворот-  
ливости относятся: выдвиг  
 $\lambda_1(\delta)$ ; прямое сюррежение  $\lambda_2(\delta)$ ;  
обратное сюррежение  $\lambda_3(\delta)$ ; так-  
тический диаметр  $D_m(\delta)$ ; диа-  
метр установившейся цирку-  
ляции  $D_y(\delta)$  и период цирку-  
ляции  $T(V, \delta)$ .

Процесс поворота судна с  
переменным рулём называет-  
ся циркуляцией.

Циркуляция характеризуется  
минимумом и угловой скоростью,

радиусом кривизны и углом дрейфа.

Высота (71) - расстояние, на которое смещается ЦТ судна в направлении первоначального курса от начальной точки циркуляции до точки, соответствующей изменению курса на 90°.

Транное смещение (72) - расстояние от линии первоначального курса по нормали до ЦТ судна к моменту изменения курса на 90°.

Обратное смещение (73) - максимальное смещение ЦТ судна от линии первоначального курса в сторону, обратную направлению поворота, происходящее в начале циркуляции под влиянием боковой силы руля, вызывающей дрейф судна.

Тангенциальный диаметр циркуляции  $D_T$  - расстояние между положениями ЦТ судна до начала поворота и в момент изменения курса на 180°.

Диаметр установившейся циркуляции  $D_{уст}$  - расстояние между положениями

дл судна на двух последовательных курсах, отличающихся на 180° при установившемся движении.

## 2. Расчет переходных коэффициентов.

2.1. Расчет переходного коэффициента  $\Omega$  из эксперимента наливного торложа.

1) Рассчитываем площадь смоченной поверхности по формуле:

$$\Omega = D^{2/3} \cdot (4,854 + 0,492 \cdot \frac{B}{T}), \quad (1)$$

где  $D$  - водоизмещение судна, т.

$$\Omega = (63650)^{2/3} \cdot (4,854 + 0,492 \cdot \frac{32}{12,22}) = 9791,94 \text{ (м}^2\text{)}$$

2) Производим расчет коэффициента сопротивления  $K_{расч}$  по формуле:

$$K_{расч} = 5880 + 0,654 \Omega \sqrt{\frac{B}{T}}, \quad (2)$$

где  $S$  - площадь смоченной поверхности,  $m^2$ ;  $B$  - ширина судна,  $m$ ;  $T$  - средняя осадка,  $m$ .

$$K_{расч} = 5880 + 0,654 \cdot 9791,94 \cdot \sqrt{\frac{32}{12,22}} = 16243,01$$

3) Производим расчет коэффициента  $K_{э}$  по формуле:

$$K_{э} = \frac{m}{0,514 \cdot V_0 \cdot t''} \cdot \left( \frac{V_0}{V_c} - 1 \right) \quad (3)$$

$$K_{э} = \frac{67751200}{0,514 \cdot 13,2 \cdot 1140} \cdot \left( \frac{13,2}{4,6} - 1 \right) = 16376,3$$

4) Производим расчет переходного коэффициента по соответствию  $\gamma'_{к} = \frac{K_{э}}{K_{расч}} \quad (4)$

$$\gamma'_{к} = \frac{16376,3}{16243,01} = 1,01$$

### 2.2. Расчет переходного коэффициента $\gamma_p$ из эксперимента активного торможения.

1) Производим расчет силы

упора винта на швартовках  
Р<sub>шв</sub> по формуле:

$$R_{шв} = K_p \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D_B^4, \quad (5)$$

где  $K_p$  - коэффициент упора  
винта на швартовках,  $\rho$  - плот-  
ность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - частота  
вращения винта, об/с;  $D_B$  - диа-  
метр винта, м.

$$R_{шв} = 0,24 \cdot 1020 \cdot (1,5)^2 \cdot (5,8)^4 =$$
$$= 617796,42 \text{ (Н)}$$

2) Произведем расчет коэффи-  
циента полезной упора винта  
 $C_{уу}$  по формуле:

$$C_{уу} = 0,508 + 0,106 \cdot \frac{S_0}{A_d}, \quad (6)$$

где  $S_0$  - площадь поружённой  
части шедель шканта, м<sup>2</sup>;  
 $A_d$  - площадь диска винта:

$$A_d = \pi \cdot D_B^2 / 4, \quad (7)$$

$$C_{уу} = 0,508 + 0,106 \cdot \frac{388,06}{26,42} = 2,06$$

3) Производим подбор значения коэффициента  $a_2$  методом итераций. Принимаем значение  $a_2 = 1$  и рассчитываем время термощения по формуле:

$$t = m / k_2 / \sqrt{a_2} \quad (8)$$

$$t = 67751200 / 16376,3 / (\sqrt{1,5 \cdot 0,574}) = 595,7 \text{ (с)}$$

Рассчитываем разность  $\Delta t$ :

$$\Delta t = t - t''' \quad (9)$$

$$\Delta t = 595,7 - 411 = 184,7 \text{ (с)}$$

Так как  $\Delta t \neq 0$ , то это означает, что  $a_2 \neq 1$ . Повторим процедуру подбора до тех пор, пока разница между расчетным и экспериментальным временем не будет меньше 1 секунды:

$$\text{при } a = 1,46 \quad \Delta t = 0,44 \text{ с}$$

4) Производим расчет экспериментального значения числа ударов в минуту по формуле:

$$P_{\max}^{\exists} = a_{\exists} \cdot K_{\exists} \cdot (0,514 \cdot V_H)^2 \quad (10)$$

$$P_{\max}^{\exists} = 1,46 \cdot 16376,3 \cdot (0,514 \cdot 13,5)^2 = \\ = 1151230,642 \text{ (H)}$$

5) Производим расчёт значения силы упора винта  $P_{\max}^{\text{расч.}}$  по формуле:

$$P_{\max}^{\text{расч.}} = P_{\text{увб}} \cdot C_{\text{уу}} \quad (11)$$

$$P_{\max}^{\text{расч.}} = 617796,42 \cdot 2,06 = 1275677,8 \text{ (H)}$$

6) Производим расчёт переходного коэффициента  $\gamma_p$  по формуле:

$$\gamma_p = P_{\max}^{\exists} / P_{\max}^{\text{расч.}} \quad (12)$$

$$\gamma_p = \frac{1151230,6}{1275677,8} = 0,9$$

2.3. Расчёт переходных коэффициентов  $\gamma_{\alpha_1}$ ,  $\gamma_{\alpha_2}$ ,  $\gamma_{\alpha_T}$ ,  $\gamma_{\alpha_y}$  на параметров циркуляции.

1) Производим расчёт угла дифферента в градусах по формуле:



$$\psi = \frac{T_k - T_H}{L} \cdot 57,3 \quad (13)$$

$$\psi = \frac{12,22 - 12,22}{201,6} \cdot 57,3 = 0$$

2) Произведем расчёт фактора руля и коруса по формуле:

$$\varphi = \frac{(L/B) \cdot \bar{b}_k^2}{\sqrt{\delta p \% + \lambda p}} \quad (14)$$

где  $\bar{b}_k$  - коэффициент мощности ДТ, рассчитывается по мощности подвоя коруса,  $\delta p \%$  - относительная мощность поворотной части пера руля в процентах от мощности погружённой части ДТ;  $\lambda p$  - относительное удлинение руля.

$$\varphi = \frac{(201,6/32) \cdot (0,98)^2}{\sqrt{1,39 + 1,87}} = 3,35$$

3) Произведем расчёт коэффициента  $\bar{b}_k$  по формуле

$$\bar{b}_k = 1 - \frac{f_k}{L_H \cdot T_{cp}} \quad (15)$$

где  $f_k$  - площадь корневой поверхности, ограниченной корневой перпендикулярной базовой линией и контуром корня, вращающейся кромки полуподвешенной руки.

$$b_k = 1 - \frac{48,6}{201,6 \cdot 12,2} = 0,98$$

4) Производим расчет относительного удлинения руки по формуле:

$$\lambda_r = h_r^2 / S_r, \quad (16)$$

где  $h_r$  - высота руки, м;  $S_r$  - площадь пера руки без кромки.

$$\lambda_r = (8)^2 / 34,3 = 1,87$$

5) Производим расчет площади пера руки без кромки по формуле:

$$S_r \% = \frac{S_r}{L \cdot T_{cp}} \cdot 100\% \quad (17)$$

$$S_r \% = 34,3 / (201,6 \cdot 12,2) \cdot 100\% = 1,4\%$$

6) Производим расчет на ра-  
счетных значениях  $\lambda_1^{расч}$ ,  $\lambda_2^{расч}$ ,  
 $\Delta T^{расч}$ ,  $\Delta y^{расч}$  по формулам:

$$\lambda_1 = 6,41 \cdot \frac{P}{\sqrt{\delta}} + 0,7 \cdot \psi - 0,93, \quad (18)$$

$$\lambda_2 = 5,84 \cdot \frac{P}{\sqrt{\delta}} + 0,68 \cdot \psi - 2,15, \quad (19)$$

$$\Delta T = 11,75 \cdot \frac{P}{\sqrt{\delta}} + 1,35 \cdot \psi - 3,9, \quad (20)$$

$$\Delta y = 11,61 \cdot \frac{P}{\sqrt{\delta}} + 1,2 \cdot \psi - 4,31, \quad (21)$$

где  $P$  - фактор руля и корну-  
са;  $\delta$  - угол перекладки руля  
в градусах;  $\psi$  - угол дифферен-  
циала в градусах.

$$\lambda_1^{расч} = 2,81 \text{ корнуса}$$

$$\lambda_2^{расч} = 1,26 \text{ корнуса}$$

$$\Delta T^{расч} = 2,96 \text{ корнуса}$$

$$\Delta y^{расч} = 2,47 \text{ корнуса}$$

7. Определим значения переходных коэффициентов по формулам:

$$\gamma_{\lambda_1} = \lambda_1^2 / \lambda_1^{\text{расч}}; \quad (22)$$

$$\gamma_{\lambda_2} = \lambda_2^2 / \lambda_2^{\text{расч}}; \quad (23)$$

$$\gamma_{D_T} = D_T^2 / D_T^{\text{расч}}; \quad (24)$$

$$\gamma_{D_y} = D_y^2 / D_y^{\text{расч}}; \quad (25)$$

$$\gamma_{\lambda_1} = 2,89 / 2,81 = 1,03,$$

$$\gamma_{\lambda_2} = 1,75 / 1,26 = 1,39,$$

$$\gamma_{D_T} = 3,86 / 2,96 = 1,31,$$

$$\gamma_{D_y} = 2,44 / 2,47 = 0,99.$$

2.4. Расчет переходных коэффициентов мекловодья.

Расчет коэффициентов мекловодья производим по формулам:

$$k_{\lambda_1} = 1,55 - 1,81 \cdot (T/H) + 1,84 \cdot (T/H)^2; \quad (26)$$

$$k_{\lambda_2} = 2,35 - 4,63 \cdot (T/H) + 4,84 \cdot (T/H)^2; \quad (27)$$

$$k_{\text{дт}} = 1,60 - 2,77 \cdot (T/H) + 3,51 \cdot (T/H)^2; \quad (28)$$

$$k_{\text{дг}} = 0,27 + 0,42 \cdot (T/H) + 2,09 \cdot (T/H)^2. \quad (29)$$

Результаты вычисления занесены в таблицу.

Таблица 1. Коэффициенты теплопроводности.

T/H	$k_{\lambda 1}$	$k_{\lambda 2}$	$k_{\text{дт}}$	$k_{\text{дг}}$
0,85	1,34	1,91	1,78	2,14
0,8	1,28	1,74	1,63	1,94
0,75	1,23	1,60	1,50	1,76
0,7	1,18	1,48	1,38	1,59
0,65	1,15	1,39	1,28	1,43
0,6	1,13	1,31	1,20	1,27
0,55	1,11	1,27	1,14	1,13
0,5	1,11	1,25	1,09	1,00

3. Расчёт характеристик наклонного торлока.

1) Произведем расчёт площади сферической поверхности по формуле (1)

$$S_{\text{ш}} = 9791,94 \text{ м}^2$$

2) Произведем расчёт коэф-

коэффициента сопротивления  
Красч по формуле (2).

$$K_{расч} = 16243,01$$

3) Получаем значение коэффициента сопротивления жесткостно-растворным способом по формуле:

$$K_{жр} = K_{расч} \cdot \gamma_{жр} \quad (30)$$

$$K_{жр} = 16376,3$$

4) Производим расчет пути проигранного судном за время прохождения командол в метрах по формуле:

$$S' = t' \cdot V_0 \cdot 0,514 \quad (31)$$

и переводим его в кадальтовы:

$$S'' = S' / 185,2 \quad (\text{кдм}).$$

5) Производим расчеты пути наклонного торпедного в метрах по формуле:

$$S'' = \frac{m}{k} \cdot \ln \left( \frac{V_0}{V} \right), \quad (32)$$

переводим в сабелътовы и за-  
носим полученные значения  
в таблицу 2.

6. Производим расчет времени  
насывного торможения в секун-  
дах по формуле

$$t'' = \frac{m}{0,514 \cdot K \cdot V_0} \cdot \left( \frac{V_0}{V} - 1 \right), \quad (33)$$

результатом заносим в табл. 2.

7. Суммируем данные пути  
и времени I и II этапов

8. По данным таблицы 2 строим  
график  $V(t)$  и  $S(t)$  для всех  
режимов - рисунок 1, 2.

Таблица 2. Характеристики наливного мороженого т/х. Зол Космогильевская в кружу.

$V_k/V_H$	Параметры	ПСМ	ПМ	ПС	ППМ	ПП
I	II	III	IV	V	VI	VII
1,0	t, сел	10	10	10	10	10
1,0	S, кДТ	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
1,0	V, уЗЛ	6	7,9	10,2	12,5	14,8
0,9	t, сел	149,1	113,2	87,7	71,5	60,4
0,9	S, кДТ	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
0,9	V, уЗЛ	5,4	7,11	9,18	11,25	13,32
0,8	t, сел	335,4	254,7	197,3	161,0	136,0
0,8	S, кДТ	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
0,8	V, уЗЛ	4,8	6,32	8,16	10	11,84
0,7	t, сел	574,9	436,7	338,2	276,0	233,1
0,7	S, кДТ	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
0,7	V, уЗЛ	4,2	5,53	7,14	8,75	10,36
0,6	t, сел	894,3	679,2	526,1	429,3	362,6
0,6	S, кДТ	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
0,6	V, уЗЛ	3,6	4,74	6,12	7,5	8,88
0,5	t, сел	1341,5	1018,9	789,1	643,9	543,8
0,5	S, кДТ	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
0,5	V, уЗЛ	3,0	3,95	5,1	6,25	7,4
0,4	t, сел		1528,3	1183,7	965,9	815,8
0,4	S, кДТ		20,5	20,5	20,5	20,5
0,4	V, уЗЛ		3,16	4,08	5,0	5,92



## Продолжение таблицы 2.

$\bar{I}$	$\bar{II}$	$\bar{III}$	$\bar{IV}$	$\bar{V}$	$\bar{VI}$	$\bar{VII}$
0,3	$t, \text{сек}$	—	—	1841,3	1502,5	1269,0
0,3	$S, \text{кДТ}$	—	—	26,9	26,9	26,9
0,3	$V, \text{узл}$	—	—	3,06	3,45	4,44
0,2	$t, \text{сек}$	—	—	—	—	2175,4
0,2	$S, \text{кДТ}$	—	—	—	—	36,0
0,2	$V, \text{узл}$	—	—	—	—	2,96
$\bar{I} + \bar{II}$	$T, \text{сек}$	1351,5	1538,3	1851,3	1512,5	2185,4
$\bar{I} + \bar{II}$	$S, \text{кДТ}$	15,7	20,7	27,2	27,2	36,4

4. Расчет характеристик активного торможения.

1) Производим расчет пути, пройденного судном за время прохождения колледжа в метрах по формуле:

$$S' = 0,514 V_0 \cdot t'$$

и переводим в кабельтовы.

2) Если скорость движения  $V_0$  больше скорости уверенного реверсирования  $V_{рев}$  то производим расчет пути по формуле (32) и времени по формуле (33) начального торможения по

Рис. 1 График зависимости скорости и пути от времени т/х „Зоя Космодемьянская“ в грузу при пассивном торможении.

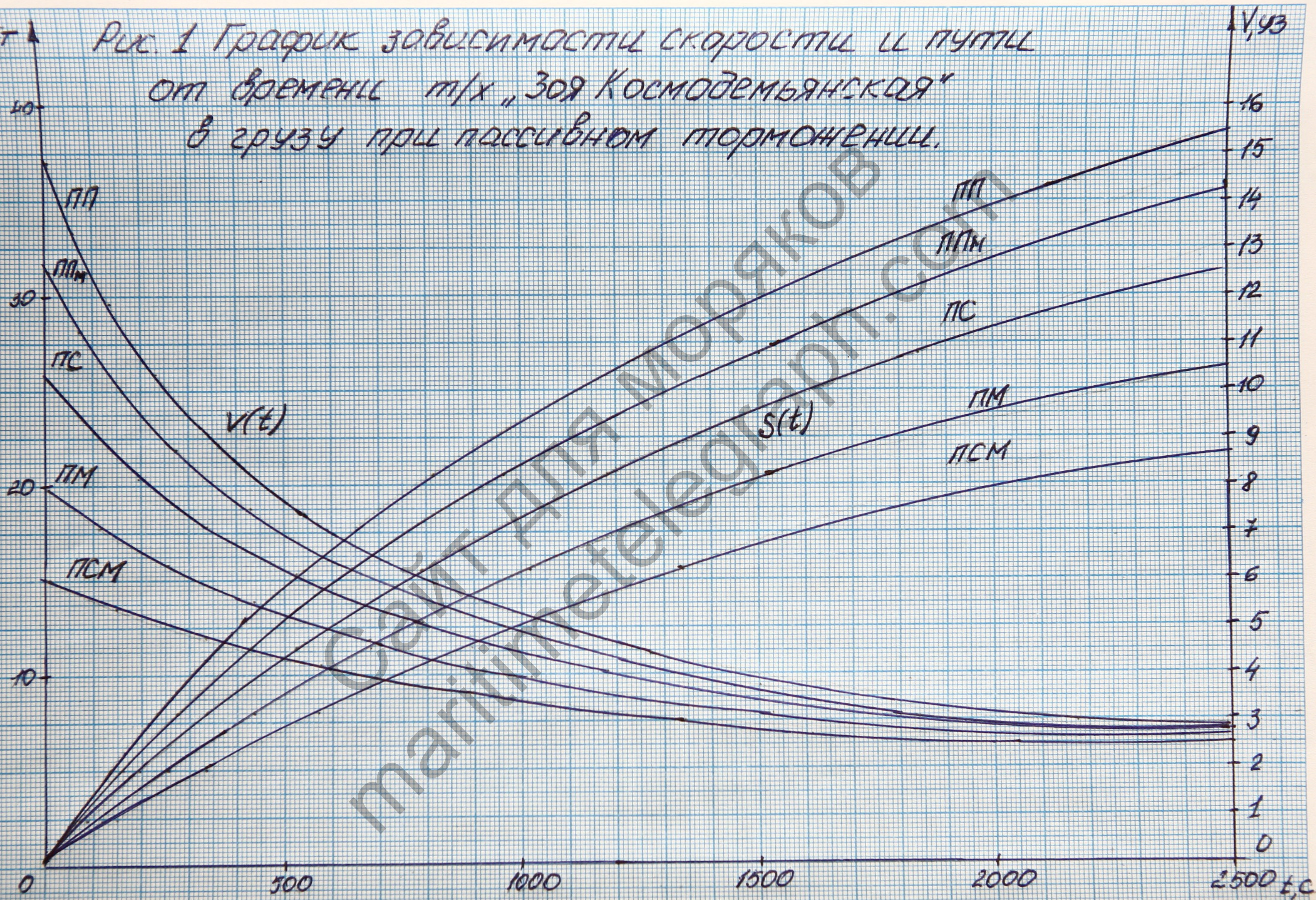
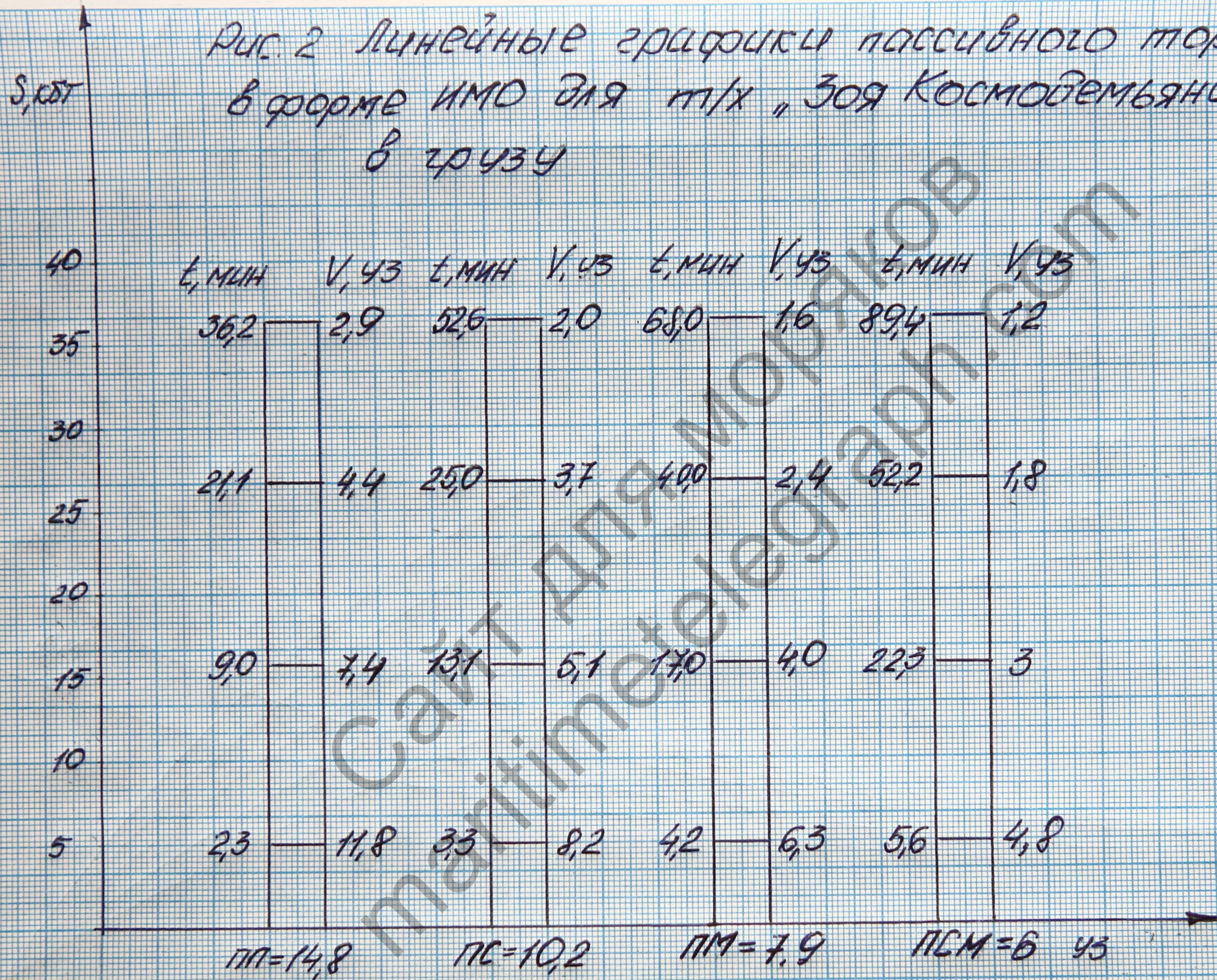


Рис. 2 Линейные графики пассивного торможения  
 в форме ИМО для т/х "Зоя Космодемьянская"  
 в трузу



отношению  $V_0/V_{рев}$  и заносим данные в таблицу 3.

3) Если скорость движения  $V_0$  меньше скорости  $V_{рев}$ , то берём время  $t'' = 15 \text{ сек}$  - которое необходимо для запуска главного двигателя (ДВС) на задний ход. Считаем, что за время реверсирования скорость остаётся неизменной. Тогда путь рассчитываем по формуле:

$$S'' = 0,514 \cdot V_0 \cdot t'' \quad (34)$$

4) Рассчитываем значение  $P_{шв}^{\text{рач}}$  по формуле (5), коэффициент усиления упора  $C_{уу}$  по формуле (6) и определяем максимальную силу упора  $P_{\text{max}}^{\text{эр}}$  по формуле:

$$P_{\text{max}}^{\text{эр}} = P_{шв}^{\text{рач}} \cdot C_{уу} \cdot \gamma_p \quad (35)$$

$$P_{\text{max}}^{\text{эр}} = 617796,4 \cdot 2,06 \cdot 0,9 = 1151230,6 \text{ (Н)}$$

5) Рассчитываем значение  $a_{эр}$  для всех режимов по формуле:

$$a_{эр} = \frac{P_{\text{max}}^{\text{эр}}}{k \cdot V_{н}^2} \quad (36)$$

Подставляя значение  $V_{кр}$  или  $V_H$  в зависимость от соотношения  $V_0$  и  $V_{кр}$ , при начальной скорости до значения  $0,5 V_H$  ( $V_{кр}$ ) и до полной остановки, получаем результаты, которые заносим в таблицу 3 и строим графики  $V(t)$  и  $S(t)$  - рисунки 3, 4.

$$t''' = \frac{m}{2 \cdot k \cdot a \cdot V_H \cdot B_k} \ln \frac{(1+B_k)(1 - \frac{V_x}{V_H} B_k)}{(1-B_k)(1 + \frac{V_x}{V_H} B_k)} \quad (37)$$

где  $B_k = \sqrt{1 - 1/a}$

$$S''' = \frac{m}{2 \cdot (1-a) \cdot k} \ln \left( \frac{1}{(1-a) \frac{V_x^2}{V_H^2} + a} \right) \quad (38)$$

6) Рассчитываем значения пути  $S'''$  и времени  $t'''$  по формулам (37), (38), в зависимости от значения коэффициента  $a_{эр}$  и результаты заносим в таблицу 3.

7) Суммируем время и путь в таблице 3 по трем этапам и получаем конечные значения пути и времени торможения.

Таблица 3. Характеристики активной пороложенной т/а "Зоя Космодемьянская" в крузу.

Термо-Зон	Величина ил. разн.	ПСМ	ПМ	ПС	ПТМ	ПТ
I	$V_0$ , узл.	6	7,9	10,2	12,5	14,8
I	$t$ , сек.	10	10	10	10	10
I	$S$ , кДТ	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
II	$t$ , сек.	15	15	15	26,8	126,9
II	$V_H/V_0$	0	0	0	0,96	0,81
II	$S$ , кДТ	0,2	0,3	0,4	0,9	4,7
III	$V_H$ , узл.	6	7,9	10,2	12	12
III	$a$	7,39	4,26	2,56	1,85	1,85
III	$t_{0,5}$ , сек.	225,2	241,6	250,8	252,7	252,7
III	$S_{0,5}$ , кДТ	3,1	4,2	5,5	6,5	6,5
III	$t_{00}$ , сек.	323,5	369,7	413,7	441,7	441,7
III	$S_{00}$ , кДТ	3,5	5,0	6,7	8,1	8,1
Тол-ковый	$t$ , сек.	348,5	394,7	438,7	478,5	578,6
Тол-ковый	$S$ , кДТ	3,9	5,5	7,4	9,3	13,2

8) ТЛ даны в табл. 3 строки графиков  $S(t)$  и  $V(t)$  где время ре-жиссов (рис. 3) и минимоте графиков в форме ИМО (рис. 4).

Рис. 3 график зависимости скорости и пути от времени т/х, 309  
 Космодемьянская № 8  
 грузу

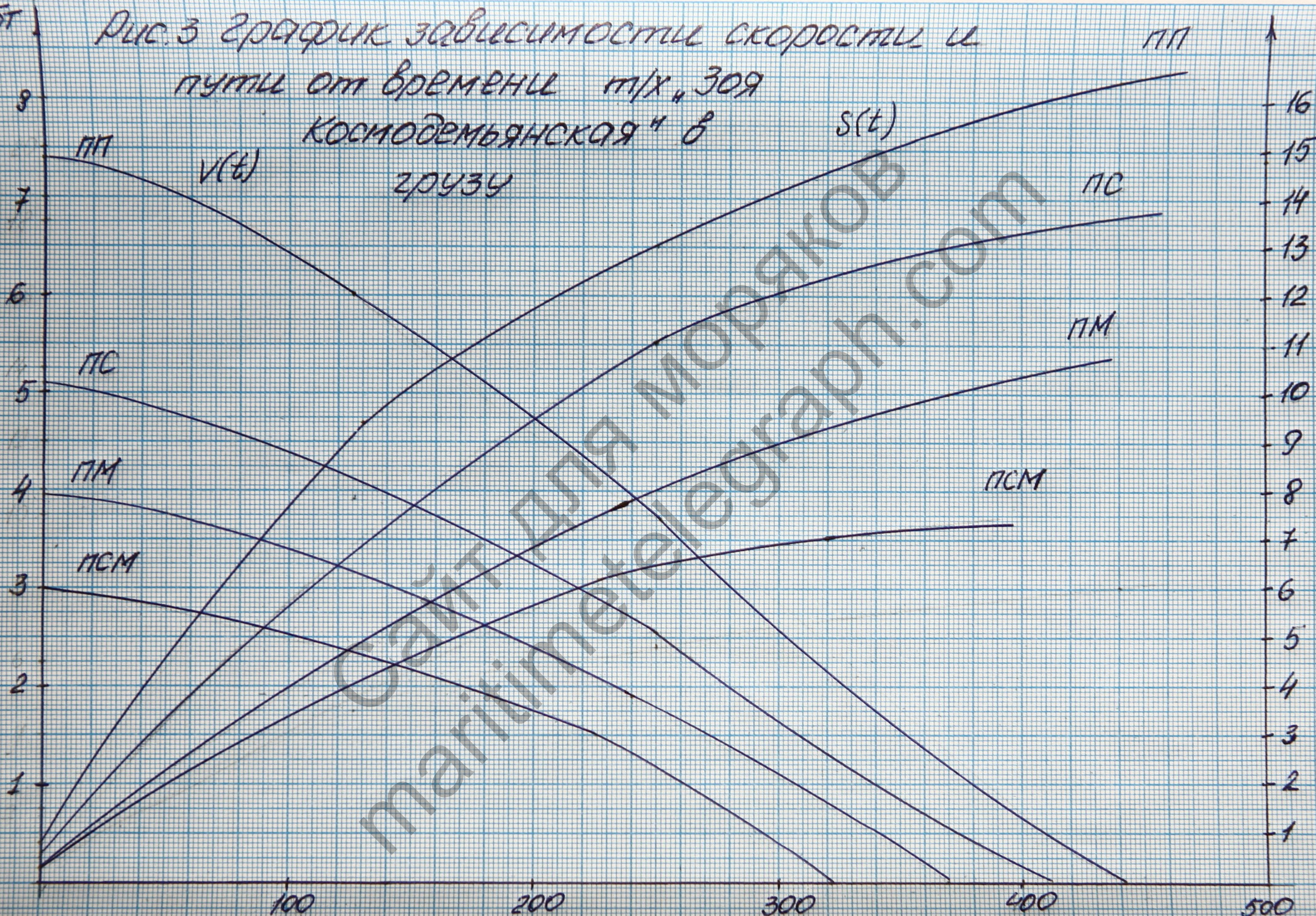
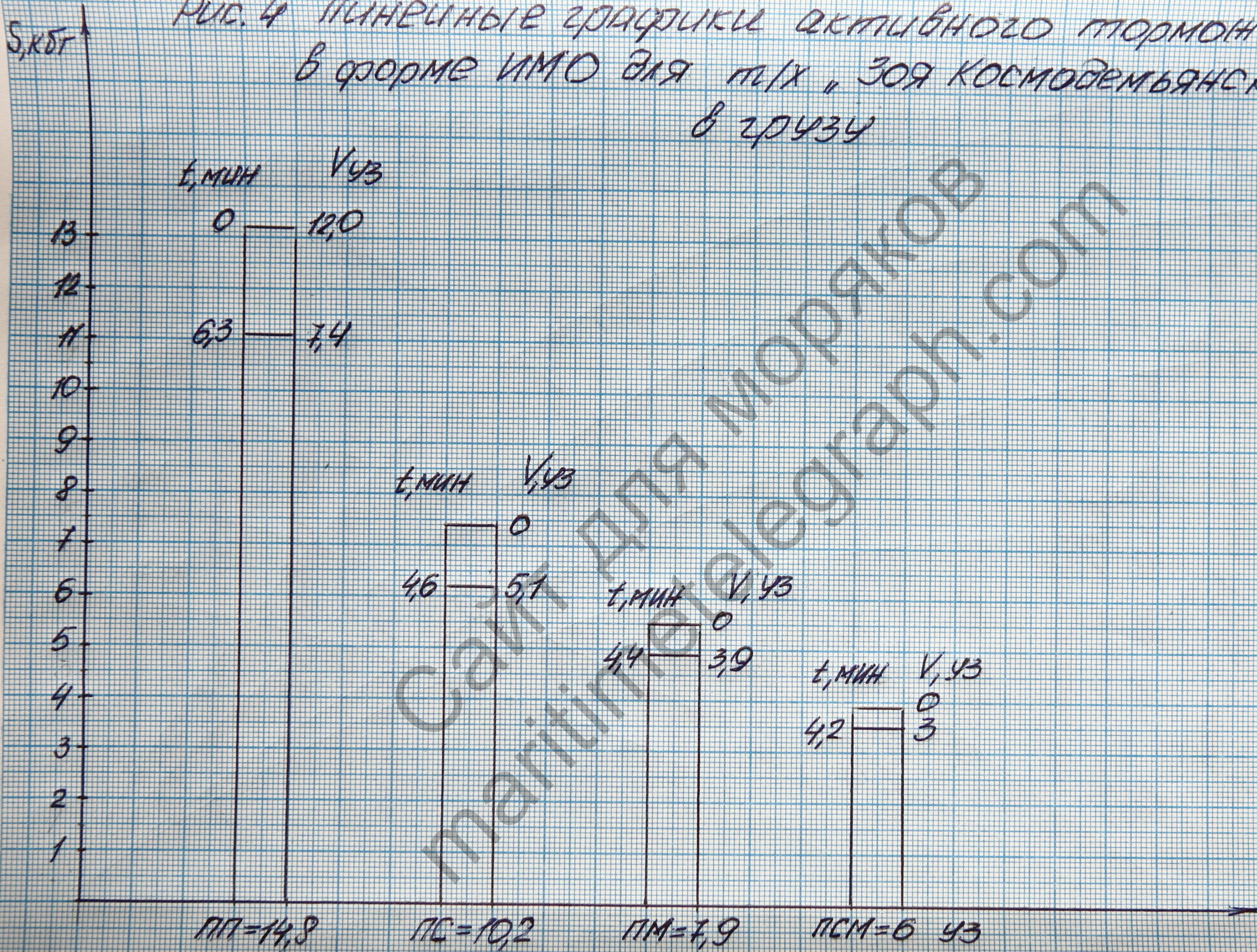


Рис. 4 Линейные графики активного торможения  
 в форме ИМО для п/х «Зоя Космодемьянская»  
 в грузу





5. Расчет характеристик поворотливости и диаграммы управляемости.

1) Производим расчет коэффициента полноты  $\beta_k$  по формуле (15).

$$\beta_k = 0,98$$

2) Производим расчет относительной мощности перед рулем  $S_p \%$  по формуле (17) и угла дифференциала  $\psi$ .

$$S_p \% = 1,4 \%$$

3) Производим расчет фактора руля и корпуса  $\Phi$  по формуле (14).

$$\Phi = 3,35$$

4) Производим расчет параметров циркуляции  $\lambda_1^{\text{расч}}$ ,  $\lambda_2^{\text{расч}}$ ,  $\Delta_{\text{Т}}^{\text{расч}}$ ,  $\Delta_{\text{У}}^{\text{расч}}$  по формулам (18-21),

$$\lambda_1^{\text{расч}} = 2,81 \text{ корн.} ; \lambda_2^{\text{расч}} = 1,26 \text{ корн.}$$

$$\Delta_{\text{Т}}^{\text{расч}} = 2,96 \text{ корн.} ; \Delta_{\text{У}}^{\text{расч}} = 2,47 \text{ корн.}$$

В димнах корпуса судна для углов перекладки руля 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 градусов вправо. (табл. 4)

5) Уточним параметры циркуляции при помощи переходных коэффициентов по формулам:

$$\lambda_1^{ЭР} = \lambda_1^{РАСЧ} \cdot \gamma_{\lambda_1}; \quad \lambda_2^{ЭР} = \lambda_2^{РАСЧ} \cdot \gamma_{\lambda_2};$$

$$D_T^{ЭР} = D_T^{РАСЧ} \cdot \gamma_{D_T}; \quad D_Y^{ЭР} = D_Y^{РАСЧ} \cdot \gamma_{D_Y} \quad (39)$$

Переводим их значения в векторы путём умножения на L и в кадетовое, разделив на 185,2, и результаты заносим в таблицу 5.

6) рассчитываем таблицу отрезков МН и МК для углов перекладки 15 и 35 градусов через 10° до угла поворота 150 градусов по формулам

$$MN = \left( \lambda_1 - \frac{D_T}{2} \right) + \frac{D_T}{2} \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\theta}{2} \right) \quad (40)$$

$$MK = \lambda_2 \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\theta}{2} \right) \quad (41)$$

Результаты занесены в таблицу 6.

7) Рассчитываем таблицу перпендикуляров - таблица 7 по формулам:

$$HP = MH + MK \cdot \cos \theta \quad (42)$$

$$KP = MK \cdot \sin \theta \quad (43)$$

8) То полученные значения отрезков строим на одном рисунке кривые циркуляции для поворота вправо для углов перекадки руля 15 и 35 градусов. После поворота на 90° координаты от строим методом перпендикуляров. Точку при повороте на 180° наносим по значению  $D_t$ , а после 180° проводим окружность радиуса  $R_y$  (Рисунок 5).

Таблица 4. Расчет параллел-  
ров циркуляции.

$\delta, ^\circ$	$\lambda_1^{расч}, \text{корн}$	$\lambda_2^{расч}, \text{корн}$	$\rho_{HT}^{расч}, \text{корн}$	$\rho_{HY}^{расч}, \text{корн}$
5	8,68	6,61	13,72	13,10
10	5,87	4,04	8,56	8,00
15	4,62	2,91	6,27	5,74
20	3,88	2,23	4,91	4,39
25	3,37	1,77	3,98	3,47
30	2,99	1,42	3,29	2,80
35	2,70	1,16	2,76	2,27
$\delta, ^\circ$	$\lambda_1^{экен}, \text{корн}$	$\lambda_1^{экен}, \text{кдт}$	$\lambda_2^{экен}, \text{корн}$	$\lambda_2^{экен}, \text{кдт}$
5	8,92	9,72	9,19	10,0
10	6,03	6,56	5,62	6,12
15	4,75	5,17	4,04	4,4
20	3,98	4,34	3,10	3,37
25	3,46	3,77	2,46	2,67
30	3,08	3,35	1,98	2,16
35	2,78	3,02	1,61	1,76
$\delta, ^\circ$	$\rho_{HT}^{экен}, \text{корн}$	$\rho_{HT}^{экен}, \text{кдт}$	$\rho_{HY}^{экен}, \text{корн}$	$\rho_{HY}^{экен}, \text{кдт}$
5	14,9	19,49	12,96	14,11
10	11,17	12,16	7,92	8,62
15	8,19	8,91	5,68	6,18
20	6,41	6,97	4,35	4,73
25	5,19	5,65	3,44	3,74
30	4,30	4,68	2,77	3,01
35	3,60	3,92	2,25	2,44

Таблица 5. Характеристики поворотливости т/с "Золотая Космопольская" в повороте.

Параметры циркуляции	Значения параметров циркуляции		
	Рассчётные,	Экспериментальные - корпуса	Экспериментальные - корпуса
I	II	III	IV
Угол перекладки $\delta = 5^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (м)	8,68	8,92	9,42
Трапецеидальное сечение, ширина, $L_2$ (м)	6,61	9,19	10,0
Тактический диаметр, $D_T$ (м)	13,42	14,9	19,49
Установившийся диаметр, $D_y$ (м)	13,10	12,96	14,11
Угол перекладки $\delta = 10^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (м)	5,87	6,03	6,56
Трапецеидальное сечение, ширина, $L_2$ (м)	4,04	5,62	6,12
Тактический диаметр, $D_T$ (м)	8,56	11,17	12,16
Установившийся диаметр, $D_y$ (м)	8,0	7,92	8,62
Угол перекладки $\delta = 15^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (м)	4,62	4,75	5,17
Трапецеидальное сечение, ширина, $L_2$ (м)	2,91	4,04	4,4

## Продолжение таблицы 5

I	II	III	IV
Тактический диаметр, $D_T$ (мм)	6,27	8,19	8,91
Установившийся диаметр, $D_y$ (мм)	5,74	5,68	6,18
Угол перекрытия $\sigma = 20^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (мм)	3,88	3,98	4,34
Трехное сечение, $L_2$ (мм)	2,23	3,10	3,37
Тактический диаметр, $D_T$ (мм)	4,91	6,41	6,97
Установившийся диаметр, $D_y$ (мм)	3,37	4,35	4,73
Угол перекрытия $\sigma = 25^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (мм)	3,37	3,46	3,77
Трехное сечение, $L_2$ (мм)	1,77	2,46	2,67
Тактический диаметр, $D_T$ (мм)	3,98	5,19	5,65
Установившийся диаметр, $D_y$ (мм)	3,47	3,44	3,74
Угол перекрытия $\sigma = 30^\circ$			
Выдвиг, $L_1$ (мм)	2,99	3,08	3,35
Трехное сечение, $L_2$ (мм)	1,42	1,98	2,16
Тактический диаметр, $D_T$ (мм)	3,29	4,3	4,68

Продолжение таблицы 5.

I	II	III	IV
Установившийся диаметр, $D_y(\delta)$	2,8	2,77	3,01
Угол перекладки $\delta = 35^\circ$			
Выдвиг, $L_1(\delta)$	2,7	2,78	3,02
Тормозное сужение, $L_2(\delta)$	1,16	1,61	1,76
Тактический диаметр, $D_t(\delta)$	2,76	3,6	3,92
Установившийся диаметр, $D_y(\delta)$	2,27	2,25	2,44

Таблица 6 отрезков МН и МК

Угол поворота, $^\circ$	Угол перекладки $15^\circ$		Угол перекладки $35^\circ$	
	МН	МК	МН	МК
I	II	III	IV	V
0	0,71	0,0	1,06	0,0
10	1,1	0,38	1,24	0,15
20	1,5	0,78	1,41	0,31
30	1,91	1,18	1,59	0,47
40	2,34	1,6	1,78	0,64
50	2,79	2,05	1,98	0,82
60	3,29	2,54	2,2	1,01
70	3,83	3,08	2,44	1,23
80	4,45	3,69	2,71	1,47
90	5,17	4,4	3,02	1,76
100	6,02	5,24	3,4	2,09

### Продолжение таблицы 6

I	II	III	IV	V
110	7,08	6,28	3,86	2,51
120	8,43	7,62	4,46	3,04
130	10,27	9,43	5,27	3,76
140	12,95	12,09	6,45	4,82
150	17,34	16,42	8,38	6,55

### Таблица 7 перпендикуляров НР и КР

Угол поворота, °	Угол перекладки 15°		Угол перекладки 35°	
	НР	КР	НР	КР
90	5,17	4,4	3,02	1,76
100	5,11	5,16	3,04	2,06
110	4,93	5,9	3,01	2,36
120	4,62	6,6	2,94	2,63
130	4,2	7,23	2,85	2,88
140	3,7	7,77	2,75	3,1
150	3,12	8,21	2,71	3,28
160	2,54	8,53	2,82	3,4
170	2,12	8,73	3,7	3,48

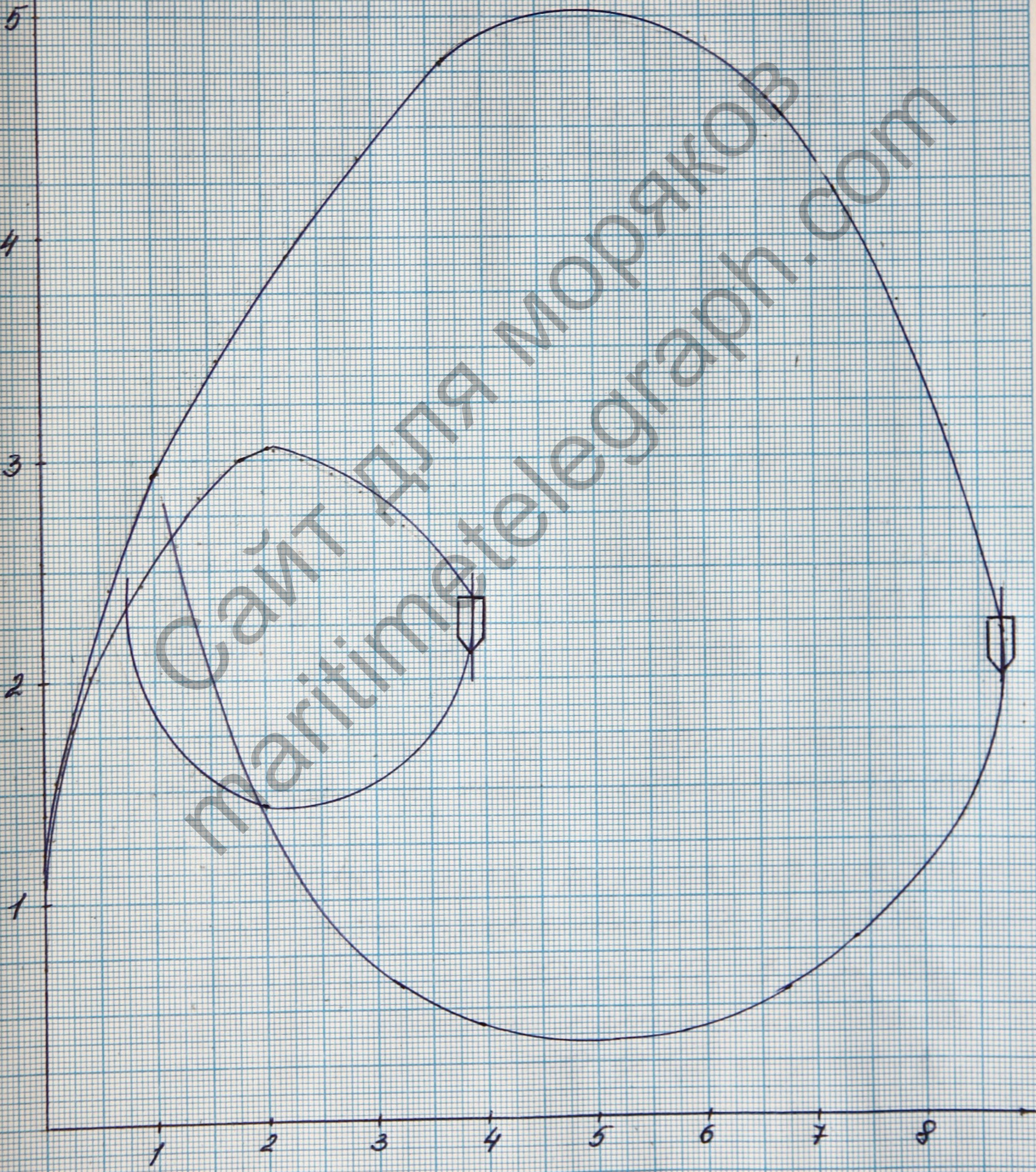
9) рассчитываем значение безразмерной угловой скорости для углов перекладки 5, 10, 15, 20, 25, и 30 градусов по формуле:

$$\bar{\omega} = \frac{2 \cdot L}{\Omega_{\text{ЭР}} \cdot \Omega_{\text{У}}} \quad (44)$$



Рис. 5 Трассировка циркуляции  
т/х "Зоя Космодемьянская"  
в грузу

X, кбт



Результаты расчёта заносим в таблицу 8

Таблица 8 Диаграмма управляемости т/с "Зоя Космоде-левская" в крузу.

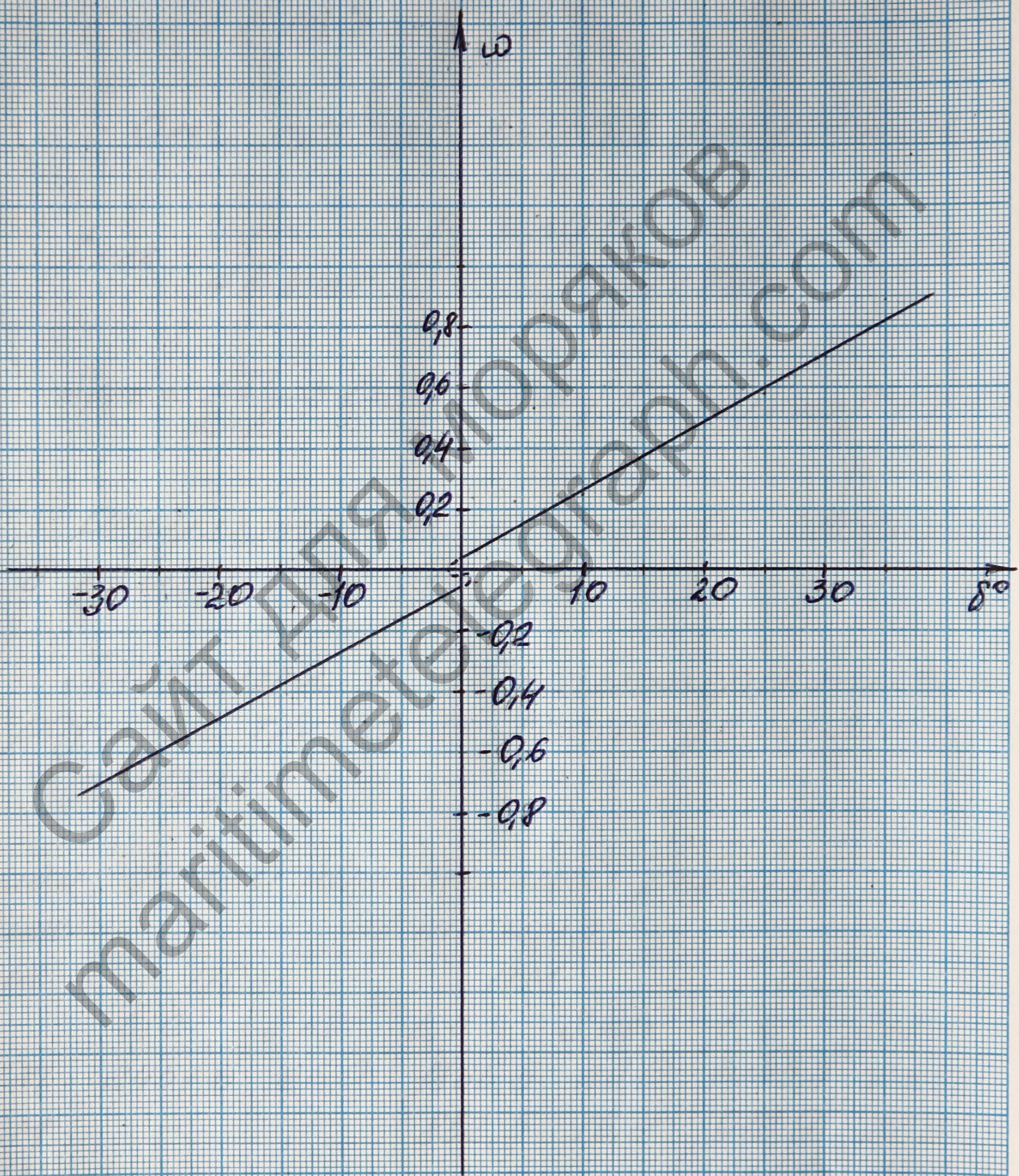
Угол перекладки, градусы	Безразмерная управляемость
5	0,15
10	0,25
15	0,35
20	0,46
25	0,58
30	0,72
35	0,89

По таблице 8 строим диаграмму управляемости, приведенную на рисунке 6.

6. Расчёт характеристик разгона и подторпежничания.

1) Используя результаты расчёта коэффициента сопротивления  $K_{\Sigma}$  из раздела 3, производим расчёт пути и времени разгона по формулам:

Рис. 6 Диаграмма управляемости  
т/х "Зоя Космодемьянская"



• из неподвижного состояния:

$$t_{p32} = 1,832 \cdot m / k / V_{уст}, \quad (45)$$

$$S_{p32} = 1,164 \cdot m / k. \quad (46)$$

• от произвольной скорости:

$$t_{p32} = \frac{m}{2k V_{уст}} \ln \frac{39(1 - V_1 / V_{уст})}{1 + V_1 / V_{уст}} \quad (47)$$

$$S_{p32} = \frac{m}{2 \cdot k} \ln \left\{ 10,26 \cdot \left[ 1 - (V_1 / V_{уст})^2 \right] \right\} \quad (48)$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 9.

Таблица 9. Характеристики района т/х. Зона космогемельская в чужу.

Режим движения	Новый назначенный режим движения					
	ПСМ		ПМ		ПС	
	t, с	S, кмТ	t, с	S, кмТ	t, с	S, кмТ
СТОП	2457,6	26,0	1866,5	26,0	1445,7	26,0
ПСМ	-	-	852,5	16,4	912,9	21,3
ПМ	-	-	-	-	631,5	15,8

Продолжение таблицы 9

Режим движения	Новый наземный режим движения			
	ППМ		ПП	
	t, с	S, м/с	t, с	S, м/с
СТОП	1179,7	26,0	996,3	26,0
ПСМ	842,8	23,1	762,3	24,0
ПМ	700,0	20,3	672,4	22,3
ПС	442,4	13,8	535,9	18,8
ППМ	-	-	323,5	12,0

2) Параметры подпорной стенки рассчитываются по формулам:

$$t_{нпр} = \frac{m}{2kV_{уст}} \ln \frac{4f \cdot [(V_1/V_{уст} - 1)]}{(V_1/V_{уст} + 1)} \quad (49)$$

$$S_{нпр} = \frac{m}{2k} \ln \{ 9,756 [(V_1/V_{уст})^2 - 1] \} \quad (50)$$

Результаты расчета сведены в таблицу 10.

Таблица 10. Характеристики подпорных живых т/х, 302 Кос. модельная в грузу.

Режим движения	Новый назначенный режим движения			
	ПСМ		ПМ	
	t, с	S, км	t, с	S, км
ПП	1913,9	43,6	1285,1	35,7
ППМ	1789,3	38,9	1133,0	30,0
ПС	1585,4	32,6	840,8	20,9
ПМ	1156,1	22,0	-	-
	ПС		ППМ	
ПП	797,3	26,6	399,1	15,3
ППМ	561,9	17,7	-	-

7. Расчет параметров поворотливости на железнодорожье

1) Производим расчет параметров поворотливости по формулам:

$$\lambda_1^{н/т} = \lambda_1^{эп} \cdot k_{\lambda_1} ; \quad \lambda_2^{н/т} = \lambda_2^{эп} \cdot k_{\lambda_2} ;$$

$$D_T^{н/т} = D_T^{эп} \cdot k_{D_T} ; \quad D_y^{н/т} = D_y^{эп} \cdot k_{D_y} \quad (51)$$

где:  $\lambda_1^{эп}$ ,  $\lambda_2^{эп}$ ,  $D_T^{эп}$ ,  $D_y^{эп}$  получены из таблицы 5 (для угла перекладки рельс  $15^\circ$  и  $35^\circ$ ), значения

и коэффициентов получаем из таблицы 1.

Результаты заносим в таблицу 11.

Таблица 11 Параметры поворотливости на мекроводье т/х. Зол Космодемьянская 4 в кругу.

H/T	Угол перекладки ручья 35°			
	$\lambda_1^{H/T}$	$\lambda_2^{H/T}$	$\Delta_T^{H/T}$	$\Delta_4^{H/T}$
I	II	III	IV	V
1,2	4,06	3,36	6,98	5,22
1,3	3,87	3,06	6,39	4,75
1,4	3,71	2,81	5,87	4,30
1,5	3,58	2,60	5,41	3,88
1,6	3,48	2,43	5,03	3,49
1,7	3,41	2,43	4,71	3,12
1,8	3,36	2,23	4,46	2,77
2	3,34	2,19	4,28	2,45
$\infty$	3,02	1,76	3,92	2,44
Угол перекладки ручья 15°				
1,2	6,93	8,41	15,87	13,21
1,3	6,61	7,67	14,53	12,02
1,4	6,35	7,04	13,34	10,89
1,5	6,12	6,51	12,30	9,82
1,6	5,95	6,09	11,43	8,82
1,7	5,82	5,78	10,71	7,88
1,8	5,74	5,58	10,14	7,01

## Продолжение таблицы 11

I	II	III	IV	V
2	5,71	5,48	9,73	6,20
$\infty$	5,17	4,40	8,91	6,18

По данным таблицы 11 строим графики  $\lambda_1$  (Н/Т);  $\lambda_2$  (Н/Т);  $\bar{D}_T$  (Н/Т);  $\bar{D}_y$  (Н/Т) для углов переклада руля  $15^\circ$  и  $35^\circ$ , которые приведены на рисунке 7.

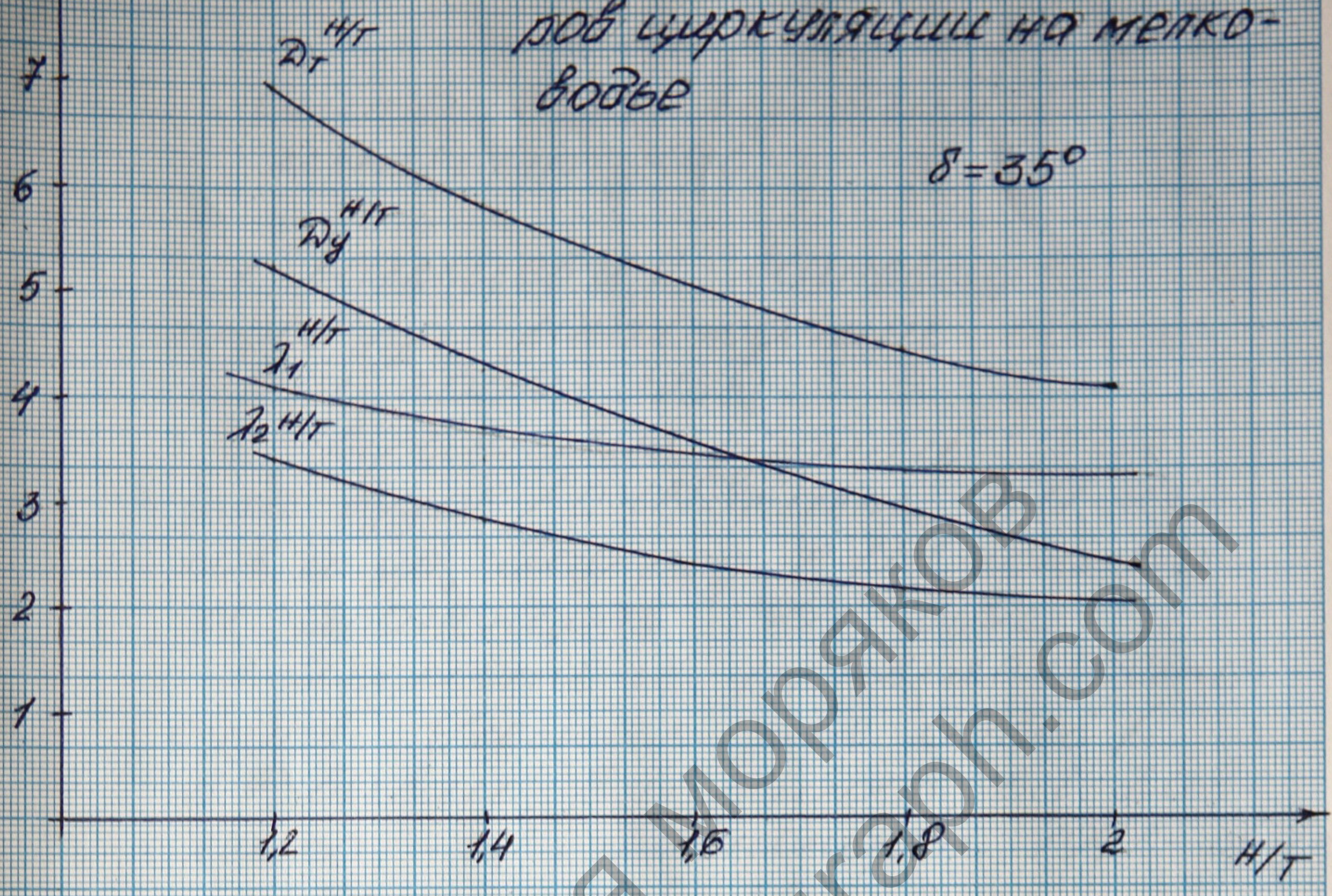
### Заключение.

В результате выполнения настоящей курсовой работы приобретены профессиональные навыки по безопасному управлению судном при любых видах маневрирования, приобретены знания по нормальному физическим процессам, происодящим при маневрировании судов, практические навыки по выполнению расчётов их маневренных характеристик.

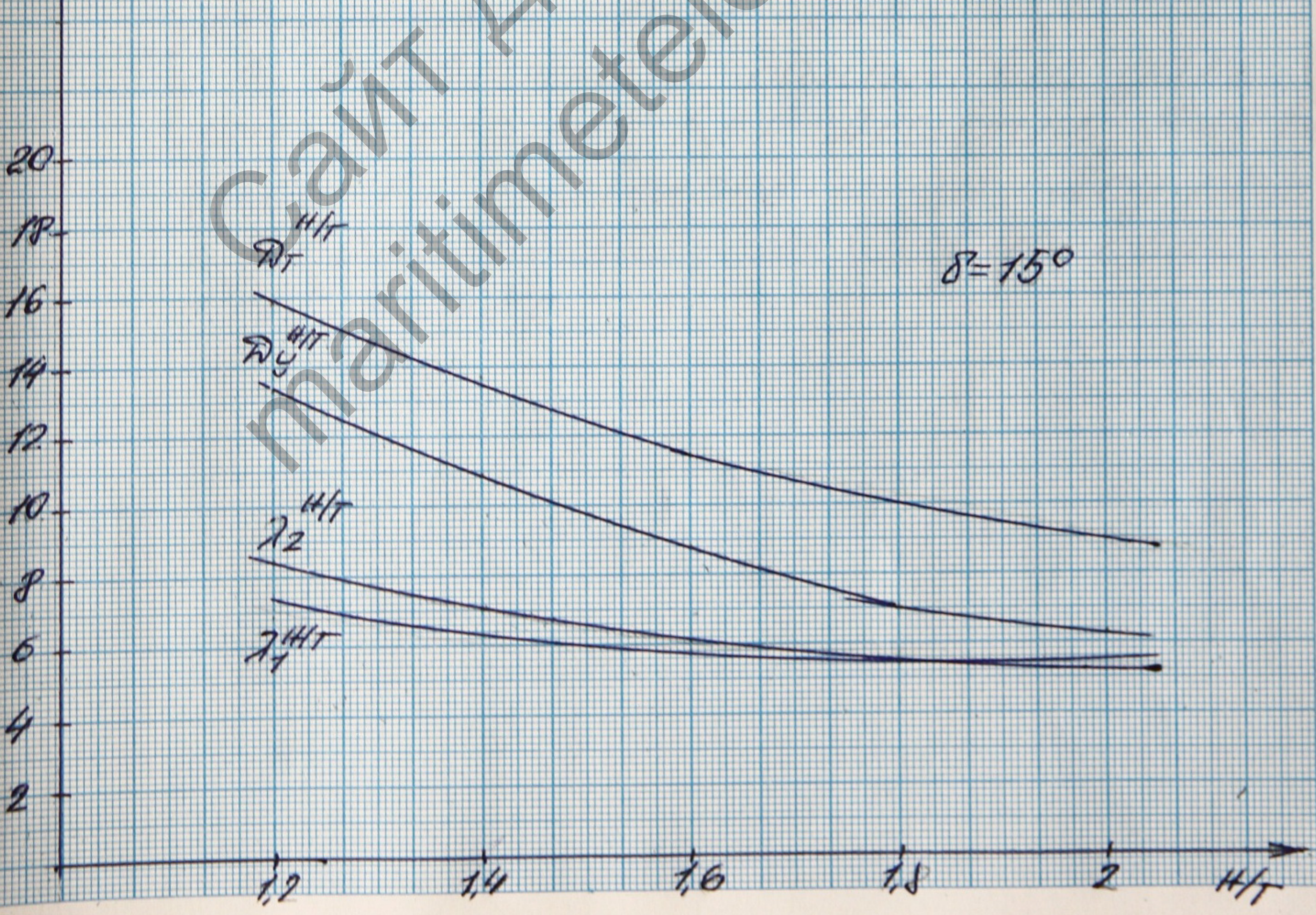


Рис. 7 Изменение параметров циркуляции на мелко-вогве

$H/T, \lambda_1, \lambda_2, D_T, D_y$  (кДТ)



$H/T, \lambda_1, \lambda_2, D_T, D_y$  (кДТ)



## Список использованной литературы:

1. Малавцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. Одесса ОЛТИ, 2004 - 215с.
2. Управление судном. Учеб. для вузов / С.Н. Деллен, С.Н. Якуков и др.; Под ред. В.Н. Сенокнова. - М.: Транспорт, 1997 - 359с.
3. Подкость и управляемость судов: Учебник для вузов / В.Ф. Бавин, В.Н. Зайков, В.Г. Тавленко. - М.: Транспорт, 1997 - 397с.
4. Термины Р.Л. Управляемость и управление судном. - М.: Судостроение, 1983. - 272с.
5. Справочник капитана дальнего плавания / Л.Р. Асютин, В.И. Бондарь, Г.Г. Ермолаев и др.; Под ред. Г.Г. Ермолаева. - М.: Транспорт, 1988 - 248с.