BAB XI

KESIMPULAN DAN SARAN

11.1. KESIMPULAN

Dari perencanaan dan perhitungan berdasarkan data kapal berikut :

- Type kapal : General Cargo
- L_{WL} : 52.81 m
- L_{PP} : 51,52 m
- B : 8,24 m
- T : 2,99 m
- H : 4,56 m
- C_B : 0,69
- C_M : 0,98
- C_P : 0,70
- C_W : 0,79
- V_S : 12 knots

maka dapat disimpulkan :

1. Kapal memerlukan tenaga penggerak minimum 756,4 HP. Pada perencanaan ini dipilih motor induk dengan daya sebesar 775 HP pada putaran 1600 rpm.
2. Dengan jumlah crew 24 orang dan route pelayaran yang ditempuh lebih kurang 850 mil, kapasitas maksimum

kebutuhan listrik untuk mensuplai peralatan yang ada sebesar 65,976 kW. Dalam perencanaan ini digunakan 3 unit generator yang sama besar dimana 1 unit generator tadi dipakai sebagai generator cadangan ataupun stanby generator. Untuk itu dipilih generator dengan kapasitas masing - masing sebesar 85 kW.

11.2. SARAN

Penulisan Tugas Mesin Kapal ini jauh dari kesempurnaan. Untuk itu Penulis berharap kiranya ada mahasiswa ataupun pribadi lain yang akan menyempurnakan Tugas Mesin Kapal ini.

Akhir kata Penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan, sengaja maupun tidak yang telah Penulis perbuat dalam penulisan Tugas Mesin Kapal ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BIRO KLASIFIKASI INDONESIA, Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Jilid II *(Peraturan Konstruksi Lambung)*, Jakarta, Mus Karya Offset, 1978.
2. BIRO KLASIFIKASI INDONESIA, Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Jilid III *(Peraturan Konstruksi Mesin)*, Jakarta, Mus Karya Offset, 1978.
3. Det Norake Veritas, *Rules for Classification and Construction of Sea Going Steel Ships*, Oslo, 1971.
4. M. Khetagurov, *Marine Auxiliary Machinery and System*, Peace Publishers, Moskow, 1958.
5. Sularso, *Pompa dan Kompressor*, cetakan ketiga, Jakarta, PT Pradnya Paramita, 1978.
6. Voitkunsky I. Ys, *Sprawocnik po Teori Korablya*, Moskow, 1958.

LAMPIRAN 2

KEKENTALAN DAN KEKENTALAN KINEMATIK DELAPAN FLUIDA PADA 1 ATM DAN 20°C

Fluida	μ, kg/(m·s)†	Nisbah $\mu/\mu(H_2)$	ρ, kg/m³	ν, m²/s†	Nisbah $\nu/\nu(Hg)$
Hidrogen	8,8 E −6	1,0	0,084	1,05 E−4	920
Udara	1,8 E − 5	2,1	1,20	1,51 E−5	130
Bensin	2,9 E−4	33	680	4,22 E−7	3,7
Air	1,0 E − 3	114	998	1,01 E−6	8,7
Ethanol	1,2 E−3	135	789	1,52 E−6	13
Air-raksa	1,5 E −3	170	13.580	1,16 E−7	1,0
Minyak pelumas SAE	0,29	33.000	891	3,25 E−4	2.850
Gliserin	1,5	170.000	1.264	1,18 E−3	10.300

†1kg/(m·s) =0.0209 slug/(ft·s); 1 m²/s= 10,76 ft²/s.

CONTOH GRAVITASI JENIS BEBERAPA ZAT CAIR PADA 20°C (68°F)

Zat Cair	Gravitasi Jenis
Bensin	0.66 – 0.69
Alkohol denaturasi	0.80
Minyak tanah	0.80 – 0.84
Minyak mentah	0.80 – 0.92
Minyak kastor	0.97
Air laut	1.025
Karbon tetraklorida	1.594
Asetilena tetrabromida	2.962
Air raksa (Hg)	13.546

BERAT JENIS BEBERAPA FLUIDA YANG LAZIM

Fluida	Berat jenis ρg pada 68°F = 20°C	
	lbf/ft³	N/m³
Udara (pada 1 atm)	0,0752	11,8
Etanol	49,2	7.733
Minyak pelumas SAE 30	57,3	8.996
Air	62,4	9.790
Air laut	64,0	10.050
Gliserin	78,7	12.360
Karbon tetraklorida	99,1	15.570
Air-raksa	846	133.100

LAMPIRAN 3

Pumps

Hose diameter d_h, mm	Hose length l_h, m	Nozzle orifice diameter d_n, mm: 10	13	16	19	Hose diameter d_h, mm	Hose length l_h, m	Nozzle orifice diameter d_n, mm: 10	13	16	19
		Characteristic B						Characteristic B			
	0	0.121	0.346	0.793	1.577		0	0.121	0.346	0.793	1.577
	10	0.119	0.331	0.722	1.320		10	0.1205	0.342	0.776	1.51
	20	0.118	0.318	0.622	1.130		20	0.120	0.339	0.758	1.44
50	40	0.114	0.304	0.568	0.882	65	40	0.1195	0.332	0.726	1.33
	60	0.111	0.274	0.498	0.723		60	0.1185	0.326	0.696	1.23
	80	0.108	0.257	0.442	0.612		80	0.118	0.320	0.669	1.15
	100	0.105	0.241	0.398	0.531		100	0.117	0.314	0.644	1.08

Tank capacity, tons	Inside diameter of pipe and fittings, mm	Tank capacity, tons	Inside diameter of pipe and fittings, mm
Up to 20	60	265 to 360	125
20 to 40	70	360 to 480	140
40 to 75	80	480 to 620	150
75 to 120	90	620 to 800	160
120 to 190	100	800 to 1000	175
190 to 265	110	1000 to 1300	200

Inside diameter of the drainage main, mm	Capacity of each drainage pump, cu m per h	Inside diameter of the drainage main, mm	Capacity of each drainage pump, cu m per h
50	15	133	103
57	19	140	113
64	23	146	124
70	28	152	135
76	34	158	146
82	40	165	158
89	46	171	171
95	53	178	183
103	60	184	197
108	68	190	210
114	76	197	224
120	84	205	240
127	93		

LAMPIRAN 4

Jangkar, rantai dan tali

No. utk Reg.	Angka Penunjuk z	Jangkar tanpa tongkat: Jangkar jum-lah	Jangkar tanpa tongkat: Berat satu jangkar (kg)	Jangkar tanpa tongkat: jang-kar cadangan	Rantai untuk jangkar jum-lah: panjang total (m)	Rantai untuk jangkar jum-lah: diameter d_1 (mm)	Rantai untuk jangkar jum-lah: diameter d_2 (mm)	Rantai untuk jangkar jum-lah: diameter d_3 (mm)	Kawat atau rantai cadangan: panjang (m)	Kawat atau rantai cadangan: Beban putus (kg)	Tali tarik: panjang (m)	Tali tarik: Beban putus (kg)	Tali tambat: jum-lah	Tali tambat: panjang (m)	Tali tambat: Beban putus (kg)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	50	2	120	40	165	12,5			60	6 000	180	10 000	2	100	3 500
102	50 – 70	2	180	60	220	14	12,5		65	6 000	180	10 000	2	100	3 500
103	70 – 90	2	240	80	220	16	14		85	7 500	180	10 000	2	100	3750
104	90 – 110	2	300	100	247,5	17,5	16		90	8 300	180	10 000	2	110	4 000
105	110 – 130	2	360	120	247,5	19	17,5		90	9 100	180	10 000	2	110	4 500
106	130 – 150	2	420	140	275	20,5	17,5		90	10 000	180	10 000	2	120	5 000
107	150 – 175	2	480	165	275	22	19		90	11 000	180	10 000	2	120	5[illegible]00
108	175 – 205	2	570	190	302,5	24	20,5		90	12 000	180	11 400	2	120	6 000
109	205 – 240	3	660		302,5	26	22				180	13 200	2	120	6 600
110	240 – 280	3	780		330	28	24				180	15 300	3	120	7250
111	280 – 320	3	900		357,5	30	26				180	17 700	3	140	8 000
112	320 – 360	3	1 020		357,5	32	28				180	21 100	3	140	8 [illegible]00
113	360 – 400	3	1 140		385	34	30				180	22 800	3	140	9 500
114	400 – 450	3	1 290		385	36	32				180	25 500	3	140	10 250
115	450 – 500	3	1 440		412,5	38	34				180	28 200	3	140	11 000
116	500 – 550	3	1 590		412,5	40	34				190	31 200	3	160	11 500
117	550 – 600	3	1 740		440	42	36				190	34 500	4	160	12 000
118	600 – 660	3	1 920		440	44	38				190	37 800	4	160	12[illegible]00
119	660 – 720	3	2 100		440	46	40				190	41 400	4	160	13 000
120	720 – 780	3	2280		467,5	48	42				190	45 000	4	170	13 500
121	780 – 840	3	2 460		467,5	50	44				190	48 900	4	170	14 000
122	840 – 910	3	2 640		467,5	52	46	40			190	52 800	4	170	14 500
123	910 – 980	3	2 850		495	54	48	42			190	57 000	4	170	15 000
124	980 – 1060	3	3 060		495	56	50	44			200	61 500	4	180	16 000
125	1060 – 1140	3	3300		495	58	50	46			200	66 000	4	180	17 000
126	1140 – 1220	3	3540		522,5	60	52	48			200	70 500	4	180	18 000
127	1220 – 1300	3	3780		522,5	62	54	48			200	75 300	4	180	19 000
128	1300 – 1390	3	4050		522,5	64	56	50			200	80 100	4	180	20 000
129	1390 – 1480	3	4 320		550	66	58	50			200	85 200	4	180	21 000
130	1480 – 1570	3	4 590		550	68	60	52			220	90 600	5	190	22 000
131	1570 – 1670	3	4890		550	70	62	54			220	96 000	5	190	23 000
132	1670 – 1790	3	5[illegible]50		577,5	73	64	56			220	104 400	5	190	24 000
133	1790 – 1930	3	5 610		577,5	76	66	58			220	113 100	5	190	25 000
134	1930 – 2080	3	6 000		577,5	78	68	60			220	119 100	5	190	26 000
135	2080 – 2230	3	6 450		605	81	70	62			240	128 400	5	200	27 000
136	2230 – 2380	3	6 900		605	84	73	64			240	138 300	5	200	28 000
137	2380 – 2530	3	7350		605	87	76	66			240	148 200	5	200	29 000
138	2530 – 2700	3	7 800		632,5	90	78	68			260	150 000	6	200	30 000
139	2700 – 2870	3	8 300		632,5	92	81	70			260	150 000	6	200	31 000
140	2870 – 3040	3	8 700		632,5	95	84	73			260	150 000	6	200	32 000
141	3040 – 3210	3	9 300		660	97	84	76			280	150 000	6	200	33 000
142	3210 – 3400	3	9900		660	100	87	78			280	150 000	6	200	34 000
143	3400 – 3600	3	10 500		660	102	90	78			280	150 000	6	200	35 000
144	3600 – 3800	3	11 100		687,5	105	92	81			300	150 000	6	200	36 000
145	3800 – 4000	3	11700		687,5	107	95	84			300	150 000	6	200	37 000
146	4000 – 4200	3	12300		687,5	111	97	87			300	150 000	7	200	38 000
147	4200 – 4400	3	12900		715	114	100	87			300	150 000	7	200	39 000
148	4400 – 4600	3	13 500		715	117	102	90			300	150 000	7	200	40 000
149	4600 – 4800	3	14 100		715	120	105	92			300	150 000	7	200	41 000
150	4800 – 5000	3	14 700		742,5	122	107	95			300	150 000	7	200	42 000
151	5 000 – 5200	3	15 400		742,5	124	111	97			300	150 000	8	200	44 000
152	5200 – 5500	3	16 100		742,5	127	111	97			300	150 000	8	200	46 000
153	5500 – 5800	3	16 900		742,5	130	111	100			300	150 000	8	200	48 000
154	5800 – 6100	3	17800		742,5	132	117	102			300	150 000	9	200	50 000
155	6100 – 6500	3	18 800		742,5		120	107			300	150 000	10	200	50 000
156	6500 – 6900	3	20 000		770		124	111			300	150 000	11	200	50 000
157	6900 – 7400	3	21 500		770		127	114			300	150 000	12	200	50 000
158	7400 – 7900	3	23 000		770		132	117			300	150 000	13	200	50 000
159	7900 – 8400	3	24500		770		137	122			300	150 000	14	200	50 000
160	8400 – 8900	3	26 000		770		142	127			300	150 000	15	200	50 000
161	8900 – 9400	3	27500		770		147	132			300	150 000	16	200	50 000
162	9400 – 10000	3	29 000		770		152	132			300	150 000	18	200	50 000

LAMPIRAN 5

Mooring and Warping Ropes

Characteristic	Towing rope			Warping hawsers							
								Cable warps			
	Length, m	Circumference of hemp rope, mm	Diameter of steel rope, mm	Total length, m	Number of ropes	Circumference of hemp rope, mm	Diameter of steel rope, mm	Total length, m	Number of ropes	Circumference of hemp rope, mm	Diameter of steel rope, mm
50	50	75	—	50	1	65	—	—	—	—	—
75	50	90	11	50	1	65	—	—	—	—	—
100	75	90	11	75	1	65	8.5	—	—	—	—
150	75	100	12	75	1	75	9.5	—	—	—	—
200	100	100	12	100	2	75	9.5	—	—	—	—
250	100	125	15	140	2	100	12	—	—	—	—
300	110	125	15	160	2	100	12	—	—	—	—
350	110	150	17.5	160	2	100	12	—	—	—	—
400	135	150	17.5	180	2	125	15	80	1	100	12
450	135	150	17.5	180	2	125	15	80	1	100	12
500	135	150	17.5	200	2	125	15	85	1	100	12
550	135	175	19.5	200	2	125	15	85	1	100	12
600	135	175	19.5	220	2	150	17.5	90	1	100	12
650	135	175	19.5	240	2	150	17.5	90	1	100	12
700	150	200	21.5	240	2	150	17.5	90	1	100	12
750	150	200	21.5	360	4	150	17.5	90	1	125	15
800	150	200	21.5	360	4	150	17.5	90	1	125	15
850	175	200	21.5	360	4	150	17.5	90	1	125	15
900	175	225	24	360	4	175	19.5	120	2	125	15
950	175	225	24	360	4	175	19.5	120	2	125	15
1000	175	225	24	360	4	175	19.5	120	2	150	17.5
1100	175	225	24	360	4	175	19.5	140	2	150	17.5
1200	190	250	26	360	4	175	19.5	140	2	150	17.5
1300	190	250	26	400	4	200	21.5	150	2	150	17.5
1400	190	275	28	400	4	200	21.5	150	2	150	17.5
1500	190	275	28	480	4	200	21.5	150	2	150	17.5
1600	200	300	30	480	4	200	21.5	180	2	150	17.5
1700	200	300	30	480	4	200	21.5	180	2	150	17.5
1850	200	325	32.5	540	4	200	21.5	180	2	175	19.5
2000	200	350	34.5	540	4	200	21.5	180	2	175	19.5
2150	200	350	34.5	540	4	200	21.5	180	2	175	19.5
2300	220	350	34.5	540	4	225	24	180	2	175	19.5
2500	220	350	34.5	640	4	225	24	200	2	175	19.5
2700	220	350	34.5	640	4	225	24	200	2	200	21.5
3000	220	350	34.5	640	4	225	24	200	2	200	21.5
3300	240	375	39	640	4	250	26	200	2	200	21.5
3500	240	375	39	640	4	250	26	200	2	200	21.5
3900	240	400	43.5	640	4	250	26	200	2	200	21.5
4200	240	400	43.5	640	4	250	26	200	2	225	24
4500	240	425	48.5	720	4	250	26	200	2	225	24
4900	240	425	48.5	720	4	250	26	200	2	225	24
5100	240	—	53	720	4	275	28	240	2	225	24
5400	240	—	53	800	4	275	28	240	2	250	26
5800	240	—	53	880	4	275	28	240	2	250	26
6200	240	—	57	960	6	300	30	240	2	250	26
6600	240	—	57	960	6	300	30	240	2	250	26
7000	240	—	57	960	6	300	30	240	2	250	26
7400	240	—	57	960	6	300	30	480	4	250	26
7800	240	—	57	960	6	300	30	480	4	250	26
8200	240	—	61.5	960	6	300	30	480	4	250	26
8600	240	—	61.5	960	6	325	32	480	4	250	26
9000	240	—	61.5	960	6	325	32	480	4	250	26
9600	240	—	61.5	960	6	325	32	480	4	250	26

LAMPIRAN 6

Self-Propelled Transport Ships with an Unlimited Region of Navigation

No.	Characteristic X	Anchors			Chain cable for bower anchors		Chain or steel rope for the stream anchor		
		Bower		Stream anchor, kg	Total length of two cables, m	Anchor chain size, mm	Length, m	Anchor chain size, mm	Diameter of steel rope, mm
		Quantity	Total weight, kg						
1	50	2	150	25	100	12	50	—	8.8
2	75	2	200	25	125	13	50	—	8.8
3	100	2	250	50	125	15	50	—	11
4	150	2	300	50	150	16	50	—	11
5	200	2	350	50	175	17	75	—	11
6	250	2	450	75	200	18	75	11	13
7	300	2	500	75	225	19	75	13	13
8	350	2	600	100	250	20	75	14	15.5
9	400	2	700	100	275	21	75	14	15.5
10	450	2	750	125	300	22	100	15	17.5
11	500	2	800	150	300	24	100	16	17.5
12	550	2	900	175	325	25	100	16	17.5
13	600	3	1500	200	350	27	100	17	17.5
14	650	3	1700	225	350	28	100	18	19.5
15	700	3	1800	250	375	29	100	18	20.5
16	750	3	2100	250	375	30	100	19	20.5
17	800	3	2250	250	375	31	125	19	20.5
18	850	3	2400	275	375	32	125	20	22
19	900	3	2700	300	375	33	125	21	24
20	950	3	3000	300	400	34	125	21	24
21	1000	3	3200	350	400	35	125	22	24
22	1100	3	3500	400	400	37	125	23	26
23	1200	3	3750	400	420	38	150	25	26
24	1300	3	4100	450	450	40	150	25	28
25	1400	3	4250	450	450	41	150	25	28
26	1500	3	4500	500	450	42	150	26	28
27	1600	3	4750	500	450	43	150	26	28
28	1700	3	5250	600	450	45	150	28	30
29	1850	3	5500	600	450	46	150	28	30
30	2000	3	5750	700	450	46	150	29	31.5
31	2150	3	6000	700	475	48	175	29	31.5
32	2300	3	6500	800	500	49	175	29	32.5
33	2500	3	6750	800	500	50	175	29	32.5
34	2700	3	7500	900	500	52	175	30	33.5
35	3000	3	8250	1000	500	53	200	31	33.5
36	3300	3	9000	1000	500	55	200	31	33.5
37	3600	3	9750	1250	525	57	200	33	34.5
38	3900	3	10500	1250	550	59	225	33	34.5
39	4200	3	11000	1400	550	61	225	34	37
40	4500	3	11500	1500	550	62	225	35	37
41	4800	3	12900	1650	550	65	225	36	—
42	5100	3	13500	1750	550	67	250	37	—
43	5400	3	14500	1750	575	68	250	37	—
44	5800	3	15000	2000	600	70	250	40	—
45	6200	3	15800	2000	600	72	250	40	—
46	6600	3	16300	2250	600	74	275	43	—
47	7000	3	17600	2250	600	76	275	43	—
48	7400	3	18000	2250	600	77	275	44	—
49	7800	3	19500	2500	600	80	275	46	—
50	8200	3	20300	2700	600	82	275	48	—
51	8600	3	21000	2800	600	83	275	49	—
52	9000	3	22000	3000	600	85	275	50	—
53	9500	3	23000	3000	600	87	275	50	—

" STANDAR UKURAN SEKOCI OLEH BOT (BOARD OF TRADE) ENGLAND "

L. B. H (m)	L. B. H. (ft^3)	Kapasitas (ft^3)	Jumlah orang	berat sekoci (kg)	Berat Orang (kg)	berat-perlengkapan(kg)	Total berat (kg).
9,4 x 2,74 x 1 x1,114	30 x 9 x 3,75	607	60	2205	4500	356	7061
8,84 x 2,74 x 1,10	29 x 8,75 x 3,60	545	54	1976	4050	356	6382
8,53 x 2,59 x 1,07	28 x 8,50 x 3,50	500	50	1824	3750	330	5894
8,23 x 2,51 x 1,04	27 x 8,25 x 3,40	454	45	1646	3376	330	5351
7,92 x 2,44 x 0,99	26 x 8,00 x 3,25	405	40	473	3000	305	4778
7,62 x 2,36 x 0,96	25 x 7,75 x 3,15	366	36	1326	2700	305	4331
7,31 x 2,29 x 0,91	24 x 7,50 x 3,0	324	32	1180	2400	254	3843
7,01 x 2,29 x 0,88	23 x 7,50 x 2,90	300	30	1087	2250	254	3591 ✓
6,71 x 2,21 x 0,84	22 x 7,25 x 2,75	236	26	955	1950	229	3134
6,40 x 2,13 x 0,82	21 x 7,0 x 2,70	238	23	864	1725	229	2818
6,10 x 2,06 x 0,79	20 x 6,75 x 2,60	210	21	762	1575	203	2540
5,79 x 1,98 x 0,76	19 x 6,50 x 2,50	182	18	650	1350	178	2178
5,49 x 1,90 x 0,73	18 x 6,25 x 2,40	162	16	590	1200	152	1942
5,18 x 1,83 x 0,715	17 x 6,0 x 2,30	143	14	508	1050	152	1710
4,88 x 1,75 x 0,70	16 x 5,75 x 2,30	127	12	452	900	127	1484

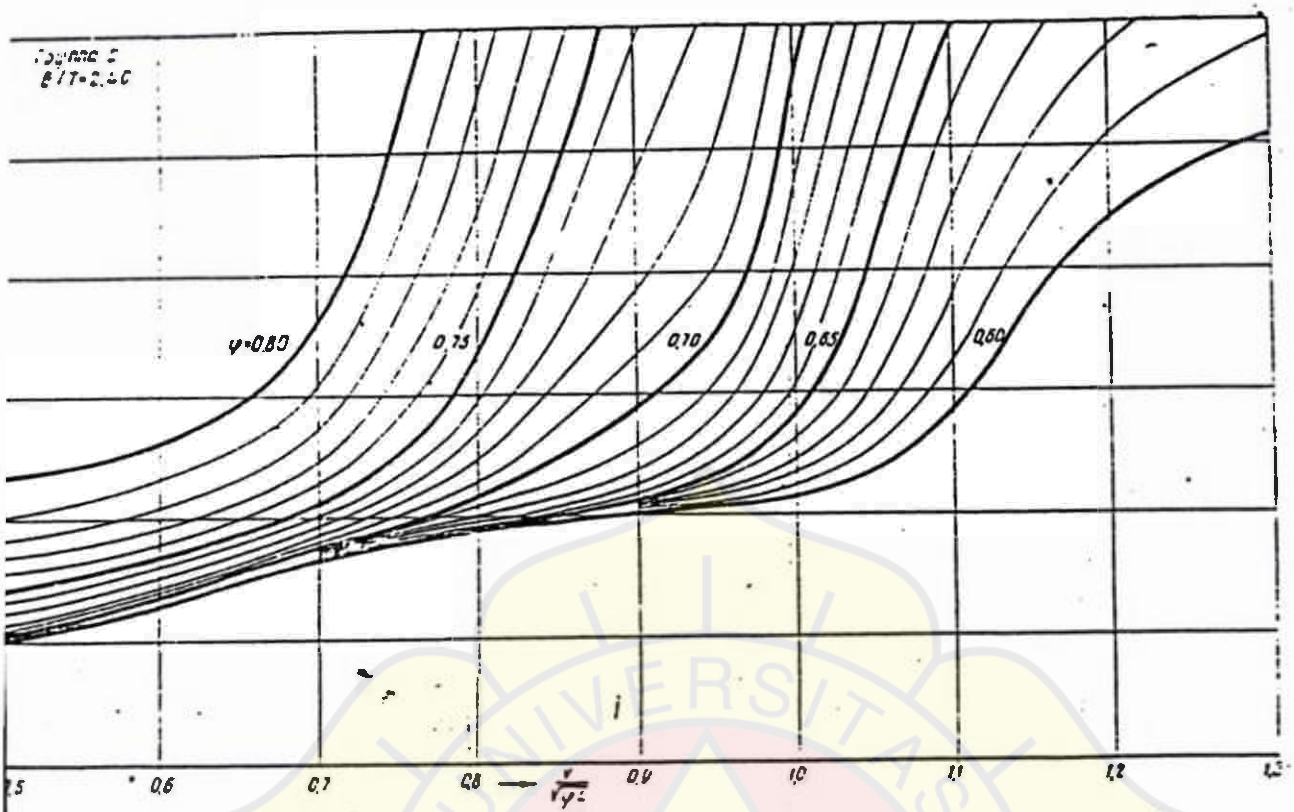


Рис. 6. Диаграмма А. И. Б. Лапа, группа C = Gб 3 9

26

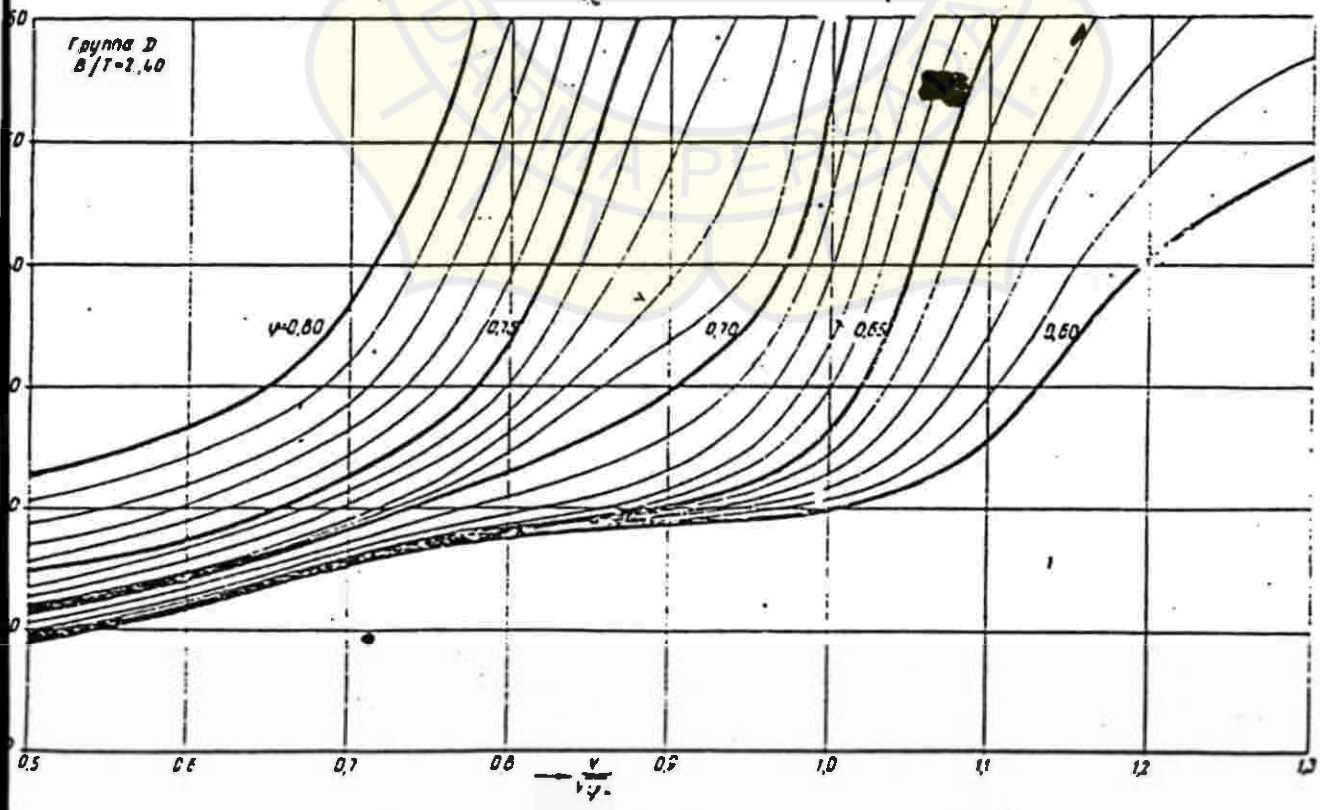
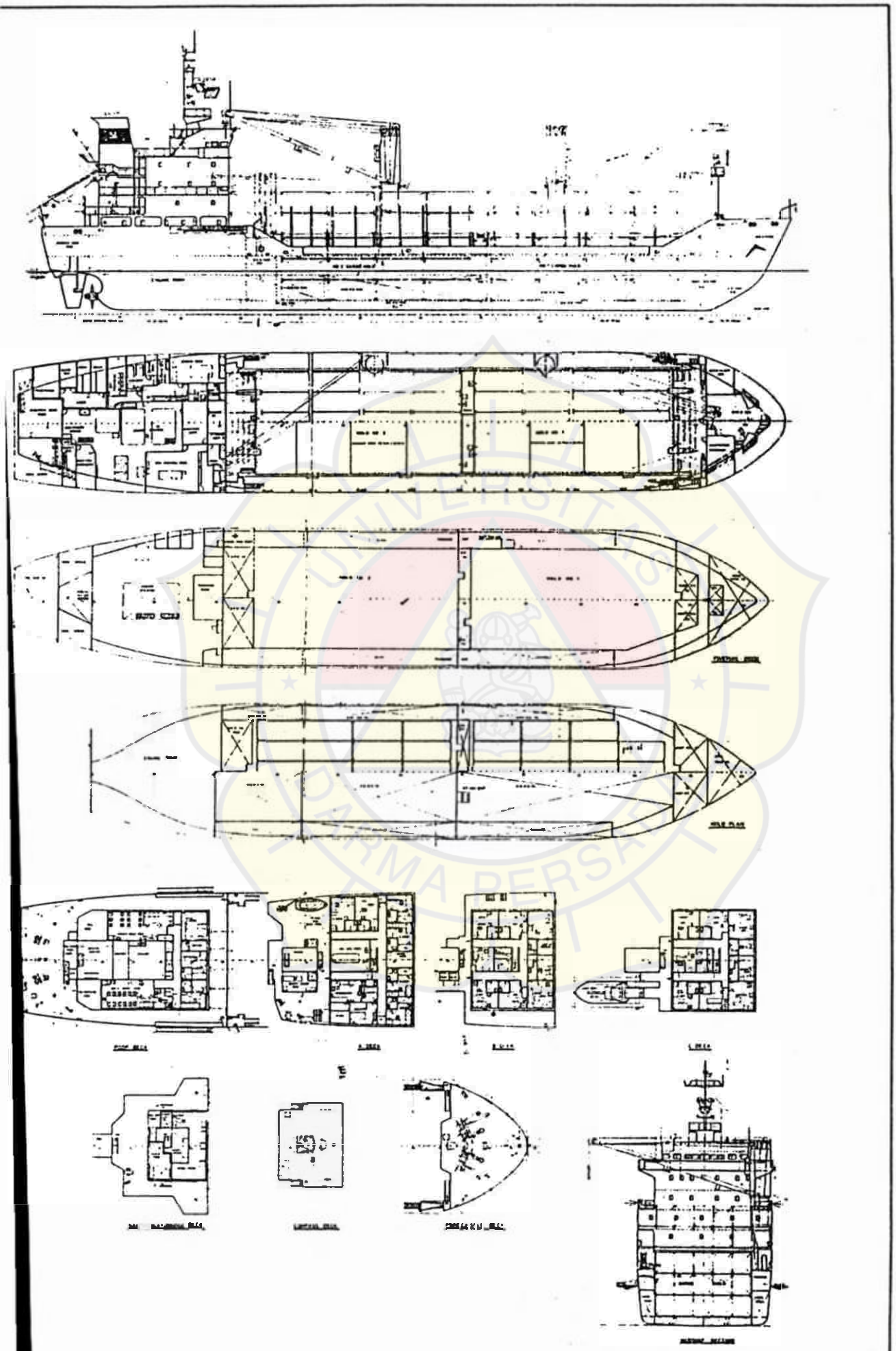


Рис. 7. Диаграмма А. И. В. Лапа, группа D = Gб 3, 10

22

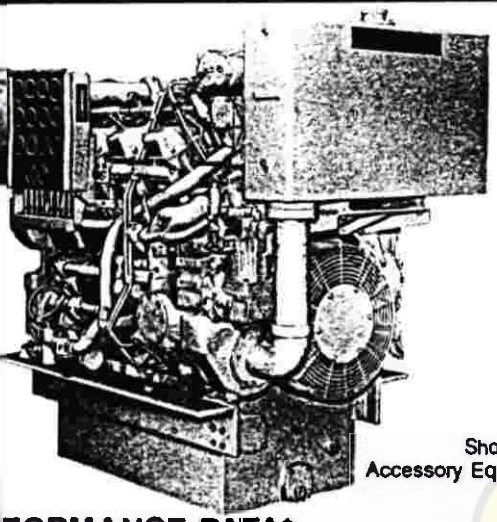


ATERPILLAR®

Marine Engine

3508

786-1166 mhp/775-1150 bhp
1600-1800 rpm



Shown with Accessory Equipment

SPECIFICATIONS

V8, 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore—mm (in)	170	(6.7)
Stroke—mm (in)	190	(7.5)
Displacement—L (cu in)	34.5	(2,105)
Rotation (from flywheel end)	ccw or cw	
Compression Ratio	13.0:1	
Capacity for Liquids — L (U.S. gal)		
Cooling System	285	(75.3)
Lube Oil System (refill)	223	(58.9)
Oil Change Interval	500 hrs	
Engine Weight, Net Dry (approx)— kg (lb)	5,216	11,500

FORMANCE DATA*

charged-Aftercooled

g Level	D			C			B			A			A		
rpm	1800			1800			1800			1800			1800		
e Power m	858 kW (1150 bhp) 1166 mhp			746 kW (1000 bhp) 1014 mhp			716 kW (960 bhp) 973 mhp			638 kW (855 bhp) 867 mhp			578 kW (775 bhp) 786 mhp		
	1800	1600	1200	1800	1600	1200	1800	1600	1200	1800	1600	1200	1800	1600	1200
	858	602	254	746	524	221	716	503	212	638	448	189	578	406	171
hr	220	220	228	223	221	228	223	222	229	224	222	232	227	225	234
	225.0	157.7	68.9	198.0	138.2	60.0	190.5	133.0	57.8	170.5	118.6	52.2	156.3	108.7	47.8
	1150	808	341	1000	703	296	960	674	284	855	600	253	775	544	230
hr	.361	.361	.374	.366	.362	.374	.366	.364	.376	.367	.364	.380	.372	.369	.384
	59.4	41.7	18.2	52.3	36.5	15.9	50.3	35.1	15.3	45.0	31.3	13.8	41.3	28.7	12.6

g Level	C			B			A			A		
rpm	1600			1600			1600			1600		
e Power m	701 kW (940 bhp) 953 mhp			675 kW (905 bhp) 917 mhp			638 kW (855 bhp) 867 mhp			578 kW (775 hp) 786 mhp		
	1600	1400	1200	1600	1400	1200	1600	1400	1200	1600	1400	1200
	701	470	296	675	452	285	638	427	269	578	387	244
hr	215	221	225	216	221	225	216	222	225	220	218	226
	180.0	123.8	79.2	173.7	119.3	76.4	164.5	113.0	72.2	151.8	100.7	65.8
	940	630	397	905	606	382	855	573	361	775	519	327
hr	.353	.362	.369	.354	.362	.369	.354	.364	.369	.361	.358	.371
	47.6	32.7	20.9	45.9	31.5	20.2	43.5	29.8	19.1	40.1	26.6	17.4

ents performance along a typical fixed pitch propeller curve.

NG LEVEL DEFINITIONS

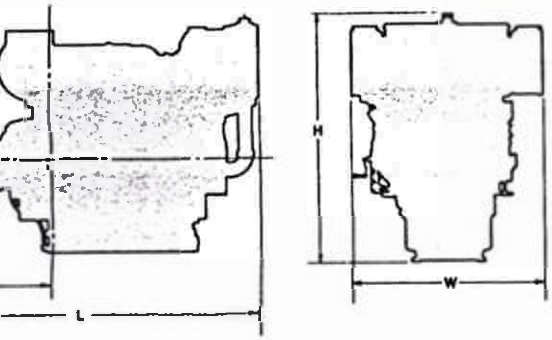
use in patrol, customs, police and some fire boats.

use in yachts with displacement hulls, as well as ferries with less than one hour, fish boats with higher speed journey out back (e.g., some lobster, crayfish, and tuna), and short trip stal freighters.

B – For use in midwater trawlers, purse seiners, crew and supply boats, ferry boats with trips longer than one hour, and towboats in rivers where locks, sandbars, curves, or traffic dictate frequent slowing.

A – For use with little load cycling in oceangoing displacement hulls such as freighters, tugboats, and bottom-drag trawlers, and deep river towboats.

CATERPILLAR®



Shown with WAF 560 Transmission

MARINE GEARS*

MARINE TRANSMISSIONS	RATIOS	DRY WEIGHT kg (lb)
WAF 540	2.96:1, 3.95:1	1000 (2000)
WAF 560	5.05:1, 5.95:1	1250 (2750)
WAF 640	3.04:1, 3.96:1	1250 (2750)
WAF 660	5.04:1, 5.95:1	1600 (3520)
WAF 740	3.04:1, 3.95:1	1550 (3410)
WAF 760	5.14:1, 5.75:1	1900 (4180)
WAF 1590	7.00:1, 8.00:1, 9.00:1	4600 (10,110)

*Transmission selection depends on input power, speed, ratio, and vessel application. Transmission data shown for dimensional reference only.

NSIONS

	B		D		L		H		W	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
540	310	12.2	1139.2	44.9	3216.5	126.6	1937.9	76.3	1703	67.1
560	410	16.1	1139.2	44.9	3216.5	126.6	2132.9	83.9	1703	67.1
640	340	13.4	1253.2	49.3	3330.5	131.1	1997.9	78.6	1703	67.1
660	430	16.9	1253.2	49.3	3330.5	131.1	2167.9	85.3	1703	67.1
740	380	15.0	1348.2	53.1	3425.5	134.9	2117.9	83.4	1703	67.1
760	490	19.3	1348.2	53.1	3425.5	134.9	2267.9	89.3	1703	67.1
590	630	24.8	1968.2	77.5	4045.5	159.3	2542.9	100.1	1703	67.1

DARD EQUIPMENT

e –
eaner
–
nsion tank, jacket water pump, auxiliary sea water
, thermostats and housing, lubricating oil cooler,
Guard
–
ielded-watercooled manifold, water cooled
charger
and SAE #0 Housing

transfer pump
–
tward 3161
nts and Gauges –
ge right side instrument panel, tachometer
ng –
mp, filter, filler and dipstick
–
eyes, ledge-type rails
n Devices –
essure and water temperature contactors,
al shutoff

ACCESSORY EQUIPMENT

Bases and Foundations –
sound isolation mounting group, rails
Controls and Governors –
engine mounted controls
Cooling –
heat exchanger, optional auxiliary sea and fresh water pumps, sea water lines, emergency jacket water connections, keel cooling connections
Exhaust –
flexible fitting, elbow, flange and fitting, muffler
Flywheel and SAE #00 Housing
Fuel –
primary and duplex filters, priming pump, flexible lines
Instruments and Gauges –
left, right or remote mounted 16-gauge premium instrument panel, pilot house panel
Lubricating –
duplex filter, emergency connections, sump pump, deep sump pan
Power Takeoffs –
front enclosed clutch, front power takeoff adapter, front accessory drive, auxiliary drive shaft and pulleys, front stub shaft, pulleys, air compressor
Protection Devices –
hydra-mechanical, electrical shutoffs; water level switch, alarm switches
Starting –
air or electric starting motors, alternators, batteries

G CONDITIONS

are based on SAE J1349 standard conditions of
29.61 in Hg) and 25°C (77°F). These ratings also
SO 3046/1, DIN 6271 and BS 5514 standard
s of 100 kPa (29.61 in Hg), 27°C (81°F) and 60%
umidity.

Fuel rates are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42,780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/liter (7.001 lbs/U.S. gal).

d specifications are subject to change without notice.

The International System of Units (SI) is used in this publication.

© 1993 Caterpillar

Printed in U.S.A.

INDCX - MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6200

SALES MODEL	COMB SYS	ASP SYS TYPE	AFTERCOOLER TYPE	AFTERCOOLER WATER TEMP	EXH MFLD TYPE	COMP RATIO	GOV TYPE	APPLICATION TYPE	RATING TYPE	ENGINE POWER HP	ENGINE POWER KW	FLYWHEEL SPEED RPM	EFFECTIVE SERIAL NUMBER	PERF DATA REF NO.
3412C	DI	TA	JWAC	F	W/C	14.2:1		M PROP ENG	E-HIGH PERF	1250	932.0	2300	3JK	DM0645-00
3412C	DI	TA	JWAC	F	W/C	14.5:1		M PROP ENG	A-CONT	624	465.0	1800	60M05355	TM0008-04
3412C	DI	TA	JWAC	F	W/C	14.5:1		M PROP ENG	B-MED DUTY	671	500.0	1800	60M05355	TM1675-04
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	600	447.5	1200	69Z00501	TM0036-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	705	526.0	1200	69Z00498	TM0027-04
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	775	578.0	1600	96Y01050	TM0010-06
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	775	578.0	1800	96Y01128	TM0028-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	855	637.5	1600	96Y01088	TM0017-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	A-CONT	855	637.5	1800	96Y01139	TM0021-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	B-MED DUTY	805	600.0	1300	69Z00615	TM0028-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	B-MED DUTY	905	675.0	1600	96Y01050	TM0018-06
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	B-MED DUTY	960	716.0	1800	96Y01050	TM0022-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0 1		M PROP ENG	C-INTER	820	611.5	1300	69Z00518	TM0034-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	C-INTER	850	634.0	1800	96Y01141	TM0048-06
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	C-INTER	940	701.0	1600	96Y01050	TM0019-06
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	113.0 1		M PROP ENG	C-INTER	1000	746.0	1800	96Y01050	TM0023-05
3508	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0:1		M PROP ENG	D-PATROL CF	1150	857.5	1800	96Y01139	TM8297-05
3512	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0 1		M PROP ENG	A-CONT	900	671.0	1200	66Z00615	TM0037-05
3512	DI	TA	JWAC	180F	ASWC	13.0 1		M PROP ENG	A-CONT	1060	790.5	1200	66Z00383	TM0038-05

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0010-06 3509 DI TA JWAC M PROP ENG 775 HP (578.0 KW) @ 1600 RPM A-CONT ASWC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

ENG PERF DATA CURVE 1 - ZONE 1

ENGINE SPEED	RPM	1500	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
ENGINE POWER	HP	775	735	694	651	578	465	376	302	247
	KW	578.0	548.3	517.3	485.7	430.9	346.9	280.7	225.1	184.3
ENGINE TORQUE	FT-LB	2545	2575	2603	2632	2529	2221	1977	1762	1623
	N.M	3450	3491	3529	3568	3429	3011	2681	2389	2200
ENGINE BMEP	PSI	182	184	186	188	181	159	142	126	116
	KPA	1256	1271	1285	1299	1249	1097	976	870	801
SPECIFIC FUEL CONSUMPTIO	LB/HP-HR	.358	.355	.363	.372	.370	.373	.386	.404	.424
	G/KW-HR	218	216	221	226	225	227	235	246	258
FUEL RATE	GAL/HR	39.7	37.4	36.0	34.6	30.6	24.8	20.8	17.5	15.0
	LPH	150.1	141.4	136.1	130.8	115.7	93.9	78.6	66.1	56.8
INTAKE MANIFOLD TEMP ...	DEG F	184.5	182.5	181.6	180.5	178.2	176.7	175.6	174.9	174.7
	DEG C	84.7	83.6	83.1	82.5	81.2	80.4	79.8	79.4	79.3
INTAKE MANIFOLD PRESSURE	IN-HG	40.2	36.2	33.0	29.8	24.7	18.0	13.2	9.4	6.7
	KPA	135.6	122.3	111.5	100.8	83.4	60.9	44.7	31.6	22.5
INTAKE AIR FLOW	CFM	1755	1600	1451	1307	1116	929	791	675	579
	M3/MIN	50	45	41	37	32	26	22	19	16
EXHAUST MANIFOLD TEMP ..	DEG F	1023	1047	1075	1107	1131	1126	1119	1108	1099
	DEG C	550.7	563.8	579.4	597.2	610.4	608.0	604.0	598.0	592.7
EXHAUST MANIFOLD STACK TEMPERATURE...	DEG F	725	757	788	818	841	846	859	897	941
	DEG C	385	403	420	437	450	452	459	480	505
EXHAUST GAS FLOW	CFM	3888	3644	3401	3143	2733	2264	1963	1720	1526
	M3/MIN	110	103	96	89	77	64	56	49	43

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0010-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG : 775 HP (578.0 KW) @ 1600 RPM A-CONT ASWC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

PROPELLER DEMAND DATA FOR CURVE P

ENGINE SPEED	RPM	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
ENGINE POWER	HP	775	639	519	416	327	252	189	138	97
	KW	578.0	476.3	387.2	310.0	243.8	187.8	141.1	102.9	72.3
ENGINE TORQUE	FT-LB	2545	2236	1948	1679	1431	1203	994	805	636
	N.M	3450	3032	2641	2277	1940	1631	1348	1092	862
ENGINE BMEP	PSI	182	160	140	120	103	86	71	58	46
	KPA	1256	1104	962	829	707	594	491	398	314
SPECIFIC FUEL CONSUMPTIO	LB/HP-HR	.358	.358	.365	.368	.373	.390	.416	.441	.464
	G/KW-HR	218	218	222	224	227	237	253	268	282
FUEL RATE	GAL/HR	39.7	32.7	27.1	21.8	17.4	14.1	11.2	8.7	6.4
	LPH	150.1	123.6	102.4	82.7	65.8	53.2	42.5	32.9	24.3
INTAKE MANIFOLD TEMP ...	DEG F	184.5	180.1	178.0	176.2	175.8	174.9	174.2	173.8	173.3
	DEG C	84.7	82.3	81.1	80.1	79.9	79.4	79.0	78.8	78.5
INTAKE MANIFOLD PRESSURE	IN-HG	40.2	29.5	21.5	15.0	10.0	6.1	3.2	1.3	.3
	KPA	135.6	99.7	72.7	50.8	33.7	20.6	10.8	4.5	.9
INTAKE AIR FLOW	CFM	1755	1437	1169	950	766	682	618	547	463
	M3/MIN	50	41	33	27	22	19	18	16	13
EXHAUST MANIFOLD TEMP ..	DEG F	1023	1009	993.7	961.9	918.5	850.3	764.2	667.4	560.1
	DEG C	550.7	543.0	534.3	516.6	492.5	454.6	406.8	353.0	293.4
EXHAUST MANIFOLD STACK	DEG F	725	744	746	724	720	697	654	599	526
TEMPERATURE...	DEG C	385	396	397	385	382	369	346	315	275
EXHAUST GAS FLOW	CFM	3888	3235	2642	2105	1692	1466	1282	1077	840
	M3/MIN	110	92	75	60	48	42	36	31	24

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0(10-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG : 775 HP (578.0 KW) a 1500 RPM A-CONT ASWC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

ENG PERF DATA CURVE 1- ZONE 1

ENGINE SPEED	RPM	1400	1500	1400	1300	1200	100	1000	900	800
ENGINE POWER	HP	775	735	694	651	578	465	376	302	247
	KW	578.0	548.3	317.3	485.7	430.9	346.9	280.7	225.1	184.3
ENGINE TORQUE	FT-LB	2545	2575	2603	2632	2529	2221	1977	1762	1623
	N.M	3450	349:	3529	3568	3429	3011	2681	2389	2200
ENGINE BMEP	PSI	182	184	186	188	181	159	142	126	116
	KPA	1256	1271	1285	1299	1249	11097	976	870	801
SPECIFIC FUEL CONSUMPTIO	LB/HP-HR	.358	.355	.363	.372	.370	.373	.386	.404	.424
	G/KW-HR	218	216	221	226	225	227	235	246	258
FUEL RATE	GAL/HR	39.7	37.4	36.0	34.6	30.6	24.8	20.8	17.5	15.0
	LPH	150.1	141.4	136.1	130.8	115.7	93.9	78.6	66.1	56.8
INTAKE MANIFOLD TEMP ...	DEG F	184.5	182.5	1181.6	180.5	178.2	176.7	175.6	174.9	174.7
	DEG C	84.7	83.6	83.1	82.5	81.2	80.4	79.8	79.4	79.3
INTAKE MANIFOLD PRESSURE	IN-HG	40.2	36.2	33.0	29.8	24.7	18.0	13.2	9.4	6.7
	KPA	135.6	1122.3	1111.5	100.8	83.4	60.9	44.7	31.6	22.5
INTAKE AIR FLOW	CFM	1755	1600	1451	11307	1116	929	791	675	579
	M3/MIN	50	45	41	37	32	26	22	19	16
EXHAUST MANIFOLD TEMP ..	DEG F	1023	1047	1075	1107	1131	1126	1119	1108	1099
	DEG C	550.7	563.8	579.4	597.3	610.4	608.0	604.0	598.0	592.7
EXHAUST MANIFOLD STACK TEMPERATURE...	DEG F	725	757	788	818	841	846	859	897	941
	DEG C	385	403	420	437	450	452	459	480	505
EXHAUST GAS FLOW	CFM	3888	3644	3401	3143	2733	2264	1963	1720	1526
	M3/MIN	110	103	96	89	77	64	56	49	43

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0010-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG : 775 HP (578.0 KW) @ 1600 RPM A-CONT ASWC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

HEAT REJECTION DATA FOR CURVE 4

ENGINE SPEED	RPM	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
ENGINE POWER	HP	775	735	694	651	593	536	467	347	275
	KW	578.0	548.3	517.3	485.7	442.5	399.7	348.2	258.5	205.4
COOLANT TOT	BTU/MN	28321	25933	25705	25478	22975	20701	18141	13706	11203
	KW	498	456	452	448	404	364	319	241	197
ATMOSPHERE	BTU/MN	3298	3242	3128	3071	2957	2843	2730	2616	2559
	KW	58	57	55	54	52	50	48	46	45
EXHAUST TOT	BTU/MN	26103	24966	23828	22577	20644	18995	17288	14331	12739
	KW	459	439	419	397	363	334	304	252	224
EXH RECOVERY	BTU/MN	12227	12170	12000	11601	10748	10123	9270	8189	7450
	KW	215	214	211	204	189	178	163	144	131
FROM OIL CLR	BTU/MN	4550	4265	4095	3924	3583	3242	2900	2275	1934
	KW	80	75	72	69	63	57	51	40	34
FROM AFTRCLR	BTU/MN	3469	2730	2161	1649	1194	910	512	-114	-284
	KW	61	48	38	29	21	16	9	-2	-5
WORK ENERGY	BTU/MN	32871	31165	29402	27639	25136	22748	19791	14729	11658
	KW	578	548	517	486	442	400	348	259	205
LHV ENERGY .	BTU/MN	85760	80755	77798	74727	67960	61818	54993	43164	36340
	KW	1508	1420	1368	1314	1195	1087	967	759	639
MHV ENERGY .	BTU/MN	91333	86044	82859	79618	72395	65855	58576	45951	38728
	KW	1606	1513	1457	1400	1273	1150	1030	808	681

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0010-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG 775 HP (578.0 KW) a 1600 RPM A-CONT ASWC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

SOUND - EXHAUST - DATA FOR CURVE A

	ENG SPD RPM	ENGINE POWER HP	ENGINE POWER KW	OVERALL SOUND DB(A)	OBCF 63HZ DB	OBCF 125HZ DB	OBCF 250HZ DB	OBCF 500HZ DB	OBCF 1000HZ DB	OBCF 2000HZ DB	OBCF 4000HZ DB	OBCF 8000HZ DB
DATA a 1.5M (4.9 FT)	1600	775	578.0	110	100	103	105	102	104	103	104	101
	1500	735	548.3	110	99	103	105	102	103	103	104	101
	1400	694	517.3	110	99	103	105	102	103	103	103	100
	1300	651	485.7	109	97	101	103	100	101	103	104	98
	1200	593	442.5	109	97	101	103	99	100	102	104	97
	1100	536	399.7	108	96	100	102	98	99	101	103	97
	1000	467	348.2	107	91	94	95	94	97	101	103	92
	900	347	258.5	106	90	93	93	93	96	100	102	90
	800	275	205.4	105	89	92	92	92	95	99	101	89
DATA a 7.0M (22.9 FT)	1600	775	578.0	97	85	92	91	88	91	90	91	86
	1500	735	548.3	97	85	92	90	88	91	90	90	86
	1400	694	517.3	96	84	92	90	88	90	89	90	85
	1300	651	485.7	96	87	89	91	87	89	89	90	83
	1200	593	442.5	95	86	89	90	87	89	89	89	82
	1100	536	399.7	95	86	88	89	86	88	88	88	81
	1000	467	348.2	94	84	85	83	83	86	86	90	79
	900	347	258.5	92	83	83	81	81	85	85	88	77
	800	275	205.4	91	82	82	80	80	84	84	87	76
DATA a 15 M (49.2 FT)	1600	775	578.0	90	78	86	84	82	84	83	84	79
	1500	735	548.3	90	78	85	84	81	84	83	84	79
	1400	694	517.3	90	78	85	83	81	84	83	83	79
	1300	651	485.7	89	80	83	84	81	83	83	83	76
	1200	593	442.5	89	80	82	83	80	82	82	82	75
	1100	536	399.7	88	79	81	83	79	82	81	82	75
	1000	467	348.2	87	77	78	76	76	80	80	83	72
	900	347	258.5	86	76	77	75	75	78	78	82	71
	800	275	205.4	85	75	75	74	74	77	77	81	70

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA FEB 95 6202

TM0010-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG 775 HP (578.0 KW) @ 1600 RPM A-CONT ASHC MFLD GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

SOUND - MECHANICAL - DATA FOR CURVE 4

	ENG SPD RPM	ENGINE POWER HP	ENGINE POWER KW	OVERALL SOUND DB(A)	OBCF 63HZ DB	OBCF 125HZ DB	OBCF 250HZ DB	OBCF 500HZ DB	OBCF 1000HZ DB	OBCF 2000HZ DB	OBCF 4000HZ DB	OBCF 8000HZ DB
DATA @ 1.0M (3.2 FT)	1600	775	578.0	102	98	99	95	94	97	97	93	87
	1500	735	548.3	101	97	99	95	93	96	96	92	86
	1400	694	517.3	101	96	98	94	93	96	95	91	86
	1300	651	485.7	100	99	96	90	91	94	95	92	84
	1200	593	442.5	100	99	95	90	91	93	95	92	83
	1100	536	399.7	99	98	95	89	90	93	94	91	83
	1000	467	348.2	98	98	94	88	89	92	94	90	82
	900	347	258.5	98	97	93	88	89	91	93	90	81
	800	275	205.4	97	96	93	87	88	91	92	89	81
DATA @ 7.0M (22.9 FT)	1600	775	578.0	90	86	87	83	82	85	85	81	75
	1500	735	548.3	89	85	87	83	81	84	84	80	74
	1400	694	517.3	89	84	86	82	81	84	83	79	74
	1300	651	485.7	88	87	84	78	79	82	83	80	72
	1200	593	442.5	88	87	83	78	79	81	83	80	71
	1100	536	399.7	87	86	83	77	78	81	82	79	71
	1000	467	348.2	86	86	82	76	77	80	82	78	70
	900	347	258.5	86	85	81	76	77	79	81	78	69
	800	275	205.4	85	84	81	75	76	79	80	77	69
DATA @ 15 M (49.2 FT)	1600	775	578.0	84	80	81	77	76	79	79	75	69
	1500	735	548.3	83	79	81	77	75	78	78	74	68
	1400	694	517.3	83	78	80	76	75	78	77	73	68
	1300	651	485.7	82	81	78	72	73	76	77	74	66
	1200	593	442.5	82	81	77	72	73	75	77	74	65
	1100	536	399.7	81	80	77	71	72	75	76	73	65
	1000	467	348.2	80	80	76	70	71	74	76	72	64
	900	347	258.5	80	79	75	70	71	73	75	72	63
	800	275	205.4	79	78	75	69	70	73	74	71	63

MARINE ENGINE PERFORMANCE DATA

FEB 95 6202

TM0010-06 3508 DI TA JWAC M PROP ENG — 775 HP (578.0 KW) a 1600 RPM A-CONT — ASWC MOLD — GOV

EFF SERIAL NO. 96Y01050

IDENTIFICATION REFERENCE AND NOTES

ENGINE ARRANGEMENT	NUMBER	7N-8702
EFFECTIVE SERIAL	NUMBER	96Y01050
PRIMARY ENGINE TEST SPEC (OT)	NUMBER	OT-6901
PERFORMANCE PARM REF. ENGLISH	NUMBER	TE0015
METRIC	NUMBER	TM0015
PERFORMANCE DATA REF.	NUMBER	TM0010
AUX COOLANT PUMP PERF REF.	NUMBER	
COOLING SYSTEM PERF REF.	NUMBER	TD3094
CERTIFICATION	REF	
COMPRESSION RATIO	NUMBER	13.0
AFTERCOOLER TEMPERATURE	DEG F	180
	DEG C	82
CRANKCASE BLOWBY VOLUME	CU FT/H	388.46
	M3/H	11.0
FUEL RATE(RATED RPM) NO LOAD	GAL/HR	
	L/HR	

LUBE OIL PRESS a LOW IDLE SPD	PSI	20
	KPA	138
LUBE OIL PRESS a RATED SPEED	PSI	65
	KPA	445
PISTON SPD a RATED END SPD	FT/MIN	1970.50
	M/SEC	10.01
MAX OPERATING ALTITUDE	FEET	10171
	METRE	3100
PEEC ELECT CONTROL MODULE REF	NUMBER	
PEEC PERSONALITY CONT MOD REF	NUMBER	
TURBOCHARGER MODEL REF.		TW8106-1.03
FUEL INJECTOR REF.	NUMBER	7E-3382
TIMING STATIC	DEG	
TIMING STATIC ADVANCE	DEG	
TIMING STATIC	MM	
UNIT INJECTOR TIMING	MM	86.40

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДНА

§ 1. Составляющие полного сопротивления

Судно при движении испытывает сопротивление воды, которое преодолевается движущей силой, создаваемой комплексом двигатель — движитель.

Полное сопротивление воды движению судна можно представить как сумму нескольких составляющих:

$$R = R_{тр} + R_{ф} + R_{в}, \qquad (1)$$

где $R_{тр}$ — сопротивление трения, зависящее от сил вязкости частиц воды;

$R_{ф}$ — сопротивление формы, зависящее также от сил вязкости;

$R_{в}$ — волновое сопротивление, зависящее в основном от действия сил веса на частицы воды.

Соотношение между отдельными составляющими полного сопротивления воды для судов различного типа и степени быстроходности показано в табл. 1.

Таблица 1

Тип судна	Относительная скорость $\frac{v}{\sqrt{gL}}$	$R_{тр}$ (в % от полного сопротивления)	$R_{ф} + R_{в}$ (в % от полного сопротивления)
Грузовое	0,15	75	25
Грузо-пассажирское	0,28	70	30
Быстроходное пассажирское	0,40	40	60

Из приведенной таблицы видно, что с ростом скорости судна доля сопротивления трения уменьшается. Это обусловлено быстрым ростом составляющей волнового сопротивления.

Более подробные сведения о физической сущности каждой из составляющих даются ниже.

характеристики тела и называемое ... является зависимостью

$$Re = \frac{vl}{\nu}, \qquad (2)$$

где v — скорость движения тела, *м/сек;*

l — длина тела, *м;*

ν — кинематический коэффициент вязкости жидкости, *м²/сек.* Его значения для воды берутся из табл. 2 в зависимости от температуры.

Таблица 2

t°	0	10	20	30	40
ν *м²/сек*	$1{,}8 \cdot 10^{-6}$	$1{,}3 \cdot 10^{-6}$	$1{,}0 \cdot 10^{-6}$	$0{,}8 \cdot 10^{-6}$	$0{,}66 \cdot 10^{-6}$

Число Рейнольдса используется при изучении сопротивления трения и сопротивления формы.

Безразмерная величина, характеризующая отношение сил инерции к силам веса частиц жидкости, называется числом Фруда и имеет вид

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}}, \qquad (3)$$

где g — ускорение силы тяжести, *м/сек²*.

Число Фруда используется при исследовании волнового сопротивления. Выражение $\frac{v}{\sqrt{gl}}$ употребляется и при оценке степени быстроходности судов, поэтому его часто называют относительной скоростью (см. табл. 1).

§ 3. Формулы сопротивления

В гидромеханике — науке о движении тел в жидкости — известна следующая формула для определения полного сопротивления воды движению судна, которая называется общей формулой сопротивления:

$$R = \zeta \rho S \frac{v^2}{2}, \qquad (4)$$

где S — смоченная поверхность, *м²*;

$\rho = \frac{\gamma}{g}$ — массовая плотность воды, $\frac{кг \cdot сек^2}{м^4}$;

γ — весовая плотность воды, *т/м³*.

ζ — коэффициент сопротивления, зависящий от соотношений размеров, формы подводной части тела, чисел Рейнольдса, Фруда и шероховатости поверхности.

Аналогичными формулами выразятся и отдельные составляющие полного сопротивления:

$$R_{тр} = \zeta_{тр} \rho S \frac{v^2}{2}; \qquad (5)$$

$$R_{ф} = \zeta_{ф} \rho S \frac{v^2}{2}; \qquad (6)$$

$$R_{в} = \zeta_{в} \rho S \frac{v^2}{2}, \qquad (7)$$

где $\zeta_{тр}$, $\zeta_{ф}$, $\zeta_{в}$ — соответственно коэффициенты сопротивления трения, формы и волнового.

Поскольку справедлива формула (1), все коэффициенты связаны между собой следующей зависимостью:

$$\zeta = \zeta_{тр} + \zeta_{ф} + \zeta_{в}. \qquad (8)$$

Таким образом, чтобы определить величины составляющих сопротивления, необходимо знать коэффициенты $\zeta_{тр}$, $\zeta_{ф}$, $\zeta_{в}$. Проведением испытаний моделей судна в опытовом бассейне получают значения полного сопротивления воды движению модели. Зная смоченную поверхность модели и скорость ее движения, по формуле (4) определяют коэффициент полного сопротивления, вычитая из которого коэффициент сопротивления трения $\zeta_{тр}$ можно получить значения коэффициента остаточного сопротивления модели

$$\zeta_{ост} = \zeta_{ф} + \zeta_{в}.$$

Следовательно, остаточное сопротивление выразится формулой

$$R_{ост} = \zeta_{ост} \rho S \frac{v^2}{2}. \qquad (9)$$

При равных значениях числа Фруда коэффициенты остаточного сопротивления модели $\zeta_{ост_м}$ и судна $\zeta_{ост_н}$ равны.

В этом случае коэффициент полного сопротивления судна

$$\zeta = \zeta_{тр} + \zeta_{ост_н}.$$

Полное сопротивление будет равно:

$$R = R_{тр} + R_{ост}.$$

§ 4. Сопротивление трения пластины

При изучении физических явлений, происходящих при движении тела в жидкости, часто рассматривается обращенное движение, т. е. считают тело неподвижным, а жидкость — набегающей на него. Такое представление не искажает картины явлений, протекающих в жидкости, и делает удобным их изучение.

При набегании потока жидкость на тело вблизи его поверхности образуется тонкий слой, называемый пограничным слоем или слоем трения.

Внутри этого слоя скорости частиц жидкости изменяются от нуля у поверхности тела до величины скорости набегающего потока на границе слоя. Такое изменение скоростей обусловлено интенсивным проявлением сил вязкости в пограничном слое. С увеличением скорости течения жидкости толщина пограничного слоя уменьшается. За пределами его влияние сил вязкости ничтожно. Пограничный слой может иметь различную структуру в зависимости от режима обтекания, определяемого числом Рейнольдса.

Введение понятия о пограничном слое позволило построить приближенную теорию обтекания тела вязкой жидкостью и определить сопротивление трения.

При сравнительно небольших значениях чисел Рейнольдса $Re < 5 \cdot 10^5$ наблюдается ламинарный режим движения потока вдоль тела. Этот режим характеризуется струйным течением жидкости, при котором отдельные ее слои движутся в плоскостях, приблизительно параллельных поверхности тела.

Изменение скорости поперек пограничного слоя происходит вследствие возникновения сил трения между перемещающимися относительно друг друга слоями жидкости. При этом происходит торможение слоев от края пограничного слоя к поверхности тела, где частицы жидкости к ней прилипают.

Указанные явления, происходящие при обтекании жидкостью тела хорошо изучены на гладких тонких пластинах, поставленных вдоль потока, и Блазиус получил для пластины следующую формулу, определяющую значение коэффициента сопротивления трения при ламинарном движении:

$$\zeta_{пл} = \frac{1{,}328}{\sqrt{Re}}. \qquad (10)$$

При значениях числа Рейнольдса, больших критического, под которым понимается $Re = 5 \cdot 10^5$, ламинарный режим движения

зультате частицы движутся вдоль пограничного слоя по очень сложным траекториям. Вследствие этого при турбулентном движении в отличие от ламинарного происходит перемешивание частиц среды по всей толще пограничного слоя.

Такой режим наблюдается при движении судов.

Выражение для коэффициента сопротивления трения пластины при турбулентном движении, выведенное проф. Г. Е. Павленко [1] *, имеет вид

$$\zeta_{пл} = 0{,}03\mathrm{Re}^{-\frac{1}{7}}. \qquad (11)$$

Сравнивая это выражение с формулой (10) для ламинарного потока, найдем, что при турбулентном движении сопротивление трения пластины сильно возрастает.

Для сокращения вычислительной работы по определению $\zeta_{пл}$ по формуле (11) на рис. 1 приведена номограмма, составленная инж. Г. М. Музыкантовым применительно к значению $\nu = 1{,}30 \cdot 10^{-6}$ *м²/сек*. Величина $\zeta_{пл}$ определяется по номограмме в зависимости от скорости движения пластины v в *м/сек* и ее длины l в *м*.

Пример. Скорость движения пластины $v = 7{,}44$ *м/сек*, ее длина $l = 132$ *м*. Требуется найти значение $\zeta_{пл}$.

Находим на крайних шкалах номограммы точки, соответствующие заданным значениям v и l. Через них проводим линию AB. Точка ее пересечения со средней шкалой дает искомое значение $\zeta_{пл} = 1{,}615 \cdot 10^{-3}$.

Однако возможность применения данной номограммы ограничена, поэтому для определения коэффициента сопротивления трения пластины в более широком диапазоне значений числа Re можно пользоваться формулой Прандтля-Шлихтинга, имеющей вид

$$\zeta_{пл} = \frac{0{,}455}{(\lg \mathrm{Re})^{2{,}58}}. \qquad (12)$$

Значения $\zeta_{пл}$, найденные по этой формуле, приведены в табл. 3 [2].

---

* В квадратных скобках указаны ссылки на литературу (см. в конце книги).

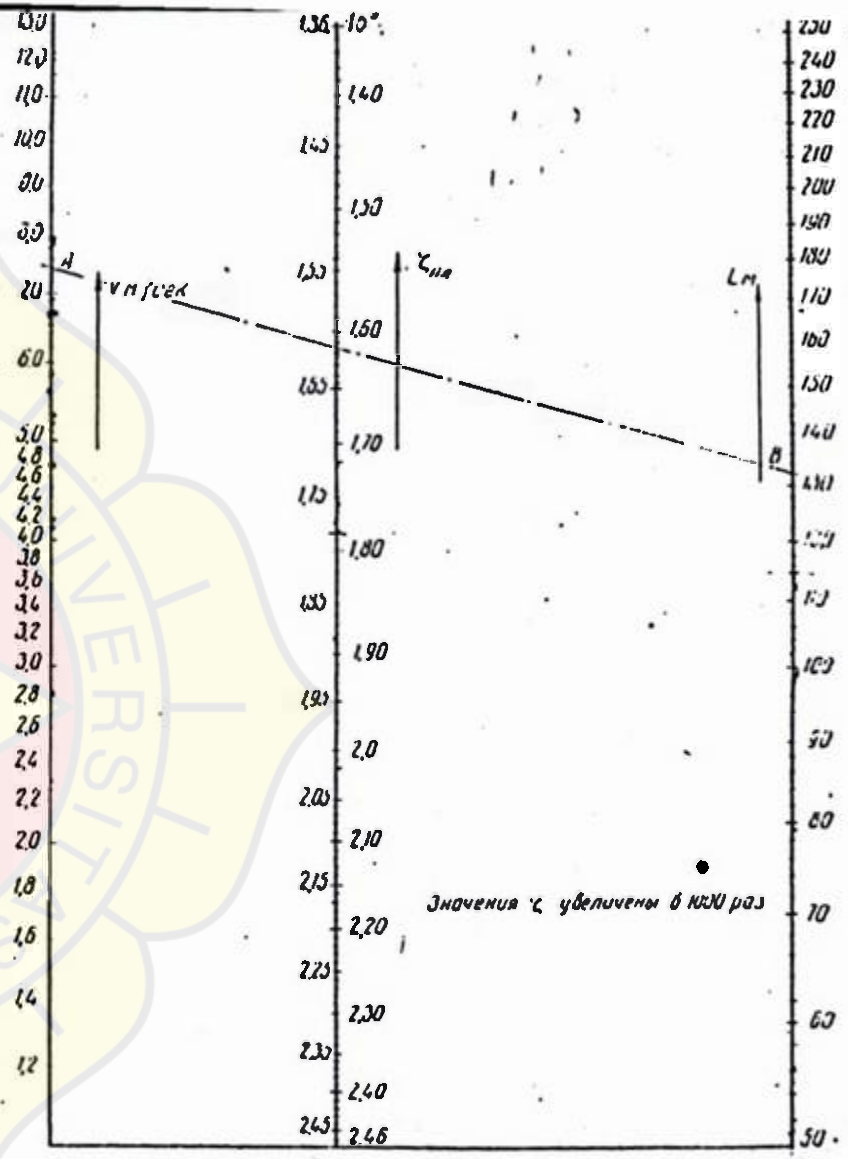


Рис. 1. Номограмма для определения $\zeta_{пл}$

СПБГУВК

$2{,}0 \cdot 10^6$	3,94	$4{,}0 \cdot 10^7$	2,42	$7{,}0 \cdot 10^8$	1,64
$2{,}5 \cdot 10^6$	3,80	$4{,}5 \cdot 10^7$	2,40	$8{,}0 \cdot 10^8$	1,61
$3{,}0 \cdot 10^6$	3,68	$5{,}0 \cdot 10^7$	2,36	$9{,}0 \cdot 10^8$	1,60
$3{,}5 \cdot 10^6$	3,58	$6{,}0 \cdot 10^7$	2,30	$1{,}0 \cdot 10^9$	1,56
$4{,}0 \cdot 10^6$	3,51	$7{,}0 \cdot 10^7$	2,25	$1{,}25 \cdot 10^9$	1,53
$4{,}5 \cdot 10^6$	3,47	$8{,}0 \cdot 10^7$	2,20	$1{,}50 \cdot 10^9$	1,50
$5{,}0 \cdot 10^6$	3,36	$9{,}0 \cdot 10^7$	2,16	$1{,}75 \cdot 10^9$	1,47
$6{,}0 \cdot 10^6$	3,26	$1{,}0 \cdot 10^8$	2,12	$2{,}0 \cdot 10^9$	1,45
$7{,}0 \cdot 10^6$	3,18	$1{,}25 \cdot 10^8$	2,07	$2{,}5 \cdot 10^9$	1,41
$8{,}0 \cdot 10^6$	3,12	$1{,}50 \cdot 10^8$	2,02	$3{,}0 \cdot 10^9$	1,38
$9{,}0 \cdot 10^6$	3,06	$1{,}75 \cdot 10^8$	1,99	$3{,}5 \cdot 10^9$	1,35
$1{,}0 \cdot 10^7$	3,01	$2{,}0 \cdot 10^8$	1,95	$4{,}0 \cdot 10^9$	1,33
$1{,}25 \cdot 10^7$	2,92	$2{,}5 \cdot 10^8$	1,88	$4{,}5 \cdot 10^9$	1,31
$1{,}50 \cdot 10^7$	2,83	$3{,}0 \cdot 10^8$	1,83	$5{,}0 \cdot 10^9$	1
$1{,}75 \cdot 10^7$	2,76	$3{,}5 \cdot 10^8$	1,79	$6{,}0 \cdot 10^9$	1,29
$2{,}0 \cdot 10^7$	2,69	$4{,}0 \cdot 10^8$	1,76	$7{,}0 \cdot 10^9$	1,25
$2{,}5 \cdot 10^7$	2,60	$4{,}5 \cdot 10^8$	1,72	$8{,}0 \cdot 10^9$	1,22
$3{,}0 \cdot 10^7$	2,52	$5{,}0 \cdot 10^8$	1,70	$9{,}0 \cdot 10^9$	1,21
$3{,}5 \cdot 10^7$	2,46	$6{,}0 \cdot 10^8$	1,66	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	1,20

§ 5. Сопротивление трения судна

Величина сопротивления трения судна определяется по величине сопротивления трения тонкой гладкой пластины, смоченная поверхность и длина, которой равны соответственно смоченной поверхности и длине судна по расчетной ватерлинии. Такая пластина, обтекаемая потоком воды с той же скоростью, с которой обтекается судно, называется эквивалентной гладкой пластиной.

Расчетные формулы для пластин получены применительно к гладкой поверхности. Судовая обшивка в действительности имеет шероховатость, изменяющую характер потока в пограничном слое и увеличивающую сопротивление трения.

Шероховатость различают общую и местную.

Общая шероховатость обусловлена неоднородностью и зернистостью краски, ее состоянием, коррозией обшивки и обрастанием морскими растениями и ракушками.

Местная шероховатость определяется отдельными выступами на обшивке: пазами, стыками листов, накладками, сварными швами, головками заклепок и пр.

коэф. $\zeta_ш$, ориентировочные значения которого без учета влияния обрастания обшивки ракушками и водорослями, даны в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика поверхности обшивки	$\zeta_ш$
1. Суда со сварной обшивкой или с обшивкой клепанной внотай:	
а) быстроходные пассажирские	$(0{,}3 \div 0{,}5) \cdot 10^{-3}$
б) полные, со средними и низкими относительными скоростями	$(0{,}5 \div 0{,}7) \cdot 10^{-3}$
2. Суда с грубо выполненной наружной обшивкой (на обшивке выступают головки заклепок, швы, стыки, имеется волнистость)	$(0{,}7 \div 1{,}2) \cdot 10^{-3}$

Сопротивление трения судна с учетом шероховатости поверхности корпуса выразится формулой

$$R_{тр} = (\zeta_{пл} + \zeta_ш)\,\rho S \frac{v^2}{2}. \qquad (13)$$

Смоченная поверхность корпуса S определяется по теоретическому чертежу или, если его нет, по приближенным формулам, например, по формуле В. А. Семеки

$$S = [2T + 1{,}37\,(\delta - 0{,}274)\,B]\,L, \qquad (14)$$

где L — расчетная длина судна, *м*;
T — средняя осадка, *м*;
B — ширина судна, *м*;
δ — коэффициент полноты водоизмещения.

Для судов с крейсерской кормой коэффициент при T в формуле (14) принимается 1,97.

Вагенингенский опытовый бассейн рекомендует другую приближенную формулу:

$$S = \sqrt[3]{V}\left(3{,}4\sqrt[3]{V} + 0{,}5L_{г.в.л.}\right),$$

где V — объемное водоизмещение, $м^3$;
$L_{г.в.л.}$ — длина судна по грузовой ватерлинии, *м*.

давления в пограничном слое, вызываемого влиянием сил вязкости, возникает одна из составляющих полного сопротивления воды, которую называют сопротивлением формы, или вихревым сопротивлением. В носовой части судна скорость частиц воды обтекающего его потока возрастает, давление уменьшается. Однако по мере продвижения вдоль судна частицы воды теряют часть своей энергии на преодоление сил вязкости, скорость их замедляется, а давление начинает возрастать. Повышение давления в потоке, обтекающем кормовую оконечность судна, притормаживает дальнейшее продвижение частиц воды и может стать причиной их остановки и даже изменения направления движения. Такое явление проявляется тем сильнее, чем ближе расположены частицы воды к корпусу судна. В результате масса частиц вблизи корпуса создает поток, направленный навстречу набегающему, что служит причиной отрыва пограничного слоя от корпуса судна и образования вихрей. Это приводит к уменьшению давления в месте срыва вихрей, вследствие чего результирующая сил давления в носовой части будет больше, чем в корме. Разность этих сил и характеризует сопротивление формы, или вихревое сопротивление.

Для определения величины сопротивления формы проводят эксперименты над моделями судов в опытовых бассейнах, в результате которых получают суммарное значение сопротивлений формы и волнового, называемое остаточным сопротивлением, либо пользуются приближенными методами определения, в большинстве своем основанными на раздельном определении сопротивления трения и остаточного.

§ 7. Волновое сопротивление

При движении судна на свободной поверхности воды возникают волны. Природу волнообразования отчетливей всего можно проследить при спокойной свободной поверхности жидкости, которая характеризуется сохранением давления постоянным во всех ее точках и равным атмосферному давлению. Это условие нарушается движущимся судном. В этом случае давление в жидкости у форштевня и ахтерштевня увеличивается, а у миделя падает. Такое изменение давлений вокруг судна вызывает искривление свободной поверхности жидкости. У оконечностей происходит подъем жидкости, а у миделя уровень понижается. Под влиянием сил инерции, действующих на движущиеся частицы жидкость, повышение и понижение свободного уровня переходит в колебательное движение жидкости. Действительная картина образования волн сложнее описанной схемы, которая приводится только для понимания физики происходящих явлений.

носовая система волн, а у ахтерштевня — кормовая. Каждая из них в свою очередь состоит из расходящихся и поперечных волн. Наиболее отчетливо обе системы волн образуются у судов с длинной цилиндрической вставкой.

Носовые и кормовые системы расходящихся волн состоят из отдельных волн с коротким фронтом, расположенных в эшелонном порядке.

Поперечные, носовые и кормовые волны расположены фронтом поперек судна и не выходят за пределы расходящихся волн.

Возникновение волн вокруг движущегося судна изменяет распределение нормальных давлений по его подводной поверхности. В носовой оконечности судна давления оказываются большими, чем в кормовой. Разность результирующих этих давлений и составляет волновое сопротивление, определяемое формулой (7).

Коэффициент волнового сопротивления зависит от числа Фруда и определяется совместно с коэффициентом сопротивления формы в процессе испытаний модели судна.

На величину волнового сопротивления судна оказывает влияние интерференция поперечных волн, заключающаяся в наложении носовых поперечных волн на кормовые. При неблагоприятной интерференции волновое сопротивление возрастает. Это явление учитывается при проектировании судна. Соотношение между эксплуатационной скоростью судна и его длиной устанавливается таким образом, чтобы существовал режим, близкий к благоприятной интерференции.

§ 8. Другие виды сопротивлений

Рассмотренные выше сопротивления трения, формы и волновое в сумме составляют так называемое сопротивление «голого» корпуса. Помимо этого, необходимо учитывать сопротивление выступающих частей в подводной части судна, а именно: сопротивление рулей, кронштейнов, выкружек гребных валов, боковых килей и пр.

Сопротивление выступающих частей $R_{в.ч}$ учитывается соответствующей надбавкой к сопротивлению «голого» корпуса.

Для приближенной оценки сопротивления выступающих частей в процентах от сопротивления «голого» корпуса можно пользоваться данными табл. 5.

Кроме сопротивления выступающих частей, необходимо учитывать воздушное сопротивление, которое слагается из сопротивления надводного борта, надстроек, труб, мачт, грузовых стрел, такелажа и т. п.

Воздушное сопротивление определяется по формуле

$$R_{возд} = \zeta_{возд} \rho_{возд} S \frac{(v \pm v_{ветра})^2}{2},$$

v — скорость судна, *м/сек;*

$v_{ветра}$ — скорость ветра, *м/сек,* (+) — встречный, (—) — попутный ветер;

$\zeta_{возд}$ — коэффициент воздушного сопротивления, получаемый экспериментальным путем, его значения приведены в табл. 6. Скорость ветра принимают обычно в расчетах равной 4—5 *м/сек,* допускаемую при сдаточных испытаниях судна.

2-5

Таблица 5

Наименование выступающих частей	Грузовые и грузо-пассажирские суда		Быстроходные пассажирские суда
	одно-винтовые	двух-винтовые	
Выходы гребных валов	—	2,5	4,0
Боковые киль	3,0	2,5	2,5
Руль и рудерпост	4,5	2,0	1,5

2-6

Таблица 6

Тип надстроек судна	Значение коэффициента воздушного сопротивления $\zeta_{возд}$
Суда с плоскими торцовыми стенками надстроек	0,8—1,0
Суда с закругленными торцами надстроек	0,7—0,8
Суда с частично обтекаемыми надстройками	0,6—0,7
Суда с полностью обтекаемыми надстройками	0,4—0,5

При очень приближенных расчетах величину воздушного сопротивления для морских судов с обычными надстройками можно принимать равной 2—3% от величины сопротивления «голого» корпуса.

Сопротивление воды возрастает при плавании судна на взволнованной поверхности. Это объясняется влиянием килевой качки судна, нарушающей нормальный режим обтекания.

Дополнительное сопротивление от действия морских волн учитывается в расчетах применительно к условиям сдаточных

Величину дополнительного сопротивления при волнении можно также определить по формуле Крейтнера

$$\Delta R_{волн} = D\frac{B}{T}\left(0{,}8\,\frac{2r_m}{L}\right)^2,$$

где D — водоизмещение судна, *т;*

L, B, T — главные размерения судна, *м;*

$2r_m$ — высота волны, *м.* По шкале Гидрографического управления для волнения силой 3 балла

$$2r_m = 0{,}75\ м.$$

Таким образом, полное сопротивление воды при установившемся движении судна на глубокой воде будет равно

$$R = R_{тр} + R_{ф} + R_{в} + R_{в.ч} + R_{волн}. \qquad (15)$$

Разделив все члены этого выражения на $S\frac{\rho v^2}{2}$, получим

$$\zeta = \zeta_{тр} + \zeta_{ф} + \zeta_{в} + \zeta_{в.ч} + \zeta_{возд},$$

или, заменяя $\zeta_{тр}$ суммой $(\zeta_{пл} + \zeta_{ш})$, будем иметь

$$\zeta = \zeta_{пл} + \zeta_{ш} + \zeta_{ф} + \zeta_{в} + \zeta_{в.ч} + \zeta_{волн}.$$

§ 9. Мощность, затрачиваемая на движение судна

Мощность, необходимая для придания судну движения с определенной скоростью, называется буксировочной.

Ее величина в лошадиных силах определяется выражением

$$EPS = \frac{Rv}{75}. \qquad (2.15) \quad (16)$$

Мощность силовой установки судна должна быть больше буксировочной вследствие наличия неизбежных потерь в комплексе корпус — винт — силовая установка. Величина этих потерь учитывается введением к. п. д. каждого звена комплекса. Таким образом, мощность на валу главного двигателя определится из выражения

$$N_e = \frac{EPS}{\eta_p\eta_к\eta_ш\eta_{ред}} = \frac{Rv}{75\eta_p\eta_к\eta_ш\eta_{ред}}\ л.\ с.,$$

где η_p — коэффициент, учитывающий потери в гребном винте;

$\eta_к$ — коэффициент, учитывающий взаимодействие гребного винта с корпусом судна;

$\eta_ш$ — коэффициент, учитывающий потери в валопроводе;

$\eta_{ред}$ — коэффициент, учитывающий потери в редукторе, если таковой имеется.

К. п. д. гребного винта	0,45÷0,70
Коэффициент влияния корпуса	0,95÷1,20
К. п. д. валопровода	0,95÷0,99
К. п. д. редуктора	0,94÷0,98
К. п. д. гидромуфты	0,95÷0,97
К. п. д. электропередачи с учетом потерь в валопроводе	Постоянный ток 0,84÷0,87 Переменный ток 0,90÷0,94

Для приближенной оценки пропульсивного коэффициента современных одновинтовых транспортных судов $\eta_g = \eta_p \cdot \eta_k$, характеризующего потери в комплексе корпус — винт, может служить формула, полученная на основании результатов модельных испытаний большого количества судов в Вагенингенском бассейне,

$$\eta_g = 0{,}885 - 0{,}00012 n_м \sqrt{L_{\perp\perp}},$$

где $n_м$ — число оборотов гребного винта в *мин*.
$L_{\perp\perp}$ — длина судна между перпендикулярами.

Глава II

ПРИБЛИЖЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДОВ

В начальной стадии проектирования судов, в практике их эксплуатации, а также во всех случаях, когда отсутствуют данные испытаний моделей рассматриваемого судна или близкого прототипа, используют приближенные методы расчета сопротивления воды.

Приближенные методы основаны на результатах обработки экспериментальных данных и позволяют определять либо непосредственно значение буксировочной мощности, либо раздельно сопротивления остаточное и трения. При этом сопротивление трения вычисляется по общепринятым формулам, приведенным в § 5, а остаточное — по эмпирическим формулам или графикам.

При выборе расчетного метода следует остановиться на таком, у которого лежащие в основе графика или формулы основные параметры наиболее близки к соответствующим параметрам рассматриваемого судна.

Ниже приводится несколько приближенных методов расчета сопротивления воды, пользующихся широким распространением.

§ 10. Определение сопротивления воды движению тихоходных транспортных судов по графикам Дайсона [3]

Графики Дайсона могут быть использованы для морских грузовых судов, имеющих следующие характеристики:

число Фруда	$Fr = 0{,}10 \div 0{,}20$
отношение ширины к осадке	$\frac{B}{T} = 1{,}5 \div 3{,}5$
коэффициент продольной полноты	$\varphi = \frac{\delta}{\beta} = 0{,}68 \div 0{,}84,$

где δ — коэффициент полноты водоизмещения;
β — коэффициент полноты площади мидель-шпангоута.

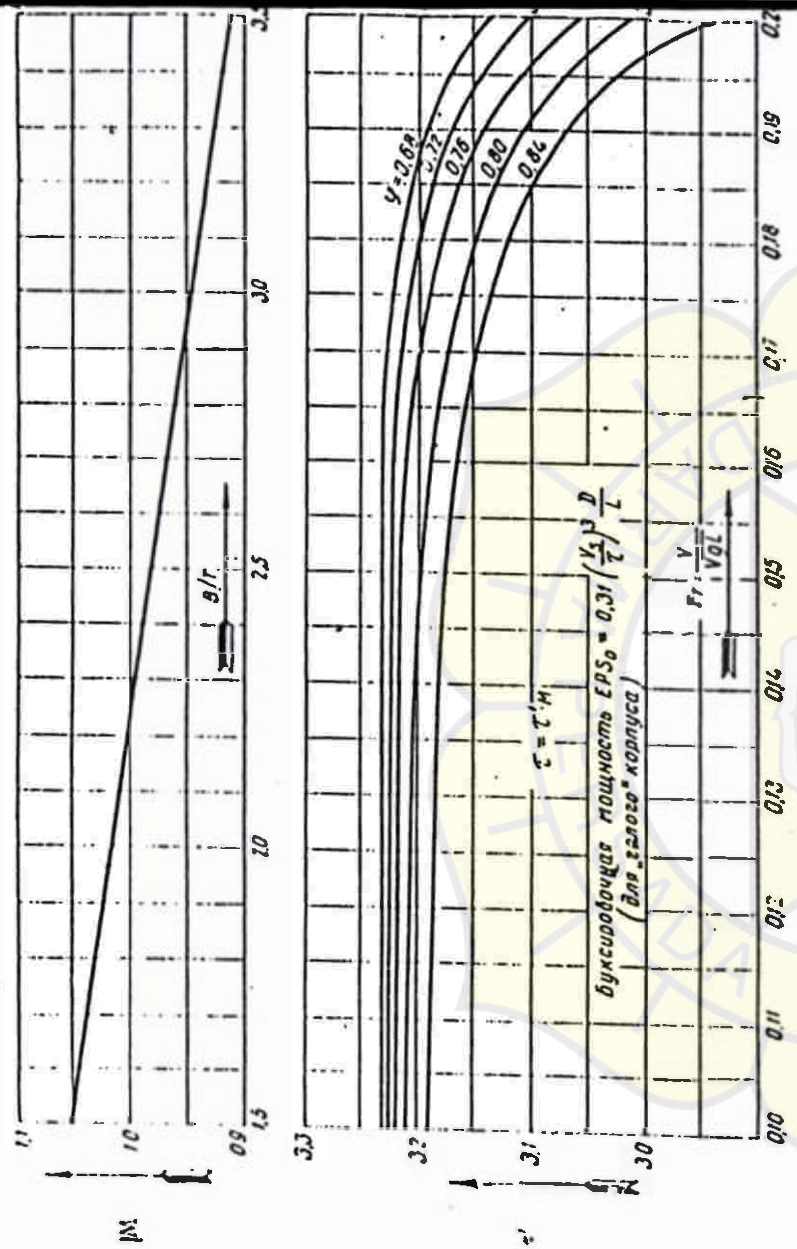


Рис. 2. График Дайсона

$$EPS_0 = 0,31\left(\frac{v_s}{\tau}\right)^3 \frac{D}{L}, \qquad (17)$$

где v_s — скорость судна, узлы;

$\tau = \tau' M$ — расчетный коэффициент;

$\tau' = f(\varphi)$ — коэффициент, определяемый по нижнему графику рис. 2 в зависимости от значения φ и числа Фруда;

M — поправка на отношение $\frac{B}{T}$, определяемая по верхнему графику того же рисунка.

В полученное по формуле (17) значение буксировочной мощности вносятся поправки на сопротивление выступающих частей и воздушное сопротивление.

Пример. Одновинтовое транспортное судно имеет следующие элементы:

Расчетная длина . . . . . $L = 122,0$ м
Ширина . . . . . $B = 18,05$ м
Средняя осадка . . . . . $T = 7,1$ м
Коэффициент полноты водоизмещения $\delta = 0,75$
Коэффициент полноты площади мидель-шпангоута . . . . . $\beta = 0,989$
Коэффициент продольной полноты . . . $\varphi = \frac{\delta}{\beta} = 0,758$
Весовое водоизмещение $D = \gamma\delta LBT = 1,025 \cdot 0,75 \cdot 122 \cdot 18,05 \cdot 7,1 = 12\,000$ т

Все вычисления приведены в табл. 8.

Для данного судна поправка на сопротивление выступающих частей 7%, поправка на воздушное сопротивление 3% и, следовательно, значение поправочного коэффициента $K = 1,10$.

По полученным данным строятся кривые буксировочной мощности и сопротивления воды в зависимости от скорости судна, аналогичные представленным на рис. 10.

§ 1. Определение сопротивления воды движению транспортных судов по графикам Г. И. Кабачинского

Область применения этого метода расчета находится в пределах значений:

число Фруда . . . . . $Fr = 0,13 \div 0,24$
отношение длины судна к ширине . . . . . $\frac{L}{B} = 5 \div 8$
отношение ширины судна к осадке . . . . . $\frac{B}{T} = 1,7 \div 3,0$
коэффициент продольной полноты . . . . . $\varphi = 0,65 \div 0,82$

Таблица 3-1

$D = 12\,000$ т; $\frac{D}{L} = 98{,}5$; $\sqrt{gL} = \sqrt{9{,}81 \cdot 122} = 34{,}6$; $K = 1{,}10$

№ п/п	Расчетные величины	Единица измерения	Значения расчетных величин								
1	Fr (задана)	—	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	$v = Fr \cdot \sqrt{gL}$	м/сек	4,84	5,19	5,54	5,88	6,23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	$v_s = 1{,}945 \cdot v$	узлы	9,41	10,10	10,76	11,42	12,12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	τ по нижнему графику рис. 2	—	3,217	3,216	3,210	3,200	3,180	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5	M, по верхнему графику рис. 2	—	0,98	0,96	0,98	0,98	0,98	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	$\tau = \tau' M$	—	3,150	3,147	3,143	3,140	3,120	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	$EPS_0 = 0{,}31 \left(\frac{v_s}{\tau}\right)^2 \frac{D}{L}$	л. с.	811	1 007	1 220	1 464	1 790	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	$EPS = K \cdot EPS_0$	»	893	1 108	1 341	1 610	1 970	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9	$R = \frac{75 \cdot EPS_0}{v}$	кг	13 830	16 000	18 200	20 600	23 700	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

где $\rho = 104{,}5 \frac{кг \cdot сек^2}{м^4}$ — массовая плотность морской воды;

C — коэффициент остаточного сопротивления.

Значение коэффициента C находится по графикам Кабачинского (рис. 3а, б, в, г, д), составленным для пяти серий со значениями φ, равными 0,65; 0,70; 0,75; 0,79 и 0,82. Каждая серия содержит графики для значений отношения $\frac{L}{B} = 5$; 6; 7 и 8 при числе Фруда Fr = 0,13; 0,15; 0,17; 0,19; 0,21; 0,22; 0,23; 0,24.

Графики построены для коэффициента полноты мидель-шпангоута $\beta = 0{,}98$, обычного для грузового судна, но могут применяться и для значений $\beta = 0{,}80 \div 1{,}00$. Известно, что изменение β в этих пределах при сравнительно невысоких значениях числа Фруда незначительно сказывается на величине сопротивления.

В расчетах остаточного сопротивления судов, имеющих крейсерскую корму, длина судна должна приниматься по конструктивной ватерлинии.

В случаях несовпадения расчетных элементов судна с их значениями на графиках, применяется линейная интерполяция.

Метод Кабачинского позволяет определить сопротивление «голого» корпуса, поэтому в расчете следует учитывать сопротивление выступающих частей и воздушное сопротивление.

Пример. Одновинтовое транспортное судно имеет следующие элементы:

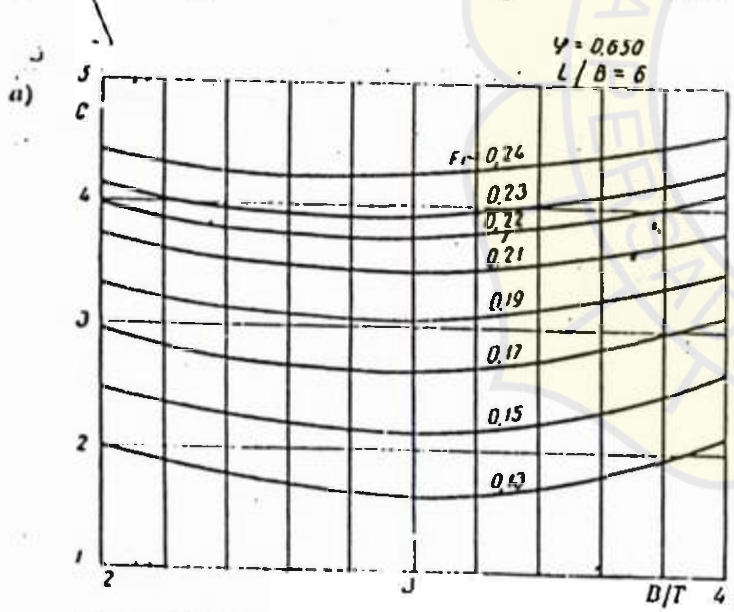
- расчетная длина судна . . . . . $L = 122{,}0$ м
- ширина . . . . . $B = 16{,}81$ м
- средняя осадка . . . . . $T = 6{,}73$ м
- коэффициент полноты водоизмещения . . . . . $\delta = 0{,}65$
- коэффициент полноты площади мидель-шпангоута . . . . . $\beta = 0{,}977$
- коэффициент продольной полноты . . . . . $\varphi = 0{,}665$
- объемное водоизмещение . . . . . $V = 8990$ м³

Требуется построить кривые зависимости сопротивления воды и буксировочной мощности от скорости судна.

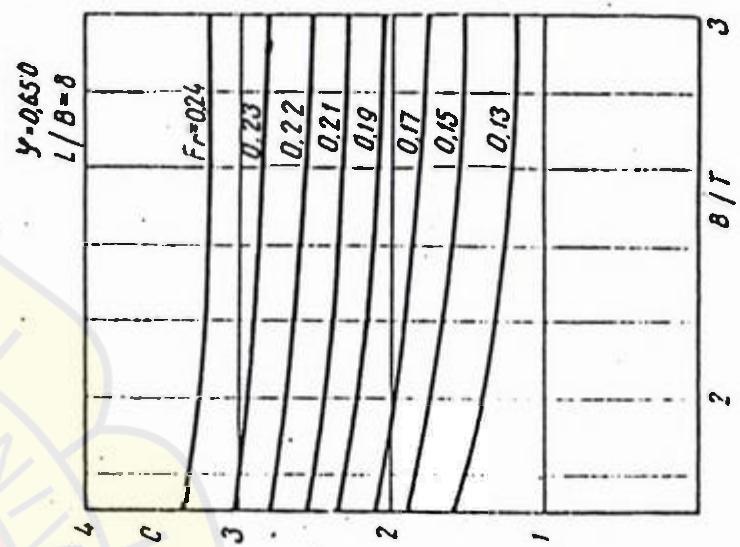
Полное сопротивление судна выразится формулой

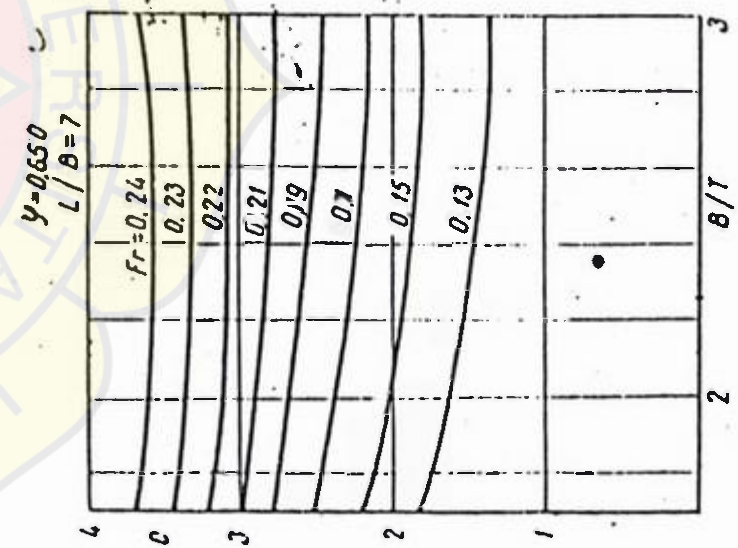
$$R = K(R_{тр} + R_{ост}), \qquad (19)$$

где K — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление от выступающих частей, воздуха и волнения,



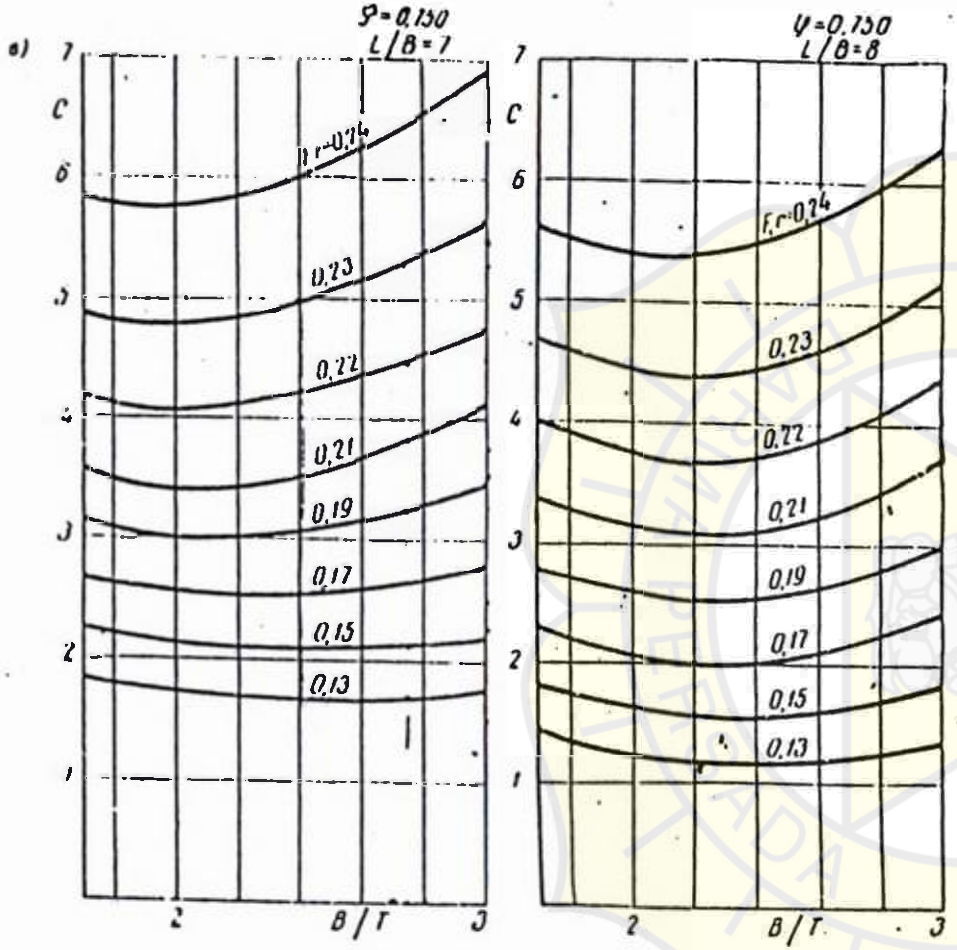
а)





а)

Рис. 3. Графики Кабачинского (пять серий: а, б, в, г, д)



$$R_{тр} = (\zeta_{пл} + \zeta_{ш})\rho S \frac{v^2}{2}, \text{ кг},$$

где $\zeta_{пл}$ — коэффициент сопротивления гладкой пластины, определяемый по номограмме (рис. 1);

$\zeta_{ш}$ — коэффициент шероховатости, определяемый по табл. 4. Для данного судна $\zeta_{ш} = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$;

$\rho = 104{,}5 \frac{кг \cdot сек^2}{м^4}$ — массовая плотность морской воды;

S — смоченная поверхность судна, значение которой находится по формуле (14)

$$S = [1{,}97\,T + 1{,}37\,(\delta - 0{,}274)\,B]L = 122[1{,}97 \cdot 6{,}73 + 1{,}37 \times$$
$$\times (0{,}65 - 0{,}274)\,16{,}81] = 2740 \text{ м}^2.$$

Все расчеты выполняются в следующем порядке:

1. Для удобства расчетов задаются рядом значений числа Фруда, величины которых рекомендуется принимать равными приведенным на графиках, что освободит от излишней интерполяции. Затем находят по графикам значения коэффициента остаточного сопротивления C. Вычисления сведены в табл. 9, позволяющую в удобной форме производить интерполяцию.

Таблица 9

Fr \ φ, L/B	C: 0,65; 7,0	0,65; 8,0	0,65; 7,25	0,70; 7,0	0,70; 8,0	0,70; 7,25	0,665; 7,25
1	2	3	4	5	6	7	8
0,13	1,40	1,20	1,35	1,60	1,20	1,50	1,40
0,15	1,90	1,60	1,83	2,05	1,60	1,94	1,86
0,17	2,21	1,91	2,14	2,40	1,95	2,29	2,18
0,19	2,51	2,10	2,41	2,75	2,25	2,63	2,48
0,21	2,80	2,40	2,70	3,15	2,65	3,02	2,80
0,23	3,30	2,80	3,18	3,85	3,40	3,74	3,35
0,24	3,55	3,20	3,46	4,38	3,81	4,24	3,69

Значения $\varphi = 0{,}665$ и $\frac{L}{B} = 7{,}25$ относятся к заданному судну. Полученные в гр. 8 таблицы значения коэффициента C и будут расчетными.

...ные величины $\sqrt{gL}$, $\zeta_{ш}$, $\frac{\rho}{2}S\cdot 10^{-3}$ и т. п., повторяющихся в вычислениях. Для удобства вычислений коэффициенты $\zeta_{пл}$ и $\zeta_{ш}$ в строках 7 и 8 увеличены в 10^3 раз, но зато выражение $\frac{\rho}{2}S$, на которое умножается сумма $\zeta_{пл}+\zeta_{ш}$ уменьшено в 10^3 раз.

Э-3

Таблица 10

$V = 8980\ м^3$; $S = 2740\ м^2$; $\rho = 101{,}5\ \frac{кг\cdot сек^2}{м^4}$; $\rho V^{2/3}10^{-3} = 45{,}1$

$\sqrt{gL} = 34{,}6$; $\zeta_{ш} = 0{,}6\cdot 10^{-3}$; $\frac{\rho}{2}\cdot S\cdot 10^{-3} = 143{,}1$; $K = 1{,}10$

№ п/п	Расчетные величины	Единица измерения	Значение расчетных величин						
1	Fr	—	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24
2	$v = Fr\sqrt{gL}$	м/сек	4,49	5,19	5,88	6,57	7,26	7,96	8,30
3	$v_s = 1{,}945\ v$	узлы	8,74	10,10	11,45	12,80	14,30	15,5	16,14
4	v^2	—	20,1	26,9	34,5	43,1	52,8	63,2	68,9
5	C (из табл. 9)	—	1,40	1,86	2,18	2,48	2,80	3,35	3,69
6	$R_{ост} = \rho V^{2/3}Cv^2\cdot 10^{-3}$	кг	1270	2 260	3 400	4 830	6 670	9 550	11 450
7	$\zeta_{пл}\cdot 10^3$	—	1,75	1,72	1,69	1,66	1,64	1,62	1,61
8	$\zeta_{пл}\cdot 10^3 + \zeta_{ш}\cdot 10^3$	—	2,35	2,32	2,30	2,27	2,25	2,23	2,21
9	$R_{тр} = \frac{\rho}{2}Sv^2(\zeta_{пл}+\zeta_{ш})$	кг	6760	8 930	11 370	14 000	17 600	20 200	21 800
10	$R = K(R_{тр}+R_{ост})$	"	8840	12 300	16 220	20 750	26 050	32 700	36 600
11	$EPS = \frac{Rv}{75}$	л. с.	629	850	1271	1 817	2 525	3 470	4 050

3. По данным строк 3, 10 и 11 таблицы вычерчиваются кривые зависимости сопротивления и буксировочной мощности от скорости судна, аналогичные рис. 10.

§ 12. Определение сопротивления воды движению одновинтовых транспортных, пассажирских и каботажных судов по графикам А. Н. В. Лапа

Графики Лапа построены по данным испытаний моделей в Вагенингенском бассейне. По графикам определяется коэффициент остаточного сопротивления, отнесенный к погруженной

...выражения

$$\zeta_{ост} = \zeta_{ш}\frac{\omega}{S}, \qquad (20)$$

где $\omega = \beta BT$ — погруженная площадь мидель-шпангоута, $м^2$;
S — смоченная поверхность судна, $м^2$;
$\zeta_{ш}$ — коэффициент остаточного сопротивления, отнесенный к погруженной площади мидель-шпангоута.

Значения коэффициента $\zeta_{ш}$ определяются по графикам (рис. 4—8) в зависимости от относительной скорости $\frac{v}{\sqrt{\varphi L}}$ и коэффициента продольной полноты φ.

Графики состоят из пяти диаграмм, соответствующих группам A, B, C, D и E. Выбор группы производится путем сравнения значения абсциссы центра величины рассматриваемого судна с вычисляемыми по формулам

$$\left.\begin{array}{ll} \text{группа } A & x_c = 13{,}46\varphi - 8{,}48 \\ \text{" } B & x_c = 13{,}46\varphi - 8{,}88 \\ \text{" } C & x_c = 13{,}46\varphi - 9{,}28 \\ \text{" } D & x_c = 13{,}46\varphi - 9{,}68 \\ \text{" } E & x_c = 13{,}46\varphi - 10{,}08 \end{array}\right\}. \qquad (21)$$

Абсцисса x_c отсчитывается от плоскости мидель-шпангоута в % от длины судна между перпендикулярами $L_{\perp\perp}$ («+» в нос, «—» в корму).

Если заданное значение x_c рассчитываемого судна лежит между двумя группами формул (21), то значения $\zeta_{ш}$ берутся из двух соседних диаграмм, искомая величина $\zeta_{ш}$ находится путем интерполяции.

Диаграммы справедливы для отношения $\frac{B}{T} = 2{,}40$. При отклонении значения $\frac{B}{T}$ рассматриваемого судна от указанной величины вводится поправка. Ее среднее значение при увеличении или уменьшении $\frac{B}{T}$ на 0,1 составляет $\pm 0{,}5\%$ от полного сопротивления судна (соответственно или «+», или «—»).

Сопротивление трения определяется обычным путем согласно указаниям § 5.

К полученной сумме сопротивления трения и остаточного необходимо добавить сопротивление выступающих частей и воздушное.

При выполнении расчетов по определению остаточного сопротивления следует иметь в виду, что коэффициенты полноты δ и φ должны быть отнесены к длине судна между перпендикулярами $L_{\perp\perp}$, которая и принимается за расчетную

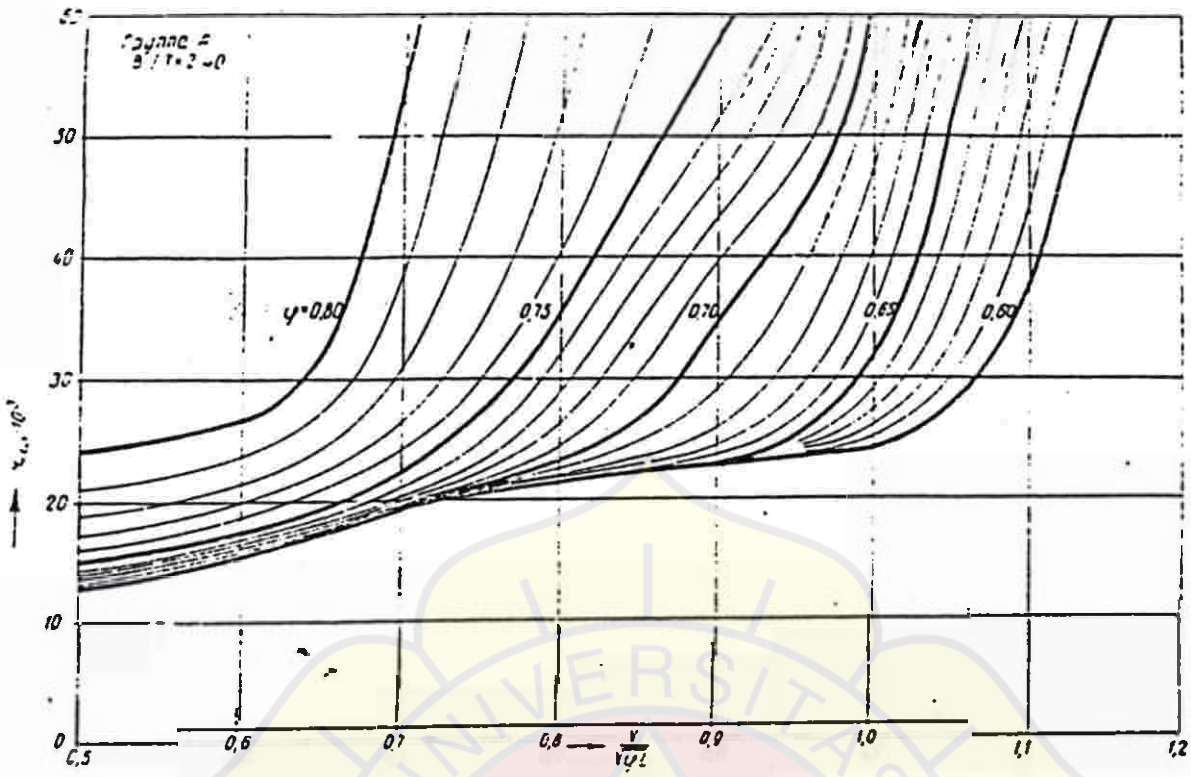


Рис. 4. Диаграмма А. И. В. Лапа, группа *А*

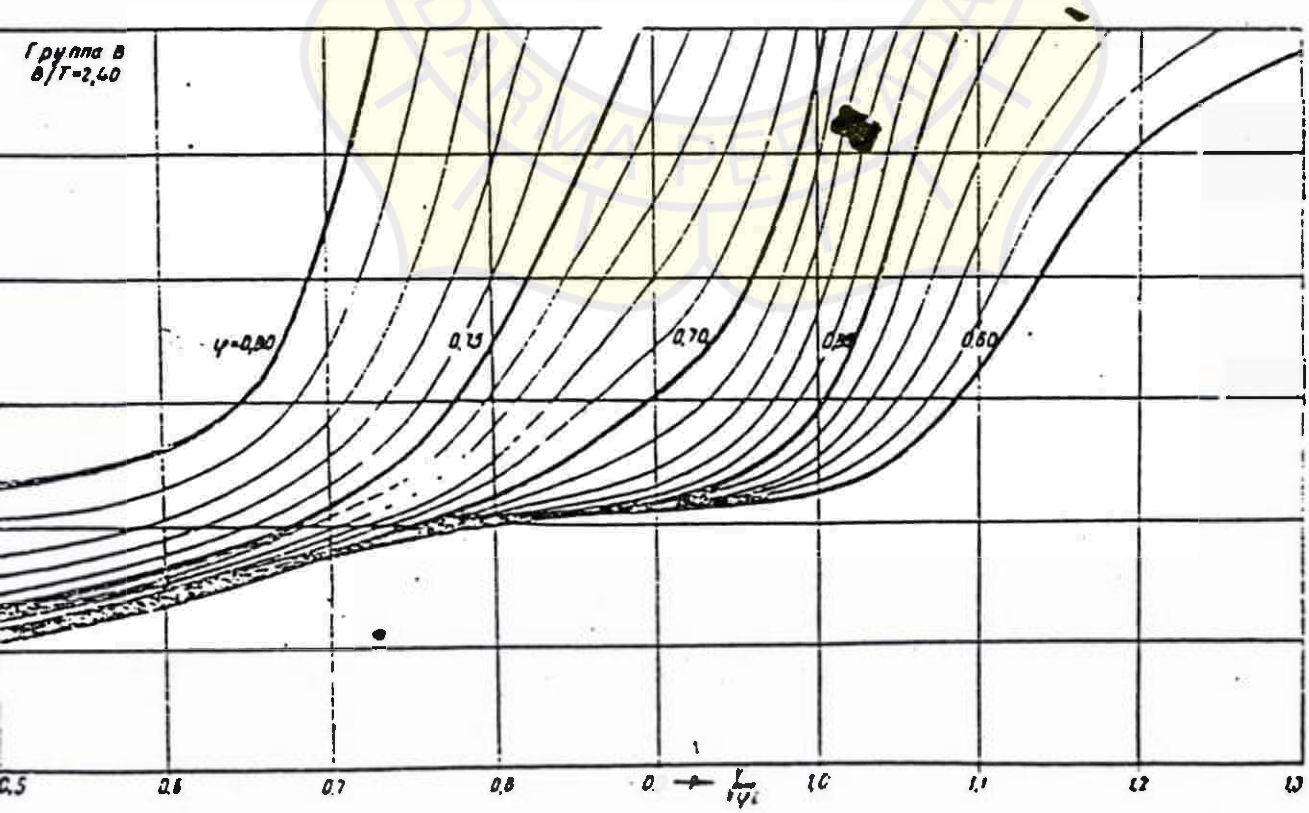


Рис. 5. Диаграмма А. И. В. Лапа, группа *В*

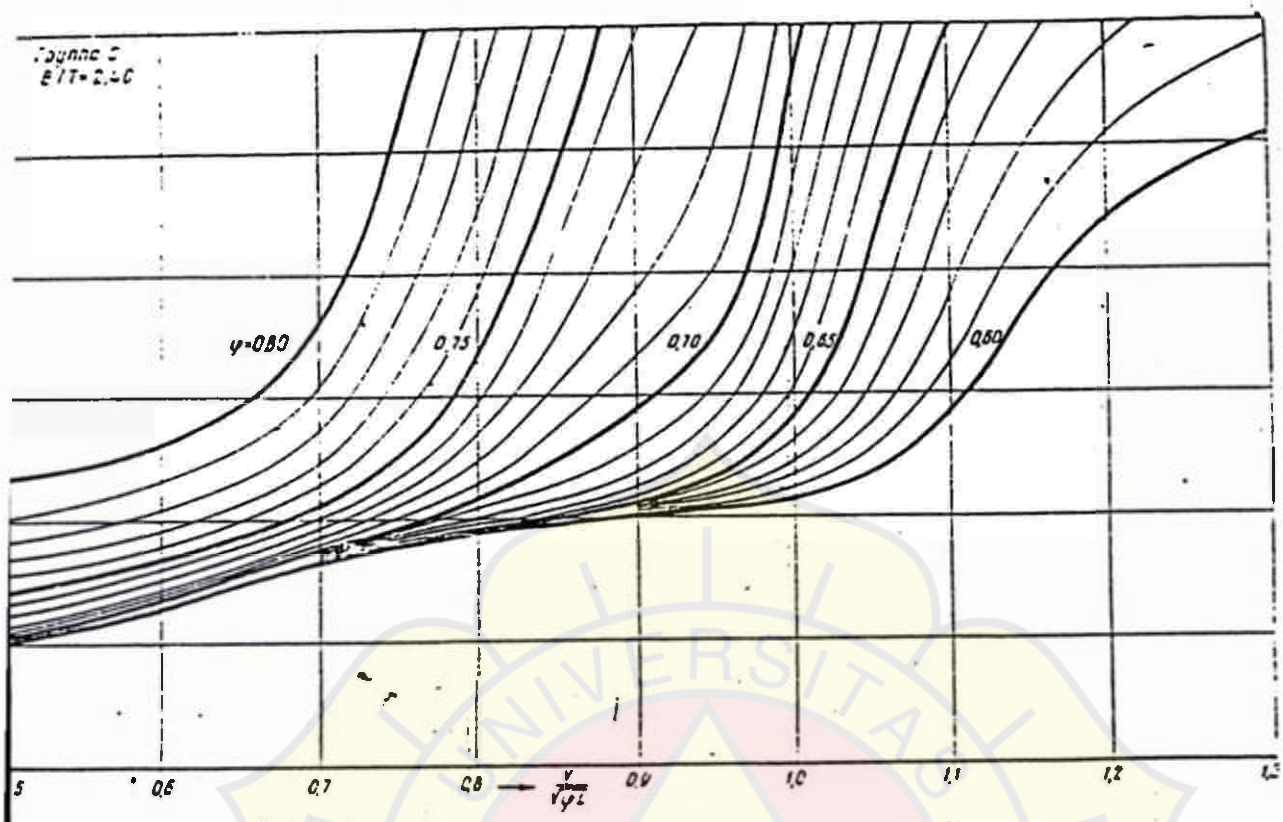


Рис. 6. Диаграмма А. И. Б. Лапа, группа C = 96.3.9

26

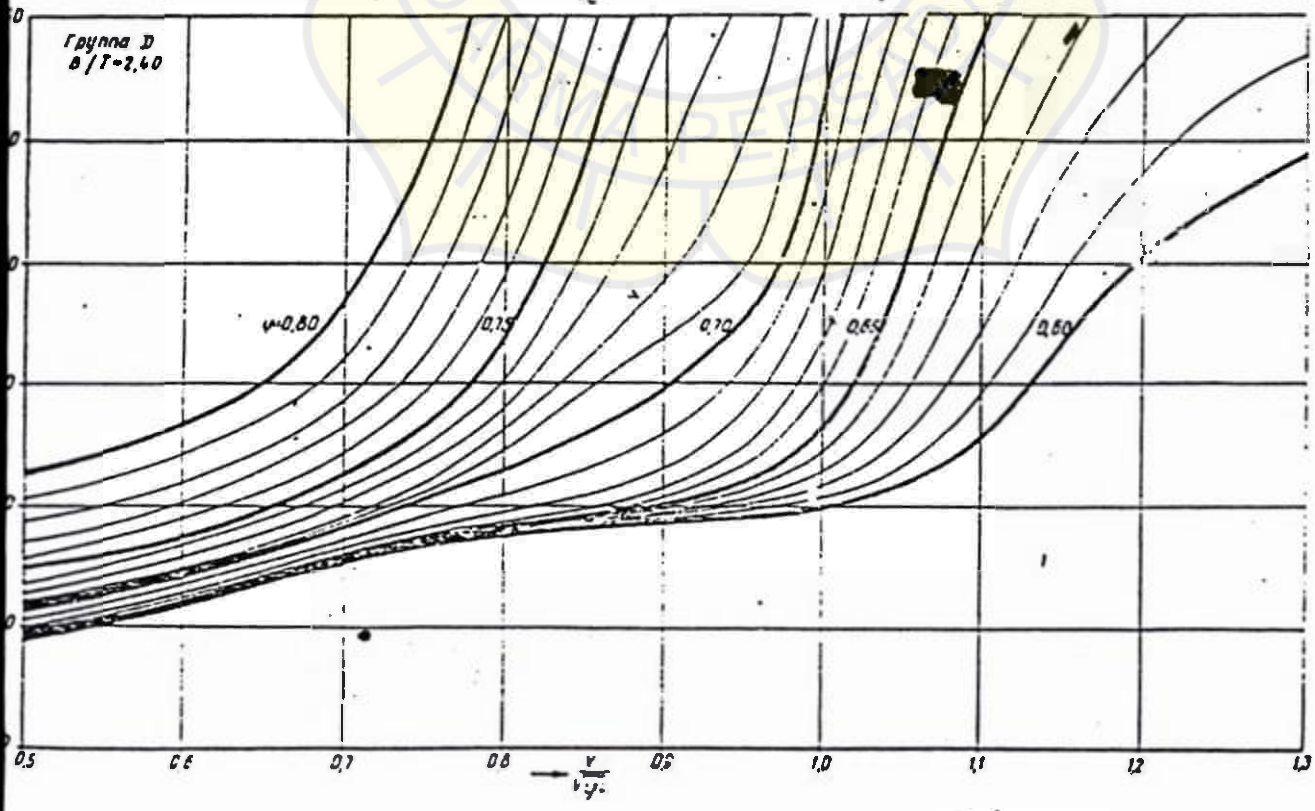


Рис 7. Диаграмма А. И. В. Лапа группа D = 96.3.10

22

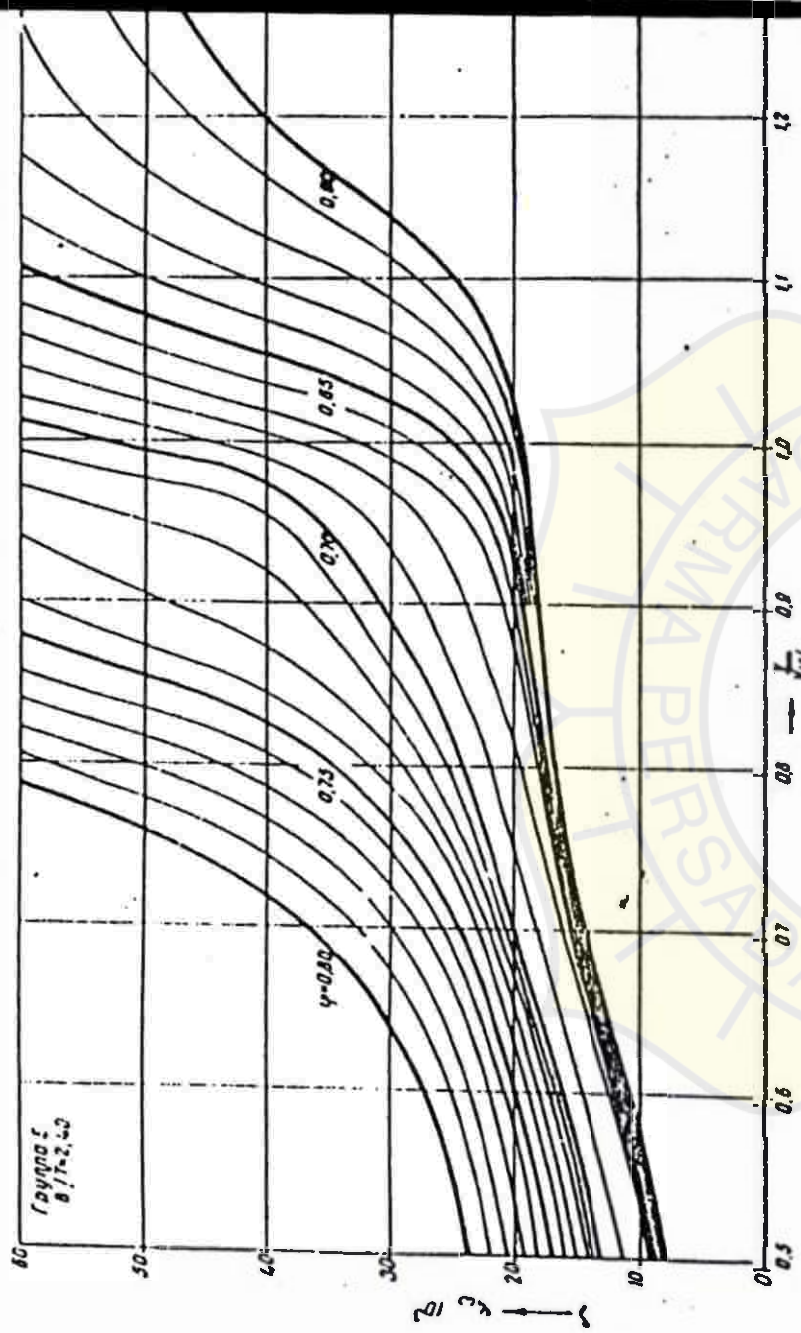


Рис. 8. Диаграмма А. И. В. Лапа, группа E

относительная скорость $\frac{v}{\sqrt{\varphi L}} = 0{,}5 \div 1{,}3$. ; $v/\sqrt{C_\varphi L}$

Пример. Необходимо построить кривые зависимости буксировочной мощности и сопротивления воды от скорости для сухогрузного одновинтового судна, имеющего следующие элементы:

длина между перпендикулярами	$L_{\text{п п}}$	= 156,0 м
длина по грузовой ватерлинии	$L_{\text{г.в.л.}}$	= 160,7 м
ширина	B	= 21,8 м
средняя осадка	T	= 9,7 м
коэффициент полноты водоизмещения, отнесенный к $L_{\text{п п}}$	δ	= 0,656 C_B
коэффициент продольной полноты, отнесенный к $L_{\text{п п}}$	φ	= 0,668 C_P
объемное водоизмещение	V	= 21 620 м³
весовое водоизмещение	D	= 22 300 т
абсцисса центра величины судна в % от длины между перпендикулярами	x_c	= −0,55%
смоченная поверхность	S	= 4840 м²
расчетная скорость судна	v_s	= 18,1 узла

Расчет выполняется в следующем порядке.

1. По формулам (21) определяются группы расчетных диаграмм. Из пяти значений x_c, даваемых этими выражениями, выбираются два таких, между которыми лежит заданное значение $x_c = -0{,}55\%$. Этому условию удовлетворяют группы C и D, для которых имеем

$$x_c = 13{,}46 \cdot 0{,}668 - 9{,}28 = -0{,}29\% \text{ группа } C;$$

$$x_c = 13{,}46 \cdot 0{,}668 - 9{,}68 = -0{,}69\% \text{ группа } D.$$

2. Выбор коэффициента шероховатости ζ_m и поправки на сопротивление выступающих частей производится по табл. 4 и 5. Принимаем:

коэффициент шероховатости $\zeta_m = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$;
поправка на выступающие части равна 6,5%;
поправка на воздушное сопротивление равна 2,5%.

3. Поправочный коэффициент K к формуле (19), учитывающий дополнительное сопротивление от выступающих частей и воздушное сопротивление, в данном случае должен еще содержать поправку на отношение $\frac{B}{T}$. Для рассматриваемого судна $\frac{B}{T} = 2{,}25$, следовательно, поправка к сопротивлению будет равна

$$\frac{0{,}5\,(2{,}4 - 2{,}25)}{0{,}1} = 0{,}75\%.$$

$$K = 1 + 0{,}0605 + 0{,}025 - 0{,}0075 = 1{,}082.$$

4. Вычисление $R_{ост}$, $R_{тр}$ и R производится в табличной форме (табл. 11). В заголовке таблицы приводятся значения некоторых исходных данных ρ, φ, S и постоянных величин $\sqrt{\varphi L_{\text{л}}}$; $\frac{m}{S}$ и т. д., повторяющихся в вычислениях:

1 в первой строке — значения скоростей судна в узлах, которыми задаются;

2 во второй — эти же скорости, переведенные в *м/сек*;

3 в третьей — квадраты скоростей;

4 в четвертой — относительная скорость по Лапу;

5 в пятой — коэффициенты остаточного сопротивления, снятые с диаграммы группы C (рис. 6);

6 в шестой — те же коэффициенты, но снятые с диаграммы группы D (рис. 7);

7 в седьмой — коэффициенты ζ_m, полученные путем интерполяции строк (5) и (6) для рассчитываемого судна, имеющего значение $x_c = -0{,}55\%$;

8 в восьмой — коэффициенты остаточного сопротивления, вычисляемые по формуле (20);

9 в девятой — остаточное сопротивление, определяемое по формуле (9);

10 в десятой — коэффициенты сопротивления трения пластины, определяемые по номограмме (рис. 1);

11 в одиннадцатой — сумма коэффициентов сопротивления трения пластины и коэффициента шероховатости;

12 в двенадцатой — значения сопротивления трения, вычисленные по формуле (13);

13 в тринадцатой — значения полного сопротивления с учетом лобовочных сопротивлений (формула 19);

14 в четырнадцатой — буксировочная мощность судна по формуле 16.

По результатам расчета вычерчиваются кривые значений R и EPS в зависимости от скорости судна в узлах, аналогично рис. 10. (Гр. 11.10)

§ 13. Определение сопротивления воды движению буксирных судов по графику Н. К. Кена

График Н. К. Кена (рис. 9) предназначен для расчета остаточного сопротивления буксирных судов. График представлен на

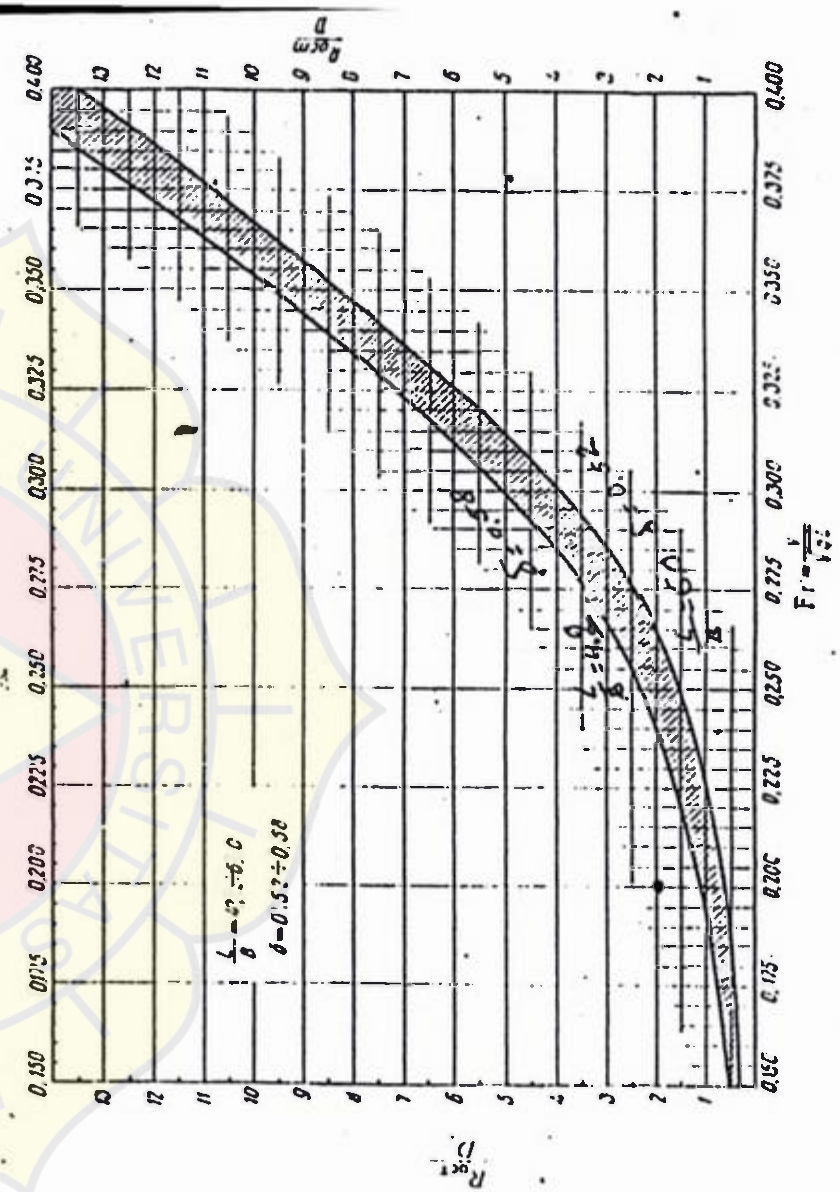


Рис. 9. График Н. К. Кена для расета сопротивления движению буксирных судов

INDEX

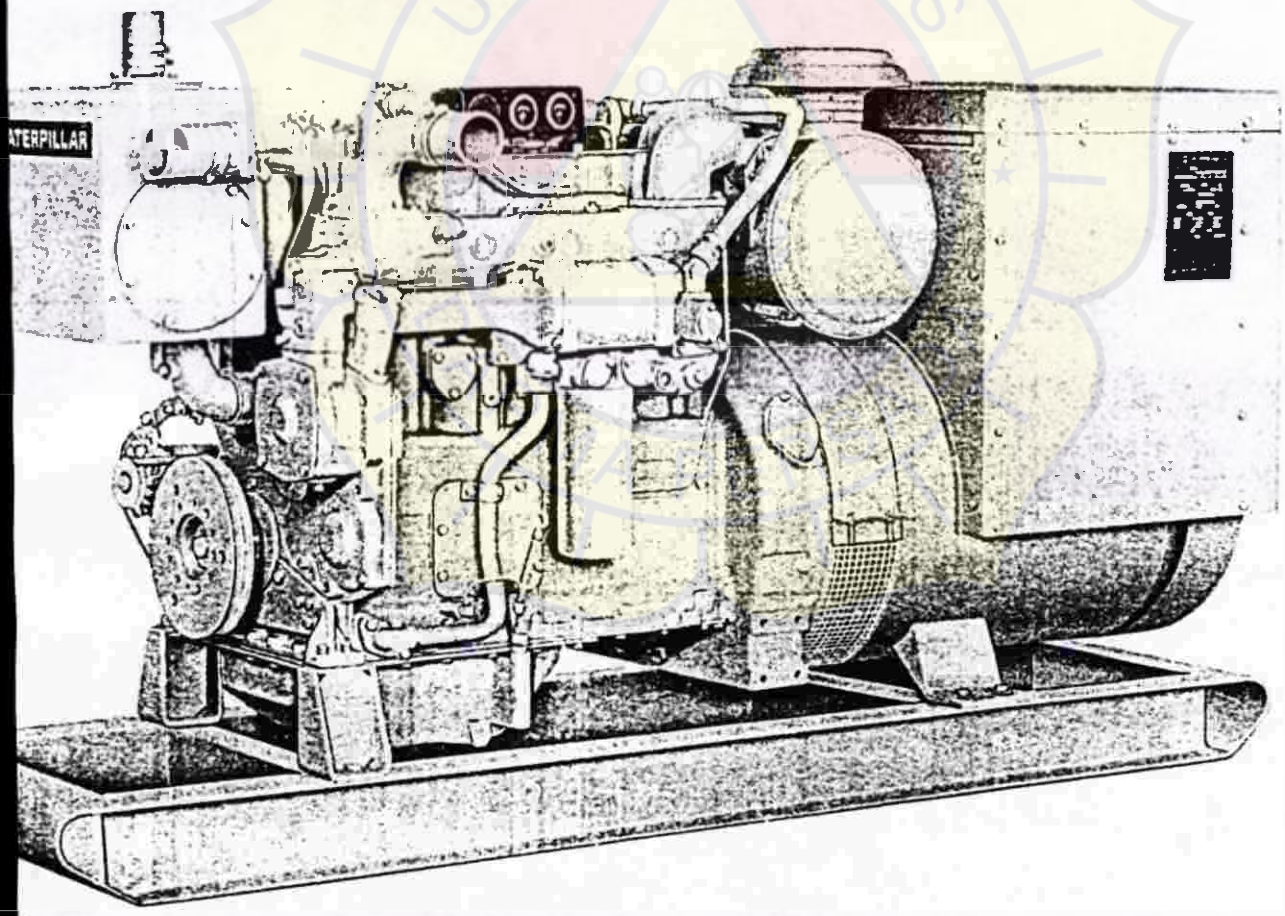
3304B
IN-LINE 4

CAL INFORMATION DATA SHEETS

CONFIGURATION	PAGE NO.
	4
	8

ATOR SET PERFORMANCE CURVES

OF RATING	HERTZ	GEN. kW-RPM	CONFIGURATION	REF. NO.	PAGE NO.
PRIME	50	50 - 1500	DINA	TD1975-00	5
PRIME	50	85 - 1500	DIT	TM8322-01	9
PRIME	60	52 - 1200	DINA	TD1555-00	6
PRIME	60	65 - 1800	DINA	TM8324-01	7
PRIME	60	105 - 1800	DIT	TD7786-00	10



GENERATOR SET RATINGS WITHOUT FAN
50 Hz (kW @ .8 Power Factor)

I. kW-RPM	CONFIGURATION
50 - 1500	3304B DINA
35 - 1500	3304B DIT
25 - 1500	3306B DIT
15 - 1500	3306B DIT

GENERATOR SET RATINGS WITHOUT FAN
60 Hz (kW @ .8 Power Factor)

N. kW-RPM	CONFIGURATION
52 - 1200	3304B DINA
55 - 1800	3304B DINA
73 - 1200	3306B DINA
91 - 1200	3306B DIT
95 - 1800	3304B DIT
55 - 1800	3306B DIT
90 - 1800	3306B DITA

Definitions

POWER — For continuous electrical service.

l Definitions

Cold cranking ampere
Counterclockwise
Direct Injection Naturally Aspirated
Direct Injection Turbocharged
W Direct Injection Turbocharged
Jacket Water Aftercooled
Society of Automotive Engineers

nces

represent typical values obtained under normal hg conditions. Ambient air conditions and fuel ll affect these values. Each of the values may vary rdance with the following tolerances:

t Stack	±42 DEG C
perature	±75 DEG F
Manifold	±10 kPa
sure-Gage	±3 in Hg
	±3 Percent
Specific	±6 g/kW.h
Consumption	±.010 lb/hp-hr
ate	±5 Percent

Conditions

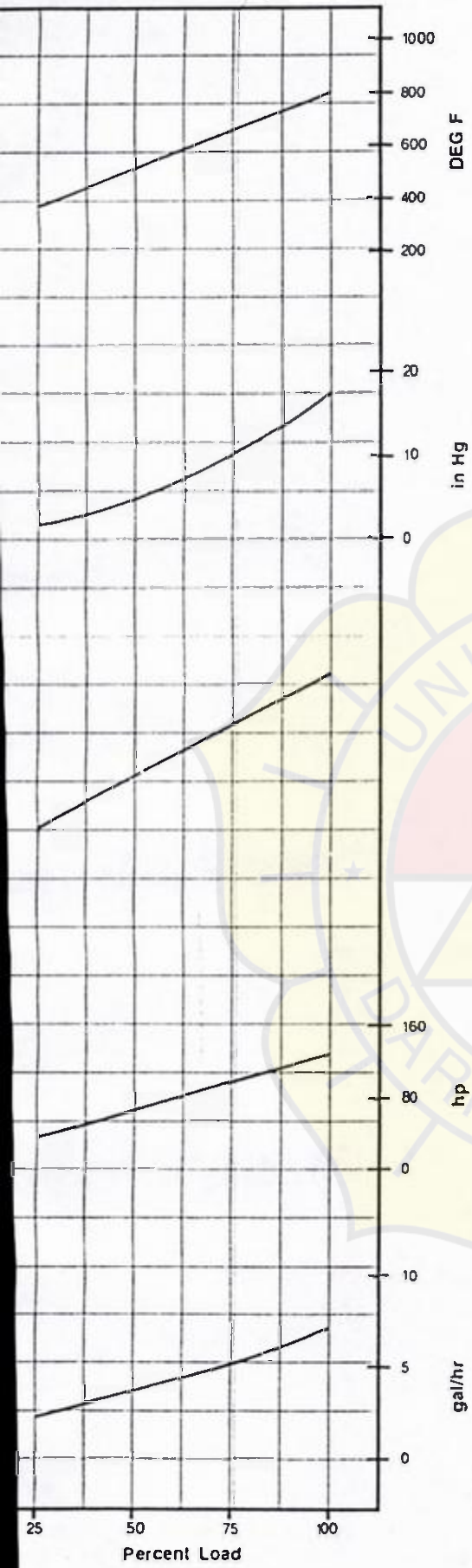
Performance based on SAE J1349 standard conditions of 100 kPa (29.61 in Hg) and 25 DEG C (77 DEG F). Performance also applies at DIN 6270 standard conditions of 97.8 kPa (28.97 in Hg) and 20 DEG C (68 DEG F).

Performance and fuel consumption are based on 35 API [16 DEG C (60 DEG F)] fuel having a LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) used at 29 DEG C (85 DEG F) with a density of 838.9 g/litre (7.001 lb/U.S. gal).

Engine Power Curve represents the power required to drive a Caterpillar Generator with an engine equipped with fuel, lube oil and jacket water pumps, but without fan.

The Generator Power Curve represents the net electrical output of the generator.

Stack Temperature, Intake Manifold Pressure and Fuel Rate are based on Gross Engine Power.



ENGINE DATA

Aspiration	T
Aftercooler	NONE
Exhaust Manifold	WET
Combustion System	DI
Compression Ratio	15.0 to 1
Type of duty	PRIME
Rated kW (SI METRIC)	85
Rated Frequency (Hz)	50
Rated rpm	1500

PERFORMANCE DATA

Percent Load	Engine Power kW	Engine Power bhp	Gen Power @ 0.8 PF kW	BSFC g/kW-hr	BSFC lb/hp-hr	Fuel Rate L/hr	Fuel Rate gal/hr
100	95.1	127.5	85	236	0.389	26.8	7.1
94	89.3	119.8	80	235	0.387	25.1	6.6
82	77.9	104.5	70	234	0.385	21.7	5.7
71	66.9	89.7	60	234	0.386	18.7	4.9
59	56.0	75.1	50	238	0.392	15.9	4.2
47	45.3	60.7	40	246	0.405	13.3	3.5
35	34.6	46.4	30	261	0.429	10.8	2.9
24	23.5	31.5	20	295	0.485	8.3	2.2
12	12.0	16.1	10	406	0.668	5.8	1.5

Percent Load	Intake Manifold Temperature DEG C	Intake Manifold Temperature DEG F	Intake Manifold Pressure kPa	Intake Manifold Pressure in Hg	Intake Air Flow m³/min	Intake Air Flow cfm
100	94	201	60	17.9	6.8	240
94	88	191	53	15.9	6.6	232
82	78	172	42	12.5	6.2	217
71	69	156	32	9.7	5.8	204
59	61	143	24	7.1	5.5	193
47	55	132	16	5.0	5.2	183
35	51	124	11	3.4	4.9	174
24	47	117	7	2.1	4.7	167
12	44	112	3	0.9	4.6	161

Percent Load	Exhaust Manifold Temperature DEG C	Exhaust Manifold Temperature DEG F	Exhaust Stack Temperature DEG C	Exhaust Stack Temperature DEG F	Exhaust Gas Flow m³/min	Exhaust Gas Flow cfm
100	540	1004	423	794	16.1	570
94	516	961	404	759	15.1	534
82	469	877	366	691	13.3	471
71	424	795	329	624	11.8	416
59	377	711	292	557	10.4	366
47	330	627	255	491	9.2	323
35	288	550	222	432	8.2	288
24	244	472	190	374	7.3	256
12	197	388	156	313	6.4	227

HEAT REJECTION DATA

Percent Load	Rejection to Coolant (Total) kW	Rejection to Coolant (Total) Btu/min	Rejection to Exhaust (Total) kW	Rejection to Exhaust (Total) Btu/min	Rejection to Oil Cooler Coolant kW	Rejection to Oil Cooler Coolant Btu/min	Radiation to Atmosphere kW	Radiation to Atmosphere Btu/min
100	78	4436	94	5363	14	808	18	1001
94	73	4163	87	4936	13	756	17	955
82	64	3657	74	4214	12	654	15	830
71	56	3185	63	3583	10	563	13	728
59	48	2747	53	3008	8	478	12	671
47	41	2326	45	2531	7	404	10	591
35	34	1922	37	2116	6	324	9	495
24	27	1513	31	1740	4	250	7	392
12	19	1098	25	1433	3	176	5	284

No engine deration is required for ambient temperatures up to 52 DEG C (125 DEG F) except as shown on the applicable ENGINE ALTITUDE DERATING CURVE No. TD8323

Engine BMEP
1092 kPa 158 psi

RATOR SET ENGINE PERFORMANCE CURVE	MODEL 3304B	TM8322-01

3304B DIT	GENERATOR SET GENERAL INFORMATION

		SI METRIC	ENGLISH
ral Engine	Rating Type	PRIME	
	No. of Cylinders & Arrangement	4 IN-LINE	
	Bore & Stroke	121 x 152 mm x mm	4.75 x 6.00 in x in
	Displacement	6.8 L	425 cu in
	Combustion System	DI	
	Aspiration Type	T	
	Compression Ratio	15.0 to 1	
	Fiston Speed @ 1500 rpm	8 m/s	1500 ft/min
	@ 1800 rpm	9 m/s	1800 ft/min
	Cycle	4	
	Rotation-Facing Flywheel End	CCW	
	Firing Order	1-3-4-2	
ake m	System Restriction Limits:		
	Max. Allowable w/Clean Dry Element	3.7 kPa	14.9 in H_2O
	Max. Allowable w/Dirty Element	7.5 kPa	30.1 in H_2O
	Cleaner Type	DRY 1 STAGE	
g System	Engine & Expansion Tank Coolant Capacity	34.4 L	9.1 gal
	Expansion Tank Expansion Volume	6.4 L	1.7 gal
	Engine Coolant Outlet Temperature (Max. Allowable)	99°C	210°F
	Engine Coolant Inlet Temperature (Min. Allowable)	74°C	165°F
	Engine Coolant Static Head	17.4 m	57 ft
st System	System Back Pressure (Max. Allowable)	6.7 kPa	26.9 in H_2O
ystem	Fuel Inlet Restriction (Max. Allowable)	20 kPa	5.9 in Hg
	Fuel Return Line Restriction (Max. Allowable)	20 kPa	5.9 in Hg
	Normal Fuel Pressure	240 kPa	35 psi
	Fuel Flow to Transfer Pump	113.5 L/h	30 gph
Oil n	Refill Volume with Filter Change	18.9 L	20 qt
	Oil Pressure with SAE 30 Oil @ 99°C (210°F):		
	Normal Range	324-372 kPa	47-54 psi
	Filter Type	FULL FLOW	
ing n e and ator)	Length Overall	2144.0 mm	84.41 in
	Height Overall	1067.8 mm	42.04 in
	Width Overall	977.6 mm	38.49 in
	Unit Dry Weight	1335 kg	2940 lb
g System e with Oil)	Air Start Motor Air Pressure (Min.-Max.)	620-1034 kPa	90-150 psi
	Electric Start 12 V Motor:		
	Quantity Motor Used	1	
	Recommended Battery Capacity-Min. 90 sec. cranking @ 0°C (32°F)	1140 CCA	
	Breakaway Current @ 0°C (32°F)	1393 A	1393 amp
	Cranking Current @ 0°C (32°F)	557 A	557 amp
	Electric Start 24 V Motor:		
	Quantity Motor Used	1	
	Recommended Battery Capacity-Min. 90 sec. cranking @ 0°C (32°F)	570 CCA	
	Breakaway Current @ 0°C (32°F)	700 A	700 amp
	Cranking Current @ 0°C (32°F)	280 A	280 amp

UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Jl. Radin Inten II (Terusan Casablanca)
Pondok Kelapa - Jakarta 13450
Telp. 8649051-86[illegible] Fax. 8649052.

Nama : AL HAVIZ

No Pokok : 88320003

Judul Tugas : Perencanaan Lay Out Kamar Mesin General Cargo Kecepatan 12 knot

Jurusan : Teknik Permesinan Kapal

ASISTENSI TUGAS

Tanggal	Paraf	Catatan
24-2-96		Pembahasan Bab 1 dan Bab 2
31-3-96		Pembahasan Bab 3 dan Bab 4
2-4-96		Pembahasan Bab 5 dan Bab 6
7-4-96		Pembahasan Bab 6 dan Bab 7
14-4-96		Pembahasan Bab 8
26-4-96		Pembahasan Bab 8 dan Bab 9
30-6-96		Analisa Beban Generator
13-7-96		Acc gambar
20-7-96		Acc gambar