

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электрооборудования судов и автоматизации производства

Савенко А.Е.

ГРЕБНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Практикум

по выполнению расчетно-графической работы
для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового
электрооборудования и средств автоматики
очной формы обучения

Керчь, 2020 г.

УДК 621.313

Составитель: Савенко А.Е., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭСиАП ФГБОУ ВО «КГМТУ» _____

Рецензент: Авдеев Б.А., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭСиАП ФГБОУ ВО «КГМТУ» _____

Практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ЭСиАП ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 1 от 01.09.2020 г.

Зав. кафедрой _____ С.Г. Черный

Практикум утвержден и рекомендован к публикации на заседании методической комиссии МФ ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 1 от 03 .09 .2020г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Краткие теоретические сведения	5
2 Выбор числа и мощности гребных электродвигателей	6
3 Порядок расчета мощности на валу гребного электродвигателя	6
4 Пример расчета мощности ГЭД	7
ПРИЛОЖЕНИЕ А ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	11
Список используемой литературы	12

ВВЕДЕНИЕ

Практикум по выполнению расчетно-графической работы составлены в соответствии с учебным планом дисциплины «Гребные электрические установки» для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики очной форм обучения.

При выполнении расчетно-графической работы курсанты осваивают методику расчета мощности ГЭУ, производят расчет одного из вариантов и составляют схему питания ГЭД.

Работа выполняется каждым курсантом самостоятельно в свободное от занятий время. Вариант выбирается согласно последней цифре шифра зачетной книжки студента из таблицы А.1 приложения на стр. 9.

Выполненная расчетно-графической работа предоставляется на кафедру для проверки преподавателем не позднее, чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Защита расчетно-графической работы осуществляется на практических занятиях или на консультациях.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ, РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ СХЕМЫ РАБОТЫ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Задание на расчетно-графическую работу:

1. рассчитать мощность гребной электрической установки;
2. разработать и начертить схему гребной электрической установки, соответствующую выполненному расчету;
3. составить описание разработанной схемы гребной электрической установки.

1 Краткие теоретические сведения

Методика расчета мощности гребной электрической установки дана в учебном пособии [1]. Диаграмма Э. Папмеля для расчета буксировочной мощности судов и вспомогательная диаграмма изображены на рисунках 1 и 2.

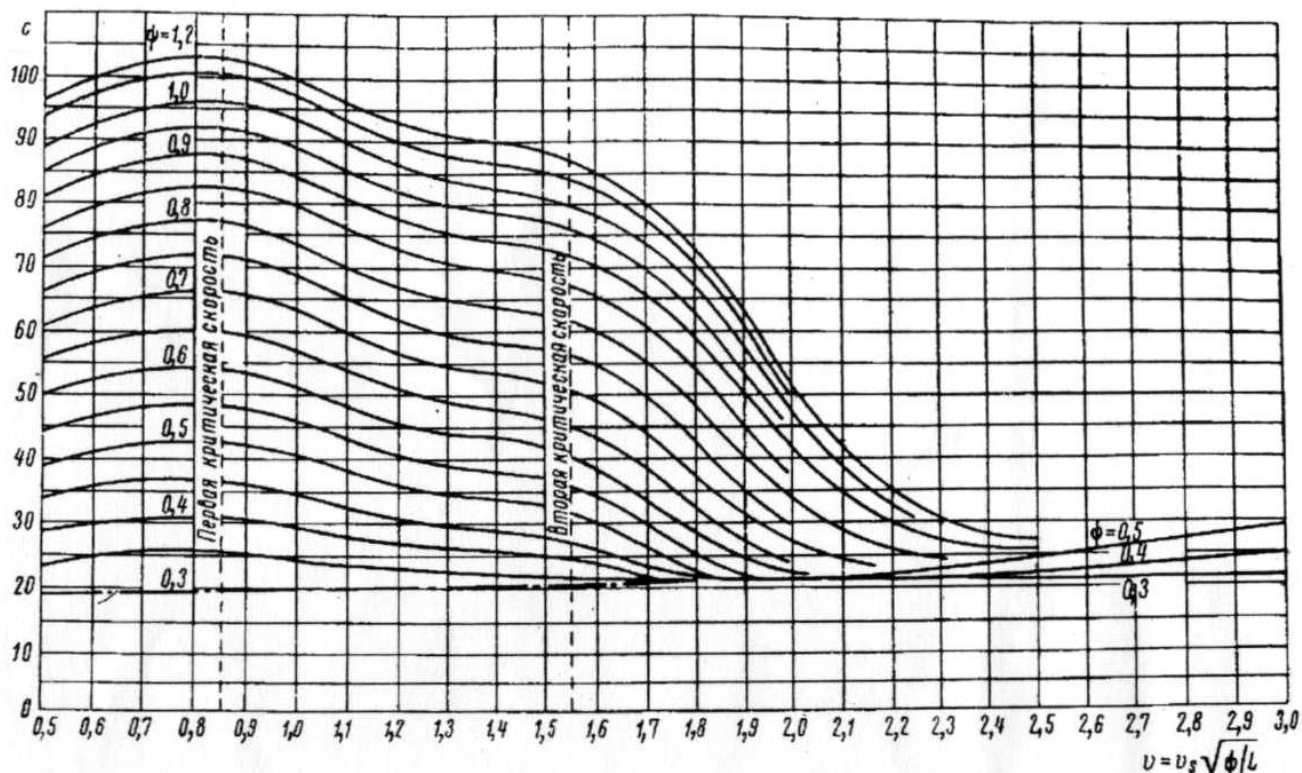


Рисунок 1 - Диаграмма Э. Папмеля для расчета буксировочной мощности судов

Суммарная номинальная мощность тепловых приводных двигателей главных генераторов рассчитывается на основании выражения

$$\Sigma P_{Б.Н.} = \frac{\Sigma P_{Г.Н.}}{\zeta \zeta_{П}},$$

где $\zeta_{Г}$, $\zeta_{П}$ - КПД главного генератора и механической передачи "генератор - тепловой двигатель" соответственно.

Количество тепловых двигателей определяем по формуле

$$m_E = \Sigma P_{E.H.} / P_{E.H.},$$

где $P_{E.H.}$ - мощность одного теплового двигателя.

При выборе числа главных генераторов необходимо учитывать требования обеспечения высокого КПД установки, повышенной надежности, малой массы и стоимости.

2 Выбор числа и мощности гребных электродвигателей

Выбор основывается на буксировочной мощности, которую приближенно определяют по формуле Папмеля (есть еще метод адмиралтейских коэффициентов Эйра)

$$N_R = 0,736 \frac{V}{L} \cdot \frac{V_s^3}{C} \cdot \frac{X}{\lambda} \cdot \sqrt{\psi}, \text{ кВт}.$$

V_s - скорость судна в узлах.

V - водоизмещение, м^3 .

C - коэффициент определяемый по диаграмме (для рыболовных судов ориентировочно (60-80)).

$X=1$ при 1 вале, 1,05 при 2 и 1,075 при 3.

λ - поправочный множитель

$$0,7 + 0,3 \cdot \sqrt{L/100} \text{ при } L \geq 100\text{м}, \lambda = 1.$$

ψ - характеристика остроты корпуса судна $10b_{П} \cdot B/L$;

$$b_{П} = V / LBT ;$$

L, B, T - длина, ширина, осадка судна.

3 Порядок расчета мощности на валу гребного электродвигателя

3.1 Полезная тяга (Pe) или буксировочное сопротивление (R)

$$Pe = \frac{N_R}{V} \text{ кВт}, \text{ где } V = 0,515V_s ;$$

V_s - скорость судна, узл.

3.2 Коэффициент попутного потока $W_1 = 0,5b_{П} - 0,1$ - для одного винта или $W_2 = 0,5b_{П} - 0,16$ - для 2-х винтов.

3.3 Коэффициент засасывания

$$t_1 = K \cdot W_1,$$

где $K=0,5-0,7$ для обтекаемых рулей, $K=0,9-1,05$ для пластинчатых рулей.

Для двух винтовых судов:

$$t_2 = 0,25W_2 + 0,14 \text{ - для судов с валовыми рукавами};$$

$$t_2 = 0,7W_2 + 0,06 \text{ - для судов с кронштейнами гребных валов}.$$

3.4 Полная сила упора винта

$$P = \frac{Pe}{1-t} \kappa H$$

3.5 Осевая скорость винта $V_p = V(1-W)_M / c$.

3.6 Диаметр гребных винтов: для одновинтовых

$$D_1 = (0,6 - 0,75) T_k ;$$

для двухвинтовых

$$D_2 = (0,6 - 0,7) T_k ,$$

где T_k - осадка кормой, м.

3.7 Выбирают угловую скорость винта как можно меньше исходя из реальных электромашин и с учетом, что чем меньше ϖ , тем больший КПД. Определяют

$$\lambda \cdot P = \frac{2\pi \cdot V_p}{\varpi \cdot D} ; M = \frac{N_p}{\varpi} - \text{мощность к гр. винту.}$$

КПД винта – η_p определяют как правило по диаграмме Папмеля, зная λ_p и K_I .

3.8 Пропульсивный КПД

$$\eta = \eta_p \cdot \frac{1-t}{1-W} \cdot i ,$$

где $i = 0,97 - 1,0$ и учитывает неравномерность потока.

3.9 Мощность подводимая к гребному винту $N_p = \frac{N_R}{\eta}$.

3.10 Мощность гребных электрических двигателей

$$P_{ДВ} = \frac{N_p}{\eta_B} \cdot \eta_{\text{вала}} = 0,95 - 0,98$$

По полученному значению $P_{ДВ}$ выбирают число, тип и мощность гребных двигателей. Возбуждение двигателей обычно независимое.

3.11 Число генераторов будет выбрано правильно, если удастся обеспечить высокий КПД при разных режимах, небольшую стоимость, простоту обслуживания и надежность работы.

В гребной электрической установке постоянного тока мощностью более 1500 кВт обычно устанавливают 2 и более генераторов. В гребной электрической установке переменного тока мощностью до 3000 кВт – один ДГ.

Мощность генераторов определяют по мощности гребных электродвигателей. Скорость генераторов выбирают в соответствии со скоростью первичного двигателя.

4 Пример расчета мощности гребной электрической установки

Дано: Тип судна – плавбаза.

Длина $L=165,4$ м.

Ширина $B=21,8$ м.

Осадка $T=8,08$.

Водоизмещение $V=16800$ г; $\rho = 1025$ кг/м³.

Скорость $V_s=15$ узлов.

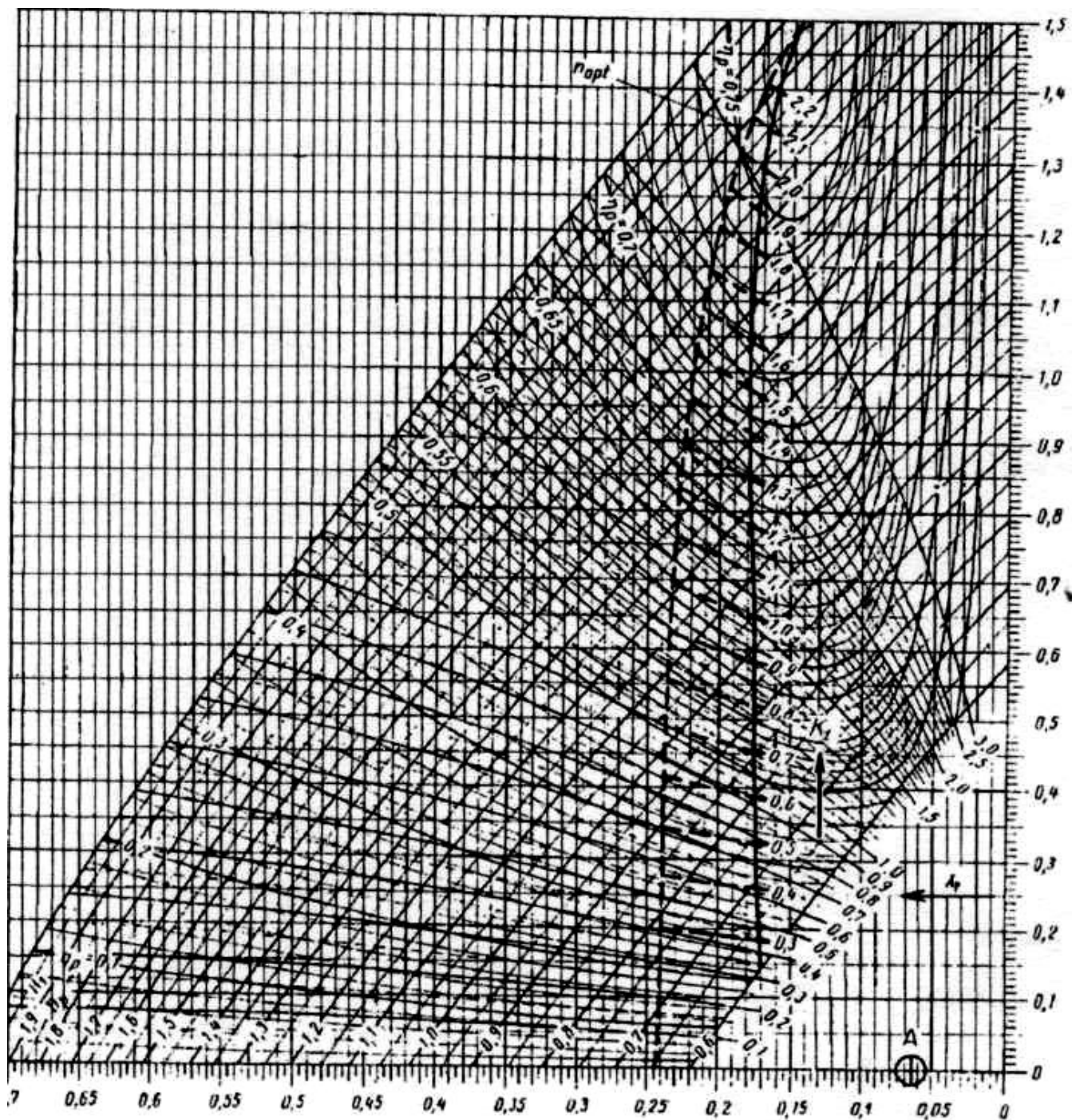


Рисунок 2 - Вспомогательная диаграмма Э. Папмеля

4.1 Рассчитать буксировочную мощность N_R ;

$$N_R = 0.736 \frac{V}{L} \cdot \frac{V_s^3}{c} \cdot \frac{x}{\lambda} \cdot \sqrt{\psi}.$$

$$V=16390 \text{ м}^3 (16800:1,025);$$

$C=68$ по диаграмме Папмеля при

$$V = V_s \cdot \sqrt{\frac{\psi}{L}} = 15 \sqrt{\frac{0.7}{165.4}} = 1; \psi = 10 \sigma_{II} \cdot \frac{B}{L} = 10 * 0.576 * \frac{21.3}{165.4} = 0.7.$$

$$\bar{b}_H = \frac{V}{LBT} = \frac{16390}{165.4 \cdot 21.3 \cdot 8.08} = 0.576;$$

$x = 1,05$ для двух валов;

$$\lambda = 0.7 + 0.3 \sqrt{\frac{L}{100}} = 0.7 + 0.3 \sqrt{\frac{165.4}{100}} = 1.086.$$

$$N_R = 0.736 \frac{16390}{165.4} \cdot \frac{15^3}{68} \cdot \frac{1.05}{1.086} \cdot \sqrt{0.7} = 2618.5 \text{ кВт}.$$

4.2 Полезная тяга:

$$Pe = \frac{N_R}{V} = \frac{2618.5}{7.725} = 340 \text{ кН}.$$

$$v = V_s \cdot 0,515 = 15 \cdot 0,515 = 7$$

4.3 Коэффициент попутного потока для двухвинтовых судов

$$W_2 = 0.5 \bar{b}_H - 0,16 = 0,5 \cdot 0,576 - 0,16 = 0,13.$$

4.4 Коэффициент засасывания: $t_2 = 0.7 \cdot W_2 + 0.06 = 0.7 \cdot 0.13 + 0.06 = 0.15$.

4.5 Полная сила упора, создаваемая гребными валами

$$P = \frac{P_E}{(1-t_2)} = \frac{340}{(1-0.15)} = 400 \text{ кН}.$$

4.6 Осевая скорость винта $V_p = V(1-W_2) = 7.725(1-0.13) = 6.72 \text{ м/с}$.

4.7 Диаметр гребных винтов в кормовом подзоре

$$D_2 = (0,6 \div 0,7)T = (0,6 \div 0,7) \cdot 8,08 = 5,25.$$

4.8 Угловая скорость винта « $V_в$ », определяем величину коэффициента λ_p и

K_I :

Принимаем $V_в = 2 \text{ рад/с}$.

$$\lambda_p = \frac{2\pi \cdot V_p}{\varpi \cdot D} = \frac{2\pi \cdot 6,72}{12,56 \cdot 5,25} = 0,68;$$

$$\varpi = 2 \cdot V_в = 2\pi \cdot 2 = 12,56 \text{ об/с}.$$

$$K_I = \frac{P \cdot 4\pi^2}{\rho \cdot \varpi^2 \cdot D^4} = \frac{400 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 10^3}{1,025 \cdot 10^3 \cdot 12,56^2 \cdot 5,25^4} = 0,1.$$

4.9 КПД изолированного винта определяем по вспомогательной диаграмме Пампеля в зависимости от λ_p и K_I :

$$\eta_p = 0,625.$$

4.10. Пропульсивный КПД:

$$\eta = \frac{\eta_p(1-t_2) \cdot i}{(1-w_2)},$$

где i - множитель Фруда = 0,97-1, учитывающий неравномерность потока

$$\eta = \frac{0,625(1-0,15)0,98}{(1-0,13)} = 0,64.$$

4.11 Мощность, подводимая к гребному винту:

$$N_p = \frac{N_R}{\eta} = \frac{2618.5}{0.64} = 4363 \text{ кВт}.$$

4.12 Мощность на валу гребного электрического двигателя:

$$P_{\text{дв}} = \frac{N_P}{\eta_B} = \frac{4363}{0,95} = 4600 \text{кВт};$$

где $\eta_B = 0,95$ - КПД валопровода.

4.13 Выбираем 2 двигателя по 2350кВт, т. ПГ150, $U=1000\text{В}$, $\eta_{\text{дв}} = 0,94$, $I_{\text{я}}=2500\text{А}$, с независимым возбуждением.

4.14 Определяем мощность генераторов:

$$\sum P_G = \frac{2 \cdot 2350}{0,94} = 5000 \text{кВт} .$$

4.15 Составляем схему.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит скорость судна?
2. Какими методами регулируются обороты гребного электрического двигателя?
3. По каким параметрам выбирается мощность гребного электрического двигателя?
4. Какие схемы питания гребного электрического двигателя применяются?

Литература:[2], [3], [4].

ПРИЛОЖЕНИЕ А ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица А.1 – Параметры судов

№	Наименование	Последняя цифра шифра зачетной книжки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1.	Длина по грузовой ватерлинии, м	127,7	25,0	155,1	217,5	111,3	58,9	26,5	39,8	84,7	17,6
2.	Длина между перпендикулярами, м	115,0	22,4	142,0	200	99,9	52	22,4	35,3	75,0	14,0
3.	Осадка в грузу: носом, м кормой, м	6,9	2,3	7,2	6,4	6,5	4,6	2,0	3,2	5,1	1,3
		7,2	2,5	9,1	10,8	7,2	5,2	2,3	3,2	6,3	1,8
4.	Максимальная скорость на переднем ходу, узл.	13,7	9,5	13,0	16,0	15,0	12,0	9,0	8,5	12,0	8,7
5.	Весовое водоизмещение, т	9839	183	17100	44900	5800	1940	183	484	3870	50
6.	Максимальная ширина, м	19,0	6,5	20,0	27,8	17,3	13,0	6,5	8,9	14,0	4,3
7.	Схема САУ с постоянной величиной	Фд	Ия	Фд	Ия	Фд	Ия	Фд	Ия	Фд	Ия

6

Список используемой литературы

Основная:

1. Савенко А.Е. Гребные электрические установки: учебное пособие для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / А.Е. Савенко; ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет». – Керчь, 2017. – 127 с.

Дополнительная:

2. Богомолов В. С. Гребные электрические установки: теория и эксплуатация / В. С. Богомолов. – Калининград: Калининградское книжное издательство, 1998. - 223 с.

3. Судовые электроприводы: справочник / А. П. Богословский, Е. М. Певзнер и др. – т.1. - Л.: Судостроение, 1983. - 348 с.

4. Рукавишников С. Б. Автоматизированные гребные электрические установки / С. Б. Рукавишников. – Л.: Судостроение, 1983. - 240 с.

5. Теория судового электропривода: учебное пособие / К. А. Чекунов. – Л.: Судостроение, 1982. - 336 с.

Александр Евгеньевич Савенко

ГРЕБНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Практикум

по выполнению расчетно-графической работы
для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового
электрооборудования и средств автоматики
очной формы обучения

Тираж _____ экз. Подписано к печати _____.

Заказ № _____. Объем 0,2 п.л.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический
университет»

298309 г. Керчь, Орджоникидзе, 82.