

# Оценка электрификации судов



**А. Ф. Бурков,**  
канд. техн. наук,  
профессор кафедры  
«Электрооборудование  
судов» Морского  
государственного  
университета  
им. адм. Г. И. Невельского,  
академик Российской  
академии транспорта

Развитие судостроения, ремонта и модернизации эксплуатируемых судов сопровождаются изменением их электрификации. Оценка электрификации производится с использованием различных коэффициентов, объективность которых значительно варьируется. Анализ статистического материала показывает, что степень электрификации основных серий эксплуатируемых в Российской Федерации судов отечественной и зарубежной постройки не имеет четкой зависимости от времени постройки этих серий.

Электрификацию судов принято оценивать коэффициентами (степенями) электровооруженности (электрификации)  $\gamma$  и  $\gamma_1$ .

Коэффициент характеризуется отношением активной мощности судовой электростанции (СЭС) [1]  $P_{\Sigma СЭС}$  (установленной суммарной активной мощности общесудовых генераторов) к водоизмещению  $D$  судна [2]:

$$\gamma = \frac{P_{\Sigma СЭС}}{D}, \text{ кВт/т}, \quad (1)$$

где  $P_{\Sigma СЭС}$  — установленная активная мощность общесудовых генераторов СЭС, кВт;  
 $D$  — водоизмещение судна в полном грузу по легкую грузовую марку, т.

Диапазон изменения коэффициента (степени) электровооруженности (электрификации)  $\gamma$  составляет (0,020...0,350) кВт/т. Отмечено, что более низкие значения коэффициента  $\gamma$  относятся к крупнотоннажным судам без грузовых лебедок и кранов, а более высокие — к пассажирским и рыбопромысловым судам, ледоколам и рефрижераторам.

По сведениям, приведенным в [3], степень электрификации  $\gamma$  для наливных судов составляет (0,035...0,045) кВт/т, для сухогрузных судов — (0,100...0,130) кВт/т, для пассажирских судов — (0,140...0,150) кВт/т, а для судов технического флота — (0,300...0,800) кВт/т.

Коэффициент  $\gamma$  не является достаточно объективным при оценке электровооруженности (электрификации) судов, так как при опережающем увеличении водоизмещений  $D$  судов увеличения мощностей судовых генераторов  $P_{\Sigma СЭС}$  он уменьшается.

Более убедительным является коэффициент  $\gamma_1$ , определяемый по формуле

$$\gamma_1 = \frac{P_{\Sigma СЭС}}{D - M_r}, \text{ кВт/т}, \quad (2)$$

где  $M_r$  — чистая грузоподъемность судна, т [2].

С целью дополнения и корректировки данных, приведенных в [2; 3], собран и обработан статистический материал по судам Дальневосточного бассейна (Дальневосточного, Камчатского и Сахалинского морских пароходств) с электроэнергетическими системами трехфазного переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц, охватывающий временной диапазон постройки от начала 1960-х до конца 1970-х гг.

По результатам работы коэффициент (степень) электровооруженности (электрификации)  $\gamma_1$  судов для перевозки генеральных грузов заключается в пределах (0,117...0,269) кВт/т, судов для перевозки массовых грузов (лесовозов) — (0,118...0,197) кВт/т, контейнерных судов — (0,071...0,199) кВт/т [4].

По результатам обработанного статистического материала построены графики зависимостей  $\gamma_1 = f(t)$  (рис. 1). Цифры на рис. 1–4 означают количество исследуемых основных серий судов.

Кроме того, обработан статистический материал по широко используемым сериям морских транспортных судов России, построенных с начала 1960-х до середины 1990-х гг.



Рис. 1. Графики зависимостей  $\gamma_1 = f(t)$  основных серий судов Дальневосточного бассейна

Расчитанный по этим данным коэффициент электрификации  $\gamma_1$  составляет (0,120...0,282) кВт/т — у судов для перевозки генеральных грузов, (0,072...0,199) кВт/т — у контейнерных судов, (0,139...0,442) кВт/т — у судов с горизонтальным и горизонтально-вертикальным способом грузовых операций (ролкеров), (0,112...0,236) кВт/т — у ледокольно-транспортных судов, (0,232...0,459) кВт/т —

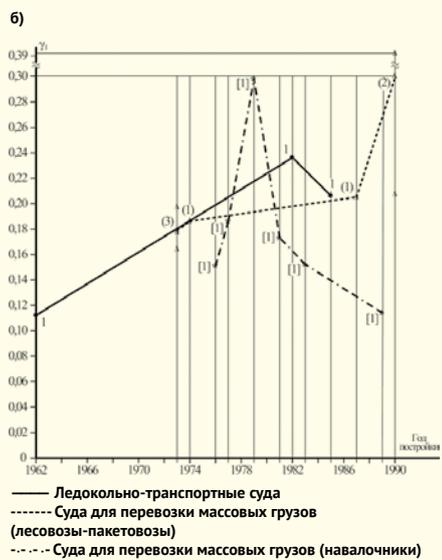


Рис. 2. Графики зависимостей  $\gamma_1 = f(t)$  основных серий транспортных судов России

у рефрижераторных судов, (0,114...0,392) кВт/т — у судов для перевозки массовых грузов, (0,126...0,274) кВт/т — у лесовозов, (0,164...0,392) кВт/т — у лесовозов-пакетовозов, (0,114... 0,298) кВт/т — у судов для перевозки массовых грузов (навалочников), (0,047...0,655) кВт/т — у наливных транспортных судов, (0,075...0,655) кВт/т — у нефтеналивных судов, (0,047...0,077) кВт/т — у нефтерудонавалочников, (0,242...0,471) кВт/т — у грузопассажирских судов.

По результатам обработанного статистического материала построены графики зависимостей  $\gamma_1 = f(t)$  (рис. 2а-в).

Основным недостатком коэффициента  $\gamma_1$ , используемого для сравнительной оценки степени электрификации судов различного назначения, по мнению автора, является следующее. К исходным данным при расчете мощности СЭС относится установленная мощность судового электрооборудования (СЭО), режимы работы судна и т. д. Так как расчет и выбор числа и мощности генераторов СЭС на стадии проектирования или модернизации судов различного назначения представляет достаточно сложный процесс, вводятся определенные допущения. В связи с этим мощность генераторов СЭС, а следовательно, и коэффициенты степени электровооруженности  $\gamma$  и  $\gamma_1$  рассчитываются с погрешностями, величины которых зависят от корректности и количества вводимых допущений.

В этом случае для оценки степени электрификации судов представляется целесообразным введение показателя (коэффициента)  $\beta$ , который исключает погрешность результатов расчетов мощности СЭС и определяется по предлагаемой в [1] формуле:

$$\beta = \frac{P_{\Sigma СЭО}}{D - M_r}, \text{ кВт/т}, \quad (3)$$

где  $P_{\Sigma СЭО}$  — суммарная установленная активная мощность СЭО, кВт.

Результаты расчетов коэффициентов электровооруженности (электрификации)  $\beta$  рассматриваемых серий судов Дальневосточного бассейна постройки начала 1960-х — конца 1970-х гг. приведены в [5]. У судов для перевозки генеральных грузов он равен (0,240...0,745) кВт/т, для перевозки массовых грузов — (0,248...0,731) кВт/т, контейнерных судов — (0,211...0,665) кВт/т; рефрижераторных — (0,793...0,801) кВт/т (рис. 3).

В [5] представлены результаты расчетов коэффициентов электровооружен-



Рис. 3. Графики зависимостей  $\beta = f(t)$  основных серий судов Дальневосточного бассейна

ности (электрификации)  $\beta$  серий морских транспортных судов России постройки начала 1960-х — середины 1990-х гг.

У судов для перевозки генеральных грузов коэффициент  $\beta$  составляет (0,183...0,745), у контейнерных судов — (0,211...0,665) кВт/т, у судов с горизонтальным и горизонтально-вертикальным способом грузовых операций (ролкеров) — (0,624...0,782) кВт/т, у ледокольно-транспортных судов — (0,793...0,868) кВт/т, у рефрижераторных судов — (0,793...0,801) кВт/т, у судов для перевозки массовых грузов (лесовозов) — (0,248...0,842) кВт/т, у лесовозов-пакетовозов — (0,522...0,664) кВт/т, у навалочников — (0,277...0,357) кВт/т, у наливных транспортных судов (нефтеналивных судов) — (0,222...0,870) кВт/т (рис. 4).

Анализ полученных результатов показывает, что развитие элект-

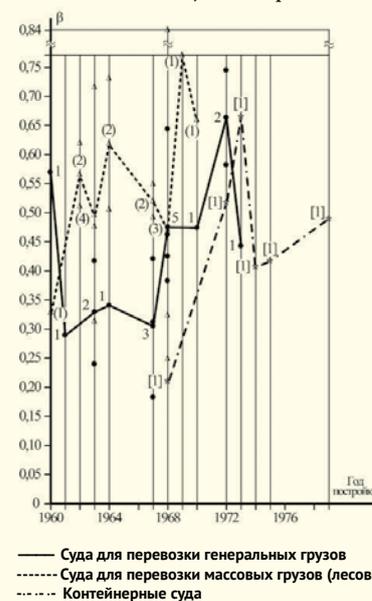


Рис. 4. Графики зависимостей  $\beta = f(t)$  основных серий транспортных судов России

трификации рассматриваемых серий судов сопровождается изменением коэффициентов (степеней) электровооруженности (электрификации)  $\gamma$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta$  в функции времени постройки серий судов, причем:

- у основных серий судов Дальневосточного бассейна минимальные значения коэффициента  $\gamma_1$  относятся к сериям судов, начало постройки которых преимущественно охватывает временной диапазон 1963–1965 гг., а максимальные значения — 1973 г.;

- у основных серий судов Дальневосточного бассейна минимальные значения коэффициента  $\beta$  относятся к сериям судов, начало постройки которых соответствует 1965–1970 гг., а максимальные значения — 1963–1973 гг.;

- у основных серий транспортных судов России минимальные значения коэффициента  $\gamma$  относятся преимущественно к сериям судов, начало постройки которых охватывает временной диапазон 1960–1974 гг., а максимальные значения — 1973–1990 гг.

У основных серий судов Дальневосточного бассейна интегральные показатели трех экстремумов коэффициентов  $\gamma_1$  имеют следующие значения:

- суда для перевозки генеральных грузов:  $\min = 0,123$  (начало постройки серий — 1967 г.),  $\max = 0,251$  (1970 г.);

- суда для перевозки массовых грузов (лесовозы):  $\min = 0,127$  (1962 г.),  $\max = 0,187$  (1974 г.);

- контейнерные суда:  $\min = 0,091$  (1970 г.),  $\max = 0,173$  (1975 г.).

Интегральные показатели трех экстремумов коэффициентов  $\beta$  имеют значения:

- суда для перевозки генеральных грузов:  $\min = 0,287$  (1965 г.),  $\max = 0,657$  (1971 г.);

- суда для перевозки массовых грузов (лесовозы):  $\min = 0,356$  (1965 г.),  $\max = 0,704$  (1967 г.);

- контейнерные суда:  $\min = 0,332$  (1970 г.),  $\max = 0,562$  (1975 г.).

У аналогичных типов морских транспортных судов России интегральные показатели трех экстремумов  $\gamma_1$  следующие:

- суда для перевозки генеральных грузов:  $\min = 0,122$  (1969 г.),  $\max = 0,271$  (1966 г.);

- суда для перевозки массовых грузов (лесовозы):  $\min = 0,131$  (1963 г.),  $\max = 0,259$  (1969 г.);

- контейнерные суда:  $\min = 0,110$  (1975 г.),  $\max = 0,186$  (1978 г.).

Интегральные показатели  $\beta$  имеют соответственно значения:

- суда для перевозки генеральных грузов:  $\min = 0,237$  (1964 г.),  $\max = 0,657$  (1971 г.);

- суда для перевозки массовых грузов (лесовозы):  $\min = 0,295$  (1967 г.),  $\max = 0,781$  (1967 г.);

- контейнерные суда:  $\min = 0,345$  (1973 г.),  $\max = 0,557$  (1975 г.).

Таким образом, электрификация основных серий эксплуатируемых судов отечественной и зарубежной постройки сопровождается изменением

коэффициентов (степеней) электровооруженности (электрификации)  $\gamma$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta$  при отсутствии общих устойчивых тенденций и закономерностей их изменений в функции времени постройки серий судов. Меньшие значения коэффициента  $\gamma_1$  зафиксированы у контейнерных судов, а коэффициента  $\beta$  — у судов для перевозки генеральных грузов. Большие значения  $\gamma_1$  относятся к судам для перевозки генеральных грузов, а  $\beta$  — к судам для перевозки массовых грузов (лесовозов). **Т**

**Литература**

1. Системы электроэнергетические судовые. Термины и определения [Текст]: ГОСТ 22652-77. М.: Изд-во стандартов, 1977. 4 с.
2. Сиверс П. Л. Судовые электроприводы. Изд. 2-е. М.: Транспорт, 1975. 456 с.
3. Богословский А. П., Певзнер Е. М., Фрейдзон И. Р., Яуре А. Г. Судовые электроприводы. Справочник: в 2 т. / науч. ред. А. К. Юдин. Изд. 2-е, перераб. и доп. Т. 1. Л.: Судостроение, 1983. 352 с.
4. Бурков А. Ф. Электрификация судов и ее основные характеристики // Транспортное дело России. М.: ИПК «Московская правда». 2005. Спец. вып. № 3. С. 108–109.
5. Бурков А. Ф. Повышение эффективности технической эксплуатации судовых электроприводов. Владивосток: ИПК Морск. гос. ун-та им. адм. Г. И. Невельского, 2011. 417 с.

портал для специалистов транспортной отрасли  
**www.rostransport.com**

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ  
**ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Об издании | Распространение | Мероприятия | Подписка | Реклама | Авторам | Медиа-кит |   [Зарегистрироваться](#)

№1 (1) / 2005 | №1 (2) / 2006 | №2 (3) / 2006 | №3 (4) / 2006 | №4 (5) / 2006 | №5 (6) / 2006 | №6 (7) / 2006 | спецвыпуск / 2007 | №1 (8) / 2007

Новый номер выйдет 31.10.2012 №5 (42) / 2012  
 Тема номера: **Транспортные системы России: перспективы развития**  
[Сюда geht](#)

№ (42) Транспортные системы России: перспективы развития  
 Статьи журнала: **Государство и транспорт**  
 Водный транспорт: актуальные вопросы правового регулирования. Интервью с В. А. Олерским  
 Дмитриев Н. Э. Пространство 1520: перспективы интеграции [english]  
 Фрейдзон И. В. Комплексное развитие Новороссийского транспортного узла

Библиотека | Блоги | Наука для транспорта  
 Перспективные и новейшие разработки ученых