

Научная статья
УДК 639.2;621.313.2
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-1-129-140>
EDN VSZOZU

Экспериментальные исследования крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промыслового катамарана

**Александр Алексеевич Недоступ[✉], Артур Александрович Волошин,
Павел Владимирович Насенков, Карина Витальевна Коновалова**

*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, nedostup@klgtu.ru[✉]*

Аннотация. Приводятся результаты экспериментальных исследований крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промыслового катамарана. Современное состояние маломерного рыболовного флота оставляет желать лучшего. Строительство нового промыслового флота под инвестквоты не затрагивает маломерный флот. Наступает эпоха использования экологически чистых технологий, например судов с электротягой. Сопряжение тяговых характеристик рыболовного судна с агрегатным сопротивлением орудия промышленного рыболовства является главной проблемой при проектировании орудий лова. Корректное соотношение тяги (как основного параметра) с агрегатным сопротивлением обеспечивает эффективное и безопасное ведение промысла. Также к вопросам тяговых характеристик можно отнести все промысловые устройства, от траловых лебедок, заканчивая стрелами. Но это не ограничивает использование электромоторов на флоте. При этом одной из важных характеристик электромотора является крутящий момент, который может быть статическим и динамическим. Статический крутящий момент измеряется при отсутствии вращения вала, но при нагрузке. Динамический крутящий момент измеряется при вращении вала электромотора. В ходе экспериментов на специально сконструированной установке по измерению крутящего момента исследованы механические и электродинамические характеристики электромоторов постоянного тока. Измерительный комплекс включает в себя тензодатчик, тахометр и два лабораторных блока питания, которыми задается значение напряжения для исследования. Приведены технические данные этих приборов. По полученным экспериментальным данным построены графики зависимостей. В дальнейшем необходимо проведение аппроксимаций с выявлением наименьшего значения ошибки, что позволит определить вид зависимости. Это даст четкое понимание взаимосвязи изучаемых механических и электродинамических характеристик, что можно будет использовать при проектировании маломерного флота, в частности промыслового катамарана.

Ключевые слова: маломерный флот, промысловый катамаран, электродвигатель, крутящий момент, постоянный ток

Благодарности: исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка беспроводной системы контроля параметров трала с элементами искусственного интеллекта "Автотрал"».

Для цитирования: Недоступ А. А., Волошин А. А., Насенков П. В., Коновалова К. В. Экспериментальные исследования крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промыслового катамарана // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2026. № 1. С. 129–140. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-1-129-140>. EDN VSZOZU.

Original article

Experimental studies of DC electric motors torque for a fishing catamaran

Alexander A. Nedostup[✉], Artur A. Voloshin, Pavel V. Nasenkov, Karina V. Konovalova

*Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russia, nedostup@klgtu.ru[✉]*

Abstract. The paper presents the results of experimental studies of torque of DC electric motors for fishing catamaran. The current state of the small-size fishing fleet leaves much to be desired. Construction of new fishing fleet under investment quotas does not affect the small-size fleet. The era of using environmentally friendly technologies is coming, for example, vessels with electric traction. Pairing the thrust characteristics of a fishing vessel with the aggregate

resistance of industrial fishing gear is the main problem in the design of fishing gear. Correct relation of thrust, as the main parameter, with aggregate resistance provides effective and safe fishing. Also, all fishing devices, from trawl winches to booms, can be referred to the issues of traction characteristics. But this does not limit the use of electric motors in the fleet. One of the important characteristics of an electric motor is the torque, which can be static and dynamic. Static torque is measured when the shaft is not rotating but under load. Dynamic torque is measured when the electric motor shaft is rotating. The mechanical and electrodynamic characteristics of DC electric motors are investigated in experiments using a specially designed torque measurement set-up. The measuring complex includes a strain gauge, a tachometer and two laboratory power supplies, which set the voltage value of interest for the study. Technical data on these devices are given in the tables of this article. Dependence graphs are plotted on the obtained experimental data. In the future it is necessary to carry out approximations with the identification of the smallest value of the error, which will determine the type of dependence. This will give a clear understanding of the relationship between the studied mechanical and electrodynamic characteristics, which can be used in the design of small-size fleet, in particular fishing catamaran.

Keywords: small fleet, fishing catamaran, electric motor, torque, direct current

Acknowledgment: the study was carried out as part of the state assignment on the topic “Development of wireless system of trawl parameters control with elements of artificial intelligence Autotral”.

For citation: Nedostup A. A., Voloshin A. A., Nasenkov P. V., Konovalova K. V. Experimental studies of DC electric motors torque for a fishing catamaran. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2026;1:129-140. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-1-129-140>. EDN VSZOZU.

Введение

Маломерные суда являются неотъемлемой частью прибрежного и внутреннего рыболовного флота. Двигатели судов маломерного флота могут быть электрическими, гидравлическими, внутреннего сгорания и гибридными. Двигатель подбирается исходя из экономической целесообразности. Следует понимать, что прибрежный промысел гидробионтов и лов во внутренних водоемах – озерах и водохранилищах – с применением рыболовной единицы, такой как промысловое судно, сопряжен с сопоставлением располагаемой тяги судна и сопротивления орудия рыболовства, а если оно активное, то с агрегатным сопротивлением рыбопромысловой системы, включающей в себя сопротивление всех элементов при их буксировке, например трала [1, 2]. В статье рассматривается применение электродвигателей на промысловом катамаране, который использует тягу от электромотора с постоянным напряжением. К основным характеристикам электродвигателя (ЭД) постоянного напряжения относятся [3–6]:

- напряжение номинальное (максимальное) U_n ;
- сила тока номинальная (при стопоре вала) I_n ;
- сопротивление источника r_n ;
- сопротивление номинальное (при стопоре вала) R_n ;
- напряжение двигателя U_d ;
- сила тока двигателя I_d ;
- сопротивление проводки двигателя R_d ;
- заряд тока q_d ;
- электродвижущая сила (ЭДС) двигателя ε_d ;
- электрическая номинальная мощность (максимальная) N_n ;
- механическая мощность на валу двигателя N_d ;
- крутящий момент M ;
- статический крутящий момент M_c ;
- динамический крутящий момент M_d ;
- количество оборотов ротора (вала) в минуту n ;
- угловая скорость вращения ротора (вала) ω ;

– коэффициент полезного действия η .

Запишем основные формулы процессов, которые протекают с ЭД.

Первый процесс, электродинамический:

– связь напряжения, силы тока и сопротивления на стопоре ротора (вала):

$$R_n = U_n / I_n ;$$

– электрической номинальной мощности:

$$N_n = U_n I_n ;$$

– напряжения, силы тока и сопротивления при вращении вала под нагрузкой:

$$R_d = U_d / I_d ;$$

– электрической мощности при вращении вала под нагрузкой:

$$N_d = U_d I_d ;$$

– заряд:

$$q_d = I_d t ,$$

где t – время, с;

– ЭДС:

$$\varepsilon_d = I_d (R_d + r_n) .$$

Второй процесс, механический:

– мощность на валу ЭД:

$$N_d = M_d \omega = M_d \frac{2\pi n}{60} ;$$

– коэффициент полезного действия

$$\eta = N_d / N_n .$$

Третий процесс тепловой.

Количество тепла, выделенное в ЭД, определяется законом Джоуля – Ленца:

$$Q = I_d^2 R_d t.$$

В соответствии с теорией мультифизического подобия [7, 8] получим зависимость масштабов

подобия крутящего момента от масштаба угловой скорости $C_M = f(C_\omega)$ (рис. 1) – все масштабы подобия являются величинами безразмерными и выражаются через масштаб подобия длины C_l , который принимает различные значения при введенном значении i от 1 до 100.

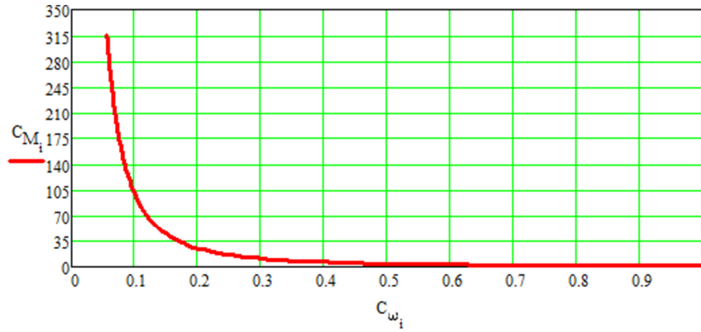


Рис. 1. Зависимость масштабов подобия $C_M = f(C_\omega)$

Fig. 1. Dependence of similarity scales $C_M = f(C_\omega)$

На рис. 2 изображен график зависимости масштабов подобия мощности на валу ЭД от масштаба

крутящего момента $C_N = f(C_M)$ и масштаба угловой скорости $C_N = f(C_\omega)$.

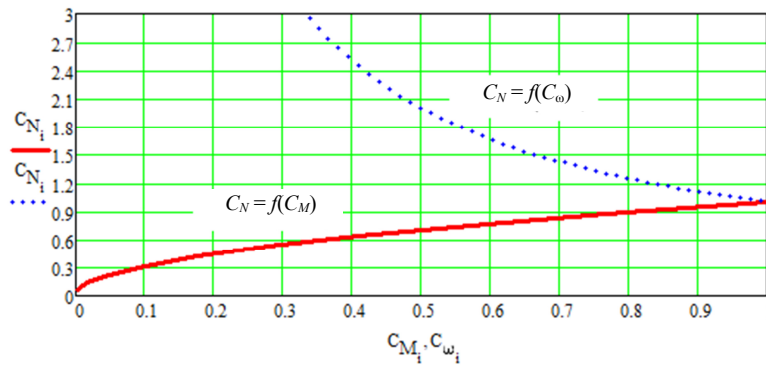


Рис. 2. Зависимости масштабов подобия $C_N = f(C_M)$ и $C_N = f(C_\omega)$

Fig. 2. Dependencies of similarity scales $C_N = f(C_M)$ and $C_N = f(C_\omega)$

На рис. 3 приведен график зависимости масштабов подобия крутящего момента на валу ЭД от

масштаба напряжения $C_M = f(C_U)$ и масштаба силы тока $C_M = f(C_I)$.

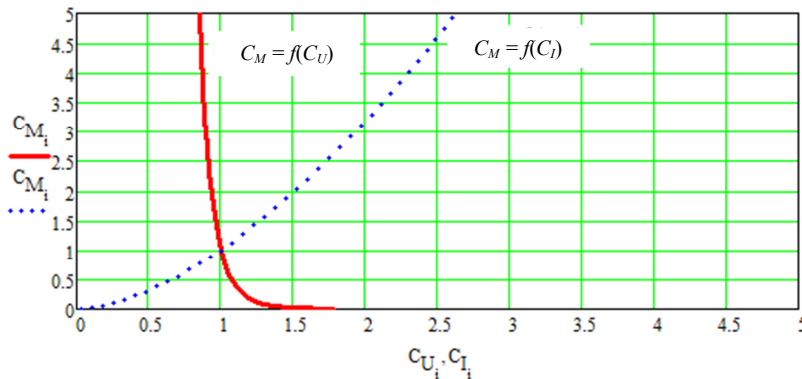


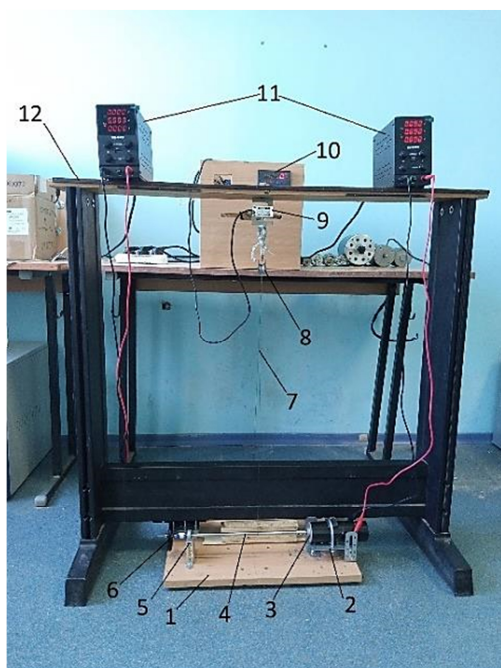
Рис. 3. Зависимости масштабов подобия $C_M = f(C_U)$ и $C_M = f(C_I)$

Fig. 3. Dependencies of similarity scales $C_M = f(C_U)$ and $C_N = f(C_I)$

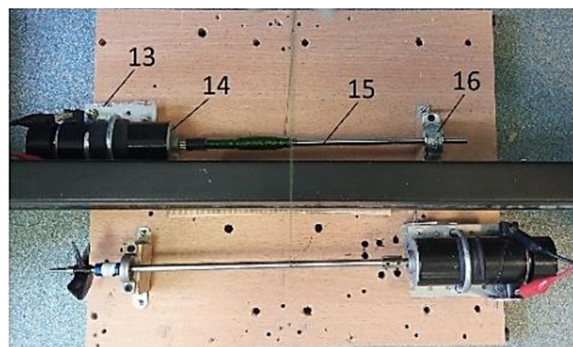
Цель и задачи

Цель работы заключается в определении крутящего момента ЭД постоянного тока для дальнейших

исследований с промышленным катамараном. С этой целью проведены эксперименты с ЭД постоянного тока на установке, которая изображена на рис. 4.



а



б

Рис. 4. Экспериментальная установка для исследования крутящего момента на валу ЭД:

- 1 – площадка; 2 – регулируемая по высоте платформа; 3 – испытуемый ЭД; 4 – выбирающий вал;
5 – стойка с подшипником; 6 – винт; 7 – нитка; 8 – неподвижный блок; 9 – тензодатчик;
10 – индикатор тензодатчика; 11 – лабораторные блоки питания; 12 – основная стойка; 13 – платформа;
14 – загрузочный ЭД; 15 – травящий вал; 16 – стойка с подшипником; а – вид спереди; б – вид площадки сверху

Fig. 4. Experimental installation for studying the torque on the EM shaft:

- 1 – site; 2 – height-adjustable platform; 3 – test EM; 4 – selection shaft; 5 – rack with bearing; 6 – screw;
7 – thread; 8 – fixed block; 9 – load cell; 10 – load cell indicator; 11 – laboratory power supplies; 12 – main rack;
13 – platform; 14 – loading EM; 15 – etching shaft; 16 – rack with bearing; а – front view; б – site view from above

Работа установки заключается в том, что при наматывании нитки на вращающийся вал посредством испытуемого электромотора создается крутящий момент M . При холостом ходе (без нитки и нагрузок) крутящий момент отсутствует или, что вернее утверждать, приближен к нулю. Работа двигателя будет уходить на сопротивление внутренним и внешним факторам. Несущественными значениями силы трения можно пренебрегать. На установке (см. рис. 4) динамический крутящий момент возникает при совершении работы по наматыванию нитки. Вспомогательным электромотором, который не является испытуемым, можно создавать различные нагрузки, которые меняют значение силы натяжения в нитке и, как следствие, получаются различные значения динамического момента. При максимальной нагрузке, которую надежнее создать стопорением вала вспомогательного ЭД, где изначально намотана нитка, получаем статический момент. В такой ситуации первый вал пытается вращаться, заставляя электродвигатель работать со всей мощностью. Таким образом, кру-

тящий момент зависит от силы натяжения и вычисляется по формуле

$$M = T_n r,$$

где T_n – сила натяжения нитки, Н; r – радиус вала, м.

Материал и методика

При включении установки тензодатчик 9 передает электрический сигнал на индикатор 10. Эти показания обозначим как N_m , в дальнейшем будет необходимо проводить пересчет этих показаний для получения истинной силы натяжения нитки T_n . Загрузочный ЭД 14 создает нагрузку для испытуемого ЭД 3, что позволяет получать дополнительные данные (точки), которые в затем пригодятся для более точного построения графиков зависимостей по таким физическим величинам, как сила тока I , крутящий момент M и частота оборотов n . Обороты измеряются тахометром по винту б от выбирающего вала 4. Винт установлен четырехлопастной, поэтому измеренные значения требуется поделить на 4. Блоками питания 11 регулируется напряжение U , с них

же получаем выходную силу тока I .

Пересчет показаний индикатора тензодатчика происходит по коэффициенту пересчета k , который вычисляется по формуле

$$k = N_m / m_r,$$

где m_r – масса грузиков, кг; N_m – безразмерные показания индикатора тензодатчика, исходя из построенного тарировочного графика (рис. 5).

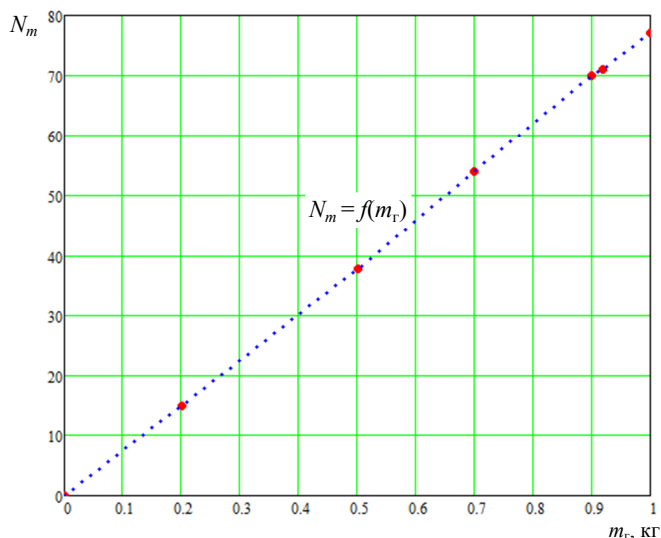


Рис. 5. Тарировочный график $N_m = f(m_r)$

Fig. 5. Calibration graph $N_m = f(m_r)$

Процесс тарирования осуществляется по имеющимся грузикам с определенными весовыми значениями. При пересчете показаний N_m на значения сил натяжения нитки T_n необходимо учитывать то, что индикатор тензодатчика показывает удвоенное значение, т. к. натяжение создается двумя нитками. Кроме того, получаемое выражение $N_m / 2k$ необходимо домножить на константу ускорения свободного падения g , чтобы в конечном итоге получить искомое значение силы натяжения нити T_n .

По тарировочному графику (см. рис. 5) среднее

значение k составило 76,68 1/кг, а значение ускорения свободного падения g примем равным 9,8 Н/кг. Тогда получаем, что

$$T_n = \frac{N_m g}{2k} = 0,064 N_m,$$

где k – коэффициент пересчета показаний индикатора тензодатчика, 1/кг.

На рис. 6–8 представлены необходимые для исследования приборы.



Рис. 6. Лазерный тахометр

Fig. 6. Laser tachometer



Рис. 7. Регулируемый блок питания

Fig. 7. Adjustable power supply



а



б

Рис. 8. Тензодатчик (а) и индикатор тензодатчика (б)

Fig. 8. Load cell (а) and load cell indicator (б)

Цифровой тахометр LCD RPM необходим для замера количества оборотов. Он имеет большой ЖК-дисплей, на котором отображается до 5 цифр. Частоту оборотов можно измерять как в ручном режиме при зажатии средней кнопки TEST, так

и в автоматическом режиме при нажатии на кнопку AUTO. На данном приборе можно получать средние, максимальные и минимальные значения количества оборотов. Технические характеристики тахометра LCD RPM указаны в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристики лазерного тахометра LCD RPM

Characteristics of the LCD RPM laser tachometer

Модель	Диапазон измерения, об/мин	Точность, об/мин	Размер, мм	Вес, г	Батарея
LCD RPM	2,5–99 999	0,1–1	130 × 70 × 90	170	AAA

Лабораторные блоки питания (ЛБП), они же импульсные блоки питания, предназначены для регулирования напряжения. Входное напряжение от сети преобразуется на выходе в необходимое для исследования значение. Также данный прибор обеспечивает безопасность проведения опытов.

Кроме регулирования напряжения им можно регулировать силу тока. Эти значения указываются на дисплее с выходной электрической мощностью. Прибор имеет тонкую и грубую настройку. Технические характеристики используемых ЛБП модели Amperin AI-W605 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Характеристики лабораторного блока питания Amperin AI-W605

Features of the Amperin AI-W3010 laboratory power supply unit

Модель	Входное напряжение, В	Выходное максимальное напряжение, В	Максимальный ток, А	Пульсация напряжения, %	Пульсация тока, мА	Температурный коэффициент, ppm/°C	Температурный диапазон, °C	Размер, мм	Вес, кг
Amperin AI-W605	220 ± 10 %	60	5	≤0,5	≤3	≤300	от 0 до +40	240 × 85 × 155	1,2

S-образный тензодатчик модели DYLY-103 предназначен для измерения силы, которая отображается на весовом индикаторе. Внутри тензометрического датчика имеются резисторы, электрическое сопротивление которых изменяется под действием деформации проводящих элементов. Под деформацией имеется в виду удлинение проводников и уменьшение их поперечного сечения

под действием внешней силы, например подвешенного к датчику груза. В регистрации изменений сопротивления и заключается принцип работы прибора. Электрические сигналы подаются на индикатор и преобразуются в численное значение на дисплее. Технические характеристики тензодатчика DYLY-103 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Характеристики тензодатчика DYLY-103

Characteristics of load cell DYLY-103

Модель	Максимальное измерение, кг	Точность, %	Чувствительность, мВ/В	Номинальное сопротивление, Ом	Напряжение возбуждения, В	Температурный диапазон, °С	Размер, мм	Резьба, мм
DYLY-103	50	0,03	2,0 ± 10 %	350	10–15	От –20 до +80	50,8 × 12,7 × 63,5	M8 × 1,25

Методика проведения экспериментов с каждым испытуемым ЭД:

1. Подключение индикатора тензодатчика к электрической сети и его тарировка.
2. Построение тарировочного графика с вычислением коэффициента пересчета.
3. Подключение ЛБП к сети и их подсоединения к ЭД.
4. Включение блоков питания и их регулировка до нужного значения напряжения.
5. Измерение силы тока и оборотов на холостом ходу без нитки.

6. Измерение силы тока, оборотов и получение показаний индикатора с ниткой.

7. Повтор п. 6 с зажатием травящего вала.
8. Первичная обработка опытных данных.

Результаты и обсуждение



При проведении экспериментов использовались стальной вал диаметром $D_b = 8$ мм, радиусом $r_b = 4$ мм и длиной $l_b = 300$ мм и нитка из Дупеета диаметром 0,3 мм и длиной 100 м. Полученные в ходе эксперимента опытные данные внесены в табл. 4.

Таблица 4

Table 4





Характеристики ЭД и опытные данные

EM characteristics and experimental data

ЭД	Характеристика ЭД			Эксперименты				
	Максимальное напряжение U , В	Ток холостого хода I , А	Сопротивление R , Ом	Напряжение нити T , Н	Крутящий момент M , Нм	Обороты n , об/мин	Напряжение U , В	Сила тока I , А
 RS-380	7,2	0,35	1,8	–	–	3 200	7,2	1,4
				4,5	0,018	750		3,6
				6,8	0,027	0		4,8
 DC12V	12	0,35	1,4	–	–	2 875	12	2,8
				8,8	0,035	750		4,5
				14,5	0,058	0		5,0
				–	–	2 750	10	1,5
				5,4	0,021	525		3,5
				9,1	0,036	0		3,9
				–	–	2 275	7,4	0,9
				5,8	0,023	450		3,0
7,4	0,029	0	3,2					

Окончание табл. 4

Ending of Table 4

ЭД	Характеристика ЭД			Эксперименты				
	Максимальное напряжение U , В	Ток холостого хода I , А	Сопротивление R , Ом	Напряжение нити $T_{\text{н}}$, Н	Крутящий момент M , Нм	Обороты n , об/мин	Напряжение U_3 , В	Сила тока I_3 , А
DC24V 	24	0,2	4,0	–	–	3 150	24	1,0
				11,5	0,046	345		3,0
				20,5	0,082	0		3,4
				–	–	1 800	12	0,35
				8,4	0,034	375		1,6
				10,7	0,043	0		1,9
				–	–	1 625	7,4	0,25
				5,3	0,021	250		1,1
				8,6	0,034	0		1,5
500W 	48	–	2,0	–	–	8 750	48	1,6
				16,0	0,064	160	4	2,8
				38,4	0,154	0	4,5	4,8
				–	–	6 675	36	1,1
				16,0	0,064	160	4	2,8
				38,4	0,154	0	4,5	4,8
				–	–	5 000	21	0,72
				16,0	0,064	160	4	2,8
38,4	0,154	0	4,5	4,8				
HANPOSE 895-360W 	24	–	1,3	–	–	2 500	24	4,8
				10,7	0,043	129	3,2	3,8
				16,0	0,064	0	3	4,8
				–	–	1 500	12	1,6
				10,7	0,043	129	3,2	3,8
				16,0	0,064	0	3	4,8
				–	–	875	7,4	1,3
				10,7	0,043	129	3,2	3,8
16,0	0,064	0	3	4,8				
HANPOSE 997 	36	–	0,1	–	–	20 000	36	2,0
				16,0	0,064	625	2,0	4,8
				18,6	0,074	0	1,4	4,8
				–	–	15 000	24	1,3
				14,1	0,056	500	2,0	4,9
				15,4	0,061	0	1,2	4,9
				–	–	7 500	12	1,0
				17,0	0,068	625	2,5	4,9
19,2	0,077	0	1,2	4,9				

Недоступ А. А., Волошин А. А., Насенков П. В., Коновалова К. В. Экспериментальные исследования крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промыслового катмарана

На основании табл. 4 построим графики опытных данных зависимостей $M = f(n)$, $M = f(I)$ и $I = f(n)$ (рис. 9–17).

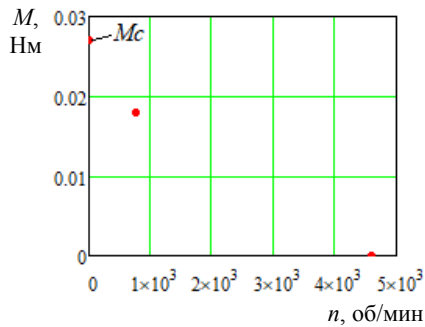


Рис. 9. Опытные данные зависимости $M = f(n)$ для ЭД RS-380 на 7,2 В

Fig. 9. Experimental dependence data $M = f(n)$ for EM RS-380 with 7.2 V

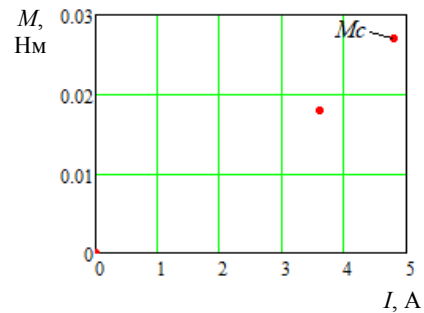


Рис. 10. Опытные данные зависимости $M = f(I)$ для ЭД RS-380 на 7,2 В

Fig. 10. Experimental dependence data $M = f(I)$ for EM RS-380 with 7.2 V

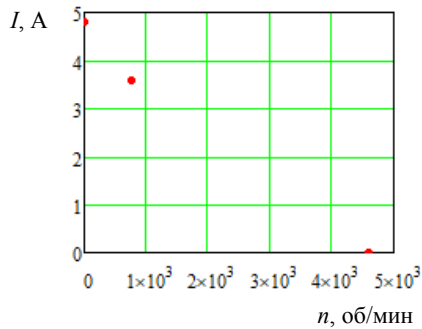


Рис. 11. Опытные данные зависимости $I = f(n)$ для ЭД RS-380 на 7,2 В

Fig. 11. Experimental dependence data $I = f(n)$ for EM RS-380 with 7.2 V

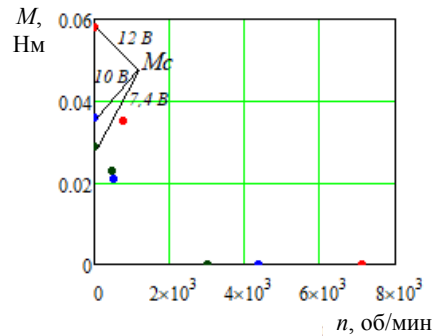


Рис. 12. Опытные данные зависимости $M = f(n)$ для ЭД DC12V на 12, 10, 7,4 В

Fig. 12. Experimental dependence data $M = f(n)$ for EM DC12V with 12, 10, 7.4 V

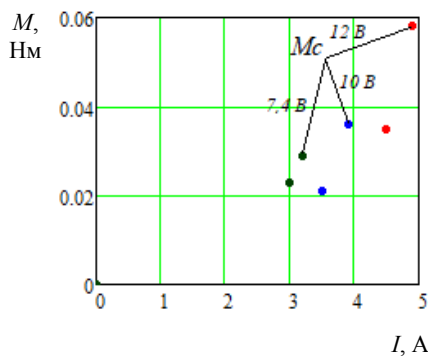


Рис. 13. Опытные данные зависимости $M = f(I)$ для ЭД DC12V на 12, 10, 7,4 В

Fig. 13. Experimental dependence data $M = f(I)$ for EM DC12V with 12, 10, 7.4 V

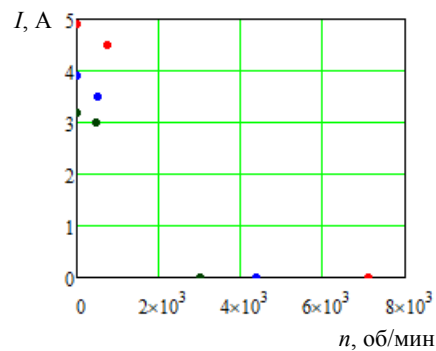


Рис. 14. Опытные данные зависимости $I = f(n)$ для ЭД DC12V на 12, 10, 7,4 В

Fig. 14. Experimental dependence data $I = f(n)$ for EM DC12V with 12, 10, 7.4 V

Недоступ А. А., Волошин А. А., Насенков П. В., Коновалова К. В. Экспериментальные исследования крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промышленного катамарана

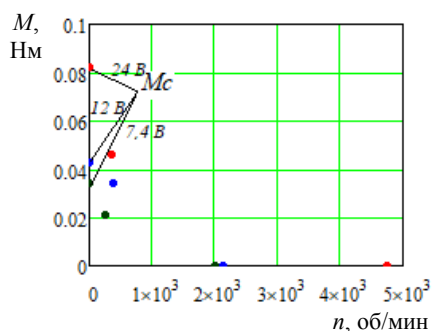


Рис. 15. Опытные данные зависимости $M = f(n)$ для ЭД DC24V на 24, 12, 7,4 В

Fig. 15. Experimental dependence data $M = f(n)$ for EM DC24V with 24, 12, 7.4 V

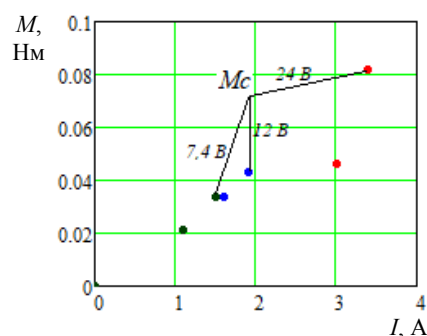


Рис. 16. Опытные данные зависимости $M = f(I)$ для ЭД DC24V на 24, 12, 7,4 В

Fig. 16. Experimental dependence data $M = f(I)$ for EM DC24V with 24, 12, 7.4 V

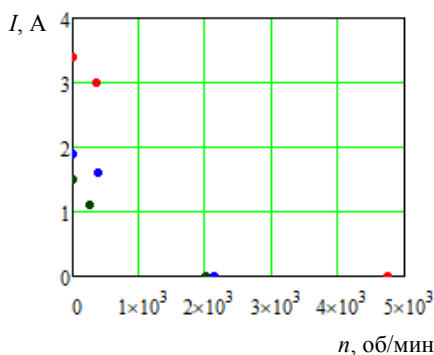


Рис. 17. Опытные данные зависимости $I = f(n)$ для ЭД DC24V на 24, 12, 7,4 В

Fig. 17. Experimental dependence data $I = f(n)$ for EM DC24V with 24, 12, 7.4 V

Чем больше опытных данных, тем более явной становится зависимость.

Для ЭД 500W, HANPOSE 895-360W и HANPOSE 997 статический и динамический моменты не были

определены по необходимым значениям напряжения.

Зависимости масштабов подобия, используемые для анализа электродинамических сил электромотора, представлены на рис. 18–20.

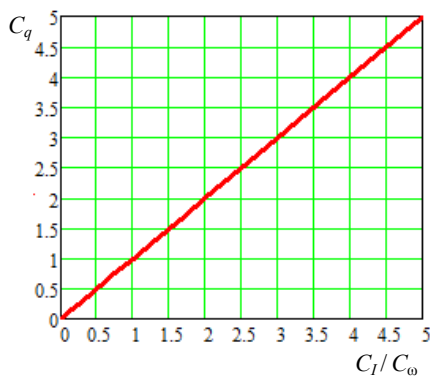


Рис. 18. Линейная зависимость масштабов подобия $C_q = f(C_I/C_\omega)$

Fig. 18. Linear dependence of similarity scales $C_q = f(C_I/C_\omega)$

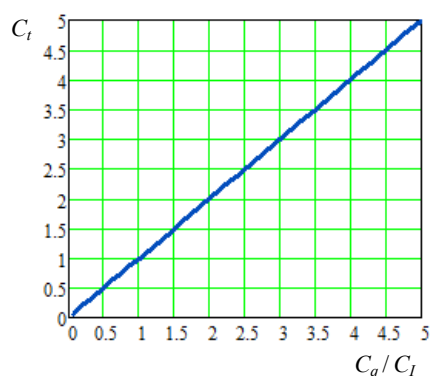


Рис. 19. Линейная зависимость масштабов подобия $C_t = f(C_q/C_I)$

Fig. 19. Linear dependence of similarity scales $C_t = f(C_q/C_I)$

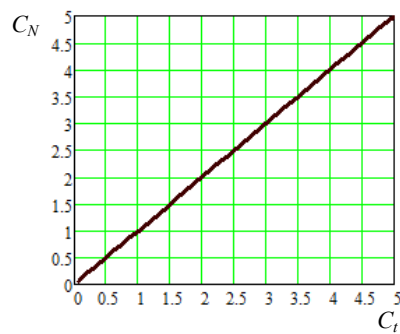


Рис. 20. Линейная зависимость масштабов подобия $C_N = f(C_t)$

Fig. 20. Linear dependence of similarity scales $C_N = f(C_t)$

В дальнейшем требуется проведение аппроксимаций для имеющихся опытных данных с выявлением наименьшей ошибки аппроксимации. Это даст четкую зависимость физических величин, на основании чего можно будет делать различные выводы по электромоторам. Данное исследование необходимо для обоснования механической мощности главного двигателя рыболовного судна при работе на траловом или ином виде промысла. Вспомогательные моторы (промысловые лебедки) также могут быть объектом для исследования.

Закключение

В статье приводятся результаты исследований

крутящего момента электродвигателей постоянного тока для промышленного катамарана. В ходе испытаний исследованы механические и электродинамические характеристики электромоторов. Рассмотрены динамический и статический крутящие моменты, значения которых непосредственно влияют на выходную механическую мощность электродвигателя. По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимостей, дальнейшая обработка которых позволит определить их взаимосвязь. Исследование имеет важное значение для проектирования судов маломерного рыболовного флота.

Список источников

1. Недоступ А. А., Насенков П. В., Коновалова К. В., Сергеев Е. И., Волошин А. А., Анфилофьев Е. А., Афиногенов К. В., Кармашов Т. Б., Терентьева К. А. Экспериментальные исследования тяги модели катера в опытовом бассейне КГТУ для условий буксировки траловых конструкций // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуза, 2024. С. 201–209.
2. Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Коновалова К. В., Волошин А. А., Анфилофьев Е. А., Афиногенов К. В., Кармашов Т. Б., Терентьева К. А. Мультифизическое подобие характеристик катамарана с ЭД и тралового комплекса // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуза, 2024. С. 210–219.
3. Битюцкий И. Б., Музылева И. В. Электрические машины. Двигатель постоянного тока. Курсовое проекти-

- рование: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2022. 168 с.
4. Битюцкий И. Б., Музылева И. В. Электрические машины. Двигатель постоянного тока. Практикум: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2021. 168 с.
5. Кутарев А. М. Проектирование двигателей постоянного тока параллельного возбуждения: учеб. пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. 159 с.
6. Муконин А. К., Романов А. В., Трубецкой В. А. Электрический привод: учеб. пособие. Воронеж: ФГБОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2019. Ч. 1. 166 с.
7. Недоступ А. А., Ражев А. О. Создание правил мультифизического подобия тралового комплекса // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 1. № 1. С. 132–137.
8. Недоступ А. А., Ражев А. О. Критерии мультифизического подобия тралового комплекса // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 1. № 4. С. 237–242.

References

1. Nedostup A. A., Nasenkov P. V., Konovalova K. V., Sergeev E. I., Voloshin A. A., Anfilof'ev E. A., Afinogenov K. V., Karmashov T. B., Terent'eva K. A. Eksperimental'nye issledovaniya tyagi modeli katera v opytovom bassejne KGTU dlya uslovij buksirovki tralovyh konstrukcij [Experimental studies of the thrust of a boat model in the experimental pool of KSTU for towing trawl structures].

- Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii.* Vladivostok, Izd-vo Dal'rybvтуza, 2024. Pp. 201-209.
- Nedostup A. A., Sergeev E. I., Nasenkov P. V., Konovalova K. V., Voloshin A. A., Anfilof'ev E. A., Afinogenov K. V., Karmashov T. B., Terent'eva K. A. Mul'tifizicheskoe podobie

характеристик катарамана с ED и тралового комплекса [The multiphysical similarity of the characteristics of a catamaran with an EM and a trawl complex]. *Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*. Vladivostok, Izd-vo Dal'rybvvtuza, 2024. Pp. 210-219.

3. Bityuckij I. B., Muzyleva I. V. *Elektricheskie mashiny. Dvigatel' postoyannogo toka. Kursovoe proektirovanie: uchebnoe posobie* [Electric cars. A DC motor. Course design: a study guide]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2022. 168 p.

4. Bityuckij I. B., Muzyleva I. V. *Elektricheskie mashiny. Dvigatel' postoyannogo toka. Praktikum: uchebnoe posobie* [Electric cars. The DC motor. Practicum: a training manual]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2021. 168 p.

5. Kutarev A. M. *Proektirovanie dvigatelej postoyannogo toka parallel'nogo vzbuzhdeniya: uchebnoe posobie*

[Design of parallel excitation DC motors: a textbook]. Orenburg, GOU OGU, 2006. 159 p.

6. Mukonin A. K., Romanov A. V., Trubeckoj V. A. *Elektricheskij privod: uchebnoe posobie* [Electric drive: a training manual]. Voronezh, FGBOUVPO «Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet», 2019. Part 1. 166 p.

7. Nedostup A. A., Razhev A. O. Sozdanie pravil mul'tifizicheskogo podobiya tralovogo kompleksa [Creation of rules for the multiphysical similarity of a trawl complex]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2021, vol. 1, no. 1, pp. 132-137.

8. Nedostup A. A., Razhev A. O. Kriterii mul'tifizicheskogo podobiya tralovogo kompleksa [Criteria for the multiphysical similarity of the trawl complex]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2021, vol. 1, no. 4, pp. 237-242.

Статья поступила в редакцию 05.05.2025; одобрена после рецензирования 15.06.2025; принята к публикации 09.02.2026
The article was submitted 05.05.2025; approved after reviewing 15.06.2025; accepted for publication 09.02.2026

Информация об авторах / Information about the authors

Александр Алексеевич Недоступ – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой промышленного рыболовства; Калининградский государственный технический университет; nedostup@klgtu.ru

Артур Александрович Волошин – аспирант кафедры промышленного рыболовства; Калининградский государственный технический университет; arthur.voloshin@yandex.ru

Павел Владимирович Насенков – кандидат технических наук; старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства; Калининградский государственный технический университет; pavel.nasenkov@klgtu.ru

Карина Витальевна Коновалова – кандидат технических наук; ведущий инженер лаборатории кафедры промышленного рыболовства; Калининградский государственный технический университет; karina.konovalova@klgtu.ru

Alexander A. Nedostup – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Commercial Fishery; Kaliningrad State Technical University; nedostup@klgtu.ru

Artur A. Voloshin – Postgraduate Student of the Department of Commercial Fishery; Kaliningrad State Technical University; arthur.voloshin@yandex.ru

Pavel V. Nasenkov – Candidate of Technical Sciences; Senior Lecturer of the Department of Commercial Fishery; Kaliningrad State Technical University; pavel.nasenkov@klgtu.ru

Karina V. Konovalova – Candidate of Technical Sciences; Leading Engineer of the Laboratory of the Department of Commercial Fishery; Kaliningrad State Technical University; karina.konovalova@klgtu.ru

