Научная статья
УДК 639.2.061(06)
DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-97–106

Исследование взаимосвязей технических характеристик промысловых комплексов рыболовных судов от их характеристик

Артем Юрьевич Бабинцев[1], Анатолий Владимирович Суконнов[2]
[1,2]Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[1]artem.babintsev.1996@mail.ru

Аннотация. Рыболовные суда тралового лова для работы с орудиями лова имеют промысловые схемы, в состав которых входят промысловые лебедки и кабельно-сетные барабаны. При проектировании корпусов рыболовных судов пользуются соответствующими методиками. Однако для разработки промысловых схем и комплексов с различными видами лова никаких методик не существует, что приводит к низкому уровню механизации операций и, как следствие, к значительным производительным затратам. По этой причине схемы и комплексы в промышленном рыболовстве зачастую проектируются с завышенными мощностями и массово-габаритными характеристиками. Это обстоятельство в конечном итоге сказывается на рентабельности работы траулеров и стоимости рыбной продукции. В большинстве случаев разработка рыбопромысловых комплексов для траулеров ведется по прототипу с учетом их размеров. В соответствии с вышеизложенным эта работа посвящена установлению связей между энергетическими характеристиками промыслового оборудования и параметрами судна с целью получения исходных данных для разработки методов проектирования комплексов и схем. Чтобы решить данную задачу, был выполнен обзор и анализ промысловых схем рыболовных траулеров с мощностями главных двигателей от 44 до 5300 кВт. Основным фактором проводимого анализа явилось сопоставление приведенных мощностных параметров промысловых лебедок и силовых характеристик рыболовных судов. По результатам исследования аналитическим путем были установлены зависимости мощностных характеристик от мощности силовых установок траулеров. Регрессии представлены в виде графиков и записаны математическими формулами, для которых осуществлена проверка их адекватности. Результаты исследования найдут применение при разработке промысловых комплексов рыболовных судов.

Ключевые слова: траловый комплекс, ваерная лебедка, мощность силовой установки, промысловая схема, зависимость

Для цитирования: Бабинцев А. Ю., Суконнов А. В. Исследование взаимосвязей технических характеристик промысловых комплексов рыболовных судов от их характеристик // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 97–106.

© Бабинцев А. Ю., Суконнов А. В., 2022

Original article

Study of the interconnections of technical features of commercial fishing vessel complexes with the characteristics of trawlers

Artem Yu. Babintsev[1], Anatoliy V. Sukonnov[2]
[1, 2]Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
[1]artem.babintsev.1996@mail.ru

Abstract. Trawl fishing vessels for working with fishing gear have fishing schemes, which include commercial winches and cable-net drums. When designing the hulls of fishing vessels, appropriate techniques are used. In turn, there are no methods to develop fishing schemes and complexes with various types of fishing, which leads to a low level of mechanization of operations and, as a result, to significant production costs. For this reason, schemes and complexes in industrial fishing are often designed with overestimated capacities and mass-dimensional characteristics. This circumstance ultimately affects profitability of trawlers and fish products cost. In most cases, development of fishing complexes for trawlers is carried out according to the prototype, taking into account their size. In accordance with the foregoing, this work is devoted to establishing links between the energy characteristics of fishing equipment and vessel parameters, in order to obtain initial data for the development of methods for designing complexes and schemes. To solve this problem, a review and analysis of fishing schemes for fishing trawlers with main engine powers from 44 kW to 5300 kW has been carried out. The main factor of the analysis was comparison of the given power parameters of fishing winches and power characteristics of fishing vessels. Based on the results of the study, the dependences of the power characteristics on the power of the power plants of the trawlers have been established analytically. Regressions are presented in the form of graphs and written by mathematical formulas, for which their adequacy has been checked. The results of the study will find application in the development of fishing complexes for fishing vessels.

Keywords: trawl complex, wire winch, power of propulsion system, fishing scheme, dependence

For citation: Babintsev A. Yu., Sukonnov A.V. Study of the interconnections of technical features of commercial fishing vessel complexes with the characteristics of trawlers. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (65):97–106. (In Russ).

ВВЕДЕНИЕ

На ранних стадиях проектирования рыболовных судов выполняется поиск оптимальной производительности технологического оборудования. От того, насколько удачно она определена, зависит экономическая эффективность судов в период их эксплуатации [1].

При анализе проектов зарубежных промысловых судов выявляется стремление конструкторов и проектантов увязать набор механизмов и устройств в тесную систему с учетом не только облегчения труда и создания условий для безопасной работы, но и общих требований эргономики и эстетики [2].

Таким образом, наблюдается тенденция к совершенствованию промысловых комплексов, однако методов их проектирования в настоящее время не существует. Тем не менее можно выделить основную цель при их конструировании, которой является оптимизация промысловых схем для конкретных видов лова и насыщение их механизмами с учетом энергетических возможностей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования промысловых схем были взяты различные суда тралового лова с диапазоном от малых рыболовных траулеров (МРТ) до больших автономных траулеров морозильного типа (БАРТМ) [3, 4]. Рассматривалось 60 схем, поделенных на два комплекса: 1) промысловые схемы с траловыми лебедками; 2) промысловые схемы с ваерными лебедками.

Анализ выполнен с помощью пакетов программ Access и Excel статистическим методом [5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для установления закономерностей проводилась оценка значимости таких параметров, как мощность главного двигателя траулера, его грузоподъемность, площадь и водоизмещение, от энергосиловых параметров оборудования.

Чтобы определить приоритет параметров, были рассчитаны: коэффициент детерминации с приемлемым уровнем значимости не менее 50 %; стандартная ошибка, определяющая точность выборочного среднего; значимость модели по критерию Фишера и р-значение, уровень статистической значимости которых не превышает 5 %. Результаты анализа сведены в табл. 1.

Таблица 1. Определение зависимых параметров судна от мощности оборудования
Table 1. Determination of the dependent parameters of the vessel on the power of the equipment

Параметры траулера	Мощность главного двигателя, кВт	Грузоподъемность, т	Площадь палубы, м^2	Водоизмещение, М
R-квадрат, %	71,0			
Стандартная ошибка, %	6,0	27,0	52,0	4,0
Значимость модели по критерию Фишера, %	b 0,0019			
р-значение, %	0,2	30,0	50,0	10,0

Стандартная ошибка между зависимыми параметрами свидетельствует о репрезентативности выборки для генеральной совокупности.

С достаточно высокой достоверностью установлена зависимость мощности промыслового оборудования от мощности главного двигателя судна, что позволяет производить расчетные действия для промысловых схем.

НАХОЖДЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ МОЩНОСТИ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ СУДНА

Определим зависимость выборки, соответствующей промысловым схемам с траловыми лебедками. Данные выборки сведены в табл. 2, 3.

Таблица 2. Данные выборки промысловых схем с траловыми лебедками
Table 2. Sampled data of fishing schemes with trawl winches

Параметры траулера	Линейная зависимость	Экспоненциальная зависимость	Степенная зависимость
Минимальные значения выборки, кВт	9,0; 110,3		
Максимальные значения выборки, кВт	300,0; 2206,5		
Средние значения выборки, кВт	103,6; 784,5		
Сумма квадратов отклонений	2814,3	1232145	25475,5

Таблица 3. Данные выборки промысловых схем с ваерными лебедками
Table 3. Sampled data of fishing schemes with wire winches

Параметры траулера	Линейная зависимость	Экспоненциальная зависимость	Степенная зависимость
Минимальные значения выборки, кВт	7,9; 66,2		
Максимальные значения выборки, кВт	978,0; 3824,7		
Средние значения выборки, кВт	428,5; 1729,7		
Сумма квадратов отклонения	14350,3	95489405,0	1334301,0

Наименьшая сумма квадратов отклонения показывает преобладание линейной зависимости.

График аппроксимирующей функции представлен на рис. 1.

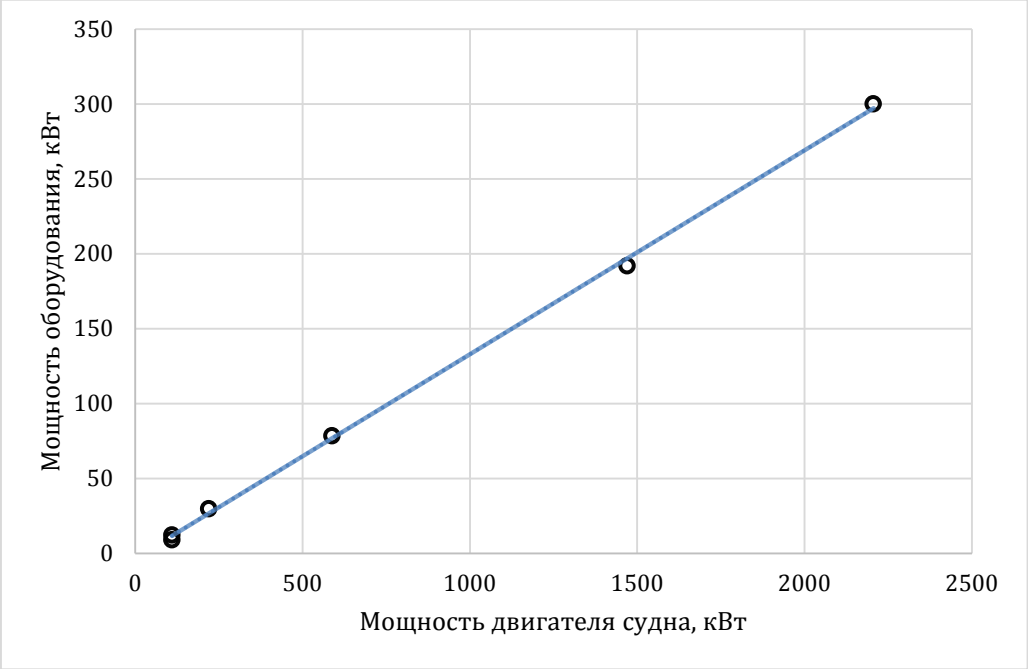

Рис. 1. График аппроксимирующей функции для промысловых схем с траловыми лебедками
Fig. 1. Plot of the approximating function for fishing schemes with trawl winces

Зависимость мощности установочного оборудования судна имеет линейный характер и определяется следующей формулой:

$$\sum N_j = 0{,}14 \cdot N_i - 3{,}29, \quad (1)$$

где $\sum N_j$ – суммарная мощность оборудования на палубе судна; N_i – мощность двигателя судна.

Средняя ошибка аппроксимации при проверке полученной зависимости составила 6,1 %, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. Качество модели характеризуется коэффициентом детерминации R-квадрат, равным 99 %.

Определим зависимость выборки, соответствующей промысловым схемам с ваерными лебедками.

Наименьшая сумма квадратов отклонения показывает преобладание линейной зависимости.

График аппроксимирующей функции представлен на рис. 2.

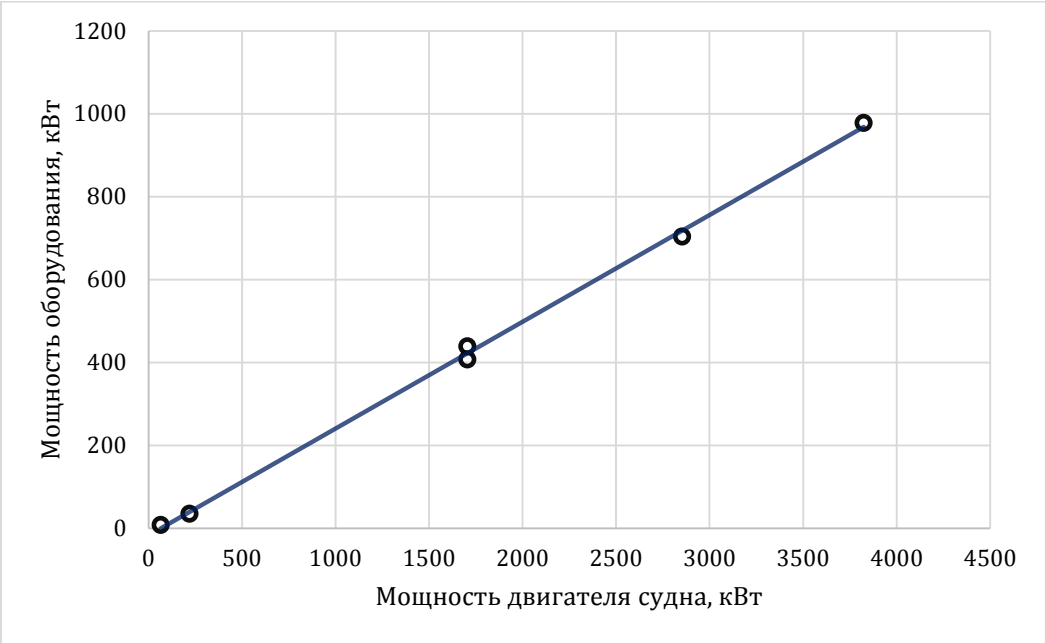

Рис. 2. График аппроксимирующей функции для промысловых схем с ваерными лебедками
Fig. 2. Graph of the approximating function for field schemes with wire winches

Зависимость мощности установочного оборудования судна имеет линейный характер и определяется следующей формулой:

$$\sum N_j = 0{,}26 \cdot N_i - 16{,}77. \quad (2)$$

Средняя ошибка аппроксимации при проверке полученной зависимости составила 6,4 %, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. Ее качество характеризуется коэффициентом детерминации R-квадрат, равным 99 %.

ПРОВЕРКА ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Чтобы проверить полученные зависимости, были выбраны следующие суда: большой морозильно-мучной рыболовный траулер «Лучегорск» (Б1), большой морозильный траулер типа «Кронштадт» (Б2), средний рыболовный траулер морозильный типа «Железный поток» (С1), средний рыболовный траулер морозильного типа «Оболонь» (С2), малый рыболовный траулер типа «Карелия» (М1), рыболовный траулер рефрижераторный «Вымпел» (М2) (рис. 3, 4)

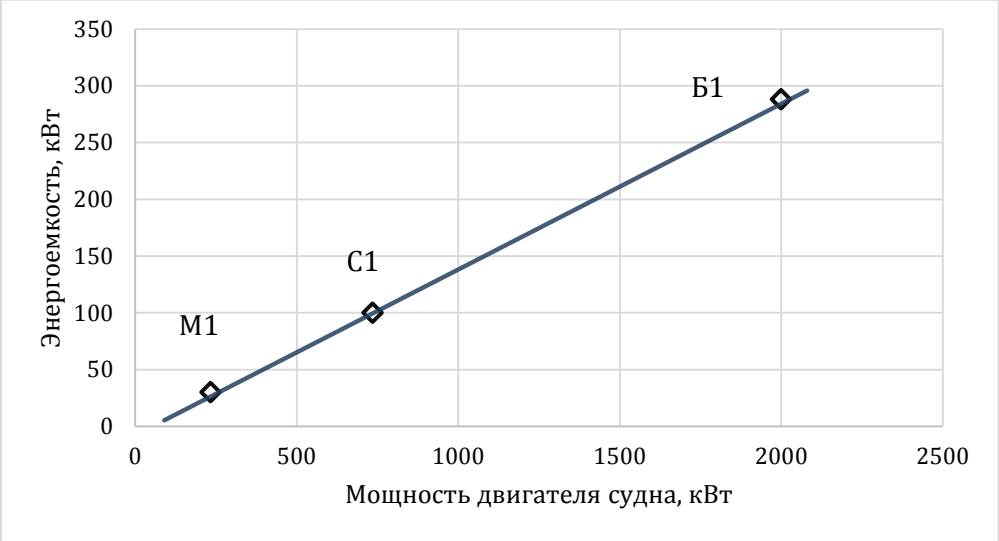

Рис. 3. Диаграмма проверочных данных энергоемкости промышленного оборудования
Fig. 3. Diagram of verification data of industrial equipment energy intensity

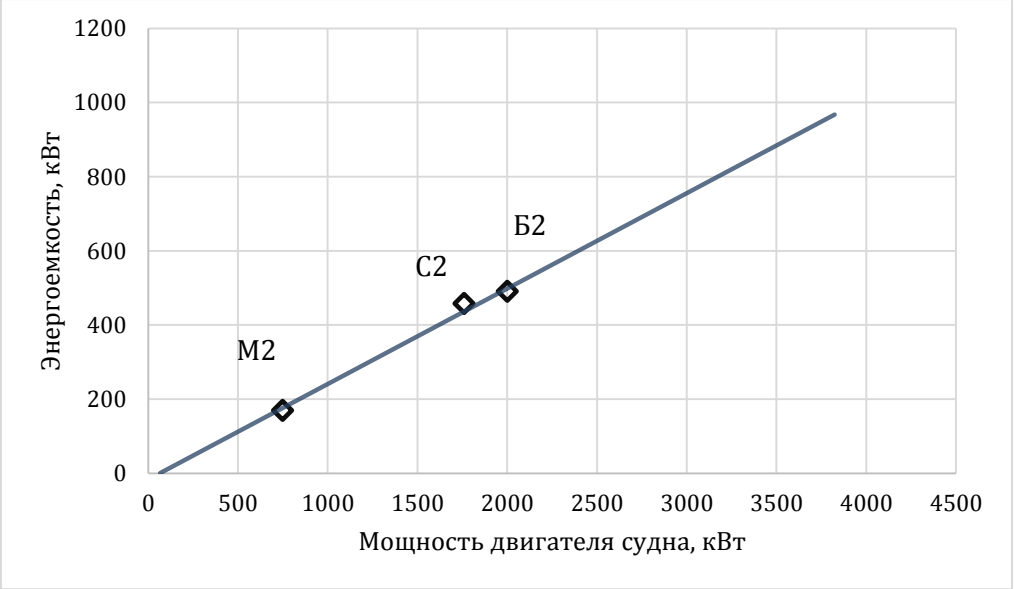

Рис. 4. Диаграмма проверочных данных энергоемкости промышленного оборудования
Fig. 4. Diagram of verification data of energy intensity of industrial equipment

На перечисленных судах применяются промысловые схемы как с траловыми, так и с ваерными комплексами [7].

Подставляя значения мощностей главных двигателей выбранных траулеров в уравнения с траловыми и ваерными комплексами, вычисляем расчетное значение необходимой суммарной мощности, потребной для установки промысловых комплексов на рассматриваемых судах. Полученные результаты сведены в табл. 4, 5.

Таблица 4. Проверочные данные траулеров с траловыми лебедками
Table 4. Verification data for trawlers with trawl winches

Наименования траулеров	Мощность двигателя, кВт	Расчетная мощность оборудования, кВт	Установленная мощность оборудования, кВт
«Лучегорск»	2000,0	276,7	288
«Железный поток»	735,5	99,7	100
«Карелия»	234,3	29,5	30,2

Мощность промыслового комплекса от мощности главного двигателя для выбранных судов с вероятностью 95 % попадает в диапазон границ доверительного интервала. Для энергоемкости промыслового оборудования максимальное отклонение составляет 4 %, что соответствует значению 11,3 кВт.

Таблица 5. Проверочные данные траулеров с ваерными лебедками
Table 5. Verification data for trawlers with wire winches

Наименования траулеров	Мощность двигателя, кВт	Расчетная мощность оборудования, кВт	Установленная мощность оборудования, кВт
«Кронштадт»	2000,0	503,2	490,0
«Оболонь»	1760	440,8	458,0
«Вымпел»	749,5	178,1	169,0

Мощность промыслового комплекса от мощности главного двигателя для выбранных судов с вероятностью 95 % оказывается в диапазоне границ доверительного интервала. Для энергоемкости промыслового оборудования минимальное отклонение от полученной зависимости составляет 0,2 %, максимальное – 3,2 %.

По результатам проверки можно сделать вывод, что расчетные значения у выбранных судов оказываются в интервале значений аппроксимирующих прямых, соответствующих установленным функциональным зависимостям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования были установлены закономерности энергонасыщенности рыбопромыслового оборудования в составе промысловых схем судов от энергоемкости силовых установок. Полученные аналитические зависимости можно использовать при проектировании рыбопромысловых комплексов для различных видов лова. Установленные связи выражены эмпирическими уравнениями регрессии. Результаты проверки свидетельствуют о практической ценности их использования при проектировании промысловых схем для рыболовных судов.

Список источников

1. Бугаев В. Г., Дам Ван Тунг, Бондаренко Ю. В. Оптимизация характеристик и элементов рыболовных судов с учетом случайных факторов их функционирования // Судостроение. 2021. № 46. С 24–25.

2. Крылов Г. Г. Исследования и анализ взаимосвязей основных составляющих промышленного рыболовства: дис. … канд. техн. наук: 05.18.17: утв. 03.14.02. Москва, 2002. 10 с.

3. Флот рыбной промышленности: справочник типовых судов / под ред. А. Б. Антипова. 3-е изд., доп. Москва: Транспорт, 1990. С. 62–131.

4. Розенштейн М. М. Методы оптимизации технических средств рыболовства: монография. Москва: Изд-во Моркнига, 2015. С. 37–50.

5. Коломиец Л. В., Поникарова Н. Ю. Метод наименьших квадратов: монография. Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. С. 4–13.

6. Петров Е. П. Статистический анализ данных: монография. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2018. С. 13–42.

7. Флот рыбной промышленности [Электронный ресурс]. URL: http://soviet-trawler.narod.ru/main_r/list_of_projects_ru.html (дата обращения: 30.08.2021 г.)

References

1. Bugaev V. G., Dam Van Tung, Bondarenko Yu. V. Optimizatsiya kharakteristik i elementov rybolovnykh sudov s uchetom sluchaynykh faktorov ikh funktsionirovaniya [Optimization of characteristics and elements of fishing vessels taking into account random factors of their functioning]. *Sudostroenie*, 2021, no. 46, pp. 24–25.

2. Krylov G. G. *Issledovaniya i analiz vzaimosvyazey osnovnykh sostavlyayushchikh promyshlennogo rybolovstva. Diss. kand. tekhn. nauk* [Research and analysis of the relationship of the main components of industrial fishing. Dis. cand. tech. sci.]. Moscow, 2002, 10 p.

3. Antipova A. B. *Flot rybnoy promyshlennosti: spravochnik tipovykh sudov* [Fishing industry fleet: reference book of typical vessels]. Moscow, Transport Publ., 1990, pp. 62–131.

4. Rozenshtein M. M. *Metody optimizatsii tekhnicheskikh sredstv rybolovstva* [Methods for optimization of technical means of fishing]. Moscow, Morkniga Publ., 2015, pp. 37–50.

5. Kolomiets L. V., *Metod naimen'shikh kvadratov* [Least squares method]. Samara, Samara University Publ., 2017, pp. 4–13.

6. Petrov E. P. *Statisticheskiy analiz dannykh* [Statistical data analysis]. Barnaul, Altai State University Publ., 2018, pp. 13–42.

7. *Flot rybnoy promyshlennosti* [Fishing industry fleet]. Available at: http://soviet-trawler.narod.ru/main_r/list_of_projects_ru.html (Accessed 30 August 2021).

Информация об авторах

А. Ю. Бабинцев – аспирант кафедры промышленного рыболовства
А. В. Суконнов – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыболовства

Information about the authors

A. Yu. Babintsev – graduate student of the Faculty of Commercial Fishing
A. V. Sukonnov – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Commercial Fishing

Статья поступила в редакцию 18.10.2021; одобрена после рецензирования 09.11.2021; принята к публикации 23.03.2022.
The article was submitted 18.10.2021; approved after reviewing 09.11.2021; accepted for publication 23.03.2022.