

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА МАРШРУТАХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ МОРСКИХ ШИРОТ РОССИИ

А.А. Смирнов¹, А.В. Карпычев¹, А.Д. Кондаков¹, С.С. Рудакова¹

¹Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Аннотация

Приведены результаты расчетных исследований основных технико-экономических показателей различных типов судовых энергетических установок, применительно к маршрутам, характерным для северных морских широт России, на примере парогазовой установки бинарного цикла и дизельной установки. Представлен сравнительный анализ эффективности их применения для заданной мощности.

Ключевые слова: мощность, судно, судовая энергетическая установка, парогазовая установка, дизельная установка, привод.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF VARIOUS TYPES OF MARINE POWER PLANTS USED ON ROUTES CHARACTERISTIC OF THE NORTHERN NATURAL AREAS OF RUSSIA

A.A. Smirnov¹, A.V. Karpychev¹, A.D. Kondakov¹, S.S. Rudakova¹

¹Saint-Petersburg State Marine Technical University

Correspondence: smir70@mail.ru

Abstract

The results of computational studies of the main technical and economic indicators of various types of marine power plants are presented, in relation to routes characteristic of the northern sea latitudes of Russia on the example of a binary cycle steam-gas installation and a diesel installation. A comparative analysis of the effectiveness of their application for a given power is presented.

Keywords: power, ship, ship power plant, combined cycle plant, diesel plant, drive.

Введение

В настоящее время необходимость расширения танкерного флота России стала одной из приоритетных задач, во многом определяющих темпы экономического развития ее нефтегазовых отраслей. Одним из важных условий для успешного решения этой стратегической задачи является рациональный выбор типа судовой энергетической установки (СЭУ) для вновь проектируемых судов танкерного флота.

При проектировании СЭУ особое внимание уделяется их технико-экономическим показателям. Для северных морских широт России наличие обледенелости обуславливает соответствующее увеличение мощности СЭУ в сравнении с более теплыми регионами. Тем самым повышается удельный расход топлива и затраты на совершение рейса.

Целью работы является выбор перспективного типа СЭУ для проектируемых танкеров на основании сравнительного анализа установок различных типов. В качестве объектов сравнения

выбраны: широко применяемая в стационарной энергетике парогазовая установка с котлом-утилизатором (ПГУ-КУ), реализующая бинарный цикл, и дизельная установка (ДУ).

Задачами первого этапа исследования являлись: определение основных эксплуатационных параметров ПГУ-КУ и ДУ на заданную мощность и анализ полученных результатов.

Расчет эксплуатационной мощности

На основании результатов исследований, представленных в работе [1], было определено минимальное значение мощности привода, необходимое для обеспечения надежности хода, которое составило 45 000 кВт. Исходные параметры для расчета приняты соответствующими усредненным характеристикам судов, способных работать в условиях обледенелости. Расчет эксплуатационной мощности (N_e) судна осуществлялся по формуле [2]:

$$N_e = \frac{D_c^{2/3} v^3}{c\eta} = \frac{30000^{2/3} \cdot 20,8}{410 \cdot 0,7} = 48587,89 \text{ кВт}, (1)$$

где: D_c – водоизмещение судна, т; v – максимально развиваемая скорость движения судна, узлы; c – коэффициент, зависящий от обводов судна и его главных размеров; η – пропульсивный коэффициент.

Выбор энергетических установок и сравнение их характеристик

В качестве газотурбинной установки (ГТУ) тепловой схемы ПГУ-КУ была выбрана существующая установка WR-21 фирмы Rolls Royce, отличающаяся высокими технико-экономическими характеристиками. Характеристики паротурбинной установки (ПТУ) и котла утилизатора (КУ), обеспечивающие их работоспособность и эксплуатационную надежность, определялись на основании результатов расчетов, выполненных с использованием прошедшего широкую апробацию прикладного программного обеспечения, разработанного сотрудниками кафедры «Судовые турбины и турбинные установки» СПбГМТУ.

В качестве ДУ для сравнения технико-экономических показателей был выбран судовой дизельный малооборотный двигатель S70MC-C8.2 фирмы MAN, основные параметры которого приняты согласно [3].

В результате выполненных расчетов были определены основные характеристики ПГУ. Так как мощности одной судовой ДУ недостаточно для покрытия требуемой мощности СЭУ, было принято решение ввести в ее состав систему из двух ДУ. Для упрощения, дополнительные потери мощности при одновременном использовании двух двигателей S70MC-C8.2 в составе СЭУ не учитывались. Основные характеристики обеих СЭУ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики выбранных СЭУ

Параметр	Размерность	ПГУ	S70MC-C8.2
Мощность	МВт	52,29	52,40
Мощность газовой части (для ПГУ)	МВт	25,20	–
Мощность паровой части (для ПГУ)	МВт	27,09	–
Объем	м ³	310	19

Масса	кг	696	990
Термический КПД	%	57,39	53,671
Расход топлива в единицу времени	кг/час	138	150
Расход топлива на единицу пути	кг/миля	6,64	7,21
Расход воды (для ПГУ)	кг/с	27,48	–
Габариты	мм	17 236×6000×3000	1520×2875×4390

Заключение

На основании полученных результатов можно сформулировать следующие выводы:

1. Массовые расходы топлива обеих схем СЭУ, отнесенные к единице времени, приблизительно одинаковы, так как в расчете ПГУ не учитывались дополнительные потери мощности на вспомогательное оборудование, а в расчете системы из двух ДУ – потери при их сопряжении. При расчете без их учета, массовый расход топлива ПГУ меньше на 8,7 %.

2. Величина определенного по расчетным габаритным размерам объема, занимаемого СЭУ с ПГУ, превышает объем СЭУ с двумя ДУ в 16 раз.

3. Расчетная масса СЭУ с ПГУ меньше массы СЭУ с двумя ДУ на 30 %.

4. При проведении в дальнейшем подобных исследований следует учитывать вопросы эксплуатационной надежности СЭУ, а также затраты на техническое обслуживание и систему водоподготовки (для СЭУ с ПГУ). Также следует рассмотреть возможность использования среднеоборотных ДУ, более перспективных по сравнению с малооборотными ДУ.

5. Расчетный термический КПД СЭУ с ПГУ больше термического КПД СЭУ с двумя ДУ на 6,48 %.

Список использованных источников

1. Смирнов А.А., Карпычев А.В., Кондаков А.Д., Рудакова С.С. Анализ изменения мощности привода судна на маршруте, характерном для северных морских широт России // Неделя науки ГМТУ. – 2022. – № 3-2. – 6 с.
2. Ребров Б.В. Судовые газотурбинные установки. Б.В. Ребров – Ленинград: Изд-во Судпромгиз – 1961. – 237 с.
3. MAN B&W S70MC-C8.2 – Инструкция по эксплуатации. – 2014. – URL: https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/printed/S70MC-C8_2.pdf.

References

1. Smirnov A.A., Karpuchev A.V., Kondakov A.D., Rudakova S.S. Analys izmeneniya moshnosti privoda sudna na marshrute, haracternom dlia severnih morskikh shirot Rossii [Analysis of the efficiency of various types of marine power plants used on routes characteristic of the northern natural areas of Russia]. Week of science SMTU. – 2022 – № 3-2. – 6 p. (In Russ.).
2. Rebrov B.V. Sudovie gasoturbinnie ustanovki [Ship power plants] – Leningrag: Publishing of Sudpromgiz – 1961. – 237 p. (In Russ.).

3. MAN B&W S70MC-C8.2 – Instrukciya po ekspluatatsii [Project Guide] – 2014 – URL: https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/printed/S70MC-C8_2.pdf.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смирнов Александр Анатольевич, к.т.н, доцент, СПбГМТУ, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, e-mail: smir70@mail.ru, AuthorID: 742970.

Карпычев Александр Витальевич, техник, СПбГМТУ, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, e-mail: sokolovaxe@gmail.com, AuthorID: 1144523.

Кондаков Алексей Дмитриевич, техник, АО «НПО ЦКТИ», 191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, 3/6, e-mail: aleksej.kondakov.01@mail.ru, AuthorID: 69200.

Рудакова София Святославна, e-mail: sonya.rudakova99@gmail.com, AuthorID: 1146497.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Smirnov Alexander Anatolyevich, Ph.D., associate professor, St. Petersburg State Marine Technical University, Lotsmanskaya, 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, e-mail: smir70@mail.ru, AuthorID: 742970.

Karpychev Alexander Vitalyevich, technician, St. Petersburg State Marine Technical University, Lotsmanskaya, 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, e-mail: sokolovaxe@gmail.com, AuthorID: 1144523.

Kondakov Alexey Dmitrievich, technician, ЦКТИ, Atamanskaia, 3/6, St. Petersburg, 191167, Russian Federation e-mail: aleksej.kondakov.01@mail.ru, AuthorID: 69200.

Rudakova Sofia Sviatoslavovna, St. Petersburg State Marine Technical University, Lotsmanskaya, 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, e-mail: sonya.rudakova99@gmail.com, AuthorID: 1146497.