Федеральное агентство морского и речного транспорта

Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского

А. Л. Чемодаков

РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ТОПЛИВО И МАСЛО ЗА РЕЙС

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано научно-методическим советом
Морского государственного университета
для студентов, обучающихся по направлению
23.03.01 «Технология транспортных процессов»,
и курсантов, обучающихся по направлению
26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования
и средств автоматики»

Владивосток
2019

УДК 629.5.03 (075.8)
Ч42

Ч42 **Чемодаков, А. Л.** Расчет затрат на топливо и масло за рейс [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. Л. Чемодаков. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2019. – 21 с.

Изложена методика выполнения расчета, позволяющего получить приблизительную оценку эффективности перевозки груза морским транспортом, на основании определения затрат на топливо и масла, выбрать скорость и маршрут перевозки, подобрать судно с эффективным оборудованием энергетической установки, оценить снижение затрат благодаря применению различных схем утилизации тепла.

Предназначено для практических занятий и расчетных работ студентов по дисциплине «Транспортная энергетика», обучающихся по образовательной программе подготовки бакалавров по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» очного и заочного обучения, а также и курсантов, обучающихся по направлению 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

Может быть использовано учащимися других специальностей, изучающими судовые энергетические установки.

Ил. 2, библиогр. 2 назв., 21 с.

УДК 629.5.03 (075.8)

Рецензент
О. В. Осипов, кандидат технических наук, профессор,
МГУ им. адм. Г. И. Невельского.

© Чемодаков А. Л., текст, 2019
© Морской государственный университет
им. адм. Г. И. Невельского, издание, 2019

Оглавление

Введение 4
Основные теоретические положения 5
Расчет расхода топлива, смазочного масла и затрат на них за рейс 9
Использованные источники 14
Приложение. Данные для расчета 15

Введение

Современная система образования предполагает сокращение аудиторной нагрузки учащихся и увеличение объема часов на самостоятельную работу. В связи с эти возрастает значимость текущего контроля знаний, в том числе с использованием письменных работ, рефератов, презентаций, домашних работ.

В пособии изложена методика выполнения расчета, позволяющего получить приблизительную оценку эффективности перевозки груза морским транспортом на основании определения затрат на топливо и масла, выбрать скорость и маршрут перевозки, подобрать судно с эффективным оборудованием энергетической установки, оценить снижение затрат благодаря применению различных схем утилизации тепла.

Пособие также может быть использовано студентами и курсантами, обучающимися по другим специальностям, изучающими судовые энергетические установки.

Учебно-методическое пособие предназначено для практических занятий и расчетных работ студентов по дисциплине «Транспортная энергетика», обучающихся по образовательной программе подготовки бакалавров по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» очного и заочного обучения.

Основные теоретические положения

Морские перевозки являются одним из самых экономичных и востребованных видов транспортировки в масштабах планеты. Преимуществами морских грузоперевозок являются:

– низкая себестоимость перевозок по сравнению с другими видами транспортировки (кроме трубопроводного);
– возможность перевозки больших объемов грузовых партий;
– неограниченность пропускной способности морских путей;
– незаменимость из-за особенностей географического положения многих государств.

Основной составляющей стоимости перевозки груза на судне являются эксплуатационные расходы, которые, в первую очередь, определяются затратами на топлива и масла, потребляемые энергетической установкой (ЭУ) судна.

Расход топлива и масла зависит от большого количества факторов как конструктивных, так и эксплуатационных. Рассмотрим основные из них.

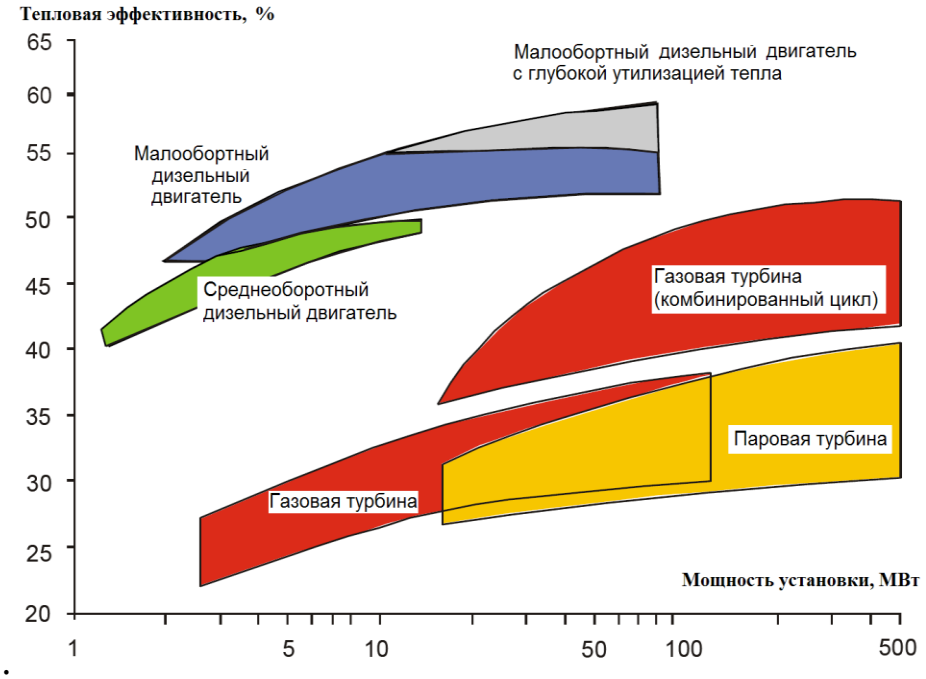

Рис. 1 Тепловая эффективность судовых главных двигателей [1]

Тип и конструкция главного двигателя. Наибольшую тепловую эффективность, а значит, наименьший расход топлива, имеют двухтактные малооборотные дизельные двигатели (рис. 1). На втором месте стоят среднеоборотные двигатели. Еще менее экономичны энергетические установки

с газовыми и паровыми турбинами. Разница между первыми и последними может достигать 20 %.

Также важно, насколько современен двигатель. Удельный эффективный расход топлива современного малооборотного двигатели составляет 0,165 – 0,170 кг/кВт ч. У старых моделей (20-летней давности и более) удельный расход топлива приближается к 0,190 кг/кВт ч.

Состав судовой электростанции. Наиболее распространенным источником электроэнергии на судне являются дизель-генераторы, приводом в них являются средне- и высокооборотные дизельные двигатели. Снижение расхода топлива может быть достигнуто благодаря использованию валогенератора (ВГ) или утилизационного турбогенератора (УТГ) для выработки электроэнергии на ходу судна. Приводом ВГ служит главный двигатель, имеющий более высокий КПД и, соответственно, меньший расход топлива, чем дизель-генераторы. УТГ приводятся паровой турбиной, работающей на паре, полученном в утилизационном котле. В этом случае расход топлива на выработку электроэнергии полностью отсутствует.

При использовании дизель-генераторов затраты зависят от вида топлива, на котором они могут работать. Использование тяжелого топлива выгоднее, чем дизельного в силу значительной разницы в их стоимости.

Утилизация тепла. В двигателях внутреннего сгорания в полезную работу превращается меньше половины тепловой энергии, получаемой при сгорании топлива. Остальная часть теряется с выхлопными газами (до 30 %), охлаждающей жидкостью (10-15 %) и в виде излучения в окружающую среду. Для уменьшения этих потерь на судах устанавливают системы и устройства утилизации тепла. Повсеместно применяются газотурбонагнетатели, использующие энергию выхлопных газов для наддува двигателей, и утилизационные котлы, вырабатывающие пар за счет тепла выхлопных газов

При использовании дизель-генераторов затраты зависят от вида топлива, на котором они могут работать. Использование тяжелого топлива выгоднее, чем дизельного в силу значительной разницы в их стоимости.

Утилизация тепла. В двигателях внутреннего сгорания в полезную работу превращается меньше половины тепловой энергии, получаемой при сгорании топлива. Остальная часть теряется с выхлопными газами (до 30 %), охлаждающей жидкостью (10-15%) и в виде излучения в окружающую среду. Для уменьшения этих потерь на судах устанавливают системы и устройства утилизации тепла. Повсеместно применяются газотурбонагнетатели, использующие

энергию выхлопных газов для наддува двигателей, и утилизационные котлы, вырабатывающие пар за счет тепла выхлопных газов.

В СЭУ с главными двигателями средней и большой мощности (более 8000–10 000 кВт) применяются системы (схемы) глубокой утилизации тепла. В них, помимо вышеназванных устройств, используются газотурбогенераторы (источники электроэнергии с приводящей газовой турбиной, работающей на выхлопных газах), силовые газовые турбины, вырабатывающие дополнительный крутящий момент для винта, утилизационные турбогенераторы, подогреватели различных сред, применяемых в СЭУ и т. д.

Утилизация тепла также повышает эффективность энергоустановок с паровой или газовой турбиной в качестве главного двигателя (рис. 1).

Скорость хода. Для водоизмещающих судов зависимость необходимой мощности главного двигателя и, соответственно, расхода топлива от скорости судна кубическая. Снижение скорости движения судна значительно уменьшает расход топлива, несмотря на увеличение времени перехода. Для судов торгового флота оптимальным считается диапазон скорости 12–14 узлов.

Маршрут рейса. Здесь влияние однозначно. Чем протяженнее маршрут, тем дольше переход, больше расход топлива, масла и затраты на них. Помимо этого имеет значение, где проходит маршрут. В настоящее время имеется ряд районов (в основном прибрежных), где ужесточены нормативы допустимых выбросов вредных газов в атмосферу (экономические зоны Европейского союза, США). В этих районах можно использовать только низкосернистые сорта топлива, имеющие более высокую стоимость, чем обычные. В ближайшей перспективе число и размеры этих районов будут увеличиваться. Поэтому затраты на топливо могут значительно различаться в зависимости от того, проходит ли путь через такие районы или нет, а также времени нахождения судна в таких местах.

Другие факторы (состояние корпуса, конструкция носовой оконечности, место бункеровки, время года, способы грузообработки и т. д.) менее значительны, но их суммарное действие может также оказать существенное влияние на затраты.

Оценить влияние всех вышеперечисленных факторов можно с помощью приближенного расчета расходов топлива и масла за рейс.

Для его выполнения необходимо сначала разбить рейс на этапы, отличающиеся используемым оборудованием и топливами, и определить их предполагаемую продолжительность. Обычно выделяют следующие этапы:

– грузовые операции (погрузка/разгрузка);
– маневрирование в порту или опасных районах;
– движение в районах с повышенными экологическими требованиями (прибрежные воды некоторых стран, арктические районы, заповедники и т. д.);
– переход.

Далее нужно определить состав оборудования, используемого на каждом из этапов, их удельные или часовые расходы топлива, виды и сорта используемого топлива и масла и их стоимость (см. п. 5 и п. 6 расчета). На основании этих данных определяем расходы каждого вида топлива и масел для соответствующих этапов. После их суммирования получаем расходы топлива и масел за рейс, а умножив их на стоимость – затраты на топливо и масла за рейс.

Расчет расхода топлива, смазочного масла и затрат на них за рейс

Этапы рейса (рис. 2):

– грузовые операции (погрузка) – $T_{го1}$;
– маневрирование в порту погрузки – $T_{м1}$;
– движение в прибрежных водах порта погрузки – $T_{пв1}$;
– переход – $T_{п}$;
– движение в прибрежных водах порта разгрузки – $T_{пв2}$;
– маневрирование в порту разгрузки – $T_{м2}$;
– грузовые операции (разгрузка) – $T_{го2}$.

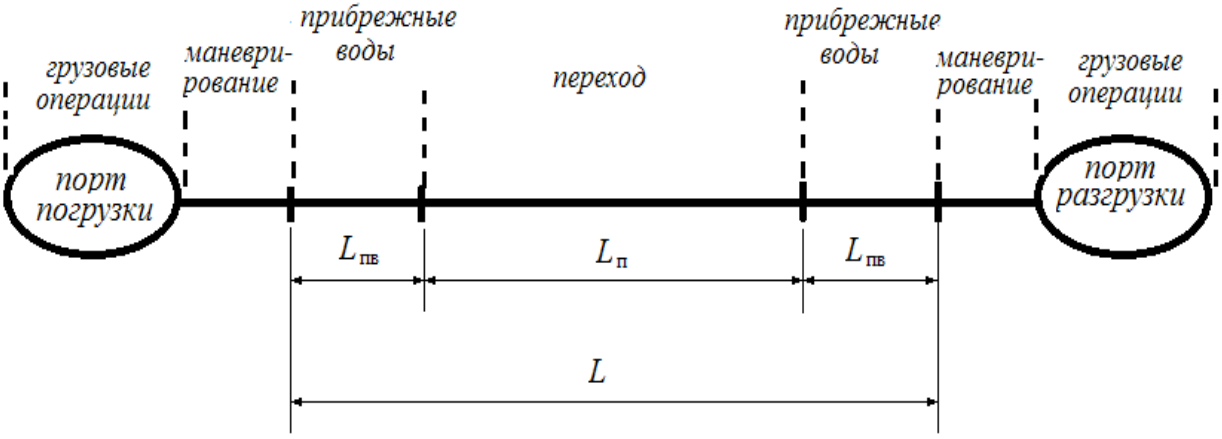

Рис. 2. Этапы рейса

Для упрощения расчета принимаем следующие допущения:

$$T_{го1} = T_{го2} = T_{го};$$

$$T_{м1} = T_{м2} = T_{м};$$

$$T_{пв1} = T_{пв2} = T_{пв}.$$

1. Расстояние между прибрежными водами портов погрузки и разгрузки (рис. 2), мили

$$L_{п} = L - 2L_{пв}, \qquad (1)$$

где L – расстояние между портами, мили;

$L_{пв}$ – расстояние, пройденное в прибрежных водах, мили.

2. Время перехода, ч

$$T_{\text{п}} = \frac{L_{\text{п}}}{V_{\text{уз}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{уз}}$ – скорость судна, узлы.

3. Время движения в прибрежных водах, ч

$$T_{\text{пв}} = \frac{L_{\text{пв}}}{V_{\text{уз}}}. \quad (3)$$

Продолжительность остальных этапов ($T_{\text{го}}$, $T_{\text{м}}$, $T_{\text{пв}}$) задана (см. исходные данные). Однако для использования в расчетах время этапов, данное в сутках, необходимо перевести в часы.

4. Используемое топливо и масла. Главный двигатель и дизель-генераторы используют один вид топлива. Во время грузовых операций, маневрирования, движения в прибрежных водах Европы и США можно применять только низкосернистые сорта дизельного топлива (DMA, DMX), при переходе – высоковязкие (тяжелые) сорта топлива, например IFO 380.

Циркуляционное смазочное масло необходимо для ГД и ДГ, цилиндровое масло – только для ГД.

5. Устройства, потребляющие топливо, по этапам рейса.

Грузовые операции:

– два дизельгенератора (ДГ), если грузовые операции выполняются судовыми устройствами; один ДГ, если грузовые операции выполняются береговыми средствами;
– паровой вспомогательный котел (ПК).

Топливо для всех – низкосернистое дизельное.

Маневрирование в порту:

– главный двигатель (ГД);
– два ДГ;
– ПК.

Топливо для всех устройств – низкосернистое дизельное.

Прибрежные воды:

– ГД,
– один ДГ или валогенератор (ВГ), или утилизационный турбогенератор (УТГ) в зависимости от состава судовой электростанции (см. исходные данные).

Топливо для ДГ – низкосернистое дизельное, ВГ и УТГ топливо не используют.

Переход:

– ГД,
– один ДГ, или ВГ, или УТГ, в зависимости от состава судовой электростанции.

Топливо для ДГ – тяжелое, ВГ и УТГ топливо не используют.

6. Мощность, развиваемая главным двигателем при движении в прибрежных водах и переходе, кВт [2]

$$N_{\text{гд}} = \frac{N_{\text{б}}}{\eta_{\text{в}}}, \tag{4}$$

где $N_{\text{б}} = R_{\text{б}} V_{\text{м/с}}$ – буксировочная мощность, кВт;

$R_{\text{б}} = c V_{\text{м/с}}^2$ – буксировочное сопротивление, Н;

$V_{\text{м/с}}$ =0,512$V_{\text{уз}}$ – скорость судна в м/с;

$\eta_в$ = 0,7 – КПД винта;

c – коэффициент сопротивления корпуса.

На этапе маневрирования скорость судна и, соответственно, мощность ГД могут меняться в большом диапазоне (из-за переменных ходов). Поэтому для упрощения расчетов принимаем допущение: мощность ГД на этапе маневрирования равна половине от определенной выше (уравнение [4]).

7. Расходы топлива по этапам рейса.

7.1. Расход топлива при грузовых операциях, т

$$G^{\text{го}} = G_{\text{пк}}^{\text{го}} + nG_{\text{дг}}^{\text{го}}, \tag{5}$$

где $G_{\text{пк}}^{\text{го}} = B_{\text{пк}} T_{\text{го}} 24/1000$ – расход топлива на ПК, т;

$G_{\text{дг}}^{\text{го}} = g_{\text{е}}^{\text{дг}} N_{\text{дг}} T_{\text{го}} 24/1000$ – расход топлива на ДГ, т;

$B_{\text{пк}}$ – часовой расход топлива на ПК, кг/ч;

$g_{\text{е}}^{\text{дг}}$ – удельный эффективный расход топлива ДГ, кг/(кВт ч);

$T_{\text{го}}$ – время этапа грузовых операций, ч;

n – число работающих на этом этапе ДГ.

7.2. Расход топлива на этапе маневрирования, т

$$G^{\text{м}} = G_{\text{пк}}^{\text{м}} + nG_{\text{дг}}^{\text{м}} + G_{\text{гд}}^{\text{м}}, \tag{6}$$

где $G_{\text{пк}}^{\text{м}} = B_{\text{пк}} T_{\text{м}}/1000$ – расход топлива на ПК, т;

$G_{\text{дг}}^{\text{м}} = g_{\text{е}}^{\text{дг}} N_{\text{дг}} T_{\text{м}}/1000$ – расход топлива на ДГ, т;

$T_{\text{м}}$ – время этапа маневрирования, ч;

$G_{\text{гд}}^{\text{м}} = g_{\text{е}}^{\text{гд}} N_{\text{гд}} 0{,}5 T_{\text{м}}/1000$ – расход топлива на ГД, т;

$g_{\text{е}}^{\text{гд}}$ – удельный эффективный расход топлива ГД, кг/(кВт ч);

n – число работающих на этом этапе ДГ.

7.3. Расход топлива при движении в прибрежных водах (если в составе судовой электростанции нет ВГ или УТГ), т

$$G^{\text{пв}} = G_{\text{гд}}^{\text{пв}} + G_{\text{дг}}^{\text{пв}}\,, \tag{7}$$

где $G_{\text{дг}}^{\text{пв}} = g_{\text{е}}^{\text{дг}} N_{\text{дг}} T_{\text{пв}}/1000$ – расход топлива на ДГ, т;

$T_{\text{пв}}$ – время этапа движения в прибрежных водах, ч;

$G_{\text{гд}}^{\text{пв}} = g_{\text{е}}^{\text{гд}} N_{\text{гд}} T_{\text{пв}}/1000$ – расход топлива на ГД, т;

$g_{\text{е}}^{\text{гд}}$ – удельный эффективный расход топлива ГД, кг/(кВт ч).

Если в состав электростанции входит ВГ, то мощность ГД необходимо увеличить на 300 кВт (мощность ВГ), и расход топлива на этом этапе будет равен

$$G^{\text{пв}} = G_{\text{гд}}^{\text{пв}} = g_{\text{е}}^{\text{гд}}(N_{\text{гд}} + 300) T_{\text{пв}}/1000. \tag{8}$$

При наличии УТГ, расход топлива составит

$$G^{\text{пв}} = G_{\text{гд}}^{\text{пв}} = g_{\text{е}}^{\text{гд}} N_{\text{гд}} T_{\text{пв}}/1000. \tag{9}$$

7.4. Расход топлива на переходе.

Расход топлива на переходе $G^{\text{п}}$ определяем аналогично расходу топлива в прибрежных водах (п. 8.3), только вместо $T_{\text{пв}}$ в уравнения подставляем $T_{\text{п}}$ – время перехода.

8. Расход смазочного масла по этапам рейса.

8.1. Расход смазочного масла на этапе грузовых операций, т

$$G_{\text{см}}^{\text{го}} = nG_{\text{смдг}}^{\text{го}} = n\, g_{\text{см}} N_{\text{дг}} T_{\text{го}} 24/1000\,, \tag{10}$$

где $g_{\text{см}}$ – удельный расход смазочного масла на ДГ, кг/(кВт ч).

8.2. Расход циркуляционного смазочного масла при маневрировании, т

$$G_{\text{см}}^{\text{м}} = nG_{\text{смдг}}^{\text{м}} + G_{\text{смгд}}^{\text{м}}, \tag{11}$$

где $G_{\text{смдг}}^{\text{м}} = g_{\text{см}} N_{\text{дг}} T_{\text{м}}/1000$ – расход циркуляционного смазочного масла на ДГ при маневрировании, т;

$G_{\text{смгд}}^{\text{м}} = g_{\text{см}} N_{\text{гд}} 0{,}5 T_{\text{м}}/1000$ – расход циркуляционного смазочного масла на ГД при маневрировании, т.

8.3. Расход циркуляционного смазочного масла при движении в прибрежных водах (если в составе судовой электростанции нет ВГ или УТГ), т

$$G_{\text{см}}^{\text{пв}} = G_{\text{смгд}}^{\text{пв}} + G_{\text{смдг}}^{\text{пв}}\,, \tag{12}$$

где $G_{\text{смдг}}^{\text{пв}} = g_{\text{см}} N_{\text{дг}} T_{\text{пв}}/1000$ – расход циркуляционного смазочного масла на ДГ, т;

$T_{\text{пв}}$ – время этапа движения в прибрежных водах, ч;

$G_{\text{смгд}}^{\text{пв}} = g_{\text{см}} N_{\text{гд}} T_{\text{пв}}/1000$ – расход циркуляционного смазочного масла на ГД, т.

Если в состав электростанции входит ВГ, мощность ГД необходимо увеличить на 300 кВт (мощность ВГ), и расход циркуляционного смазочного масла на этом этапе будет равен

$$G_{\text{см}}^{\text{пв}} = G_{\text{смгд}}^{\text{пв}} = g_{\text{см}}(N_{\text{гд}} + 300)T_{\text{пв}}/1000. \quad (13)$$

При наличии УТГ, расход циркуляционного смазочного масла определится как

$$G_{\text{см}}^{\text{пв}} = G_{\text{смгд}}^{\text{пв}} = g_{\text{см}} N_{\text{гд}} T_{\text{пв}}/1000. \quad (14)$$

8.4. Расход циркуляционного смазочного масла за время перехода.

Расход циркуляционного смазочного масла за время перехода $G_{\text{см}}^{\text{п}}$ определяем аналогично расходу смазочного масла в прибрежных водах (п. 9.3), только вместо $T_{\text{пв}}$ в уравнения подставляем $T_{\text{п}}$ – время перехода.

9. Расход цилиндрового масла. Цилиндровое масло используется только главным двигателем, поэтому его расход определяют только на этапах движения судна: маневрирование, движение в прибрежных водах, переход.

9.1. Расход цилиндрового масла на этапе маневров, т

$$G_{\text{ц.м}}^{\text{м}} = g_{\text{цм}} N_{\text{гд}} 0{,}5 T_{\text{м}}/1000, \quad (15)$$

где $g_{\text{цм}}$ – удельный расход цилиндрового масла, кг/(кВт ч).

9.2. Расход цилиндрового масла при движении в прибрежных водах (если в составе судовой электростанции нет ВГ), т

$$G_{\text{цм}}^{\text{пв}} = g_{\text{цм}} N_{\text{гд}} T_{\text{пв}}/1000. \quad (16)$$

Если в состав электростанции входит ВГ, то расход цилиндрового масла на этом этапе равен (мощность ГД увеличиваем на 300 кВт – мощность ВГ)

$$G_{\text{цм}}^{\text{пв}} = g_{\text{цм}}(N_{\text{гд}} + 300)T_{\text{пв}}/1000. \quad (17)$$

9.3. Расход цилиндрового масла за время перехода $G_{\text{цм}}^{\text{п}}$ определяем аналогично расходу цилиндрового масла в прибрежных водах (п. 10.2), только вместо $T_{\text{пв}}$ в уравнения подставляем $T_{\text{п}}$ – время перехода.

10. Суммарные расходы топлив и масел за рейс, т:

– тяжелого топлива

$$G_{\text{тт}} = G^{\text{п}}; \quad (18)$$

– низкосернистого дизельного топлива

$$G_{\text{дт}} = 2G^{\text{го}} + 2G^{\text{м}} + 2G^{\text{пв}}; \quad (19)$$

– смазочного масла

$$G_{\text{см}} = 2G_{\text{см}}^{\text{го}} + 2G_{\text{см}}^{\text{м}} + 2G_{\text{см}}^{\text{пв}} + G_{\text{см}}^{\text{п}}; \quad (20)$$

– цилиндрового масла

$$G_{\text{цм}} = 2G_{\text{ц.м}}^{\text{м}} + 2G_{\text{цм}}^{\text{пв}} + G_{\text{цм}}^{\text{п}}. \quad (21)$$

Если допущения, указанные в п.1, не применять, то расходы топлива и масла на этапах грузовых операций, маневрирования и движения в прибрежных водах считают отдельно для портов погрузки и разгрузки и, соответственно, подставляют в выражения [19], [20], [21] вместо удвоенных значений расходов топлива и масел для этих этапов.

11. Затраты на топлива и масла за рейс, руб.

$$R_{\text{р}} = C_{\text{тт}}G_{\text{тт}} + C_{\text{дт}}G_{\text{дт}} + C_{\text{см}}\,G_{\text{см}} + C_{\text{цм}}G_{\text{цм}}, \quad (22)$$

где $C_{\text{тт}}$ – стоимость тяжелого топлива, руб/т;

$C_{\text{дт}}$ – стоимость низкосернистого дизельного топлива, руб/т;

$C_{\text{см}}$ – стоимость смазочного масла, руб/т;

$C_{\text{цм}}$ – стоимость цилиндрового масла, руб/т.

Данный расчет может быть использован как основа для сравнительной оценки влияния на затраты скорости движения судна, продолжительности этапов рейса, сортов топлива и масла, эффективности применения устройств утилизации тепловых потерь СЭУ и т. д.

Использованные источники

1. Kjeld Aabo Alternative brandstoffer og rogrensning // South America Seminars. – MAN Diesel, 2009.
2. Емельянов Н. Ф. Ходкость судов флота рыбной промышленности с ВРШ: учеб. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. – 105 с.

Приложение

Данные для расчета

Таблица 1

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Водоизмещение, т	20000	40000	60000	80000	100000	120000	20000	40000	60000
Коэффициент сопротивления, С	12	15	16	20	22	23	12	15	16
Расстояние до порта, L, тыс. миль	2	3	4	5	6	7	8	7	6
Расстояние в прибрежных водах, $L_{ПВ}$, миль	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Время грузовых операций, $T_{ГО}$, сут.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Время маневров, $T_М$, ч	2	3	4	5	2	3	4	5	2
Удельный расход топлива ГД, $g_{гд}$, кг/кВт ч	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,160	0,165	0,170	0,175
Удельный расход топлива ДГ, $g_{дг,}$ кг/кВт ч	0,195	0,2	0,205	0,210	0,190	0,185	0,195	0,2	0,205
Удельный расход цил. масла, $g_{цм}$, г/кВт ч	1	2	0,5	0,6	0,7	1	1,1	1,2	2
Состав электростанции	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ
Мощность дизель-генератора, $N_{ДГ}$, кВт	400	450	500	600	500	700	400	500	600
Часовой расход топлива на ПК, $B_{ПК}$, кг/ч	200	210	230	300	350	350	200	210	220
Удельный расход см. масла, $g_{см}$, г/кВтч	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6

Таблица 2

Вариант	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Водоизмещение, т	20000	40000	60000	80000	100000	120000	20000	40000	60000
Коэффициент сопротивления, С	12	15	16	20	22	23	13	16	17
Расстояние до порта, L, тыс. миль	5,5	6,5	4	4,5	4	5	3	6	7,5
Расстояние в прибрежных водах LПВ, миль	80	60	40	35	30	50	25	70	20
Время грузовых операций, ТГО, сут.	3	4	4	2	3	4	2	3	5
Время маневров ТМ, ч	3	1	4	5	2	4	3	2	5
Удельный расход топлива ГД, gгд, кг/кВт ч	0,180	0,165	0,170	0,175	0,165	0,160	0,165	0,170	0,175
Удельный расход топлива ДГ, gдг, кг/кВт ч	0,195	0,2	0,205	0,210	0,190	0,185	0,195	0,2	0,205
Удельный расход цил. масла, gцм, г/кВт ч	1,1	2	0,5	0,7	0,6	2	1	1,2	1
Состав электростанции	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ
Мощность дизель-генератора, NДГ, кВт	400	450	500	500	600	700	400	600	500
Часовой расход топлива на ПК, ВПК, кг/ч	200	210	230	350	300	350	210	200	220
Удельный расход см. масла, gсм, г/кВтч	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9	0,6	0,9

Таблица 3

Вариант	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
Водоизмещение, т.	20000	40000	60000	80000	100000	120000	20000	40000	60000
Коэффициент сопротивления, С	11	15	18	20	21	22	12	15	17
Расстояние до порта L, тыс. миль	2,5	3	5	6	6	4,5	5,5	3,2	4,2
Расстояние в прибрежных водах, $L_{ПВ}$, миль	20	35	30	25	50	40	60	10	80
Время грузовых операций, $T_{ГО}$, сут.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Время маневров, $T_М$, ч	2	3	4	5	2	3	4	5	2
Удельный расход топлива ГД, $g_{гд}$, кг/кВт ч	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,160	0,165	0,170	0,175
Удельный расход топлива ДГ, $g_{дг}$, кг/кВт ч	0,195	0,2	0,205	0,210	0,190	0,185	0,195	0,2	0,205
Удельный расход цил. масла, $g_{цм}$, г/кВт ч	1	2	0,5	0,6	0,7	1	1,1	1,2	2
Состав электростанции	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ
Мощность дизель-генератора, $N_{ДГ}$, кВт	400	450	500	600	500	700	400	500	600
Часовой расход топлива на ПК, $B_{ПК}$, кг/ч	200	210	230	300	350	350	200	210	220
Удельный расход см. масла, $g_{см}$, г/кВтч	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6

Таблица 4

Вариант	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**
Водоизмещение, т.	20000	40000	60000	80000	100000	120000	20000	40000	60000
Коэффициент сопротивления, С	11	14	18	19	20	21	12	15	17
Расстояние до порта, L, тыс. миль	1,5	2,7	4,2	5,8	6,5	5	4,5	3,7	1,3
Расстояние в прибрежных водах, $L_{ПВ}$, миль	25	35	32	37	42	51	65	30	40
Время грузовых операций, $T_{ГО}$, сут.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Время маневров, $T_М$, ч	1,5	3,5	5	4	3	2	2	5	4
Удельный расход топлива ГД, $g_{гд}$, кг/кВт ч	0,163	0,165	0,172	0,175	0,185	0,168	0,165	0,173	0,178
Удельный расход топлива ДГ, $g_{дг}$, кг/кВт ч	0,191	0,205	0,203	0,210	0,193	0,185	0,195	0,210	0,205
Удельный расход цил. масла, $g_{цм}$, г/кВт ч	1	2	0,5	0,6	0,7	1	1,1	1,2	2
Состав электростанции	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ
Мощность дизель-генератора, $N_{ДГ}$, кВт	400	450	500	600	500	700	400	500	600
Часовой расход топлива на ПК, $B_{ПК}$, кг/ч	200	210	230	300	350	350	200	210	220
Удельный расход см. масла, $g_{см}$, г/кВт ч	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6

Таблица 5

Вариант	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**
Водоизмещение, т	20000	40000	60000	80000	100000	120000	20000	40000	60000
Коэффициент сопротивления С	12	16	17	19	20	20	11	16	17
Расстояние до порта L, тыс. миль	5,5	4,8	6,6	3	5,6	4,1	1,3	2,2	3,1
Расстояние в прибрежных водах $L_{ПВ}$, миль	23	25	34	35	40	55	60	71	85
Время грузовых операций $T_{ГО}$, сут.	2,5	4	2	2	3	4	2	3,5	4
Время маневров $T_{М}$, ч	2	3	3	5	6	3	1,5	5	4
Удельный расход топлива ГД, $g_{гд}$, кг/кВт ч	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,160	0,165	0,170	0,175
Удельный расход топлива ДГ, $g_{дг}$, кг/кВт ч	0,195	0,2	0,205	0,210	0,190	0,185	0,195	0,2	0,205
Удельный расход цил. масла, $g_{цм}$, г/кВт ч	1	2	0,5	0,6	0,7	1	1,1	1,2	2
Состав электростанции	3 ДГ, ВГ	2 ДГ,	2 ДГ, УТГ	3 ДГ	2 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	3 ДГ, ВГ	2 ДГ, УТГ	2 ДГ,
Мощность дизель-генератора $N_{ДГ}$, кВт	400	450	500	600	500	700	400	500	600
Часовой расход топлива на ПК, $B_{ПК}$, кг/ч	200	210	230	300	450	400	300	210	220
Удельный расход см. масла, $g_{см}$, г/кВт ч	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6

Обозначения:
ГД – главный двигатель,
ДГ – дизель-генератор,
ВГ – валогенератор,
УТГ – утилизационный турбогенератор.

Стоимость топлив и масел (на январь 2018)

Стоимость тяжелого топлива (IFO 380) – 370 $/т.
Стоимость MDO (диз. топливо) – 550 $/т.
Стоимость DMX (низкосернистое диз. топливо) – 600 $/т.
Стоимость смазочного масла (200 л.) – 40000 руб.
Стоимость цилиндрового масла (200 л.) – 47000 руб.

Учебное издание

Чемодаков Андрей Леонидович

РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ТОПЛИВО И МАСЛО ЗА РЕЙС

Учебно-методическое пособие

Редактор Е. А. Куликова
Технический редактор О. Г. Сикорская

Печатается с готового оригинал-макета,
подготовленного автором.

0,55 уч.-изд. л. Формат 60 × 84 1/16
Тираж 50 экз. Заказ № 018

Отпечатано в МГУ им. адм. Г. И. Невельского
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а