

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ РАСХОДА СМАЗОЧНОГО МАСЛА ДИЗЕЛЯМИ С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ НА СУДАХ

Д. К. Глазюк, В. В. Маницын, Р. Р. Симашов

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Российская Федерация*

Существующие методики расчета норм расхода смазочного масла судовыми дизелями учитывают три составляющие потерь масла: расход на угар, расход на испарение, расход на замену. Согласно инструкции расход смазочного масла на замену учитывается только в тронковых дизелях, у главных крейцкопфных дизелей мощностью свыше 3 000 кВт замена масла не учитывается и не производится. Нормирование расхода смазочного масла на угар и испарение предлагается выполнять исходя из методики нормирования расхода топлива. Для выполнения нормирования необходимо знать расходную характеристику масла в зависимости от нагрузки дизелей и распределение нагрузок в зависимости от режима эксплуатации судна. В крейцкопфных малооборотных дизелях циркуляционное масло расходуется только на испарение, а в тронковых дизелях – на испарение, на угар и замену. Проиллюстрирован график зависимости относительного расхода цилиндрического масла от относительной нагрузки дизеля на режиме винтовой характеристики. Приведена технологическая упрощенная схема процесса малотоннажной регенерации отработанных моторных масел. Предложено расход масла смазочным насосом считать по нелинейной зависимости исходя из частоты вращения коленчатого вала на определенном режиме. Расчет на испарение и угар рекомендовано рассчитывать по линейной зависимости с учетом расхода масла на режиме холостого хода. Расход на замену циркуляционного масла предложено рассчитывать в зависимости от его наработки. Применение регенерации отработанного смазочного масла посредством судовой малогабаритной установки позволит добиться снижения расхода масла на 19–48 % в зависимости от режима эксплуатации судна.

Ключевые слова: режимы нагрузки дизеля, расходные характеристики смазочного масла, нормы расхода смазочного масла, регенерация смазочного масла, цилиндрическое масло.

Для цитирования: Глазюк Д. К., Маницын В. В., Симашов Р. Р. Определение норм расхода смазочного масла дизелями с учетом инновационной технологии их регенерации на судах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 2. С. 81–91. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-81-91.

Введение

Экономия смазочного масла можно получить как за счет разработки и внедрения инновационных технологий, так и внедрения технически обоснованных норм расхода.

Существующие методики расчета норм расхода смазочного масла судовыми дизелями учитывают три составляющие потерь масла [1–3]:

- расход на угар;
- расход на испарение;
- расход на замену.

Расход масла на замену согласно инструкции [1] учитывается только в тронковых дизелях и в крейцкопфных дизелях мощностью до 3 000 кВт. У дизелей мощностью свыше 3 000 кВт эта составляющая не учитывается, т. к. замена циркуляционного масла не производится.

Доливку масла в циркуляционную цистерну при работе главного дизеля (ГД) обычно производят раз в десять дней. В работе [4] норма расхода масла жестко привязана к расходу топлива по факту.

Нормирование расхода смазочного масла предлагается выполнять исходя из методики нормирования расхода топлива [5]. Для выполнения нормирования необходимо знать расходную характеристику масла в зависимости от режимов нагрузки дизелей и их распределение. При определении распределения нагрузки дизелей в эксплуатации можно воспользоваться аналитическими зависимостями или выполнить сбор данных по нагрузкам и построить законы их распределения [6, 7]. При этом законы распределения нагрузок характеризуются среднестатистической нагрузкой \bar{N} и среднеквадратичным отклонением $\bar{\sigma}$, которые лучше всего представлять в относительной форме.

Методика расчета расхода цилиндрического масла

Расход цилиндрического масла исходя из режима работы дизеля предлагается определять следующим образом.

Главные дизели работают, как правило, на гребной винт фиксированного шага, поэтому зависимость мощности от частоты вращения коленчатого вала в относительной форме носит кубический характер:

$$\bar{N}_e = \bar{n}^3,$$

где $\bar{N}_e = N_e / N_{e\text{ном}}$ – текущая мощность в относительных единицах; $\bar{n} = n / n_{\text{ном}}$ – текущая частота вращения в относительных единицах; $n, n_{\text{ном}}$ – текущая и номинальная частоты вращения; $N_e, N_{e\text{ном}}$ – текущая и номинальная мощности.

Зависимость относительной частоты вращения от относительной мощности дизеля имеет вид:

$$\bar{n} = (\bar{N}_e)^{(1/3)}.$$

Подача цилиндрического масла смазочным насосом зависит от числа ходов привода, жестко связанного с частотой вращения коленчатого вала.

Расходная характеристика цилиндрического масла в относительных единицах имеет вид:

$$\bar{G}_{\text{ц.м}} = \bar{n} = (\bar{N}_e)^{(1/3)}, \quad (1)$$

где $\bar{G}_{\text{ц.м}} = G_{\text{ц.м}} / G_{\text{ном}}$ – относительный расход цилиндрического масла; $G_{\text{ц.м}}$ – текущий расход цилиндрического масла; $G_{\text{ном}}$ – расход цилиндрического масла на номинальном режиме.

График зависимости (1) приведен на рис. 1.

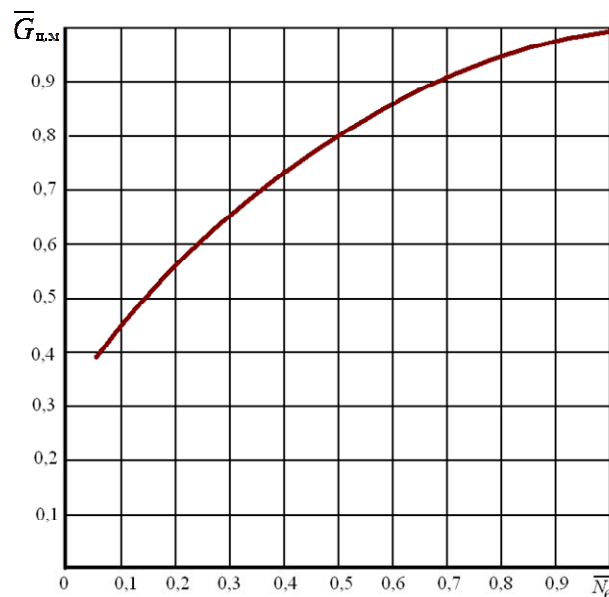


Рис. 1. Зависимость относительного расхода цилиндрического масла от относительной нагрузки дизеля на режиме винтовой характеристики

Данную параболу (рис. 1) аппроксимируем полиномом второй степени, и получается уравнение

$$\bar{G}_{\text{ц.м}} = -0,575(\bar{N}_e)^2 + 1,223\bar{N}_e + 0,332.$$

Тогда можно применить формулу для вычисления расхода цилиндрического масла с учетом режимов работы ГД, приведенную в работах для топлива [1, 2, 4]:

$$G_{\text{ч}} = G_{\text{ч ном}} \left(a + b\bar{N}_{\text{ср}} + c\bar{N}_{\text{ср}}^2 + c\bar{\sigma}^2 \right). \quad (2)$$

Часовой расход цилиндрического масла определяется по формуле

$$G_{\text{ч}} = g_{\text{м}} N_{\text{е ном}} \left[0,332 + 1,123 \bar{N}_{\text{е ср}} - 0,575 (\bar{N}_{\text{е ср}})^2 - 0,575 (\bar{\sigma})^2 \right], \quad (3)$$

где $g_{\text{м}}$ – удельный эффективный расход цилиндрического масла на номинальной мощности.

Методика расчета смазочного масла на испарение и угар

Расход смазочного масла на испарение и угар (доливку) определяется исходя из расходной характеристики масла и нагрузки дизеля. В связи с тем, что в существующей литературе практически нет данных по расходу смазочного масла в зависимости от нагрузки, в первом приближении можно допустить, что эта зависимость от индикаторной мощности носит линейный характер, особенно в области, близкой к номинальной мощности:

$$\bar{G}_{\text{цирк. м}} = b \bar{N}_i,$$

где $\bar{G}_{\text{цирк. м}} = G_{\text{цирк. м}} / G_{\text{цирк. ном}}$ – относительный расход циркуляционного масла.

Для зависимости расхода масла от эффективной мощности следует учитывать, что при работе на холостом ходу индикаторная мощность не равна нулю и расход масла существует. Эту долю расхода можно рассчитать исходя из индикаторной мощности холостого хода или, что проще, с использованием значения его эффективной мощности и механического КПД:

$$\bar{G}_{\text{цирк. м}} = a + b \bar{N}_e. \quad (4)$$

Значения параметров a и b для выражения (4) в относительной форме определяются следующим образом:

$$a = (1 - \eta_m);$$

$$b = \eta_m,$$

где η_m – механический КПД дизеля.

Тогда с учетом выражения (2) формула для определения расхода циркуляционного масла на угар и испарение по отношению к режиму номинальной мощности (рис. 2) имеет вид:

$$\bar{G}_{\text{цирк. м}} = (1 - \eta_m) + \eta_m \bar{N}_{\text{е ср}} = 1 - (1 - \bar{N}_{\text{е ср}}) \eta_m.$$

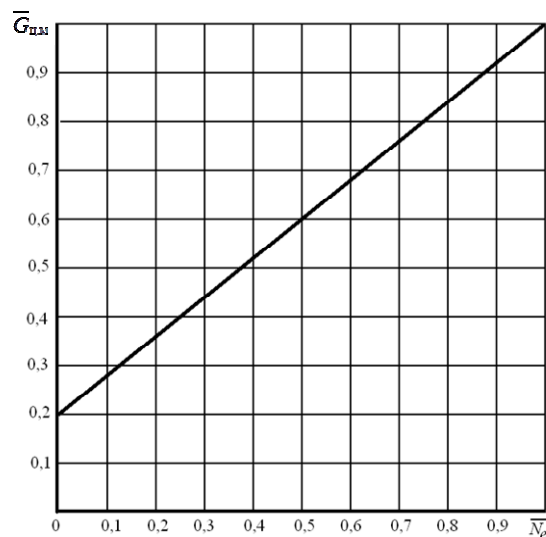


Рис. 2. Зависимость относительного расхода циркуляционного масла от относительной нагрузки дизеля

Если значение η_m неизвестно, то согласно рекомендациям работы [8] его можно принять в первом приближении: $\eta_m = 0,8$.

Расход смазочного масла на замену зависит от объема циркуляционной цистерны и наработки дизеля и определяется по формуле

$$G_{\text{см}} = \frac{V\rho \cdot 10^3}{T},$$

где V – объем смазочного масла в системе смазки, м^3 ; $\rho = 0,91$ – плотность масла, $\text{т}/\text{м}^3$; $T = 1\,000$ – срок службы масла, ч.

Суммарный расход масла на угар, испарение и замену определяется по формуле

$$G_{\text{м.о}} = G_{\text{цирк. м}} + G_{\text{см}} \quad (5)$$

Часовой расход цилиндрического масла для ГД следует вычислять по формуле (3).

Что касается вспомогательных дизель-генераторов (ВДГ), то здесь необходимо учесть работу одного ВДГ и двух ВДГ в параллель:

$$G_p = \left\{ \left[1 - (1 - \bar{N}_{\text{ср1}}) \eta_m \right] q_1 + 2 \left[1 - (1 - \bar{N}_{\text{ср2}}) \eta_m \right] q_2 \right\} g_{\text{цирк. м}} N_{\text{е ном}},$$

где q_1, q_2 – доля работы одного ВДГ и двух ВДГ в параллель за исследуемый период наработки; $g_{\text{цирк. м}}$ – удельный эффективный расход циркуляционного масла на номинальной мощности.

Учет инновационной технологии регенерации при расчете смазочного масла на испарение и угар

Суть инновационной технологии регенерации смазочного масла заключается в том, что отработанное смазочное масло вначале очищается от механических примесей и воды в отдельной фазе, так что остается только эмульгированная и мелкодисперсные фазы, не удаляемые штатными судовыми средствами маслоочистки [9, 10]. Затем смазочное масло подогревается и подается в специально разработанную установку – циклонный испаритель, где происходит удаление эмульгированной и мелкодисперсной фазы воды и топлива [11, 12]. Далее вводятся легирующие присадки. Таким образом, полностью восстанавливаются эксплуатационные свойства масла: температура вспышки, вязкость, щелочное число [13].

Упрощенная схема процесса малотоннажной регенерации отработанных моторных масел (ОММ) приведена на рис. 3. [11]

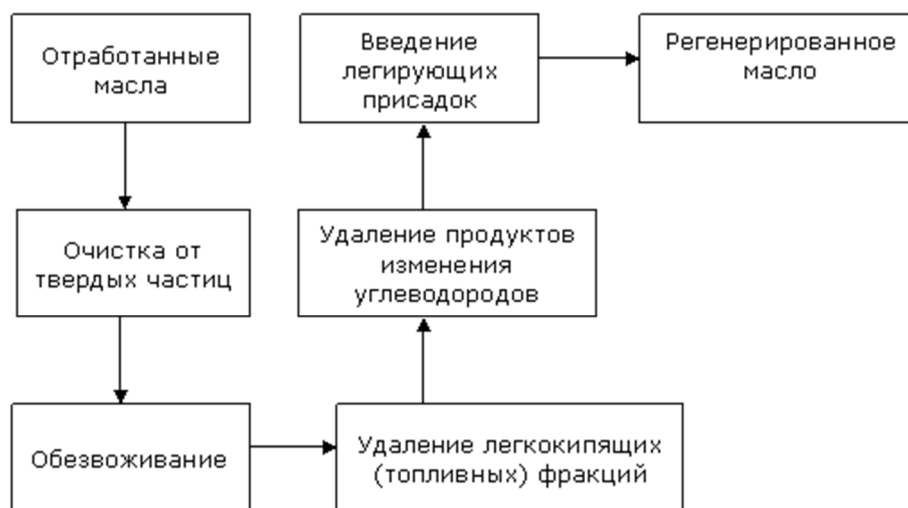


Рис. 3. Технологическая упрощенная схема процесса малотоннажной регенерации ОММ

При рассматриваемом подходе в процессе регенерации ОММ используется очистительное оборудования штатных судовых систем судовых энергетических установок (СЭУ). Выполнение таких основных требований на регенерацию ОММ, как исключения транспортных расходов при сборе и доставке ОММ к местам регенерации; исключения необходимости расходов на процесс раз-

дельного сбора отработанных смазочных материалов и использование для регенерации ОММ различных центробежных очистителей (ЦО) штатного оборудования, обслуживающего системы функционирования судовых силовых установок, обеспечивает эффективность использования горюче-смазочных материалов за счет снижения расходов на свежие моторные масла.

В случае применения такой инновационной технологии регенерации смазочного масла составляющую $G_{см}$ из формулы (5) можно исключить.

Пример расчета норм расхода смазочного масла для судовой дизельной установки «Кристалл-1»

На судне установлены главный двигатель марки K9Z60/105E номинальной мощностью $N_{e ном} = 6\ 615$ кВт и три ВДГ марки 6NVD 48A-2 номинальной мощностью $N_{e ном} = 735$ кВт.

Часовой расход цилиндрического масла главного дизеля K9Z60/105E составляет:

– на режиме «переход»

$$G_{ч.пер} = g_m N_{e ном} \left[0,332 + 1,123 \bar{N}_{e ср} - 0,575 (\bar{N}_{e ср})^2 - 0,575 (\bar{\sigma})^2 \right] =$$

$$= 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 6\ 615 (0,332 + 1,123 \cdot 0,61 - 0,575 \cdot 0,61^2 - 0,575 \cdot 0,16^2) = 5,73 \text{ кг/ч;}$$

– на режиме «промысел»

$$G_{ч.пр} = g_m N_{e ном} \left[0,332 + 1,123 \bar{N}_{e ср} - 0,575 (\bar{N}_{e ср})^2 - 0,575 (\bar{\sigma})^2 \right] =$$

$$= 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 6\ 615 (0,332 + 1,123 \cdot 0,31 - 0,575 \cdot 0,31^2 - 0,575 \cdot 0,23^2) = 4,33 \text{ кг/ч,}$$

где $g_m = 1,1 \cdot 10^{-3}$ – удельный эффективный расход цилиндрического масла, кг/(кВт·ч); $N_{e ном} = 6\ 615$ – номинальная мощность, кВт.

Часовой расход циркуляционного масла главного двигателя K9Z60/105E составляет:

– на режиме «переход»

$$G_{ч.пер}^{цирк} = g_{м.цирк} N_{e ном} \left[1 - \left(1 - \bar{N}_{e ср}^{пер} \right) \eta_m \right] = 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 6\ 615 (1 - (1 - 0,61)0,8) = 2,048 \text{ кг/ч;}$$

– на режиме «промысел»

$$G_{ч.пром}^{цирк} = g_{м.цирк} N_{e ном} \left[1 - \left(1 - \bar{N}_{e ср}^{пром} \right) \eta_m \right] = 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 6\ 615 (1 - (1 - 0,31)0,8) = 1,33 \text{ кг/ч;}$$

где $g_{м.цирк} = 0,45 \cdot 10^{-3}$ – удельный эффективный расход циркуляционного масла, кг/(кВт·ч).

На режиме «промысел» среднесуточная продолжительность работы главного двигателя $T_{сут.пром} = 5,0$ ч, тогда суточный расход циркуляционного масла на режиме «промысел»

$$G_{сут.пром}^{цирк} = T_{сут.пром} G_{ч.пер}^{цирк} = 5,0 \cdot 1,33 = 6,65 \text{ кг/сут.}$$

Суточный расход цилиндрического масла на режиме «промысел»

$$G_{сут.пром}^{цил} = T_{сут.пром} G_{ч.пром}^{цирк} = 5 \cdot 4,33 = 21,65 \text{ кг/сут.}$$

На режиме «переход» суточный расход циркуляционного масла

$$G_{сут.пер}^{цирк} = 24 G_{ч.пер}^{цирк} = 24 \cdot 2,48 = 59,52 \text{ кг/сут.}$$

На режиме «переход» суточный расход цилиндрического масла

$$G_{сут.пер}^{цил} = 24 G_{ч.пер} = 24 \cdot 5,73 = 137,52 \text{ кг/сут,}$$

где $T_{сут.пр} = 5,0$ – среднесуточная наработка ГД на промысле, ч; 24 – число часов в сутках.

Нормы расхода смазочного масла ВДГ без применения инновационной технологии регенерации масла определяются следующим образом.

Смазочное масло расходуется на угар, испарения и замену. Расчет расхода масла на угар и испарение производится с учетом нагрузки каждого ВДГ и режима эксплуатации судна.

Часовой расход циркуляционного масла ВДГ на угар и испарение составляет:

– на режиме «переход»

$$G_{\text{м.пер}}^{\text{ВДГ}} = \left\{ \left[1 - (1 - \bar{N}_{\text{е ср1}}) \eta_m \right] q_1 + 2 \left[1 - (1 - \bar{N}_{\text{е ср2}}) \eta_m \right] q_2 \right\} g_{\text{цирк. м}} N_{\text{е ном}};$$

$$G_{\text{м.пер}}^{\text{ВДГ}} = \left\{ \left[1 - (1 - 0,538) 0,8 \right] 0,607 + 2 \left[1 - (1 - 0,584) 0,8 \right] 0,393 \right\} 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 735 = 0,568 \text{ кг/ч,}$$

где $\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср1}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{395,1}{735} = 0,538$ – относительная среднестатистическая нагрузка одного работающего ВДГ [14];

$\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{712}{1470} = 0,484$ – относительная среднестатистическая нагрузка двух работающих ВДГ [14];

$q_1^{\text{пер}} = \frac{T_1}{T_{\text{о пер}}} = \frac{10\,962}{18\,048} = 0,607$ – среднестатистическая доля наработки одного ВДГ на переходах;

$q_2^{\text{пер}} = \frac{T_2}{T_{\text{о пер}}} = \frac{7\,086}{18\,048} = 0,393$ – среднестатистическая доля наработки двух ВДГ в параллель на переходах;

– на режиме «промысел»

$$G_{\text{м.пр}}^{\text{ВДГ}} = \left\{ \left[1 - (1 - 0,51) 0,8 \right] 0,545 + 2 \left[1 - (1 - 0,438) 0,8 \right] 0,455 \right\} 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 735 = 0,734 \text{ кг/ч,}$$

где $\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{375,2}{735} = 0,51$ – относительная среднестатистическая нагрузка одного работающего ВДГ [14];

$\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{644}{1470} = 0,438$ – относительная среднестатистическая нагрузка двух работающих ВДГ [14];

$q_1^{\text{пр}} = \frac{T_1}{T_{\text{о пр}}} = \frac{4\,502}{8\,267} = 0,545$ – среднестатистическая доля наработки одного ВДГ на промысле;

$q_2^{\text{пр}} = \frac{T_2}{T_{\text{о пр}}} = \frac{3\,765}{8\,267} = 0,455$ – среднестатистическая доля наработки двух ВДГ в параллель на промысле;

– на режиме «стоянка в море»

$$G_{\text{м.ст}}^{\text{ВДГ}} = \left\{ \left[1 - (1 - 0,459) 0,8 \right] 0,629 + 2 \left[1 - (1 - 0,444) 0,8 \right] 0,371 \right\} 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 735 = 0,678 \text{ кг/ч,}$$

где $\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{352,3}{735} = 0,459$ – относительная среднестатистическая нагрузка одного работающего ВДГ [14];

$\bar{N}_{\text{е ср1}} = \frac{N_{\text{е ср}}}{N_{\text{е ном}}} = \frac{653}{1470} = 0,444$ – относительная среднестатистическая нагрузка двух работающих ВДГ [14];

$q_1^{\text{ст. м}} = \frac{T_1}{T_{\text{о ст. м}}} = \frac{9\,623}{15\,311} = 0,629$ – среднестатистическая доля наработки одного ВДГ на режиме «стоянка в море»;

$q_2^{\text{ст. м}} = \frac{T_2}{T_{\text{о ст. м}}} = \frac{5\,688}{15\,311} = 0,371$ – среднестатистическая доля наработки двух ВДГ в параллель на режиме «стоянка в море»;

– на режиме «стоянка в порту»

$$G_{\text{п.ст}}^{\text{ВДГ}} = \left\{ \left[1 - (1 - 0,475) 0,8 \right] 0,829 + 2 \left[1 - (1 - 0,439) 0,8 \right] 0,171 \right\} 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 735 = 0,59 \text{ кг/ч,}$$

где $\bar{N}_{\text{ср1}} = \frac{N_{\text{ср}}}{N_{\text{еном}}} = \frac{336}{735} = 0,475$ – относительная среднестатистическая нагрузка одного работающего ВДГ [14]; $\bar{N}_{\text{ср1}} = \frac{N_{\text{ср}}}{N_{\text{еном}}} = \frac{646,8}{1470} = 0,439$ – относительная среднестатистическая нагрузка двух работающих ВДГ [14]; $q_1^{\text{ст.п}} = \frac{T_1}{T_{\text{о.ст.п}}} = \frac{24148}{29117} = 0,829$ – среднестатистическая доля наработки одного ВДГ на режиме «стоянка в порту»; $q_2^{\text{ст.п}} = \frac{T_2}{T_{\text{о.ст.п}}} = \frac{4969}{29117} = 0,171$ – среднестатистическая доля наработки двух ВДГ в параллель на режиме «стоянка в порту».

Расход смазочного масла на замену, отнесенный к наработке дизеля, кг/ч:

$$G_{\text{см}} = \frac{0,5 \cdot 0,91 \cdot 10^3}{1000} = 0,455.$$

Расход смазочного масла судовой электростанцией (СЭС) на замену

$$G'_{\text{см}} = G_{\text{см}} q_1 + 2G_{\text{см}} q_2 :$$

– на режиме «переход»

$$G'_{\text{см}} = 0,455 \cdot 0,607 + 2 \cdot 0,455 \cdot 0,393 = 0,634 \text{ кг/ч};$$

– на режиме «промысел»

$$G''_{\text{см}} = 0,455 \cdot 0,545 + 2 \cdot 0,455 \cdot 0,455 = 0,662 \text{ кг/ч};$$

– на режиме «стоянка в море»

$$G'''_{\text{см}} = 0,455 \cdot 0,629 + 2 \cdot 0,455 \cdot 0,371 = 0,624 \text{ кг/ч};$$

– на режиме «стоянка в порту»

$$G''''_{\text{см}} = 0,455 \cdot 0,829 + 2 \cdot 0,455 \cdot 0,171 = 0,533 \text{ кг/ч}.$$

Величины этих расходов для разных режимов представлены в табл. 1, а нормы расхода смазочных масел судовой дизельной установки (СДУ) приведены в табл. 2.

Таблица 1

Нормы расхода смазочного масла СЭС на угар, испарение и замену

Расход смазочного масла, кг/сут	Режимы эксплуатации			
	Переход	Работа на промысле	Стоянка в море	Стоянка в порту
На угар и испарение	13,63	17,62	16,27	14,16
На замену	15,22	15,89	14,98	12,79
Суммарный расход	28,85	33,51	31,25	26,95

Таблица 2

Нормы расхода смазочного масла СДУ

Расход смазочного масла, кг/сут	Режимы эксплуатации					
	Переход		Работа на промысле		Стоянка в море	Стоянка в порту
	ГД	СЭС	ГД	СЭС	СЭС	СЭС
Цилиндровое	137,52	–	21,65	–	–	–
На угар и испарение	49,15	13,63	6,65	17,62	16,27	14,16
На замену	–	15,22	–	15,89	14,98	12,79
Суммарный расход циркуляционного масла	78,0		40,16		31,25	26,95

В табл. 3 приведены рассчитанные нормы расхода масла с учетом внедрения инновационной технологии регенерации смазочного масла. Для того чтобы вставить в таблицы цифры, нужно норму часового расхода умножить на 24 ч.

Таблица 3

**Нормы расхода смазочного масла СДУ
в случае применения инновационных технологий его регенерации**

Расход смазочного масла, кг/сут	Режимы эксплуатации					
	Переход		Работа на промысле		Стоянка в море	Стоянка в порту
	ГД	СЭС	ГД	СЭС	СЭС	СЭС
Цилиндровое	137,52	–	21,65	–	–	–
На угар и испарение	49,15	13,63	6,65	17,62	16,27	14,16
Суммарный расход циркуляционного масла	62,78		24,27		16,27	24,27
Экономия циркуляционного масла, %	19,5		39,6		47,9	39,6

В случае применения инновационной технологии регенерации отработанного смазочного масла следует исключить статью расхода смазочного масла на замену.

Заключение

Расчеты подтвердили, что с применением инновационной технологии восстановления эксплуатационных свойств смазочных масел посредством их регенерации экономия может составить от 19 до 48 % от общего расхода смазочного масла на СДУ.

Экономии расхода смазочного масла за счет регенерации весьма просто учесть при разработке норм. Таким образом, новые нормы будут контролировать применение инновационной технологии регенерации моторных масел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соболенко А. Н., Симашов Р. Р., Глазюк Д. К., Маницын В. В.* Определение расхода топлива и моторного масла судовыми дизелями с учетом изменения внешних условий эксплуатации // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2017. № 3. С. 62–73.
2. *Соболенко А. Н., Маницын В. В.* Определение технически обоснованных норм расхода горюче-смазочных материалов СДУ // Проблемы транспорта Дальнего Востока: материалы XI Науч.-практ. конф. (Владивосток, 05–07 октября 2015 г.). Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 2015. С. 175–176.
3. *РД 31.27.35-87.* Методика нормирования индивидуальных норм расхода смазочных масел на работу судов морского транспортного флота. Ленинград: Изд-во НИИПИН при Госплане СССР, 1987. 34 с.
4. *РД 34.10.563-94.* Нормирование расхода моторных масел на эксплуатационные нужды стационарных дизельных электростанций. М.: СПО ОРГРЭС, 1997. 8 с.
5. *Щагин В. В., Моторный А. В., Кормушкин М. В.* Методика организации контроля и нормирования расхода топлива на судах флота рыбной промышленности. Калининград: Изд-во КТИРПИХ, 1976. 84 с.
6. *Соболенко А. Н.* Обеспечение безопасной эксплуатации главных судовых дизелей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Владивосток, 2002. 39 с.
7. *Соболенко А. Н.* Обобщенные зависимости параметров законов распределения нагрузок главных двигателей рыболовных траулеров // Судостроение. 2001. № 6. С. 34–37.
8. *ГОСТ Р 52517-2005 (ИСО 3046-1:2002).* Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Ч. 1. Стандартные исходные условия, объявление мощности, расхода топлива и смазочного масла. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2006. 32 с.
9. *Кича Г. П.* Эксплуатационная эффективность новых маслоочистительных комплексов в форсированных дизелях // Двигателестроение. 1987. № 6. С. 25–27.
10. *Тарасов В. В., Соболенко А. Н.* Рекомендации по глубине очистки от механических примесей регенерированных моторных масел разных эксплуатационных групп // Мор. интеллектуал. технологии. 2018. Т. 5. № 4 (42). С. 110–113.
11. *Тарасов В. В.* Экспериментальное исследование работы циклонного испарителя регенерационной установки по удалению топливных фракций из отработанного моторного масла // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 3. С. 139–143.
12. *Тарасов В. В., Соболенко А. Н.* Исследование регрессионных моделей эффективности регенерации отработанных моторных масел судовых дизелей в циклонном испарителе «РУМС-1» // Вестн. Инженер.

шк. Дальневосточ. федерал. ун-та. 2019. № 3 (40). С. 49–55. URL: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-35/1/> (дата обращения: 20.09.2019).

13. *Тарасов В. В., Соколенко А. Н.* Влияние эксплуатационных свойств регенерированного моторного масла на изнашивание судового дизеля при его работе на разных сортах топлива // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 71–81.

14. *Определение* индивидуальных технически обоснованных норм расхода горюче-смазочных материалов СЭУ ТР типа «Татарстан» и «Кристалл-2»: отчет НИР (промежуточный) / Дальрыбвтуз; науч. рук.: Маницын В. В. Владивосток, 1989. 50 с. ХДТ № 177/86-90. № гос. рег. 01860044670.

Статья поступила в редакцию 03.03.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Глазюк Дмитрий Константинович – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры судовых энергетических установок; Daymon3@bk.ru.

Маницын Владимир Викторович – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры судовых энергетических установок; manyitsynv@mail.ru.

Симахов Рафаиль Равильевич – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры судовых энергетических установок; forsimashov@yandex.ru.



DETERMINATION OF DIESEL LUBRICATING OIL CONSUMPTION NORMS TAKING INTO ACCOUNT INNOVATIVE TECHNOLOGY OF REGENERATION ON SHIPS

D. K. Glaziuk, V. V. Manitsyn, R. R. Simashov

*Far Eastern State Technical Fisheries University,
Vladivostok, Russian Federation*

Abstract. The article considers the current methods of calculating norms of lubricating oil consumption by marine diesels that provide for three causes of oil loss: oil burning, evaporation rate, and replacement expense. According to the manual, the lubricating oil consumption for replacement is considered only in trunk diesel engines; in main crosshead diesel engines with capacity over 3000 kW it is not considered and not performed. The lubricating oil consumption norms are proposed to carry out in terms of burnout and evaporation, according to the methods of determining fuel consumption norms. To determine consumption norms, it is necessary to know the oil consumption characteristic in relation to the load of the diesels and the load distribution in the ship operating mode. In the low speed crosshead diesel engines the circulating oil is only consumed for evaporation, but the trunk diesel engines consume oil for evaporation, burnout and replacement. The diagram of dependence of the relative cylinder oil consumption on the relative load of the diesel engine in the helical characteristic mode is illustrated. A simplified technological scheme of low-tonnage regeneration of the used motor oils is presented. It is proposed to calculate the oil consumption by the lubrication pump according to a nonlinear dependence based on the speed of the crankshaft at a specific mode. The analysis of the evaporation and burnout is recommended to carry out using a linear relationship, subject to oil consumption in the idle mode. The cost of cir-

culating oil replacement is recommended to calculate according to the diesel operating time. Application of the used lubricating oil regeneration by means of a ship small-sized plant allows to achieve the oil consumption reduction by 19-48% depending on the ship operating mode.

Key words: diesel engine load modes, characteristics of the lubricating oil consumption rate, lubricating oil consumption rate, lubricating oil regeneration, cylinder oil.

For citation: Glaziuk D. K., Manitsyn V. V., Simashov R. R. Determination of diesels lubricating oil consumption norms taking into account innovative technology of regeneration on ships. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2020;2:81-91. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-81-91.

REFERENCES

1. Sobolenko A. N., Simashov R. R., Glazyuk D. K., Manicyn V. V. Opredelenie raskhoda topliva i motor-nogo masla sudovymi dizelyami s uchetom izmeneniya vneshnih uslovij ekspluatatsii [Determining fuel and engine oil consumption by marine diesel engines taking into account changes in external operating conditions]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2017, no. 3, pp. 62-73.
2. Sobolenko A. N., Manicyn V. V. Opredelenie tekhnicheskii obosnovannykh norm raskhoda goryucheshmazochnykh materialov SDU. Problemy transporta Dal'nego Vostoka [Regulating technically determined consumption rates for diesel fuels and lubricants. Problems of transport in the Far East]. *Materialy XI Nauchno-prakticheskoy konferencii (Vladivostok, 05–07 oktyabrya 2015 g.)*. Vladivostok, Izd-vo DVO RAN, 2015. Pp. 175-176.
3. RD 31.27.35-87. Metodika normirovaniya individual'nykh norm raskhoda smazochnykh masel na rabotu sudov morskogo transportnogo flota [RD 31.27.35-87. Methods of rationing individual norms for lubricating oils consumption for marine transport fleet operation]. Leningrad, Izd-vo NIIPiN pri Gosplane SSSR, 1987. 34 p.
4. RD 34.10.563-94. Normirovanie raskhoda motornykh masel na ekspluatatsionnye nuzhdy stacionarnykh dizel'nykh elektrostancij [RD 34.10.563-94. Rationing motor oils consumption for operational needs of stationary diesel power plants]. Moscow, SPO ORGRES, 1997. 8 p.
5. Shchagin V. V., Motornyj A. V., Kormushkin M. V. Metodika organizatsii kontrolya i normirovaniya raskhoda topliva na sudah flota rybnoj promyshlennosti [Methods of organizing control and regulation of fuel consumption on vessels of fishing industry fleet]. Kaliningrad, Izd-vo KTIRPiH, 1976. 84 p.
6. Sobolenko A. N. Obespechenie bezopasnoj ekspluatatsii glavnykh sudovykh dizelej: avtoreferat dis. ... d-ra tekhn. nauk [Ensuring safe operation of main marine diesel engines: diss. abstr. ... dr. tech. sci.]. Vladivostok, 2002. 39 p.
7. Sobolenko A. N. Obobshchennye zavisimosti parametrov zakonov raspredeleniya nagruzok glavnykh dvigatelej rybolovnykh traulerov [Generalized dependences of parameters of load distribution laws of fishing trawler main engines]. *Sudostroenie*, 2001, no. 6, pp. 34-37.
8. GOST R 52517-2005 (ISO 3046-1:2002). Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevye. Harakteristiki. Part 1. Standartnye iskhodnye usloviya, ob'yavlenie moshchnosti, raskhoda topliva i smazochnogo masla. Metody ispytaniy [GOST R 52517-2005 (ISO 3046-1: 2002). Reciprocating internal combustion engines. Characteristics. Part 1. Standard baseline, declaration of power, consumption of fuel and lubricating oil. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 32 p.
9. Kicha G. P. Ekspluatatsionnaya effektivnost' novykh masloochistitel'nykh kompleksov v forsirovannykh dizelyah [Operational capacity of new oil cleaning systems in forced diesel engines]. *Dvigatelsestroenie*, 1987, no. 6, pp. 25-27.
10. Tarasov V. V., Sobolenko A. N. Rekomendatsii po glubine ochildki ot mekhanicheskikh primesej regenerirovannykh motornykh masel raznykh ekspluatatsionnykh grupp [Recommendations for purification rate from mechanical impurities of regenerated motor oils of various operational groups]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2018, vol. 5, no. 4 (42), pp. 110-113.
11. Tarasov V. V. Eksperimental'noe issledovanie raboty ciklonnogo isparitelya regeneratsionnoj ustanovki po udaleniyu toplivnykh frakcij iz otrabotannogo motornogo masla [Experimental study of regeneration unit cyclone evaporator operation for removal of fuel fractions from used engine oil]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka*, 2015, no. 3, pp. 139-143.
12. Tarasov V. V., Sobolenko A. N. Issledovanie regressiennykh modelej effektivnosti regeneratsii otrabotannykh motornykh masel sudovykh dizelej v ciklonnom isparitele «RUMS-1» [Studying regression models of used motor oils regeneration efficiency of marine diesel engines in cyclone evaporator “RUMS-1”]. *Vestnik Inzhenernoj shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta*, 2019, no. 3 (40), pp. 49-55. Available at: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-35/1/> (accessed: 20.09.2019).
13. Tarasov V. V., Sobolenko A. N. Vliyanie ekspluatatsionnykh svoystv regenerirovannogo motornogo masla na iznashivanie sudovogo dizelya pri ego rabote na raznykh sortah topliva [Influence of operational properties of regenerated engine oil on wear of marine diesel engine operating on different grades of fuel]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2019, no. 4, pp. 71-81.

14. *Opredelenie individual'nyh tekhnicheski obosnovannyh norm raskhoda goryuche-smazochnyh materialov SEU TR tipa «Tatarstan» i «Kristall-2»* [Defining individual technically determined fuel and lubricants consumption norms of ship power plant simulator type Tatarstan and Crystal-2]. Otchet NIR (promezhutochnyj). Dal'rybvtuz. Nauchnyj rukovoditel': Manicyn V. V. Vladivostok, 1989. 50 p. HDT № 177/86-90. № gosudarstvennoj registracii 01860044670.

The article submitted to the editors 03.03.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Glaziuk Dmitry Konstantinovich – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Ship Power Plants; Daymon3@bk.ru.

Manitsyn Vladimir Viktorovich – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Ship Power Plants; manyitsynv@mail.ru.

Simashov Rafail Ravilevich – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Ship Power Plants; forsimashov@yandex.ru.

