

УДК 621.182.3:629.2-843.9

**Л.К. Капран, В.В. Маницын, З.П. Старовойтова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЛАВНОЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ СРЕДНЕГО ЯРУСОЛОВА-  
МОРОЗИЛЬЩИКА « КОРОЛЕВА ЭМЕРАЛЬДА»**

*Приводятся общие сведения о среднем ярусолове-морозильщике «К. Эмеральда» и его главной энергетической установке, уравнение винтовой характеристики, кривая распределения мощности главного дизеля на режимах «переход» и «работа на промысле», уравнение топливной характеристики ГД, зависимость относительного расхода топлива от относительной мощности ГД.*

**Ключевые слова:** *главный дизель, кривая распределения мощности на режимах «переход» и «работа на промысле».*

**L.K. Kapran, V.V. Manyisyn, Z.P. Starovoytova**

**ANALYSIS OF THE MODES OF OPERATION THE MAIN POWER INSTALLATION  
MEDIUM ÂRUSOLOVA MOROZIL'ŠIKA QUEEN ÈMERAL'DA»**

*Provides an overview of average ârusolova morozil'sika «Èmeral'da» k. and his main power installation, equation of spiral curve of power distribution characteristics of main diesel engine on the blend modes «and» work on fisheries, the main characteristics of diesel fuel equation. the dependence of the relative fuel consumption from the relative power of the DG.*

**Key words:** *main diesel, power distribution curve to the mode «move» and «the job».*

**Введение**

Проблема повышения эффективности технической эксплуатации ГЭУ на судах ярусного флота до настоящего времени является предметом исследований научно-исследовательских и проектных организаций и относится к весьма актуальным. Решение этой проблемы предусматривает анализ режимов эксплуатации ГЭУ, направленных на оптимизацию мощности ГД и затрат на горюче-смазочные материалы.

**Общие сведения**

Ярусный лов – это лов рыбы на крючки. Ярусами ловят треску, акул, меч-рыбу, тунцов, палтуса и другие виды рыб. Технология ярусного лова состоит из постановки яруса, лова рыбы и выборки яруса.

На сегодняшний день ярусный лов рыбы обеспечивает 12–15 % мировой добычи рыбы, в частности, в Великобритании на долю крючковых орудий лова приходится 12–14 % общего лова, в Норвегии 18 %, в Японии 50 %. Это один из наиболее экологически «чистых» способов лова рыбы.

На Дальнем Востоке примерно работает около 50 судов. В их число входят среднетоннажные ярусники-морозильщики типа «Антиас» немецкой постройки, типа «Капитан Карташов» норвежской постройки, типа «Капитан Степанов» португальской постройки, несколько типов судов, построенных в Японии и США. В России для ярусного лова рыбы были модернизированы добывающие суда отечественной постройки (СРТМК проекта 502ЭМ, СТР проекта 503 типа «Альпинист», РС 300, РС 388М, СТР 410, ТР типа «Радужный» и судно американской постройки «К. Эмеральда»).

Объектом анализа режимов эксплуатации ГЭУ в нашем случае является средний ярусолов-морозильщик «К. Эмеральда».

Цель анализа режимов эксплуатации ГЭУ направлена на оптимизацию мощности ГД и затрат на горюче-смазочные материалы.

ГЭУ состоит из двух автономных дизель-редукторных агрегатов (ДРА), работающих на дизельном топливе. Один ДРА включает двенадцатицилиндровый, V-образный дизель марки 3412E мощностью 537 кВт при частоте вращения коленчатого вала 1800 мин<sup>-1</sup>, реверс-редуктор марки MG 520 с передаточным числом 5 : 1 и винт фиксированного шага. Два ДРА работают постоянно на режимах эксплуатации «переход» и «работа на промысле».

#### Тактико-технические характеристики СЯМ «К. Эмеральда»

##### Характеристики судна

Водоизмещение, т .....	885
Длина габаритная, м .....	42,67
Ширина, м.....	10,36
Высота борта, м.....	6,71
Осадка, м.....	3,18
Скорость судна, уз .....	9

##### Винт

Диаметр, м .....	1,67
Количество лопастей .....	4

##### Главный дизель

Количество, шт. ....	2
Марка .....	CATERPILLAR-3412E
Номинальная мощность, кВт .....	537
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup> .....	1800
Диаметр цилиндра, мм .....	137
Ход поршня, мм .....	152

#### Определение текущей мощности ГД в эксплуатации

Текущая мощность ГД в процентах на каждом дизеле регистрируется на компьютере. С целью сравнения мощности, полученной на компьютере и расчетным путем, воспользуемся результатами испытаний ГД (табл. 1). В качестве косвенного показателя принята частота вращения коленчатого вала дизеля. Для перехода частоты вращения коленчатого вала к его мощности используется зависимость. Такая зависимость называется винтовой характеристикой дизеля.

Для построения графика винтовой характеристики дизеля воспользуемся результатами испытаний ГД (табл. 1).

Таблица 1

#### Данные испытаний ГД марки 3412E

Table 1

#### Data of tests of the State Duma

Относительная мощность $\bar{N}$	0,01	0,1	0,22	0,31	0,40	0,49	0,63	0,84	0,97	1,0
Частота вращения коленчатого вала $n$ , мин <sup>-1</sup>	550	697	1000	1208	1409	1454	1608	1749	1797	1874

Где  $\bar{N}$  – относительная мощность дизеля;  $n$  – частота вращения коленчатого вала. Винтовая характеристика дизеля в аналитической форме с достаточной точностью рассчитывается в виде кубической параболы  $\bar{N} = c \cdot n^3$ .

Используя данные стендовых испытаний (табл. 1) и метод наименьших квадратов, получен коэффициент  $c = 1,57 \cdot 10^{-10}$ . Тогда винтовая характеристика в аналитической форме будет иметь вид

$$\bar{N} = 1,57 \cdot 10^{-10} n^3.$$

Графики эмпирической (см. табл. 1) и теоретической  $\bar{N} = 1,57 \cdot 10^{-10} n^3$  зависимостей относительной мощности  $\bar{N}$  от частоты вращения коленчатого вала  $n$  представлены на рис. 1. Средняя квадратическая ошибка при этом равна 0,04.

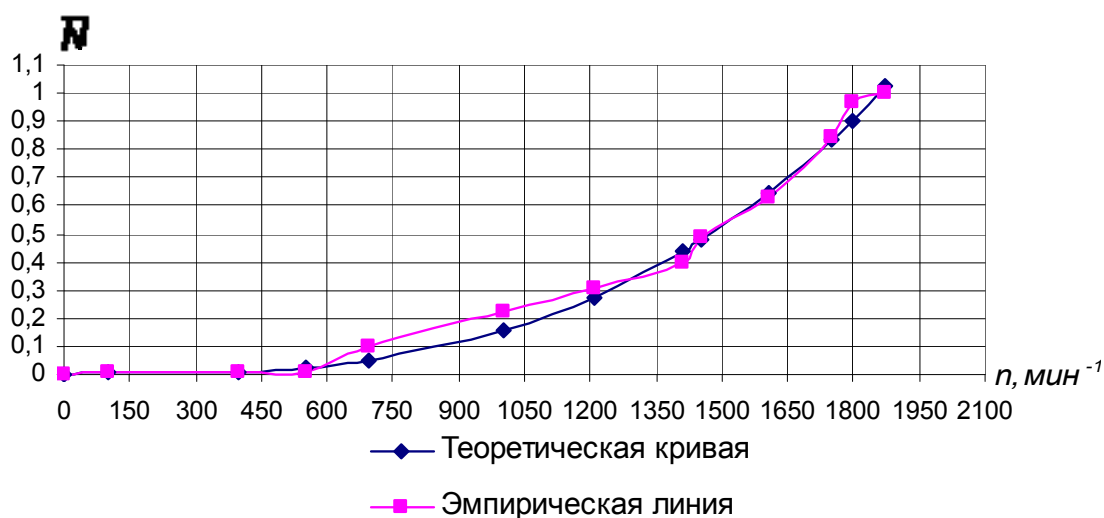


Рис. 1. Винтовая характеристика ГД 3412Е  
Fig. 1. Propeller characteristics

### Расчет параметров распределения мощности ГД на режимах эксплуатации ГЭУ ярусолова «переход» и «работа на промысле»

Эксплуатация ярусолова включает четыре режима: переход, постановка яруса, лов рыбы и выборка яруса.

**На режиме «переход»** два ГД работают постоянно. Данные по мощности ГД для режимов «переход на промысел» и «переход в порт» объединены в одну группу.

Данные по распределению мощности ГД ярусолова на режиме «переход» приведены в табл. 2.

По данным табл. 2 построена кривая распределения мощности ГД на режиме «переход» (рис. 2).

На режиме «переход» ГД работает с относительной мощностью, изменяющейся от 0,35 до 0,95 при среднем значении относительной мощности  $\bar{N}_c = 0,59$  и среднеквадратическом отклонении  $\bar{\sigma} = 0,09$ . Характер распределения мощности ГД, как видно из кривой распределения, одномодальный. Интервал отклонения мощности ГД от среднего значения на режиме «переход» составляет от 268,5 до 365,15 кВт.  $((\bar{N}_c - \bar{\sigma}) \cdot N_{ном}; (\bar{N}_c + \bar{\sigma}) \cdot N_{ном})$ .

Таблица 2  
Статистические данные по распределению мощности ГД на режиме «переход»

Table 2

Statistic data of distribution in power of the ME in the «passage» mode

Интервалы мощности в относительных единицах	Середина интервала	Продолжительность работы ГД $t$ , ч	Относительная продолжительность работы ГД $\bar{t}$
0–0,10	0,05	-	-
0,10–0,20	0,15	-	-
0,20–0,30	0,25	-	-
0,30–0,40	0,35	-	-
0,40–0,50	0,45	1194	0,193
0,50–0,60	0,55	2067	0,335
0,60–0,70	0,65	2312	0,374
0,70–0,80	0,75	510	0,083
0,80–0,90	0,85	81	0,013
0,90–1,00	0,95	10	0,002
Итого:		6174	1,000

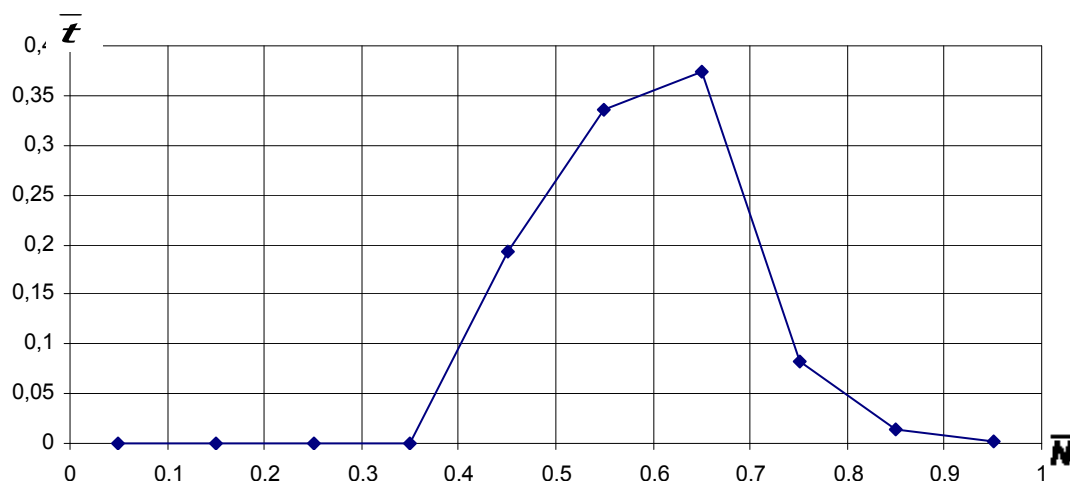


Рис. 2. Кривая распределения мощности ГД на режиме «переход»  
Fig. 2. A curve distribution range of the main engine in the «passage» mode

Средняя скорость судна на переходе составляет около 8 уз при частоте вращения ГД от 700 до 1600 мин<sup>-1</sup>.

**На режиме «работа на промысле»** два ГД работают постоянно. Технология ярусного лова рыбы состоит из трех операций: постановка яруса, лов рыбы и выборка яруса.

Статистические данные по распределению мощности ГД ярусолова на режиме «работа на промысле» приведены в табл. 3.

По данным табл. 3 построена кривая распределения мощности ГД на режиме «работа на промысле» (рис. 3).

На режиме «работа на промысле» ГД работает с относительной мощностью, изменяющейся от 0,01 до 0,55, при этом среднее значение относительной мощности равно  $\bar{N}_c = 0,16$  и среднее квадратическое отклонение  $\bar{\sigma} = 0,12$ . Интервал отклонения мощности для одного

ГД от среднего значения на режиме «работа на промысле» составляет от 21,48 до 150,36 кВт.  
 $((\bar{N}_c - \sigma) \cdot N_{ном}; (\bar{N}_c + \sigma) \cdot N_{ном})$ .

По статистическим данным на промысле средняя скорость судна составляет от 0,5 до 3,5 уз при частоте вращения дизеля от 550 до 700 мин<sup>-1</sup>, средний и малый ход у судов ярусного лова на промысловом режиме составляют около 98 %, а полный ход – только 2 %.

Таблица 3

**Статистические данные по распределению мощности ГД на режиме «работа на промысле»**

Table 3

**Statistical data on distribution of capacity of GD on a mode «work on trade»**

Интервалы мощности в относительных единицах	Середина интервала	Продолжительность работы ГД $t$ , ч	Относительная продолжительность работы ГД $\bar{t}$
0,00–0,10	0,05	29,5	0,00108
0,10–0,20	0,15	11084,4	0,407
0,20–0,30	0,25	967,9	0,036
0,30–0,40	0,35	1389,25	0,0657
0,40–0,50	0,45	3420,9	0,1256
0,50–0,60	0,55	1355,1	0,0497
0,60–0,70	0,65	1060,8	0,0385
0,70–0,80	0,75	6511,35	0,2389
0,80–0,90	0,85	992,6	0,0364
0,90–1,00	0,95	32,55	0,0112
Итого:	-	27244,35	1,00

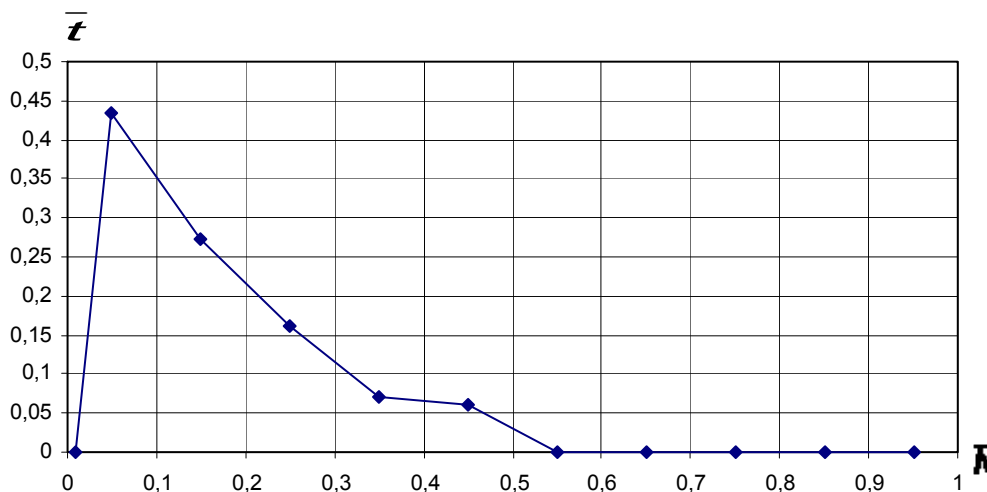


Рис. 3. Кривая распределения мощности ГД на режиме «работа на промысле»  
 Fig. 3. A curve of distribution of capacity of GD on a mode «work on trade»

**Расчет расхода топлива ГД CATERPILLAR-3412E**

В эксплуатации текущая эффективная мощность ГД носит случайный характер. Она изменяется во времени в зависимости от режима эксплуатации, от условий внешних факторов и от состояния пропульсивного комплекса. Поэтому в основу расчета расхода топлива положен вероятностно-статистический метод обработки фактической мощности ГД. Этот метод

наиболее полно учитывает многообразие внешних факторов, влияющих на элементы судового комплекса.

Для расчета расхода топлива необходима топливная характеристика ГД CATERPILLAR-3412E с электронным впрыском топлива. Топливная характеристика дизеля – это зависимость часового расхода топлива от его мощности, определяется по результатам стендовых испытаний.

Для расчета коэффициентов топливной характеристики ГД использовались результаты стендовых испытаний, которые приведены в табл. 4.

Таблица 4

Данные испытаний ГД марки 3412E

Table 4

Data of tests of the State Duma

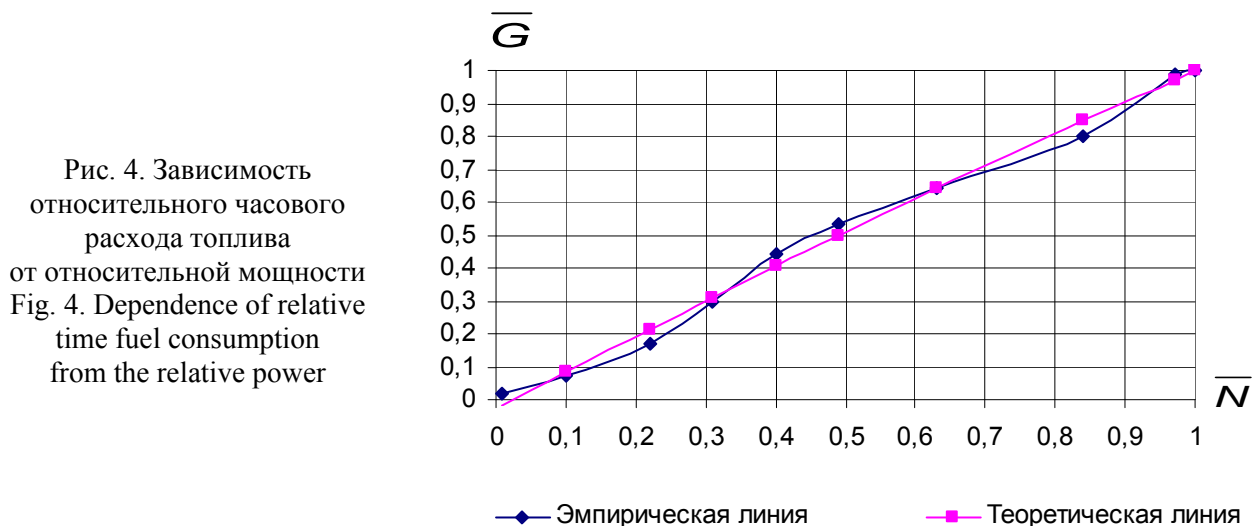
Относительная мощность $\bar{N}$	0,01	0,1	0,22	0,31	0,40	0,49	0,63	0,84	0,97	1,0
Расход топлива, л/ч	2,11	10	22,9	39,3	59	71	86	107	132	133,5
Относительный расход топлива $\bar{G}$	0,016	0,075	0,172	0,294	0,442	0,532	0,644	0,801	0,989	1,0

$$N_n = 537 \text{ кВт}, G_n = 133,5 \text{ л/ч}, \bar{G} = \frac{G_T}{G_n}, \bar{N} = \frac{N_e}{N_n}.$$

Зависимость относительного часового расхода топлива от относительной мощности можно представить графически (рис. 4) или в аналитической форме в виде полинома второй степени, параметры которого определены по методу наименьших квадратов, используя данные табл. 4. Топливная характеристика дизеля 3412E в аналитической форме будет иметь вид

$$\bar{G} = -0,1\bar{N}^2 + 1,13\bar{N} - 0,03.$$

Средняя квадратическая ошибка при этом составляет 0,03.



На основании топливной характеристики ГД CATERPILLAR-3412E и параметров распределения мощности на основных режимах эксплуатации СЯМ «К. Эмеральда» определен расход топлива. Результаты расчета параметров мощности и расхода топлива для ГД на режимах «переход» и «работа на промысле» приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Параметры мощности и расхода топлива ГД CATERPILLAR-3412E  
на режимах «переход» и «работа на промысле»**

Table 5

**Power rating and fuel oil consumption of the ME ГД CATERPILLAR-3412E  
in the «passage» and «fishing» modes**

Наименование	Режим «переход»	Режим «работа на промысле»
Число наблюдений, ч	6174	27244
Средняя относительная мощность	0,59	0,16
Среднеквадратическое отклонение	0,09	0,12
Средний часовой расход топлива, л/ч	80,35	19,79
Средний суточный расход топлива, л/сут	1928,46	474,96

**Выводы**

Получены параметры распределения мощности ГД CATERPILLAR-3412E на режимах эксплуатации «переход» и «работа на промысле», топливная характеристика ГД с электронным впрыском топлива и расчет расхода топлива.

**Список литературы**

1. Статистические данные на режимах эксплуатации ГД CATERPILLAR-3412E СЯМ «К. Эмеральда».
2. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985.

**Сведения об авторах:** Маницын Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: manyitsynv@mail.ru;  
Капран Людмила Кузьминична доцент;  
Старовойтова Зоя Павловна, доцент.