



УДК 621.313.12-883:629.12.037.4-83

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ВАЛОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ В РЕЖИМЕ ГРЕБНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО МОЩНОСТИ

*Даньк В.В., Черненко В.В.*

*Херсонская государственная морская академия*

*Показана возможность и целесообразность использования валогенераторной установки в режиме гребного электродвигателя в резервном пропульсивном комплексе, обеспечивающем аварийный ход судна в случае отказа главного двигателя, а также маневрирование при прохождении каналов, узостей, сложных фарватеров и при швартовке.*

*Ключевые слова: главная энергетическая установка, судовые электроэнергетические системы, валогенераторные установки, главный двигатель, утилизационные турбогенераторы, электрические машины, пропульсивный комплекс судна, дизель-генератор, гребной винт, валопровод, буксировочная мощность, адмиралтейские коэффициенты.*

**Введение.** Одним из направлений повышения экономичности и надёжности судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) является использование мощности главной энергетической установки (ГЭУ) для производства электроэнергии. В настоящее время на судах современной постройки широко используются СЭЭС с прямым и косвенным отбором мощности от ГЭУ. Как известно, в состав систем с прямым отбором мощности входят валогенераторные установки (ВГУ), в которых привод генераторов осуществляется непосредственно или через редуктор от ГЭУ. В системах с косвенным отбором мощности привод генераторов обеспечивается утилизационными турбогенераторами (УТГ) или турбинами, работающими непосредственно на выхлопных газах ГЭУ.

Целесообразность применения систем с ВГУ доказана многолетним опытом эксплуатации. При этом, помимо традиционной функции источника электроэнергии, валогенератор, как обратимая электрическая машина (ЭМ), может выполнять роль гребного электродвигателя (ГЭД), обеспечивая ход судна или работать совместно с главным двигателем (ГД) на гребной винт.

**Цель статьи.** Разработать методику определения мощности валогенератора в режиме гребного электродвигателя по характеристикам судна и заданной его скорости при аварийном ходе.

**Актуальность исследований.** Применение ВГУ в составе СЭЭС позволяет отказаться от эксплуатации всех или части автономных дизель-генераторов (ДГ) в ходовых режимах работы судна и, соответственно, обеспечить снижение себестоимости вырабатываемой электроэнергии, увеличить моторесурс ДГ, уменьшить эксплуатационные затраты, повысить надёжность СЭУ и безопасность мореплавания судна в целом.

Кроме того, в настоящее время ряд международных классификационных обществ [2] принимают решение о включении применительно к отдельным типам судов (танкеры, газовозы, пассажирские и круизные суда) дополнительного требования о наличии резервного пропульсивного комплекса, обеспечивающего аварийный ход судна в случае отказа ГД. В качестве аварийного пропульсивного комплекса предусматривается использование ВГУ.

**Результаты исследований.** При использовании ВГУ в качестве генератора и электродвигателя обычно рассматривают четыре схемы работы пропульсивного комплекса:

1. ГД работает на гребной винт.
2. ГД работает на гребной вал, а часть его мощности передаётся на ВГУ, работающую в режиме генератора.



3. На гребной вал работает как ГД, так и ВГУ, работающая в режиме электродвигателя (ЭД).

4. ГД отключён, на гребной вал работает только ЭД.

Следует отметить, что расширение функций ВГУ на современных судах обусловлено увеличением мощности систем электроснабжения, что вызвано широким внедрением электроэнергетических комплексов большой мощности различного назначения. Это подтверждается данными, приведёнными в табл. 1.

Таблица 1 – Основные показатели энергетических систем судов

| Судна          | Диапазон мощности ГД, мВт | Относительная мощность СЭС |
|----------------|---------------------------|----------------------------|
| Танкеры        | 0,8-25                    | 0,17-0,26                  |
| Сухогрузы      | 0,6-18                    | 0,25-0,32                  |
| Балкеры        | 10,0-22                   | 0,13-0,15                  |
| Контейнеровозы | 1,2-55                    | 0,19-0,21                  |
| Газовозы       | 12,0-18                   | 0,22-0,27                  |
| Накатные       | 5,0-20                    | 0,18-0,29                  |
| Пассажирские   | 1,3-18                    | 0,25-0,7                   |
| Паромы         | 0,6-15                    | 0,22-0,45                  |

Для использования двигательного режима ВГУ требуется решение ряда достаточно сложных вопросов, к основным из которых относятся обеспечение пуска ЭД от источников ДГ соизмеримой мощности, выбор оптимальных законов управления ЭД для различных условий плавания судна и др.

При рассмотрении совместной работы ГД и ЭД обычно принимается, что в этом режиме обеспечивается максимальная скорость судна [1]. Однако, анализ влияния скорости движения судна на пропульсивную мощность показывает, что если судно спроектировано для определённой скорости, то для незначительного её увеличения требуется увеличивать пропульсивную мощность в 1,5-2 раза. Это обусловлено значительным ростом волнового сопротивления, что показано на рис. 1.

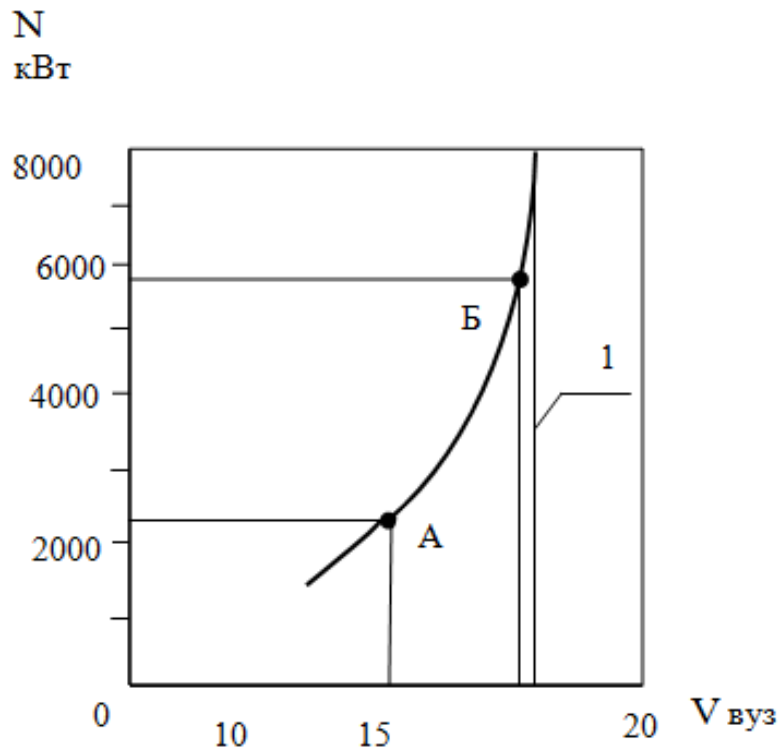


Рисунок 1 – Влияние скорости движения судна на пропульсивную мощность: 1 – волновой барьер



Поэтому, режим совместной работы ГД и ВГУ в режиме ЭД целесообразно рассматривать как режим, обеспечивающий требуемую скорость судна при снижении мощности ГД из-за какой-либо неисправности и т.п.

Режим работы ГД на гребной вал и ВГУ в режиме генератора достаточно широко исследован, поэтому проведём анализ работы пропульсивного комплекса при работе на гребной вал только ЭД при ГД. Рассмотрим работу ВГУ в режиме ЭД в пропульсивных комплексах с определёнными параметрами ГД и судна, а также определим потребную мощность ВГУ по параметрам судна и заданной скорости его движения. Определение буксировочной мощности судна  $N_R$  и мощности, подводимой к гребным винтам  $N_B$  обычно используются формулы, в которые входят адмиралтейские коэффициенты  $C_B$  и  $C_N$  [1], [4]. При этом буксировочная мощность  $N_R$ , кВт определяется следующим выражением:

$$N_R = \frac{D^3 \cdot v^3}{C_B},$$

а мощность на гребных винтах:

$$N_B = \frac{D^3 \cdot v^3}{C_N},$$

где  $D$  – массовое водоизмещение, т;  $C_B$ ,  $C_N$  – адмиралтейские коэффициенты, определяемые по прототипу судна,  $v$  – скорость судна, уз.

Коэффициенты  $C_B$  и  $C_N$  связаны соотношением

$$\frac{C_N}{C_B} = \eta \eta_{л.в.}$$

где  $\eta$  – пропульсивный коэффициент;  $\eta_{л.в.}$  – КПД линии водопровода.

#### **Эксплуатационная мощность двигателя при отсутствии отбора мощности.**

При использовании ВГУ в качестве двигателя для привода винта его мощность определяется с учётом КПД валопровода и редуктора.

Буксировочная мощность определяется также по формуле Пампеля:

$$N_R = 0,736 \cdot \frac{V}{L} \cdot \frac{v_S^3}{C} \cdot \frac{X}{\lambda} \cdot \sqrt{\psi},$$

где  $V$  – водоизмещение судна, м<sup>3</sup>;  $v_S^3$  – скорость судна в узлах;  $C$  – коэффициент, определяемый по диаграмме для типа судна;  $X = 1$  для одновального судна, 1,05 и 1,075 – для 2 и 3 валов соответственно;  $\lambda$  – поправочный множитель,  $\lambda = 0,7 + 0,3 \cdot \sqrt{\frac{L}{100}}$ , при длине судна 100м  $\lambda = 1$ ;  $\psi$  – характеристика остроты корпуса судна,  $\psi = 10 \sigma_{\Pi} \cdot B/L$ ,  $\sigma_{\Pi} = \frac{V}{L \cdot B \cdot T}$ ,  $L$ ,  $B$ ,  $T$  – длина, ширина и осадка судна.

При проектировании судна определяются его основные элементы, а также параметры и характеристики винта, определяется буксировочное сопротивление, мощность на валу винта и необходимая мощность гребных двигателей.

Для судов с известными характеристиками и выбранным главным двигателем по приведённым выражениям можно определить мощность ВГУ в режиме электродвигателя для заданной скорости судна.

Мощность ВГУ в режиме гребного электродвигателя при этом определяется в следующей последовательности.

1. Определяем эксплуатационную мощность полного хода.



2. Определяем мощность при прямой передаче и жестком соединении ГД с гребным валом, исходя из  $N_g$  – мощность на гребном винте, – КПД валопровода, – мощность, отбираемая на привод ВГУ.

В установках с механическими передачами с учётом отбора мощности  $N_B$  определяется, исходя из  $\eta_m, \eta_p$  – КПД разобщительной муфты и редуктора соответственно.

3. Из формулы  $N_B = \frac{D^2 v^3}{c_N}$  определяем  $\frac{D^2}{c_N}$  для полученного значения  $N_B$  и соответствующей скорости.

4. Задаёмся величиной потребной скорости при аварийном ходе судна с приводом винта от ВГУ и определяем требуемую мощность на винте

$$N_{Ba} = \frac{D^2}{c_N} \cdot v_a^3,$$

где  $v_a^3$  – заданная скорость судна при ходе судна с приводом винта от ВГУ.

5. По полученному значению  $N_{Ba}$  определяем мощность ВГУ в режиме двигателя.

Предварительные расчеты для балкера «Eupenia B» с дедвейтом 46750 т мощностью ГД 7308 кВт и скоростью 14,5 узлов показывают, что для обеспечения аварийного хода 5 узлов от двигателя ВГУ требуется примерно 250-300 кВт.

Для балкера «Борис Бутома» водоизмещения 122 тыс.т, дедвейт 100 тыс.т, мощности ГД 15510 кВт и скорости 15,2 узла при аварийном ходе со скоростью 5 узлов от ВГУ требуется мощность (620-680) кВт.

**Вывод.** Применение ВГУ обеспечивает повышение экономичности и энергетической эффективности современных судов. Установленная мощность СЭС, как показывает анализ, позволяет использовать ВГУ не только в качестве источника электроэнергии, а и в качестве гребного электродвигателя для обеспечения аварийного хода судна при отказе ГД, а также маневрирование при прохождении каналов, узкостей, сложных фарватеров и при швартовке.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю. А. Пахомов. – М. : Транслит, 2007 – 528 с.
2. Григорьев А. В. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки / А. В. Григорьев, В. А. Петухов. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2009. – 176 с.
3. Павленко Г. Е. Избранные труды / Г. Е. Павленко. – К. : Наук. думка, 1978. – 496 с.
4. Жийкин В. Б. Теория и устройство корабля / В. Б. Жийкин. – СПб., 2002. – 336 с.



**Даник В.В., Черненко В.В. АНАЛІЗ РОБОТИ ВАЛОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ В РЕЖИМІ ГРЕБНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА, ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ПОТУЖНОСТІ**

*Показана можливість і доцільність використання валогенераторної установки в режимі гребного електродвигуна в резервному пропульсивному комплексі, забезпечує аварійний хід судна в разі відмови головного двигуна, а також маневрування при проходженні каналів, позбавленому перешкод, складних фарватерів і при швартуванні.*

*Ключові слова: головна енергетична установка, суднові електроенергетичні системи, валогенераторні установки, головний двигун, утилізаційні турбогенератори, електричні машини, пропульсивний комплекс судна, дизель-генератор, гребний твинт, валопровід, буксирочна потужність, адміралтейські коефіцієнти.*

**Danyk V.V., Chernenko V.V. ANALYSIS OF VALOGENERATORNOY MODE INSTALLATION OF THE PROPELLER MOTOR , DETERMINATION OF ITS POWER**

*Shows the feasibility of using valogeneratornoy mode installation of the propeller motor backup propulsion system providing emergency move the vessel in the event of failure of the main engine, as well as in passing maneuvers channels, narrow, challenging fairways and when docking.*

*Keywords: main power plant, marine power systems, installation valogeneratornye main engine, recycling turbine generators, electrical machinery, propulsion system of the vessel, diesel generator, propeller shafting, towing capacity, admiralty coefficients.*

Статтю прийнято  
до редакції 7.10.2013