

## Тема №2

### Типы судовых энергетических установок

- \* Судовые энергетические установки в зависимости от вида главного двигателя делятся на **паротурбинные, газотурбинные и дизельные.**
- \* **Паротурбинная установка (ПТУ)** представляет собой совокупность агрегатов, двигателей и устройств, объединенных единой тепловой схемой. Рабочее тело (водяной пар) создается в паровом котле или в парогенераторе.

\* **Пар соответствующих параметров** (давления и температуры) вращает паровую турбину. Прошедший через турбину отработавший пар поступает в конденсатор, где превращается в воду (конденсат), которая далее используется для питания парового котла. Таким образом, пароводяной цикл замыкается. Паровая турбина через зубчатую передачу передает вращающий момент через судовой валопровод на гребной винт. Паровые турбоустановки (ПТУ) отличаются высокой надежностью и относительной простотой обслуживания.

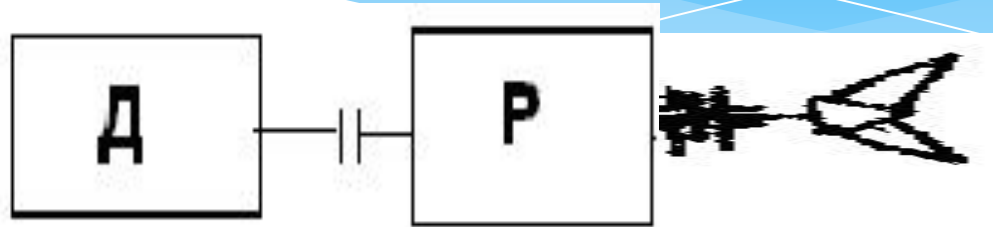
*Газотурбинные установки* отличаются тем, что в них главным двигателем является газовая турбина (газотурбинный двигатель), рабочее тело, для которой готовится в камере сгорания. В отличие от ПТУ для ГТУ не требуется громоздкий паровой котел. В результате ГТД является компактным и легким, имеющим высокую мощность. Это качество ГТД позволяет применять его в составе СЭУ достаточно эффективно, несмотря на меньшую экономичность.

**Выходящие из ГТД газы** имеют высокую температуру (450...550°C), а их количество весьма значительно. Это используется для получения водяного пара в утилизационном котле с дальнейшим применением пара для привода паровой турбины без дополнительных затрат топлива. В результате получается *комбинированная газопаротурбинная установка (ГПТУ) или ГТУ с теплоутилизирующим контуром.*

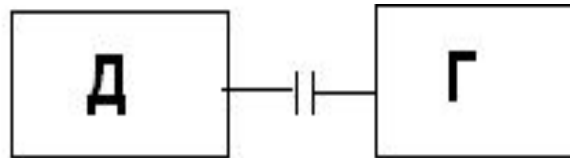
Кроме того, ГТД может использоваться в качестве форсажного для достижения максимальной скорости хода в СЭУ с ПТУ или дизельной установкой.

*Дизельные СЭУ* являются наиболее распространенными энергоустановками. В качестве главных двигателей в дизельных СЭУ применяется двигатель внутреннего сгорания – дизель. Дизели бывают *малооборотные* ( $n=50\dots250$  об/мин), которые присоединяются к валопроводу непосредственно (прямая передача); *среднеоборотные* ( $n=250\dots750$  об/мин) с передачей мощности на винт через зубчатую или гидравлическую передачу; *высокооборотные* ( $n=750\dots2500$  об/мин) с зубчатой или электрической (через гребной электродвигатель) передачи мощности на винт.

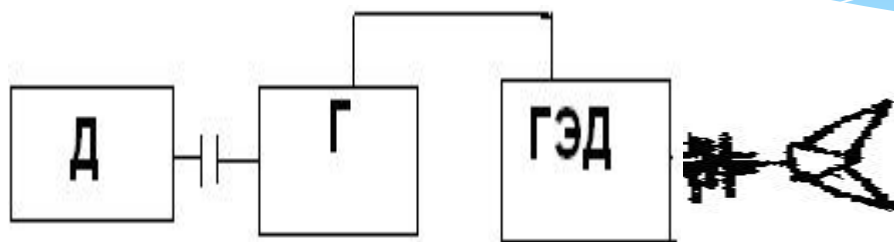
Вместе с зубчатой передачей дизель образует *дизель-редукторный агрегат* (Дизель-редукторная установка):



Если дизель является приводом электрогенератора, то такая установка называется *дизель-генератором*



**Комплекс, состоящий из дизель-генератора, гребного электродвигателя, электрических сетей и систем управления называют *дизель-электрической установкой (ДЭУ)*:**



**Дизель может применяться во всех вариантах *комбинированных СЭУ*:**

- дизель-паротурбинная установка;
- дизель-газотурбинная установка.

**К комбинированным можно отнести** установки, состоящие из однотипных двигателей разной мощности, предназначенных для обеспечения малых и полных ходов. В комбинированных установках маршевые и форсажные двигатели могут работать одновременно и отдельно. При одновременной работе двигателей разной мощности СЭУ усложняется существенно. Поэтому в последние годы такие СЭУ не применяются.



# Технико-экономические показатели СЭУ

## Показатели мощности

Мощность измеряется в кВт, а к *абсолютным показателям мощности* относятся:

суммарная мощность главных двигателей СЭУ,  $\sum N_e^{\text{ГД}}$ ;

эффективная мощность, которая передается от ГЭУ валопроводу,  $N_e^{\text{У}}$ ;

мощность, подведенная к винту,  $N_{\text{В}}^{\text{У}}$ ;

мощность судовой электростанции,  $N_{\text{СЭС}}$ .

Для СЭУ с прямой передачей от главных двигателей к винтам эффективная мощность ГЭУ  $N_e^y$  и  $N_v^y$  определяются соотношениями:

$$N_e^y = \sum N_e^{\text{ГД}}; \quad N_v^y = N_e^y \eta_{\text{ВП}},$$

где  $\eta_{\text{ВП}}$  – КПД водопровода.

Для СЭУ с непрямой передачей

$$N_e^y = \sum N_e^{\text{ГД}} \eta_{\text{П}},$$

где  $\eta_{\text{П}}$  – КПД передачи.

**Буксировочная мощность** или мощность полезной тяги для судна в целом определяется по формуле:

$$N_R = N_e^y \eta_{вп} \eta = \sum N_e^{ГД} \eta_{п} \eta_{вп} \eta_{в} \eta_{к},$$

где  $\eta$  - пропульсивный коэффициент ( $\eta = N_R / N_B$ );  $\eta_{в}$  – КПД винта;  $\eta_{к}$  – коэффициент влияния корпуса судна на работу винта.

## *Относительные показатели мощности СЭУ:*

энергонасыщенность судна  $\alpha_N$ , которая определяется по формуле:

$$\alpha_N = N_e^y / D \text{ или } \alpha_N = N_B^y / D, \text{ кВт},$$

где  $D$  – полное водоизмещение судна, т;

относительная мощность СЭС:

$$\alpha_e = N_{\text{СЭС}} / N_e^y;$$

степень электрофикации судна:

$$\alpha_{\text{ес}} = N_{\text{СЭС}} / D_{\text{пор}}, \text{ кВт/т},$$

где  $D_{\text{пор}}$  – водоизмещение судна порошнем, т.

## Относительные показатели мощности СЭУ отдельных типов морских судов

| №<br>п/п | Типы судов                                   | $\alpha_N$ кВт/т | $\alpha_e$  |
|----------|--|------------------|-------------|
| 1        | Пассажирские и грузопассажирские             | 0,8...1,7        | 0,2...0,3   |
| 2        | Универсальные сухогрузы                      | 0,3...0,7        | 0,15...0,25 |
| 3        | Танкеры                                      | 0,1...0,3        | 0,1...0,2   |
| 4        | Средние морозильные траулеры                 | 0,55...0,81      | 0,4...0,5   |
| 5        | Большие морозильные траулеры                 | 0,30...0,55      | 0,7...1,3   |
| 6        | Промыслово-производственные<br>рефрижераторы | 0,39...0,41      | 0,57...0,7  |

## Показатели массы

*К абсолютным показателям массы СЭУ*

относятся:

сухая масса установки (масса всех элементов без воды, масел и топлива),  $G_{у,с}^c$ , т;

масса установки в рабочем состоянии (с водой, топливом и маслом в элементах и трубопроводах),  $G_{у,т}$ ;

масса запасов топлива, масла и технической воды,  $G_{з,т}$ ;

полная масса установки с запасами,  $G_{уз,т}$ .

## В $G_{уз}$ входят:

масса машинной установки (двигателей, генераторов рабочего тела, передач, валопроводов, движителей, вспомогательных установок, теплообменных аппаратов, трубопроводов, систем управления и контроля, запасных частей СЭУ;

масса всех жидкостей в механизмах, аппаратах и трубопроводах СЭУ;

масса предметов для ремонта СЭУ (инструмент, расходные материалы и вещества);

масса энергетических запасов (топлива, масла технической воды).

В качестве *удельного массового показателя* СЭУ используется:

$$m_e = G_y^c / N_e^y, \text{ кг/кВт.}$$

## Значения удельного массового показателя для различных типов СЭУ.

| Типы СЭУ  | $m_e$ , кг/кВт |
|---|----------------|
| Дизельная с малооборотным двигателем и прямой передачей | 80...100       |
| Дизель-редукторная среднеоборотная                      | 60...70        |
| ПТУ транспортных судов                                  | 50...60        |
| <i>Газотурбинная:</i>                                   |                |
| <i>для транспортных судов</i>                           | 25...35        |
| <i>для быстроходных</i>                                 | 5...10         |
| <i>для судов на воздушной подушке</i>                   | 2...3          |
| <i>для судов на подводных крыльях</i>                   | 1,2...1,5      |

Другим относительным (удельным) показателям СЭУ является *относительная масса энергетических запасов*.

$$\alpha_z = G_z / D_y$$

Масса энергетических запасов  $G_z$  судов дальнего плавания, как правило, превышает массу СЭУ в рабочем состоянии ( $G_y$ ).



## Габаритные показатели СЭУ

Основными габаритными показателями СЭУ является площадь машинного отделения,  $F_{MO}$ ,  $m^2$  и объем  $V_{MO}$ ,  $m^3$  машинного отделения, а также протяженность машинного отделения по длине судна,  $L_{MO}$ , м.

Машинное отделение, как правило, располагается в основном корпусе судна. Объем помещений для СЭУ определяется с учетом особенностей установки, ее типа, а также типа главной передачи. Так, для морских транспортных судов с дизельными и паротурбинными установками *относительный объем* помещений СЭУ, как правило, составляет  $0,35...0,7 m^3/kW$ , а для судов на воздушной подушке и на подводных крыльях на порядок меньше, т.е.  $0,03...0,07 m^3/kW$ .

## *Относительными габаритными показателями СЭУ*

**являются:**

относительная длина машинного отделения:

$$l_y = L_{MO} / L,$$

где  $L$  – длина судна между перпендикулярами, м;

энергонасыщенность помещений СЭУ по длине  $n_L$ , кВт/м, по площади палубы  $n_F$  кВт/ м<sup>2</sup> и по объему  $n_V$ , кВт/ м<sup>3</sup>, определяются по формулам:

$$n_L = (N_e^y + N_{СЭС}) / L_{MO};$$

$$n_F = (N_e^y + N_{СЭС}) / F_{MO};$$

$$n_V = (N_e^y + N_{СЭС}) / V_{MO}.$$

**Зависимость энергонасыщенности  
машинного отделения от типа СЭУ показана  
в таблице**

| Тип СЭУ                 | $n_L$ , кВт/м | $n_F$ кВт/ м <sup>2</sup> | $n_V$ кВт/ м <sup>3</sup> |
|-------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Дизельные малооборотные | 220...480     | 15...30                   | 1,3...2,2                 |
| <i>ПТУ с ГТЗД</i>       | 370...550     | 22...37                   | 2,06...2,65               |

**Применяются и другие показатели, характеризующие СЭУ. Они будут рассмотрены на следующем курсе при детальном изучении существующих главных двигателей и вспомогательных механизмов.**



**ЛЕКЦИЯ ЗАКОНЧЕНА  
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**