



## УСЛОВИЯ РАБОТЫ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ОХЛАДИТЕЛЯМИ МАСЛА И ВОДЫ

А. Р. Аблаев, кандидат технических наук, доцент,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Рассматривается вопрос совместной работы теплообменника с судовой энергоустановкой в зависимости от способа регулирования теплоотдачи. Разработана методика построения режимных характеристик судовой энергоустановки на основе теплотехнических характеристик охладителей масла и воды, полученных на адекватных математических моделях.

*судовая энергоустановка, компьютерно-интегрированная система, тепловой расчет, судовой охладитель*

Целью работы является анализ изменения режимных характеристик эксплуатации охладителей масла и воды и влияние этих факторов на изменение режимных характеристик судовой энергетической установки (СЭУ).

К основным системам обеспечения теплового режима судовых энергоустановок относятся: система водяного охлаждения и масляная система.

Системы водяного охлаждения могут быть одноконтурные, двухконтурные, трехконтурные. Типовая судовая масляная система паротурбинной установки (ПТУ) представлена на рис. 1.

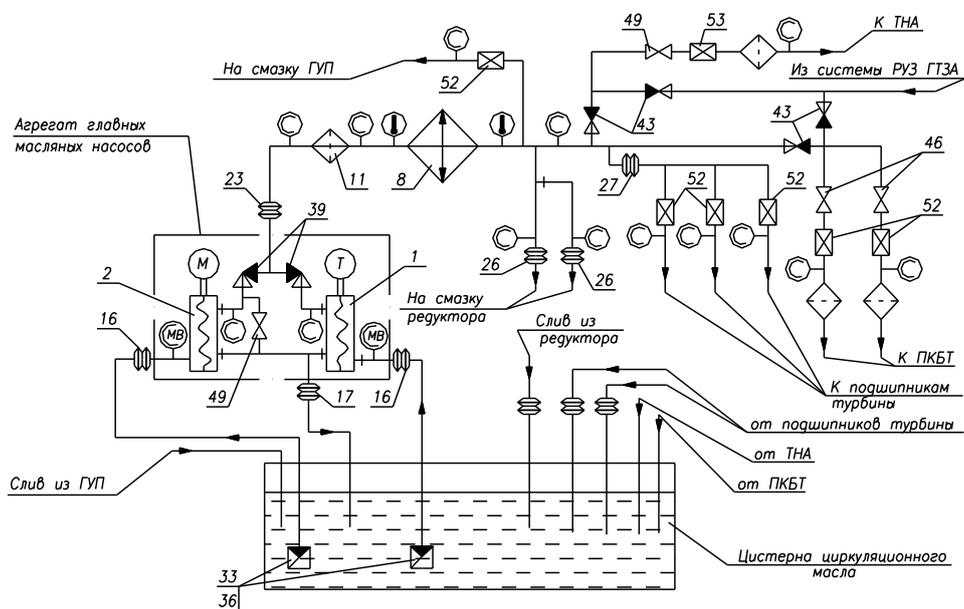


Рисунок 1 – Система обеспечения теплового режима судовой энергоустановки:

- 1 – турбонасос масляный; 2 – электронасос масляный; 8 – охладитель масла;
- 11 – фильтр масла; 16, 17, 19, 21, 23, 26, 27 – компенсатор; 33 – клапан невозвратный приемный; 36 – сетка на приемный клапан; 39 – клапан невозвратно-запорный угловой;
- 43 – клапан невозвратно-запорный проходной; 46, 49 – клапан запорный проходной;
- 52, 53 – клапан дроссельный проходной

Для обеспечения надежной работы судового главного турбозубчатого агрегата (ГТЗА), наряду с другим обслуживающим оборудованием, важным компонентом является охладитель масла с автономной системой автоматического регулирования температурного режима. Выбор температуры масла объясняется необходимостью его подачи в ГТЗА требуемой вязкости. При этом сам ГТЗА не является объектом регулирования. В качестве объекта регулирования в системе смазки ГТЗА применяется теплообменник (масло-заборная вода), в котором балансируется подводимая и отводимая теплота относительно масла при сохранении заданного значения его температуры на входе в ГТЗА.

Особая роль среди всех аппаратов систем охлаждения отводится маслоохладителям, которые являются одними из основных элементов маслоснабжения дизельных, паротурбинных и атомных энергоустановок.

Тепловой режим энергетической установки характеризуется температурными параметрами и расходами охлаждаемой среды в соответствии с техническими условиями на поставку оборудования в составе энергетической установки (ЭУ). В свою очередь эти параметры обеспечиваются, например, для охладителей масла, максимальной температурой масла на входе в охладитель и температурой на выходе, которая является, как правило, постоянной для поддержания теплового режима ЭУ. Аналогично для охладителей воды.

Указанные параметры обеспечиваются соответствующими теплообменными поверхностями (охладителей масла и воды) и расходом охлаждающей заборной воды.

Сложность работы судовых охладителей масла и воды заключается в том, что в процессе эксплуатации меняются параметры тепловой нагрузки на эти аппараты. Например, температура и соленость заборной воды в зависимости от района плавания [1, 2].

Рассмотрим главный турбозубчатый агрегат (ГТЗА) с номинальной мощностью около 8,13 МВт. Маслоохладитель ОКП 17-420-1 [3] отбирает 4% мощности от ГТЗА, что составляет  $Q = 325,4$  кВт ( $t_{\text{мк}} = 40^\circ \text{C} = \text{const}$ ,  $G_{\text{м}} = 2,78$  кг/с,  $t_{\text{тн}} = 20^\circ \text{C}$ ), при номинальном (100%-ном режиме работы ГТЗА). Определение влияния работы охладителя масла ОКП 17-420-1 на изменение мощности ЭУ при изменении характеристик охлаждающего теплоносителя (заборной воды), таких как начальная температура, расход, соленость, без проведения дополнительных испытаний на каждом режиме затруднительно. Затруднительно также изменение солености и температуры заборной воды во время проведения испытаний. Таким образом, проектант ЭУ не знает, каким образом будут изменяться режимы её работы. На рис. 2 представлено изменение мощности ГТЗА с учетом изменения температуры и солености заборной воды при различном нахождении корабля (судна) в Мировом океане. Расчетная поверхность охладителя выбиралась при температуре  $20^\circ \text{C}$  и солености заборной воды – 20 ‰.

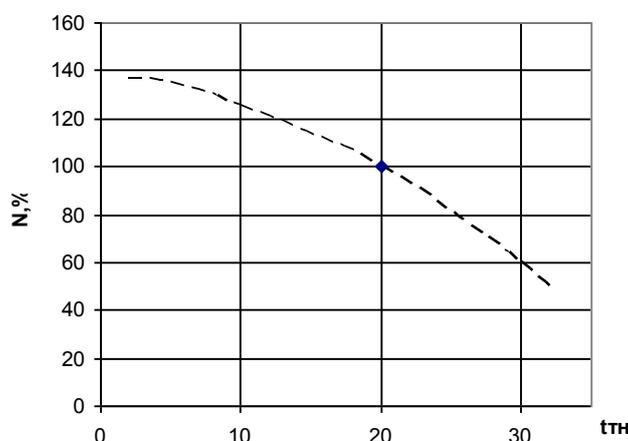


Рисунок 2 – Изменение мощности ГТЗА в зависимости от начальной температуры заборной воды

Из рис. 2 видно, что при повышении температуры заборной воды снижается мощность теплосъема охладителем масла от ГТЗА. Таким образом, ставится задача, чтобы в про-

цессе проектирования, не привлекая дорогостоящие стендовые испытания, разработчик аппарата мог оценить режимные характеристики при изменяющихся внешних условиях (температуры, солёности, расходов рабочих сред и др.).

Решением данной задачи является создание интегрированной системы автоматизированного проектирования судовой энергетической установки, которая включает в себя неотъемлемую часть – интегрированную систему автоматизированного проектирования теплообменных аппаратов ЭУ, позволяющую на стадии проектирования исследовать, на адекватных математических моделях, изменение режимных характеристик эксплуатации ТА и ЭУ.

Используя разработанные алгоритмические и программные модули теплогидродинамического расчета СТА [4, 5], можно наглядно показать, а в определенных случаях наиболее просто определить, возможные режимы работы ТА и соответственно определить режимы работы ЭУ.

В качестве примера определения режима работы теплообменного аппарата рассмотрим охладитель масла ОКП 17-420-1, установленный в масляной системе ПТУ с номинальной мощностью около 8,13 МВт. Маслоохладитель ОКП 17-420-1 отбирает 4% мощности от ГТЗА, что составляет  $Q = 325,4$  кВт ( $t_{\text{мк}} = 40^\circ\text{C} = \text{const}$ ,  $G_{\text{м}} = 2,78$  кг/с,  $t_{\text{тн}} = 20^\circ\text{C}$  и  $G_{\text{т}} = 7$  кг/с) при номинальном (100%-ном режиме работы ГТЗА). Рассмотрим работу такой системы. Нагретое масло от ЭУ с температурой  $t_{\text{тн}}$  поступает в охладитель масла, где охлаждается до температуры  $t_{\text{мк}}$ , причем очень важно, чтобы  $t_{\text{мк}} = 40^\circ\text{C} = \text{const}$  или колебалось в незначительных пределах. Параметр  $G_{\text{м}}$  зафиксирован, а  $t_{\text{тн}}$  зависит от режима работы ЭУ. Проектирование СТА проводится по расчетной температуре забортной воды согласно РД 5.4135-75 на номинальную мощность ЭУ. Однако известно, что температура забортной воды меняется от 0 до 34 °С, значит, на стадии проектирования необходимо численно проанализировать, какой теплосъем будет обеспечен СТА при изменении начальной температуры и солёности забортной воды и дать рекомендации для эксплуатации ЭУ.

Для расчета примем температуру забортной воды 10, 20 и 30°C, а солёность 20 и 30 ‰, при этом расход забортной воды постоянный. Результаты расчета приведены на рис. 3.

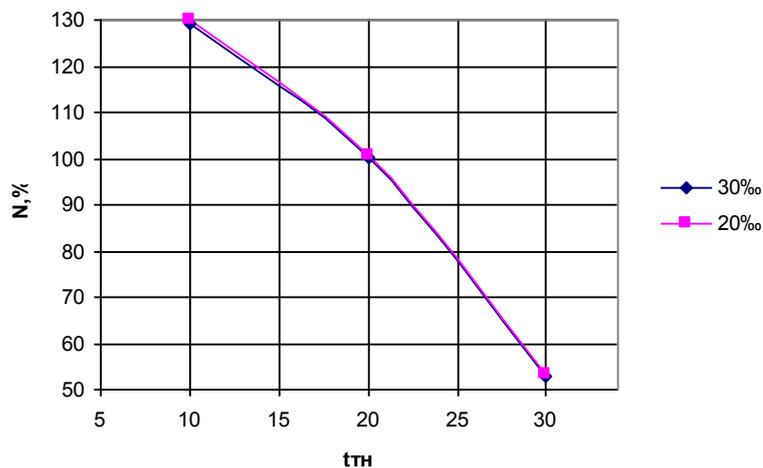


Рисунок 3 – Изменение мощности ЭУ от режимов работы охладителя масла ОКП 17-420-1 (температуры и солёности забортной воды)

Единственным параметром для регулирования режима работы СТА является расход забортной воды.

На этом же примере рассмотрим влияние изменения расхода, температуры и солёности на мощность ЭУ. Изменение расхода примем 5, 6 и 7 кг/с.

Результаты расчета приведены на рис. 4.

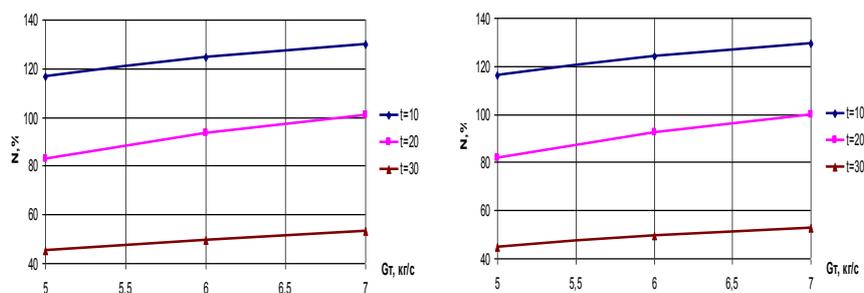


Рисунок 4 – Изменение мощности ЭУ при изменении режимов работы охладителя масла ОКП 17-420-1; а – s=30%, б – s=20%

Выводы: в результате проведенных расчетов можно сказать, что при изменении внешних условий эксплуатации необходимо знать, каким образом будут изменяться режимные характеристики теплообменных аппаратов систем обеспечения теплового режима СЭУ для их соответствующей эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копачинский, П. А. Судовые охладители и подогреватели жидкостей / П. А. Копачинский, В. П. Тараскин. – Ленинград: Судостроение, 1968. – 244 с.
2. Справочник по теплообменникам: в 2-х т. / пер. с англ. под ред. В. С. Петухова, В. К. Шикова. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – Т. 1. – 560 с.
3. Охладители масла и воды кожухотрубные с прямыми трубками. Технические условия // ОСТ 5.4254-86. – Москва, 1987. – 51 с.
4. Медведев, В. В. Использование имитационного моделирования для прогноза риска эксплуатации судовых маслоохладителей с учетом загрязнения их поверхности / В. В. Медведев, М. В. Лакиза // «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС 2017): труды Четвертой международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Изд-во АО «ЦТСС», 2017. – С. 94-99.
5. Медведев, В. В. Оценка риска при проектировании и эксплуатации судовых теплообменных аппаратов с учетом загрязнения поверхностей теплообмена / В. В. Медведев, М. В. Лакиза // Морской вестник (Санкт-Петербург) – 2016. – № 4(60). – С. 59-62.

#### WORKING CONDITIONS OF SHIP POWER PLANT WITH OIL AND WATER COOLERS

A. R. Ablaev, Ph.D., Associate Professor  
Sevastopol State University

The issue of the joint operation of a heat exchanger with a ship power installation is considered depending on the method of heat transfer regulation. A method for constructing the regime characteristics of a ship power installation based on the thermal characteristics of oil and water coolers obtained on adequate mathematical models is developed.

*ship power plant, computer-integrated system, thermal calculation, ship cooler*