

УДК 621.456

А.В. Дологлонян, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: dologlonyan@hotmail.com

ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДОВЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ

Анализируются режимные характеристики судовых теплообменных аппаратов, определяется поле их возможных режимов работы, разрабатывается методология создания ограничительных характеристик теплообменников.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, характеристика, режим работы.

Работа судовых энергетических установок (СЭУ) может осуществляться на самых различных режимах в зависимости от загрузки судна, погодных условий, времени суток, времени года, климатической зоны, коммерческих обстоятельств и т.д. В связи с этим на различных режимах работают и теплообменные аппараты (ТОА) этих СЭУ. Изменение режима работы ТОА определяется совместной работой ТОА с другими элементами системы или регулированием теплопередачи за счет варьирования «входными» или «выходными» параметрами ТОА.

Целью данной статьи является изложить методологию создания ограничительных характеристик судовых охладителей масла и воды, разработанную автором и начатую в работе [3].

Для анализа работы ТОА при изменении входных параметров используют режимные характеристики [1–3], получаемые при испытаниях по схеме подключения, показанной на рисунке 1, а.

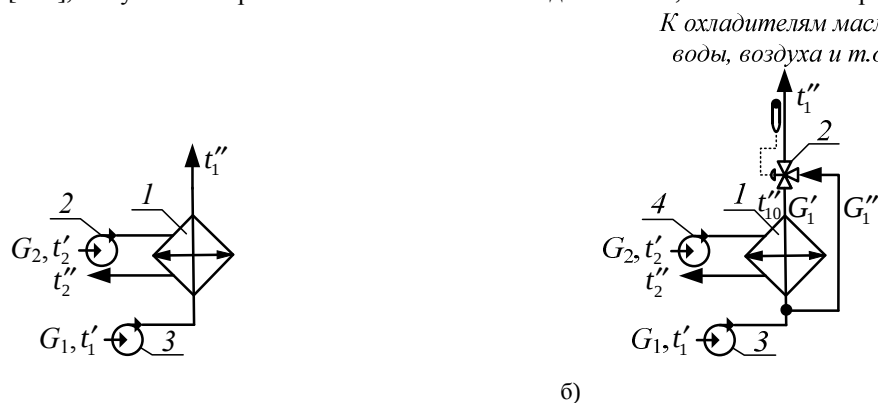


Рисунок 1 – Схемы подключения ТОА: а) при испытаниях, где 1 – ТОА; 2 – насос заборной воды; 3 – насос пресной воды (масла); G_1 – расход пресной воды (масла); G_2 – расход заборной воды; б) в центральной системе охлаждения энергетической установки, где 1 – центральный охладитель; 2 – термостатический клапан; 3 – насос пресной воды (масла); 4 – насос заборной воды; G_1 – расход пресной воды (масла); G_2 – расход заборной воды

Наиболее универсальная форма представления режимных характеристик представлена в работе [3]. Тепловой поток при таком подключении ТОА определяется по формуле

$$Q = \frac{t'_1 - t'_2}{b_1 + b_2},$$

где t'_1, t'_2 – входные температуры соответственно пресной (масла) и заборной воды;

$b_{i=1,2} = \frac{1}{2\varepsilon_i \alpha_i F_i} + \frac{1}{2w_i}$ – тепловые комплексы для пресной (масла) ($i = 1$) и заборной ($i = 2$) воды, здесь ε_i

– поправка на схему тока, при небольших температурных напорах $\varepsilon_i \approx 0,5$; α_i, F_i, w_i – коэффициент теплоотдачи, площадь поверхности теплообмена и водяной эквивалент со стороны пресной ($i = 1$) и заборной ($i = 2$) воды.

Комплексы b_i определяются либо по аналитическим зависимостям, полученным по результатам испытаний, либо по графикам, построенным на основе этих зависимостей (рисунок 2), что очень удобно в условиях эксплуатации. В большинстве практических задач можно считать, что $b_i = f(G_i, t'_i) = c_i G_i^{m_i} (t'_i)^{n_i}$. Это создает дополнительное удобство при изображении режимных характеристик в логарифмических координатах. Например, для маслоохладителя типа МО-88, спецификационный режим характеризуется следующими значениями расхода масла $G_1 = 60$ кг/с и

температуры на входе в двигатель $t_1'' = 37^\circ\text{C}$. Для этого теплообменника получены следующие зависимости для величин b_i :

$$b_1 = \frac{0,484}{G_1^{0,746} (t_1')^{0,104}}; \quad 30^\circ\text{C} \leq t_1' \leq 80^\circ\text{C}; \quad 30 \text{ кг/с} \leq G_1 \leq 70 \text{ кг/с};$$

$$b_2 = \frac{0,185}{G_2^{0,941} (t_2')^{0,058}}; \quad 10^\circ\text{C} \leq t_2' \leq 30^\circ\text{C}; \quad 20 \text{ кг/с} \leq G_2 \leq 80 \text{ кг/с}.$$

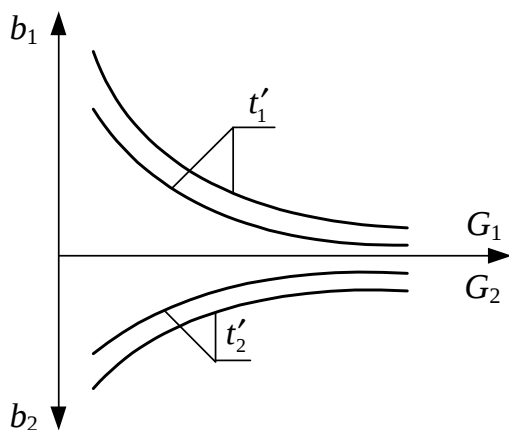


Рисунок 2 – Примерный вид режимных характеристик

Используя графоаналитический метод можно наглядно показать, а в определенных случаях наиболее просто определить возможные режимы работы ТОА. Однако изображенные на рисунке 2 характеристики не отражают предельные возможности ТОА на различных режимах. Определение предельных возможностей ТОА является очень важным при подборе теплообменников для СЭУ. Кроме того, в реальной СЭУ работают по схеме подключения, отличной от изображенной на рисунке 1, а, для которой получены характеристики (рисунок 2).

Учитывая сказанное выше, представляется необходимым разработать методологию получения ограничительных режимных характеристик судовых ТОА на основе обычных с учетом взаимодействия с другими элементами системы и накладываемыми ими ограничениями.

В качестве примера применения режимных характеристик для упомянутых целей рассмотрим центральный охладитель судовой системы охлаждения. Как изображено на рисунке 1, б [4] расход заборной воды определяется только производительностью насосов и может считаться постоянным, а температура зависит от внешних условий. В тоже время температура пресной воды поддерживается постоянной за счет перепуска части расхода (G_1'') мимо охладителя через термостатический клапан в зависимости от режима работы энергетической установки.

Однако ни расход G_1' , ни расход G_1'' заранее не известны. Расход G_1' можно определить из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} Q = \sum b_i (t_1' - t_2'), \quad i=1,2; \\ Q = G_1' c_{p1} (t_1' - t_{10}''); \\ b_i = c_i (G_i')^{m_i} (t_i')^{n_i}, \quad i=1,2; \\ G_1 t_1'' = G_1' t_{10}'' + (G_1 - G_1') t_1', \end{cases}$$

Проведя необходимые преобразования, получим следующее выражение:

$$\frac{1}{G_1 c_{p1} \eta_1} = c_1 (G_1')^{m_1} (t_1')^{n_1} + c_2 G_2^{m_2} (t_2')^{n_2}, \quad \eta_1 = \frac{t_1' - t_1''}{t_1' - t_2'},$$

из которого несложно определить искомую величину G_1' .

$$G_1' = \left\{ \frac{1}{c_1 (t_1')^{n_1}} \left[\frac{1}{G_1 c_{p1} \eta_1} - c_2 G_2^{m_2} (t_2')^{n_2} \right] \right\}^{\frac{1}{m_1}}.$$

Поскольку показатели степени n_i и m_i как правило имеют отрицательные значения, то нетрудно видеть, что в случае, когда выражение в квадратных скобках становится равным нулю,

$\eta_1 = \eta_{kp} = \frac{1}{c_{p1} G_1 c_2 G_2^{m_2} (t_{2kp}')^{n_2}}$, расход G_1' возрастает неограниченно (рисунок 3), что в реальных

условиях невозможно ввиду ограниченной мощности насоса. Это означает, что ТОА не справляется со своей задачей.

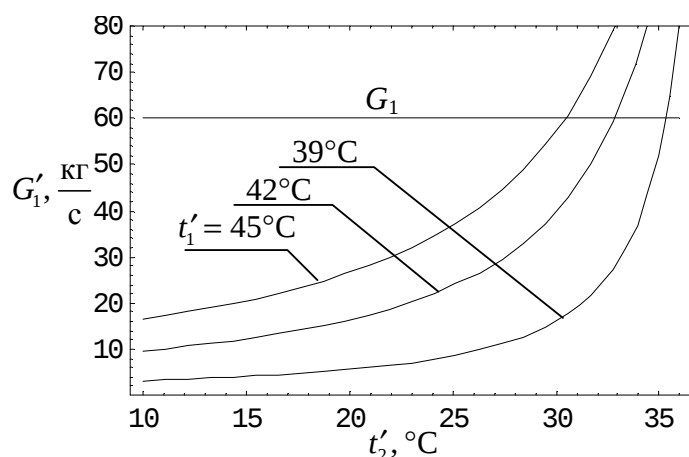


Рисунок 3 – Зависимость расхода масла через теплообменник от температур на входе

температуры на входе в маслоохладитель ($t'_{1\max}$) от температуры заборной воды, при выполнении спецификационных условий, как изображено на рисунке 4. Значения $t'_{1\max}$ определяются как точки пересечения линии G_1 с линиями t'_1 (рисунок 3). Область допустимых значений параметров работы маслоохладителя лежит ниже жирной ломаной линии.

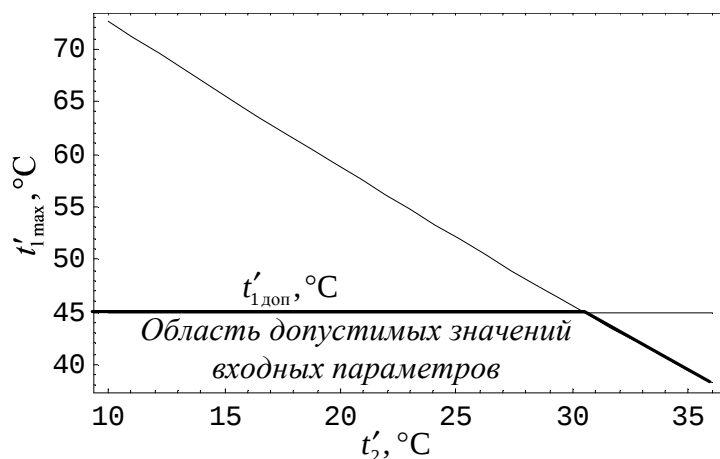


Рисунок 4 – Зависимость максимально возможной температуры на входе в маслоохладитель ($t'_{1\max}$) от температуры заборной воды

(ограничительная характеристика маслоохладителя МО-88):

$G_1 = G'_1 = 60 \text{ кг/с}$; $G_2 = 80 \text{ кг/с}$; $t'_{1\text{доп}} = 45^\circ\text{C}$ – допустимая температура масла на выходе из двигателя; $t''_{1\text{доп}} = 37^\circ\text{C}$ – допустимая температура масла на входе в двигатель

элементами автоматики на примере судового маслоохладителя.

Данная методология может быть распространена и на другие виды теплообменников, а также может быть доработана с учетом влияния эксплуатационных факторов, например загрязняющих отложений на теплообменных поверхностях.

Библиографический список использованной литературы

1. Охладители масла и воды, судовые кожухотрубчатые с прямыми трубками / Руководящий документ по стандартизации. Методика определения теплогидродинамических параметров. РД5.4444-87, ДСП.
2. Чабан О.И. Системный анализ режимов работы теплообменных узлов энергоустановок / О.И. Чабан, А.Г. Прокопенко // Математическое моделирование процессов теплообмена и оптимизация теплообменного оборудования. — Киев: Наукова думка, 1979. — 160 с.

Из рисунка 3 видно, что при достижении температуры t'_1 на выходе из ДВС 45°C при температуре заборной воды $t'_2 = 30^\circ\text{C}$ (область, характерная для тропиков) маслоохладитель не в состоянии обеспечить необходимую температуру масла на входе в двигатель, что может повлечь повышенный износ трущихся частей двигателя ввиду снижения вязкости масла, что в свою очередь потребует снижения мощности.

При работе двигателя в напряженных условиях (по внешним температурам и требуемой мощности) вся пресная вода или масло проходят через ТОА и $G_1 = G'_1$. В этом случае рисунок 3 удобнее интерпретировать как зависимость максимально возможной

Подобную ограничительную характеристику можно составить для любого теплообменного аппарата. Это представляется важным, поскольку она составляется не только для теплообменного аппарата как такового, а для ТОА и обслуживаемого им объекта (например, дизеля) совместно, и показывает возможный диапазон их совместной работы. Для судовой энергетической установки важно, чтобы теплообменник не являлся ограничивающим фактором при работе в различных климатических зонах, особенно в тропических водах, характеризующимися высокими температурами.

Выводы. В данной статье разработана методология разработки ограничительных режимных характеристик судовых ТОА с учетом условий совместной работы с обслуживаемыми объектами и

3. Дологлонян А.В. Режимные характеристики судовых кожухотрубных теплообменников / А.В. Дологлонян, Д.Г. Никитин // Методы и модели интенсификации производства. — Киев: УМК ВО, 1988. — 202 с.

4. Справочник судового механика по теплотехнике / И.Ф. Кошелев, А.П. Пимошенко, Г.А. Попов, В.Я. Тарасов. — Л.: Судостроение, 1987. — 480 с.

Поступила в редакцию 31.05.2011 г.

Дологлонян А.В. Обмежувальні режимні характеристики суднових охолоджувачів

Аналізуються режимні характеристики суднових теплообмінних апаратів, визначається поле їх можливих режимів роботи, розробляється методологія створення обмежувальних характеристик теплообмінників.

Ключові слова: теплообмінний апарат, характеристика, режим роботи.

Dologlonyan A.V. Restrictive characteristics of the ships coolers

Regime characteristics of the ship heat-exchange apparatus are analyzed, the field of their possible operating modes is defined, the methodology the restrictive characteristics development for heat exchangers is developed.

Keywords: the heat-exchange apparatus, the characteristic, an operating mode.