

УДК 629.5

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОЖУХОТРУБНЫХ АППАРАТОВ СДВОЕННОГО ТИПА

Кутепова Людмила Михайловна¹, кандидат педагогических наук, доцент

e-mail: masa_m@bk.ru

Нотфуллин Рифат Равилович¹, студент

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены особенности двухконтурной системы охлаждения главных двигателей с использованием кожухотрубных теплообменников. Выполнен анализ эксплуатационных ограничений традиционных (одиночных) аппаратов. Обоснована целесообразность замены выработавших ресурс теплообменников на аппараты сдвоенного типа. Приведены технические и экономические преимущества сдвоенных конструкций: безопасное разделение сред, контроль межконтурных утечек, повышенная готовность к работе на некачественной заборной воде, а также снижение затрат на сервис.

Ключевые слова: кожухотрубный теплообменник, сдвоенный аппарат, двухконтурная система охлаждения, главный двигатель, эксплуатационная надежность, утечка теплоносителя.

OPERATIONAL ADVANTAGES OF DUAL-TYPE SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS

Liudmila M. Kutepova¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

e-mail: masa_m@bk.ru

Rifat R. Notfullin¹, Student

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan branch of Volga State University of Water Transport Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Abstract. This article examines the features of dual-circuit cooling systems for main engines using shell-and-tube heat exchangers. An analysis of the operational limitations of traditional (single) heat exchangers is provided. The feasibility of replacing exhausted heat exchangers with dual-circuit heat exchangers is substantiated. The technical and economic advantages of dual-circuit designs are presented, including safe separation of media, control of intercircuit leaks, increased availability for operation with poor-quality seawater, and reduced maintenance costs.

Keywords: shell-and-tube heat exchanger, dual apparatus, dual-circuit cooling system, main engine, operational reliability, coolant leakage.

На судах с несколькими главными двигателями широко применяется двухконтурная система жидкостного охлаждения с использованием пресной воды во внутреннем замкнутом контуре и забортной воды – в наружном открытом контуре. Практика эксплуатации показывает, что теплообменные аппараты являются одним из наиболее уязвимых элементов системы с точки зрения коррозии, отложений и механического износа. По мере выработки ресурса штатных теплообменников возникает необходимость их замены. В качестве перспективного решения предлагается установка кожухотрубных теплообменников сдвоенного типа. Цель настоящей работы – систематизация и анализ эксплуатационных преимуществ сдвоенных аппаратов по сравнению с традиционными одиночными.

Традиционные односекционные кожухотрубные аппараты обладают следующими ограничениями:

- при возникновении коррозионного повреждения или разрыва трубок происходит прямое смешение пресной и забортной воды, что ведёт к загрязнению внутреннего контура, потере охлаждающей жидкости и аварийной остановке двигателя;
- при использовании нефilterованной или технической воды ускоряются отложения накипи, снижается коэффициент теплопередачи;
- плановое обслуживание или замена требуют полного отключения соответствующего двигателя на длительное время;
- высокие затраты на восстановление герметичности при межконтурных утечках.

Кожухотрубный аппарат сдвоенного типа (рис. 1) конструктивно содержит два независимых трубных пучка в общем корпусе либо два самостоятельных теплообменника, объединённых общей рамой, с обязательным наличием промежуточной (дренажной) полости между контурами. Такое исполнение позволяет каждой из рабочих сред (пресная вода и забортная вода) циркулировать в изолированных каналах.

При повреждении одной из трубок утечка поступает не в противоположный контур, а в промежуточную полость, откуда может быть дренирована и обнаружена приборами контроля (датчиками влажности, уровня или визуально).

На основе анализа эксплуатационных данных и технической документации были выделены следующие преимущества сдвоенных теплообменников.

1. Безопасное разделение сред и контроль утечек. Это ключевое отличие. Промежуточная полость исключает прямой контакт пресной воды с забортной при микроповреждениях. Утечка становится детектируемым событием, что позволяет безопасно остановить установку и заменить секцию без смешивания теплоносителей.

2. Высокая эксплуатационная готовность. В случае повреждения одной половины аппарата вторая продолжает работать, пусть и со снижением тепловой мощности. Для четырехдвигательной установки это означает возможность закончить рейс или дожидаться планового ремонта без аварийной остановки судна.

3. Устойчивость к некачественной воде. Разделение потоков позволяет использовать во внешнем контуре нефilterованную или солоноватую воду без риска загрязнения внутреннего контура. Кроме того, может применяться конструкция с гофрированными трубками, создающими турбулентность – это снижает скорость отложения накипи в каждой секции. Продлевается ресурс аппарата в 1,5–2 раза по сравнению с одиночным.



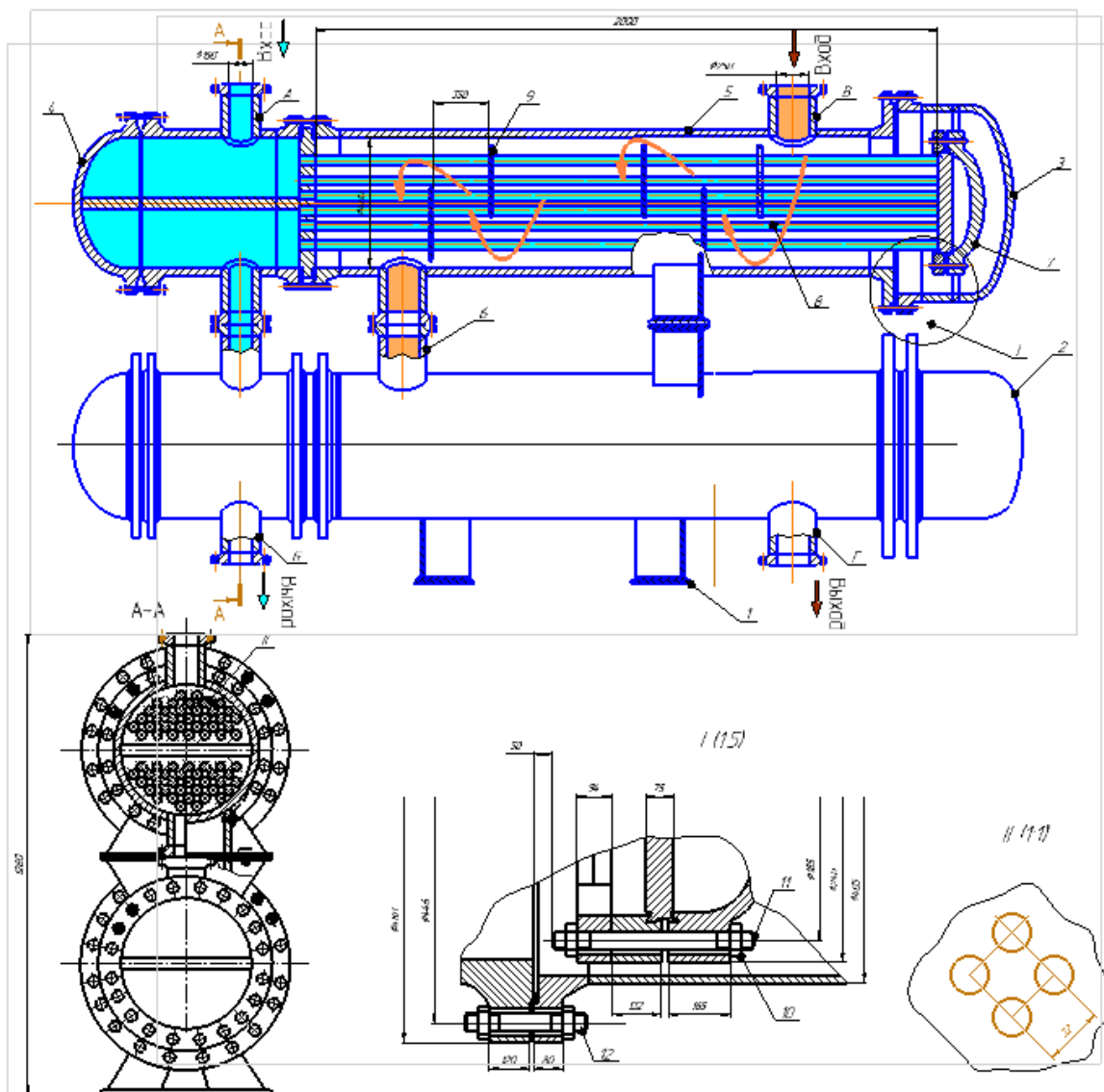


Рисунок 1 – Теплообменники сдвоенного типа

4. Повышенная эффективность теплопередачи. Современные исполнения сдвоенных аппаратов используют турбулизаторы потока и оптимизированное межтрубное пространство. Коэффициент теплопередачи возрастает на 15-25 % при тех же габаритах за счёт более интенсивного перемешивания жидкости.

5. Надежность и долговечность. Использование коррозионно-стойких материалов (нержавеющая сталь, латунь Л63 или МНЖ5-1) в парах трения «труба – трубная доска» обеспечивает ресурс 15-20 лет. Сдвоенная конструкция позволяет дренировать и консервировать одну секцию отдельно, что удобно при сезонных простоях.

6. Экономическая целесообразность. Несмотря на более высокую начальную стоимость (на 30-50 % выше традиционного одинарного аппарата аналогичной мощности), сдвоенный теплообменник обеспечивает снижение эксплуатационных расходов, которая происходит за счет:

- уменьшения числа аварийных простоев главных двигателей;
- отсутствия затрат на промывку внутреннего контура после утечек;
- увеличения межремонтного интервала;
- возможности поэтапной замены секций.

Оценочный срок окупаемости на судах с четырьмя двигателями составляет 1,5-2 года.

Таким образом, замена выработавших ресурс традиционных кожухотрубных теплообменников на аппараты сдвоенного типа в двухконтурной системе охлаждения главных двигателей является технически и экономически обоснованной.

Сдвоенные теплообменники обеспечивают:

- предотвращение аварийного смещения контуров;
- высокую готовность (работоспособность при частичном повреждении);
- устойчивость к загрязнениям и накипи;
- увеличенный срок службы за счёт коррозионностойких материалов и отдельного обслуживания.

Рекомендуется при плановом переоснащении судовых энергетических установок вместо одиночных аппаратов применять сдвоенные исполнения кожухотрубных теплообменников.

Список литературы:

1. Кутепова Л.М., Абитов А.М. Модернизация системы охлаждения двигателя «Чидонг» серии 6190 // Традиции, современное состояние и перспективы развития системы транспортного образования. сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева - Казанский филиал ФГБОУ ВПО «Волжский государственный университет водного транспорта». – Казань, 2022. – С. 71-74.
2. Кутепова Л.М., Котов И.В. Усовершенствование системы охлаждения двигателя Skoda 61275PN в целях экономии топлива. // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей VII Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 108-111.
3. Морозов В.Б. Эксплуатация систем охлаждения главных двигателей. – М.: Транспорт, 2020. – 156 с.
4. Руководство по применению кожухотрубных сдвоенных теплообменников. – СПб., 2022. – 44 с.
5. Тимофеев В.Н., Кутепова Л.М., Воробьев В.В. Устройство для преобразования тепловой энергии системы охлаждения судового двигателя внутреннего сгорания в электрическую энергию. // Традиции, современное состояние и перспективы развития системы транспортного образования: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 119-летию со дня образования ИМРФ имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева - КФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – Казань, 2023. – С. 122-128.
6. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М., Юнусова А.Р. Автоматическое регулирование температурного режима высокотемпературных систем охлаждения перед плановой остановкой нереверсивного судового дизеля. // Транспорт. Горизонты развития: труды 2-го Международного научно-промышленного форума. – Нижний Новгород, 2022. – С. 34.
7. Чиняев И.А. Судовые теплообменные аппараты: конструкция и расчёт. – Л.: Судостроение, 2018. – 312 с.

