

УДК 621.565.954.6 PACS: 44.05.+e

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСЛООХЛАДИТЕЛЯ СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С СЕГМЕНТНЫМИ И ВИНТОВЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ

Ибрагимли Э.Н.

“Азербайджанская Государственная Морская Академия” ПЮЛ
AZ1000, г. Баку, уль. З. Алиева, 18
E-почта: ibraqimli93@mail.ru

Xülasə. Məqalədə gəmilərin baş mühərrikinin dizel yağ soyuducu aparatlarında səmərəliliyinin artırılması məsələsinə baxılmışdır. Gəmi istilik mübadilə aparatının boru arası fəzasında baş mühərrikin dizel yağının soyudulması üçün seqment və vintli şəbəkələrinin konstruksiyaları və onların yerləşdirilməsi ilə istilik prosesinin paylanması üçün CFD komputer modelləşdirilməsindən istifadə edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, əsas tətbiq edilən seqmentli şəbəkələrin konstruksiya və yerləşməsinin dəyişməsi ilə 8-10%, eyni ilə vintli şəbəkələrdə isə 18-20% civarında səmərəliliyin artırılması əldə edilmişdir. Bununla, baş mühərrikin dizel yağının soyudulmasını tam təmin etmək üçün soyutma prosesinin (istilik vermə və istilik ötürmə), yəni Re və Nu kriteriyalarının dəyişilməsi həm seqmentli, həm vintli şəbəkələrdə müqayisəli səmərəliliyin artırılması üçün parametrlərin assılıqları alınmışdır.

Beləliklə, vintli ara kəsmə şəbəkələri ilə dizel yağının soyutma rejiminin tam tələblərə uyğun tənzimlənməsinin əldə edilməsi mümkün olmuşdur. Vintli şəbəkə ilə dizel yağının tam soyudulmasını təmin edilməklə, təxminən dizel yağ soyuducusunun iqtisadi səmərəliliyi 1.5-2 dəfə artırmaq mümkün ola bilər.

Аннотация. В статье рассмотрена задача, повышение эффективности охлаждения дизельного масла для главного двигателя судна. С помощью компьютерного моделирования CFD исследованы конструкции сегментных и винтовых перегородок охлаждения дизельного масла главного двигателя в межтрубном пространстве судового теплообменного аппарата и распределение теплового процесса с их размещением.

Проведенные исследования показывают, что за счет изменения конструкции и расположения основных сегментированных перегородок, достигается повышение эффективности на 8-10%, а на винтовых перегородках на 18-20%. При этом, изменяя критерии теплового процесса (охлаждение и теплообмен), т.е. Re и Nu . Для полного обеспечения охлаждения дизельного топлива судового теплообменного аппарата, были получены зависимости параметров. Для сравнения повышение эффективности охлаждения дизельного топлива главного двигателя судового теплообменного аппарата, как в сегментных, так и в винтовых перегородках.

Таким образом, можно было регулировать режим охлаждения дизельного топлива в соответствии с конкретными требованиями с винтовыми промежуточными перегородками. Обеспечив полное охлаждение дизельного топлива винтовой перегородкой, можно повысить экономическую эффективность маслоохладителя дизельного топлива примерно в 1,5-2 раза.

Abstract. In this paper is considered the issue of increasing the efficiency of cooling the diesel oil of the main engine of the ship. With the help of CFD computer simulation, the designs of segmental and helical baffles for cooling diesel oil of the main engine in the annular space of the ship shell and tube heat exchanger and the distribution of the thermal process with their placement were studied.

The conducted studies show that by changing the design and configuration of the main segmental baffle, an increase in efficiency by 8-10% was achieved and for helical baffle by 18-20%. At the

same time, by changing the criteria of the thermal process (cooling and heat exchange), i.e. Re and Nu , to fully ensure the cooling of diesel fuel for marine shell and tube heat exchanger, the dependences of the parameters were obtained. For comparison, the increase in the efficiency of cooling diesel fuel of the main engine of the marine shell and tube heat exchanger, both in segmental and helical baffles.

Thus, it was possible to adjust the mode of cooling of diesel fuel in accordance with specific requirements with helical intermediate baffles. By providing complete cooling of diesel fuel with a helical baffle, it is possible to increase the economic efficiency of a diesel fuel oil cooler by about 1.5-2 times.

Açar sözlər: *segmentli şəbəkə, gəmi istilik mübadilə aparatları, vintli şəbəkə, istilik vermə əmsali, səmərəlilik, prosesin optimallaşdırılması*

Ключевые слова: *сегментная перегородка, судовые кожухотрубчатые теплообменные аппараты, винтовая перегородка, коэффициент теплоотдачи, эффективность, оптимизация процесса*

Key words: *segmental baffle, marine shell and tube heat exchangers, helical baffle, heat transfer coefficient, effectiveness, process optimization*

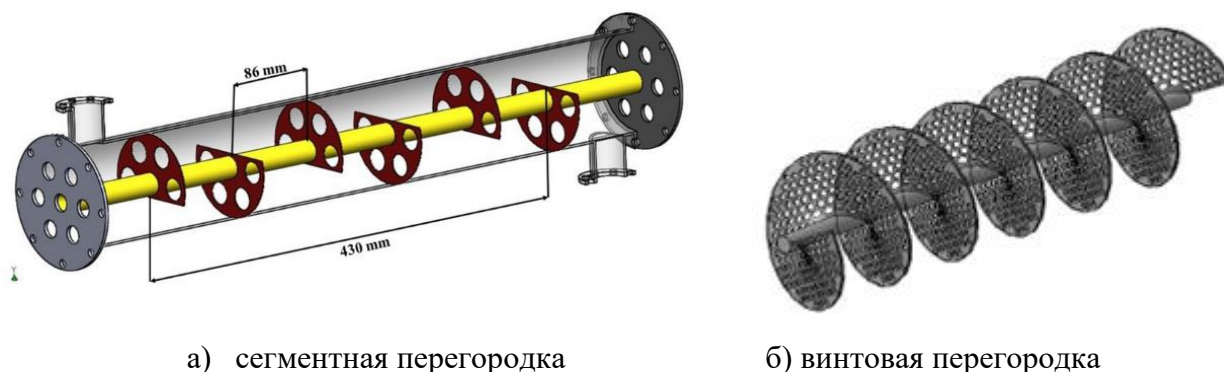
Введение. Размер вырезки и расположение перегородки имеет существенное влияние на обмен тепловым процессом судовых теплообменных аппаратов (СТА). Повышение эффективности применения новой перегородки варьируется в пределах 15 – 45%.

Для охлаждения дизельного масла главного двигателя (СТА) применяется морская вода, которая имеет склонность к сильному загрязнению теплообменной поверхности [1,2,3]. В этом случае рекомендуется применять срез перегородки в межтрубном пространстве не более 25% от внутреннего диаметра кожуха аппарата [4,5].

Оптимальный шаг перегородки находится, как правило, в диапазоне 0,3 – 0,6 от внутреннего диаметра кожуха аппарата. К недостаткам односегментных перегородок можно отнести наличие разнотечных потоков жидкости между трубным пучком и кожухом, а также значительное гидравлическое сопротивление. Если перепад давления, вызванный сегментными и винтовыми перегородками слишком большой или необходимо больше поддержек трубного пучка, чтобы предотвратить вибрацию, можно использовать несколько сегментных и винтовых перегородок.

Постановка задачи. Для определения эффективности от использования перегородки винтовой формы необходимо сравнить характеристики судовых кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с винтовой перегородкой и с наиболее часто на сегодняшний день применяемыми - сегментными. Модель сегментной и винтовой перегородки представлена на рисунке 1 (а,б).

Перегородки могут быть сегментированными или непрерывными в зависимости от перепада давления и эффективности. В этом исследовании геометрия перегородок, такая как сегментная перегородка с сечением 30° (СП-30), сегментная перегородка с сечением 60° (СП-60), винтовая перегородка с сечением 30° (ВП-30) и винтовая перегородка с сечением 60° (ВП-60) берется для анализа производительности СТА. Кожухотрубный СТА с различной геометрией перегородки моделируется с использованием компьютерной программы FLUENT для выбора наилучшей возможной геометрии. Спецификация конструкции СТА представлена в таблице 1. Для расчетного исследования выбрана модель с числом численной сетки 0,48 млн. Малый шаг сетки обеспечена вблизи стенки жидкой области с четырехугольными и шестиугольными элементами.



а) сегментная перегородка

б) винтовая перегородка

Рис. 1. Модель сегментной и винтовой перегородки маслоохладителя (СТА)

Для данного исследования рассматривается метод $k-\epsilon$ с условием прилипания вблизи стенки. СТА и перепад давления можно рассчитать по соотношению, приведенному [6,7] в уравнениях (1) и (2) можно использовать для определения перепада давления, коэффициенты трения и теплоотдачи соответственно.

$$f = \frac{2\Delta P_0 d_0}{\rho u^2 l} \quad (1)$$

$$Nu = \frac{\alpha d_0}{\lambda} \quad (2)$$

где ΔP_0 - перепад давления на межтрубном пространстве, ρ - плотность дизельного масла, d_0 - внешний диаметр трубного пучка, l - эффективная длина СТА, α -коэффициент теплоотдачи, λ -коэффициент теплопроводности. Коэффициент трения f можно рассчитать по корреляции, полученной по экспериментальному результату, u -средняя скорость потока дизельного масла [7].

$$f = C_1 Re^{m_1} \quad (3)$$

где C_1 - константа коэффициента трения, которую можно выбрать из таблицы 2 на основе числа Рейнольдса. Число Нуссельта можно рассчитать по соотношению, приведенному ниже [7].

$$Nu = C_2 Re^{m_2} Pr^{1/3} \quad (4)$$

где C_2 - константа числа Нуссельта, которую можно выбрать из таблицы 3 в зависимости от конфигурации перегородки. Коэффициент трения и коэффициент теплоотдачи можно рассчитать по уравнениям. (2) и (4) соответственно [8].

Таблица 1

Технические характеристики СТА

Характеристики	Размеры
Внутренний диаметр трубы (d_i)	0,016 м
Наружный диаметр трубы (d_o)	0,02 м
Длина трубки (L)	0,150 м
Количество трубок (N)	142
Толщина перегородки	0,01 м
Равноудаленная опора (измеряется от осевой линии перегородки)	0,1 м
Наружный диаметр кожуха (D_o)	0,184 м
Внутренний диаметр кожуха (D_i)	0,640 м
	0,620м

Таблица 2

Корреляция для коэффициента трения

СТА	C_1	m_1	Число Рейнольдса
Винтовой	3,76	-0,578	<1960
	0,316	-0,251	>1960
Сегментный	2,79	-0,269	<752
	1,41	-0,167	>752

Таблица 3

Корреляция для числа Нуссельта

СТА	C_2	m_2
Винтовой	0,0599	0,669
Сегментный	0,0889	0,717

Анализ полученных результатов. Программа CFD (FLUENT) использовался для оценки изменения температуры на межтрубном пространстве и на стороне трубы. На рис. 1 показано изменение температуры при различных температурах на входе со стороны межтрубного пространства и со стороны трубы.

Результат показывает, что винтовая перегородка с разрезом перегородки 30° более эффективно, чем другие модели. По результатам, полученным с помощью CFD, было проведено теоретическое исследование теплообменника с сегментными и винтовыми перегородками.

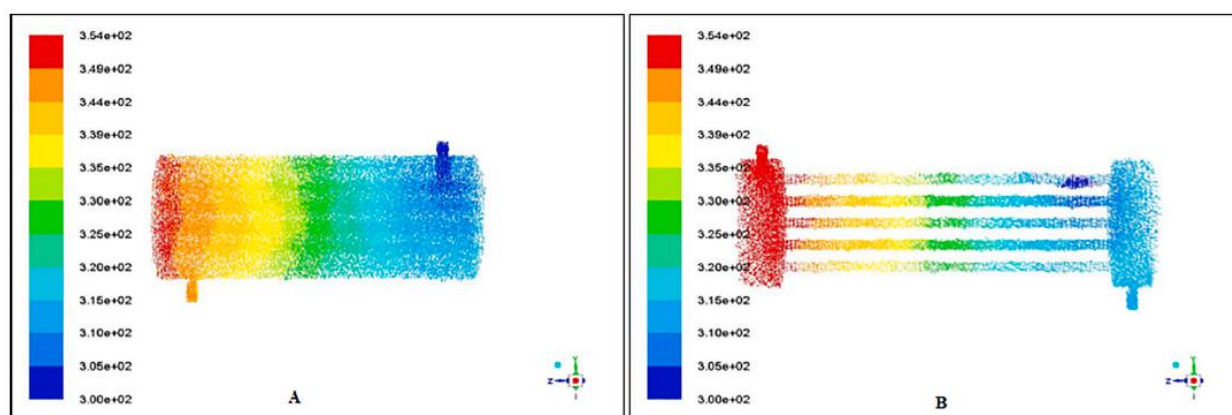


Рис. 2. Изменение температуры со стороны межтрубного пространства (А) и со стороны трубы (В)

В этом исследовании также сравниваются винтовая и сегментарная перегородки, винтовая перегородка с углом подъема 25° берется и сравнивается с сегментной перегородкой с точки зрения эффективности, перепада давления и числа Нуссельта. Рис. 2 показывает, что перепад давления для сегментной перегородки больше, чем для винтовой перегородки. Хотя коэффициент теплопередачи у сегментной перегородки больше, чем у винтовой перегородки.

Было выявлено что, охлаждение масла в СТА с предлагаемой винтовой перегородкой происходит интенсивнее. Таким образом, применение винтовой перегородки повышает интенсивность теплоотдачи. Увеличение эффективности теплообменного аппарата с винтовой перегородкой достигается за счёт равномерного распределения потока по межтрубному пространству и исключения застойных зон – основной причины низкой эффективности кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

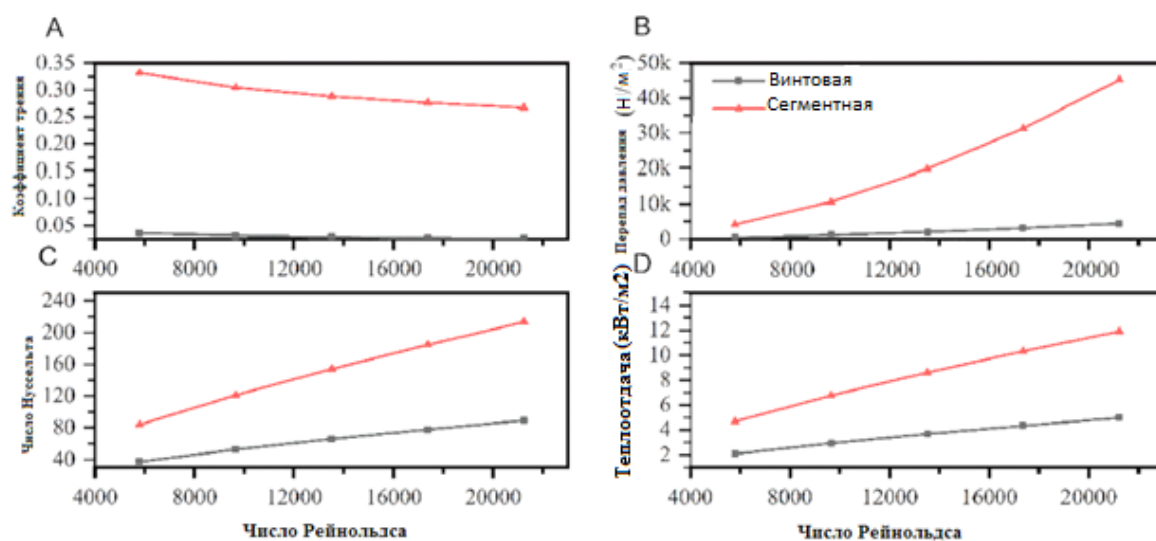


Рис. 3. Влияние числа Рейнольдса на А) коэффициент трения В) перепад давления С) число Нуссельта (D) коэффициент теплоотдачи

На основе полученных результатов были построены графики зависимости тепловой энергии Q , передаваемой от одного теплоносителя к другому, от механической энергии P , затрачиваемой на прокачку теплоносителя через межтрубное пространство для двух типов теплообменных аппаратов. Графики представлены на рисунке 3.

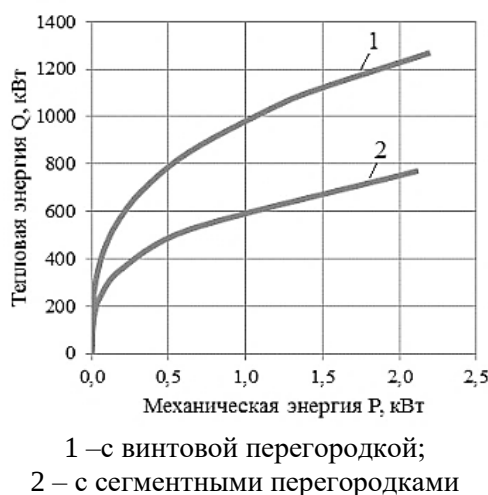


Рис. 4. График зависимости тепловой энергии от механической энергии с винтовыми(1) и сегментными(2) поперечными перегородками СТА

Заключение. В результате решения поставленной задачи были определены все основные параметры, характеризующие работу СТА: скорость, давление, температура, коэффициенты трения и теплоотдачи. Охлаждение эффективности дизельного масла главного двигателя на выходе для модели с винтовой перегородкой составила 18-20%, для модели с сегментными перегородками 8-10%.

Выявлено что, охлаждение дизельного масла в аппарате с предлагаемой винтовой перегородкой происходит интенсивнее. Применение винтовой перегородки повышает интенсив-

ность теплоотдачи. Увеличение эффективности теплообменного аппарата с винтовой перегородкой достигается за счёт равномерного распределения температурного поля потока масла по межтрубному пространству и исключения застойных зон .

Литература

1. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Исследование оптимальных условий эксплуатации труб судовых теплообменных аппаратов//Материалы I Международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития морской отрасли», 3-5 ноября 2021г., Херсон, Украина, с.211-214.
2. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Оптимальный режим нанесения силикатного покрытия на поверхность теплообменной трубы//ADDA, “Texniki və təbiət elmlərinin innovativ inkişaf perspektivləri” beynəlxalq elmi-texniki konfransının materialları (25-26 noyabr 2021), Bakı, s.130-133.
3. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Регулирование влияния конструкции перегородки на тепловые процессы труб судовых теплообменных аппаратов//ADDA-nın Elmi əsərləri, № 1, səh.114-117, 2021, Bakı, Azərbaycan.
4. Четверткова, О.В., Ризванов Р.Г., Чернятьева Р.Р. Влияние расстояния между поперечными перегородками и высоты выреза перегородки на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника //Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015.№6. С.452-465. URL: http://ogbus.ru/issues/6_2015/ogbus_6_2015_p452-465_ChetvertkovaOV_ru.pdf
5. Четверткова, О.В., Ризванов Р.Г. Влияние конструктивных параметров на эффективность теплообмена в межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике: сборник материалов VIII Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). – В 2-х частях. – Ч.1. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – С. 87-91.
6. S.K. Shinde, M.H. Pancha, S. Pavithran, Improved performance of helixchanger over segmental baffle heat exchanger using kern's method, Int. J. Adv. Eng. Technol. 5 (1) (2012) 29
7. B. Peng, et al., An experimental study of shell-and-tube heat exchangers with continuous helical baffles, J. Heat Transfer 129(10) (2007) 1425–1431.
8. A. El Maakoul, et al., Numerical comparison of shell-side performance for shell and tube heat exchangers with trefoil-hole, helical and segmental baffles, Appl. Therm. Eng. 109 (2016) 175–185.

Мəqalə qəbul olunub: 22.04.25
Təvsiyə edib: dos. İsmayilov A.Ş.