

УДК 629.5

DOI:10.37890/jwt.vi82.563

## **Разработка экспериментальной установки для моделирования одноконтурной системы охлаждения судового дизеля**

**С. Слиман**<sup>1</sup>

**А. Саламех**<sup>2</sup>

ORCID: 0000-0003-0949-4652

**С. А. Каргин**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия*

<sup>2</sup>*Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген. ад. Ф. М. Апраксина, г. Астрахань, Россия*

**Аннотация.** Материал, представленный в данной статье, предназначен для решения задачи о возможности использования одноконтурной системы охлаждения судовых дизелей, установленных на судах прибрежного плавания в районах северных морей нашей страны. В предложенной схеме охлаждения судовых дизелей предлагается отказаться от внешнего контура забортной воды, а отвод теплоты от охлаждающей жидкости производится конвективным способом в окружающий воздух. Рассмотренное месторасположения холодильника позволит также решить проблему с обледенением элементов конструкции в носовой части судна, что обеспечит безопасность эксплуатации в зимний период. Произведено описание основных технических характеристик энергетической установки катера буксирного типа проекта 376, а также рассмотрена схема существующей системы охлаждения данного катера. Разработана установка, имитирующая одноконтурную систему охлаждения, позволяющая на ранних этапах проектирования определить геометрические параметры трубы-холодильника, которая предусмотрена в качестве аппарата для отвода теплоты от охлаждающей жидкости судового дизеля. Указаны назначения составляющих элементов и способы определения характеризующих параметров разработанной установки. Данную установку можно использовать для имитации одноконтурной системы охлаждения других типов судов при применении соответствующих параметров составляющих элементов установки. На разработанной установке предлагается провести исследование при различных условиях окружающей среды и с использованием разных типов охлаждающих жидкостей, которые могут отличаться по физическим параметрам.

**Ключевые слова:** система охлаждения, охлаждающая жидкость, конвекция, теплообмен, проект 376, планширь, палуба, имитационная установка, труба-холодильник.

## **Development of an experimental installation for modeling a single-circuit marine diesel cooling system**

**Sawsan Sliman**<sup>1</sup>

**Ali Salamekh**<sup>2</sup>

ORCID: 0000-0003-0949-4652

**Sergey A. Kargin**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

<sup>2</sup>*Caspian Institute of Sea and River Transport, Astrakhan, Russia*

**Abstract.** The material presented in this article is intended to solve the problem of using a single-loop cooling system for ship diesel engines installed on coastal vessels in areas of northern seas in our country. The proposed cooling system scheme suggests abandoning the external contour of ballast water, and heat removal from the coolant is carried out convectively into the surrounding air. Located in the location of the refrigerator will also help

solve the problem of icing of the structural elements in the bow part of the ship, which will ensure safety during winter operation. An overview of the main technical characteristics of the power plant of the tug boat project 376 has been performed, as well as a consideration of the existing cooling system of this catamaran. Developed a setup that simulates a one-loop cooling system, allowing at an early stage of design to determine the geometric parameters of the tubing-cooler, which is provided as an apparatus for removing heat from the cooling liquid of the ship's diesel engine. Designated components and their functions are outlined, along with the methods used to determine the defining parameters of the developed setup. This installation can be used to simulate a one-loop cooling system of other types of ships, using appropriate parameters of the components of the setup. On the setup under development, it is proposed to conduct research under various conditions of the surrounding environment and using different types of cooling liquids that may differ in physical properties.

**Keywords:** Cooling system, coolant, convection, heat transfer, project 376, deck, hull, simulation setup, tubing-cooler.

### **Введение**

От условий эксплуатации судовых энергетических установок и их механизмов зависит их надежность. Для эффективной работы судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС), необходимо обеспечить постоянное охлаждение их теплонапряженных деталей, к которым можно отнести цилиндропоршневую группу, крышки цилиндров и другие детали.

Традиционно судовые системы охлаждения ДВС выполняют двухконтурными, где внутренний замкнутый контур отвечает за охлаждение теплонапряженных деталей посредством охлаждающей жидкости, выполняющей функцию теплоносителя. Назначение внешнего контура (разомкнутого) заключается в отводе теплоты от внутреннего контура, забранной теплоносителем в судовых теплообменниках. Рабочая жидкость, которая циркулирует во внутреннем контуре, как правило, – это пресная вода, а во внешнем разомкнутом контуре используют забортную воду [1].

В некоторых условиях эксплуатации судов поступление забортной воды во внешний контур через забортные ящики становится затруднительным процессом, даже в некоторых случаях невозможным [2,3]. Это может возникать, например, в связи с засорением кингстонных ящиков, вызываемым загрязнением той акватории, где эксплуатируется судно, или с обледенением забортных ящиков, не предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях, или при плавании на мелководье, а также вызываться другими причинами.

В настоящее время широкое применение нашли двухконтурные системы охлаждения с замкнутым внешним контуром [4], в которых отсутствует необходимость забора воды для внешнего контура. Вместо этого вода внешнего контура охлаждается в специальных устройствах, как например обшивочные или бортовые теплообменники, боксулеры и др. [5,6]. Существует также практика использования воды из балластных цистерн в качестве среды для сброса теплоты [7], отводимой от двигателей энергетической установки. Однако, вода, содержащаяся в балластных цистернах, имеет определенную и ограниченную теплоемкость, что при длительной эксплуатации может привести либо к перегреву энергетической установки, либо к необходимости замены воды в балластных цистернах.

### **Постановка задачи**

Авторы в своем исследовании рассматривают возможность отказа от использования забортной воды в качестве среды для сброса отводимой теплоты. При этом отвод теплоты от охлаждающей жидкости внутреннего контура предлагается осуществлять посредством конвективного теплообмена в окружающий воздух.

С этой целью рассматривается вариант проведения вдоль верхней палубы в носовой части корпуса под планширем трубы необходимого диаметра и длины. Данная труба будет выполнять функцию водо-воздушного теплообменника (холодильника). Охлаждающая вода после охлаждения деталей СДВС с помощью циркуляционного насоса поступает в один конец трубы-холодильника, при прохождении по которой происходит отвод теплоты и из другого конца этой трубы охлажденная вода поступает обратно в двигатель.

Описанный способ охлаждения предлагается использовать на судах прибрежного плавания типа буксиров в северной части РФ, где средняя годовая температура ниже нуля.

В условиях северных морей, где в основном температура ниже температуры нормальных условий (ниже 20 °С), эффективность предложенного варианта охлаждения деталей СДВС достигается за счет правильного расчета площади теплообменника и возможности его размещения в носовой части верхней палубы под планширем.

Теплообменник предлагается размещать между планширем и настилом верхней палубы, где внешней стенкой теплообменника будет являться фальшборт судна по периметру носовой части. Размещение теплообменника предлагаемым образом позволит также предотвращать обледенение верхней палубы, что улучшит мореходные характеристики судна в зимний период и повысит безопасность плавания.

### **Цель работы**

Целью данной части исследования является создание экспериментальной установки, моделирующей процесс отвода теплоты от охлаждающей жидкости СДВС естественной конвекцией. Установка позволит оценить эффективность процесса охлаждения в зависимости от температуры окружающей среды и от площади теплообменника.

### **Материалы для исследования**

В данной статье рассматривается создание экспериментальной установки, моделирующей одноконтурную систему охлаждения на примере судна проекта 375 типа «Ярославец» (рис. 1).

Выбор данного судна обусловлен физической возможностью коллектива для проведения в дальнейшем натурных испытаний предлагаемой схемы системы охлаждения. Рассматриваемое в качестве объекта для проведения натурных испытаний судно проекта 376 типа «Ярославец», доступное авторам для проведения исследования, претерпело модернизацию, в ходе которой в качестве главного двигателя был установлен дизель марки ЯМЗ-238М2.

Судно проекта 376 типа «Ярославец» [8] – это одновинтовой малый буксир, предназначенный для буксировки малых судов и перевозки в трюме 10 ÷ 15 тонн груза. По архитектурно-конструктивному типу, судно имеет седловатую палубу с ходовой рубкой и надстройкой на верхней палубе. Грузовой трюм и машинное отделение располагаются в корме.

Установленный на судне главный двигатель является V-образным четырёхтактным восьмицилиндровым дизелем.

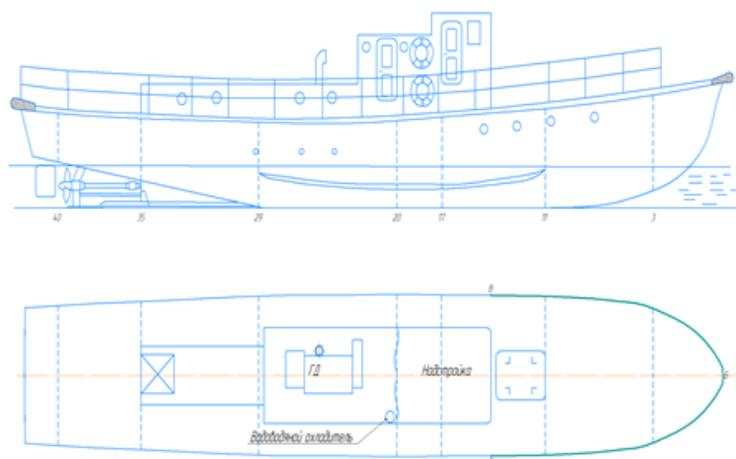


Рис. 1. Общий вид судна проекта 376 типа «Ярославец»

Основные технические характеристики судна:

Длина по палубе, м -----	21
Ширина, м -----	3,98
Высота борта, м -----	2,1
Водоизмещение, т -----	46,9
Осадка средняя, м -----	1,27
Осадка носом, м -----	1,15
Осадка кормой, м -----	1,38
Технические данные главного двигателя [9]:	
Марка главного двигателя- ЯМЗ-238М2	
Мощность главного двигателя, кВт -----	176
Удельный расход топлива, г/кВт·ч -----	227
Диаметр цилиндра, мм -----	130
Ход поршня, мм -----	140
Температура воды на выходе из двигателя -----	90 °С
Температура воды на входе в двигатель -----	75 °С
Объем охлаждающей воды -----	20 л

Система охлаждения главного двигателя двухконтурная, во внутреннем контуре циркулирует охлаждающая жидкость с помощью водяного насоса [10].

Водяной насос центробежного типа повышенной производительности марки 236-1307010-Б1 установлен на передней стенке блока цилиндров и приводится во вращение клиноременной передачей от шкива, установленного на конце коленчатого вала.

В качестве охлаждающей жидкости заводом-изготовителем двигателя рекомендуется использовать в зимний период эксплуатации смеси с низкой температурой замерзания [11]. Например, заводом предлагается использовать этиленгликолевые смеси «40» и «65» согласно ГОСТ 159–52, ОЖ–40 «Лена» и ОЖ–65 «Лена» (ТУ ИЗ-01-02), а также допускается использовать всесезонную жидкость Тосол А–40М или Тосол А–65М (ТУ 6.02.751–86), у которых температура замерзания составляет минус 40 °С и минус 65 °С соответственно.

Далее в статье будет применяться также термин «охлаждающая жидкость».

Отвод теплоты от охлаждающей жидкости в существующей на рассматриваемом судне системе охлаждения производится в забортную воду в теплообменнике,

который располагается со стороны правого борта под верхней палубой в носовой части машинного отделения.

Внешний контур системы охлаждения данного судна является разомкнутым с забором воды из водоема и её выбросом за борт. Установленный на судне насос заборной воды имеет подачу не менее 5 м<sup>3</sup>/час.

Принципиальная схема существующей на судне системы охлаждения представлена на рис. 2.

Циркуляция пресной воды (охлаждающей жидкости) по внутреннему контуру обеспечивается насосом 2. После охлаждения деталей двигателя она из главного двигателя 1 поступает в терморегулятор 3, который в зависимости от температуры воды направляет воду либо к холодильнику 4, либо по трубопроводу 5 обратно к циркуляционному насосу и далее в двигатель для охлаждения деталей двигателя. Таким образом терморегулятор перераспределяет воду в один из двух маршрутов в зависимости от ее температуры, которая контролируется термометром 6. Система оснащена расширительным баком 8, компенсирующим изменения объема охлаждающей жидкости в зависимости от ее температуры. Образующийся пар после охлаждения двигателя также направляется в расширительный бак 8 по трубопроводу 7. Расширительный бак соединяется с трубопроводом пресной воды (охлаждающей жидкости) посредством трубопровода 9.

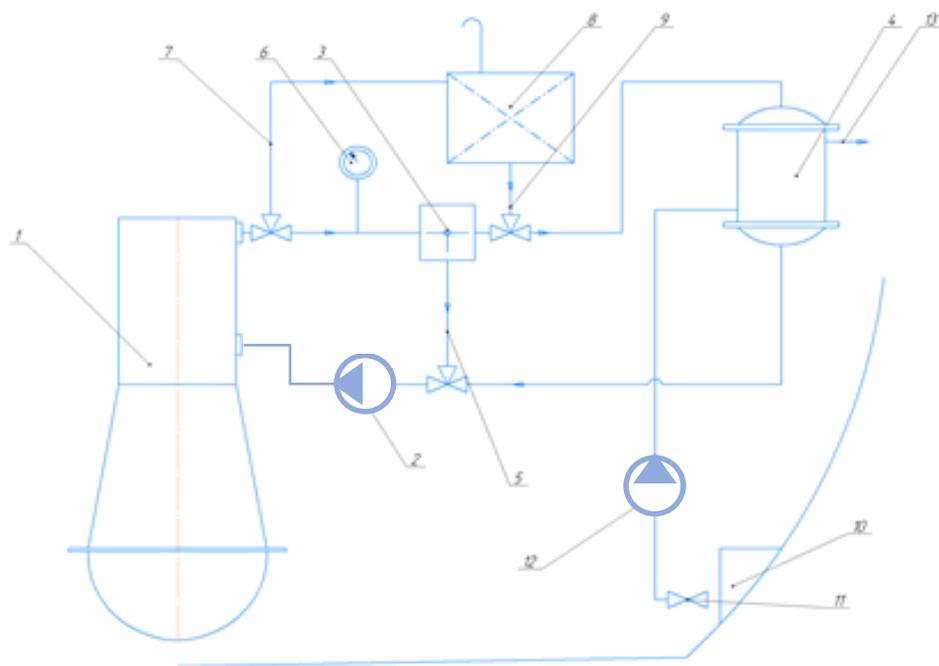


Рис. 2. Система охлаждения судна проекта 376 типа «Ярославец»

Из кингстона 10 через клапан 11 заборная вода подается с помощью насоса 12 в холодильник 4, где происходит охлаждение пресной воды внутреннего контура (охлаждающей жидкости), после чего заборная вода отводится по трубопроводу 13 за борт.

На рис. 3 показана схема предлагаемой авторами одноконтурной системы охлаждения с использованием трубы-холодильника под планширем в носовой части судна в качестве теплообменника для отвода теплоты от охлаждающей жидкости.

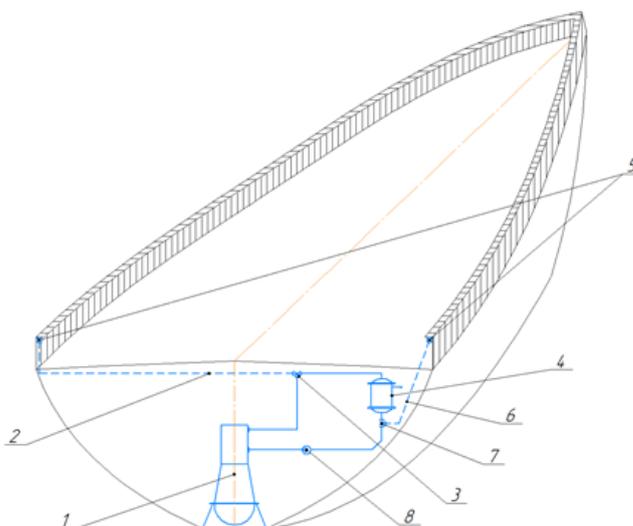


Рис. 3. Предлагаемая одноконтурная система охлаждения судна проекта 376 типа «Ярославец»

После охлаждения главного двигателя 1 пресная вода (охлаждающая жидкость) перенаправляется по трубопроводу 2 трехходовым клапаном 3 в обход существующего теплообменника 4 в трубу-холодильник 5. Прохождение воды по трубе-холодильнику, которая проложена по периметру фальшборта под планширем приводит к выделению теплоты конвективным способом. После этого охлажденная пресная вода (охлаждающая жидкость) поступает по трубопроводу 6 обратно в двигатель. Трехходовой клапан 7 предусмотрен для возможности использования существующего на судне теплообменника 4. Существующий на судне насос 8 обеспечивает циркуляцию воды по предлагаемой системе.

Следует отметить, что подача и напор существующего насоса являются предметом отдельного исследования, которое авторы планируют провести в ходе дальнейшей работы над предлагаемой схемой системы охлаждения.

### Методы исследования

Перед проведением натурных испытаний на судне необходимо провести имитационные испытания, имеющие целью выяснение работоспособности предлагаемой схемы.

Для моделирования предлагаемой одноконтурной системы охлаждения, представленной на рис. 3, необходимо выполнить расчеты по определению требуемой подачи циркуляционного насоса и площади охладителя (трубы-холодильника), который выполнен в виде стальной трубы, проложенной под планширем в носовой части корпуса судна.

В качестве охлаждающей жидкости используется незамерзающая жидкости марки Тосол А-65М.

Подача насоса охлаждающей жидкости двигателя определяется по формуле (1) [12,13].

$$Q_{НЖ} = K_3 \cdot \frac{Q_{ТЖ} \cdot 10^{-3}}{c_{ж} \cdot \rho_{ж} \cdot \Delta t_{ж}}, \quad (1)$$

где  $K_3 = 1,2 \dots 1,3$  – коэффициент запаса подачи для насоса;

$\Delta t_{ж} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  – разность температур охлаждающей жидкости на входе и выходе из главного двигателя;

$Q_{тж}$  – количество теплоты, отводимой охлаждающей жидкостью от охлаждаемых деталей главного двигателя, которое определяется по формуле (2).

$$Q_{тж} = \alpha \cdot g_e \cdot N_e \cdot Q_H^P \quad (2)$$

В формуле (2) коэффициент  $\alpha = 12 \dots 17 \%$  показывает долю теплоты, отводимой охлаждающей жидкостью от общего количества теплоты, выделяемого в результате сгорания топлива в цилиндре главного двигателя;

$Q_H^P = 42700$  кДж/кг – расчетная теплота сгорания топлива;

$c_{ж} = 3,7$  кДж/(кг · К) – теплоемкость охлаждающей жидкости [14];

$\rho_{ж} = 1090$  кг/м<sup>3</sup> – плотность охлаждающей жидкости [15];

Площадь охладителя рассчитывается по формуле (3). [16]

$$F_{ох} = \frac{Q_{тж}}{K \cdot (T_{ср.ж} - T_{ср.воз})} \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи в системе «жидкость–труба–воздух», Вт / (м<sup>2</sup> · К).

$T_{ср.ж}$  – средняя температура жидкости, К;

$T_{ср.воз}$  – средняя температура воздуха, К.

Следует отметить, что в качестве планшера на судне проекта 376 типа «Ярославец» установлен уголок равнополочный размером 70 мм, поэтому в качестве трубы-холодильника предполагается устанавливать стальную трубу диаметром 0,076 м длиной 12 м и с толщиной стенки 0,002 м. Таким образом, в зависимости от расчетной площади охладителя, полученной по формуле (3) можно определить общую длину трубы и количество рядов трубы, размещаемой под планшером на судне.

### Описание установки

На рис. 4 представлена схема экспериментальной установки, имитирующей предлагаемую одноконтурную схему системы охлаждения. С использованием данной имитационной установки предполагается провести исследования эффективности использования одноконтурной системы охлаждения на примере судна проекта 376 «Ярославец», путем физического моделирования данной системы.

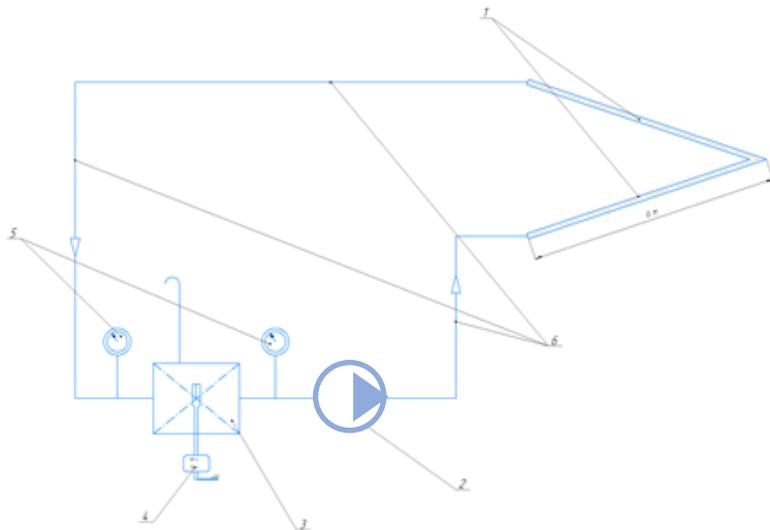


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

- 1 – имитационная труба-холодильник; 2 – циркуляционный насос; 3 – нагревательный бак;
- 4 –электронагреватель с системой терморегулирования; 5 – контрольно-измерительные приборы

Установка включает в себя имитационную трубу-холодильник 1, с помощью которой планируется оценивать эффективность теплообмена при различных условиях окружающей среды. Форма трубы также имитирует форму планширя судна.

Источником теплоты в имитационной установке служит нагревательный бак 3 с электронагревателем 4. Объем нагревательного бака соответствует объему охлаждающей жидкости в двигателе. Нагревательный элемент оснащен терморегулятором, который способен поддерживать максимальную и минимальную температуру как в судовом дизеле. Эти элементы в данной установке имитируют главный двигатель как источник теплоты.

Контрольно-измерительные приборы в составе данной установки должны обеспечивать как минимум измерение температуры и расхода циркулирующей среды на входе и выходе из системы.

Элемент 1 соответствует трубе-холодильнику. В данном случае он имеет длину, равную периметру носовой части судна проекта 376 «Ярославец». Подача насоса 2 определяется исходя из формулы (1), а диаметр труб 6 определяются по существующим на судне трубопроводам системы охлаждения.

В качестве циркулирующей среды в данном исследовании планируется рассмотреть, как воду, так и различные незамерзающие жидкости, так как последние имеют отличные от воды теплоемкость и другие свойства, влияющие на теплообмен.

Посредством теории подобия можно будет распространить результаты, полученные на данной экспериментальной установке на другие типы судов.

В настоящее время установка находится в процессе изготовления, в частности, подобраны составляющие аппараты установки, такие как бак-нагреватель и система терморегуляции, изготовлена имитационная труба-холодильник. Необходимо определить состав контрольно-измерительных приборов, осуществить сборку и наладочные испытания. Далее будет необходимо составить план проведения испытаний и выполнить прочие подготовительные работы, что является для авторов планом дальнейших работ по предлагаемому исследованию.

### **Заключение**

Авторами предложена схема судовой системы охлаждения с отводом теплоты без использования забортной воды, что может быть полезно при работе судов в определенных в статье условиях эксплуатации.

Представленная в данной статье имитационная экспериментальная установка позволяет проводить испытания, имеющие целью определение эффективности применения одноконтурных систем охлаждения на судах прибрежного плавания типа буксиров в условиях северных морей, где средняя годовая температура ниже нуля градусов Цельсия.

Результаты проведенных исследований позволят принимать решение об актуальных параметрах трубы-холодильника, таких как её диаметр и число необходимых рядов таких труб при различных условиях внешней среды, а именно температуре и скорости ветра. Необходимо знать только периметр носовой части планширя.

Следует отметить, что на данной установке можно провести исследования с использованием разных типов теплоносителей, которые могут отличаться по физическим параметрам.

### **Список литературы**

1. Андрущенко Р.С. Судовое вспомогательное энергетическое оборудование // Р.С. Андрущенко, В.Д. Шилов, Б.Г. Деметьев. – Л.: Судостроение, 1991. – 392 с.
2. Абрамова Л. С. Оптимизация инновационных решений в системах охлаждения судовых энергоустановок по показателю экономической эффективности / Л.С.

- Абрамова, К.Ю. Федоровский // Вестн. Севастопол. гос. техн. ун-та. 2001. Вып. 30: Механика, энергетика, экология. Ч. 3: Энергетика. С. 82 – 85.
3. Жуков В.А. Влияние охлаждающей жидкости на характеристики двигателей внутреннего сгорания / В.А. Жуков // Вестник машиностроения. – 2010. – Вып. 12. – С. 58 – 62.
  4. Сердюк О. Отказаться от охлаждения судовых двигателей забортной водой [Текст] / О. Сердюк // Морской флот. – 1991. – № 1. – С. 30.
  5. Федоровский, К.Ю. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок / К.Ю. Федоровский, Н.К. Федоровская. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 163 с.
  6. Федоровский, К.Ю., Гриненко, Н.К. Замкнутые системы охлаждения судовых энергоустановок с теплопроводом через судовую обшивку. Научные проблемы водного транспорта. – 2022 (70), 87 – 97.
  7. Александр М.Л. Система охлаждения энергетических установок ледоколов без приема воды из-за борта / М.Л. Александр, В.В. Климов. – Л.: Судостроение. – 1969. – № 1. – С. 31 – 45.
  8. Смирнов Е.Л. Речная справочная книжка корабельного инженера Е.Л. Смирнова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russrivership.ru/ships/33> (дата обращения 27.10.2024)
  9. 236-3902150-Б РЭ Руководство по эксплуатации двигателя ЯМЗ-236М2 и ЯМЗ-238М2 ОАО «АВТОДИЗЕЛЬ» (Ярославский моторный завод)
  10. Кузнецов В.В. Эксплуатация судовых энергетических установок. Системы охлаждения судовых дизельных энергетических установок: учебное пособие / В.В. Кузнецов, С.В. Максимов, С.И. Толстой. – М.: ИНФРА-М, 2023. - 38 с.
  11. Тимофеев, В.Н. Обоснование выбора теплоносителя для систем жидкостного охлаждения судовых дизелей / В.Н. Тимофеев, О.А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 100-5. – С. 48 – 52. – DOI 10.18411/trnio-08-2023-228. – EDN JQNAEO.
  12. Голубев Н.В. Основы проектирования судовых энергетических установок [Текст] / Н.В. Голубев, Н.М. Горбунов. – Л.: Судостроение, 1973. – 389 с.
  13. Артемов Г.А. Системы судовых энергетических установок [Текст] / Г.А. Артемов, В.П. Волошин. – Л.: Судостроение, 1980. – 319 с.
  14. ГОСТ 28084–89 Жидкости охлаждающие низкозамерзающие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 15 с.
  15. Безюков О.К. Охлаждающие жидкости транспортных ДВС / О.К. Безюков, В.А. Жуков. – СПб.: СПГУВК, 2009. – 263 с.
  16. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей: Учебное пособие / А.С. Орлин, В.П. Алексеев – М.: Машиностроение, 1973. – 480 с.

#### References

1. Andryushchenko R.S. Sudovoe vspomogatel'noe energeticheskoe oborudovanie // R.S. Andryushchenko, V.D. Shilov, B.G. Dement'ev. – Л.: Судостроение, 1991. – 392 с.
2. Abramova L.S. Optimizatsiya innovatsionnykh resheniy v sistemakh okhlazhdeniya sudovykh energoustanovok po pokazatelyu ekonomicheskoy effektivnosti / L.S. Abramova, K.Yu. Fedorovskiy // Vestn. Sevastopol. gos. tekhn. un-ta. 2001. Vyp. 30: Mekhanika, energetika, ekologiya. Ch. 3: Energetika. S. 82–85.
3. Zhukov V.A Vliyanie okhlazhdayushchey zhidkosti na kharakteristiki dvigateley vnutrennego sgoraniya / V.A. Zhukov // Vestnik mashinostroeniya. – 2010. – Vyp. 12. – S. 58 – 62.
4. Serdyuk O. Otkazat'sya ot okhlazhdeniya sudovykh dvigateley zabortnoy vodoy [Tekst] / O. Serdyuk // Morskoy flot. - 1991. - № 1. - S. 30.
5. Fedorovskiy, K. Yu. Zamknutyte sistemy okhlazhdeniya sudovykh energeticheskikh ustanovok / K. Yu. Fedorovskiy, N. K. Fedorovskaya. – М. : INFRA-M, 2017. – 163 s.
6. Fedorovskiy, K. Yu., & Grinenko, N. K. Zamknutyte sistemy okhlazhdeniya sudovykh energoustanovok s teplootvodom cherez sudovuyu obshivku. Nauchnye problemy vodnogo transporta. - 2022 (70), 87-97.

7. Aleksandr M.L. Sistema okhlazhdeniya energeticheskikh ustanovok ledokolov bez priema vody iz-za borta / M.L. Aleksandr, V.V. Klimov. – L.: Sudostroenie. – 1969. – № 1. – S. 31 – 45.
8. Smirnov E.L. Rechnaya spravochnaya knizhka korabel'nogo inzhenera E.L. Smirnova [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://russrivership.ru/ships/33> (data obrashcheniya 27.10.2024)
9. 236-3902150-B RE Rukovodstvo po ekspluatatsii dvigatelya YaMZ-236M2 i YaMZ-238M2 OAO "AVTODIZEL" (Yaroslavskiy motornyy zavod)
10. Kuznetsov V. V. Ekspluatatsiya sudovykh energeticheskikh ustanovok. Sistemy okhlazhdeniya sudovykh dizel'nykh energeticheskikh ustanovok: uchebnoe posobie / V.V. Kuznetsov, S.V. Maksimov, S.I. Tolstoy. –Moskva: INFRA-M, 2023.- 38 s.
11. Timofeev, V. N. Obosnovanie vybora teplonositelya dlya sistem zhidkostnogo okhlazhdeniya sudovykh dizeley / V. N. Timofeev, O. A. Nadezhdina // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2023. – № 100-5. – S. 48-52. – DOI 10.18411/trnio-08-2023-228. – EDN JQHAEO.
12. Golubev N.V. Osnovy proektirovaniya sudovykh energeticheskikh ustanovok [Tekst] / N.V. Golubev, N.M. Gorbunov. - L.: Sudostroenie, 1973. - 389 s.
13. Artemov G.A. Sistemy sudovykh energeticheskikh ustanovok [Tekst] / G.A. Artemov, V.P. Voloshin. - L.: Sudostroenie, 1980. - 319 s.
14. GOST 28084-89 Zhidkosti okhlazhdayushchie nizkozamerzayushchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2007. – 15 s.
15. Bezyukov O.K. Okhlazhdayushchie zhidkosti transportnykh DVS / O.K. Bezyukov, V.A. Zhukov. – SPb.: SPGUVK, 2009. – 263 с.
16. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Sistemy porshnevnykh i kombinirovannykh dvigateley: Uchebnoe posobie / A.S. Orlin, V.P. Alekseev – M.: Mashinostroenie, 1973. – 480 s.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Слиман Саусан** аспирант, аспирант кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева 16, e-mail: sawsansliman1993@gmail.com

**Sawsan Sliman**, the postgraduate student of Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Engineering, Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev st, Astrakhan, 414056,

**Саламех Али**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Судомеханические дисциплины» Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген. адм. Ф. М. Апраксина, филиал ФГБОУ «ВГУВТ» 414000, Астрахань, ул. Никольская, 6, e-mail: a.salameh@mail.ru

**Ali Salamekh**— Ph.D. (Eng) assistant professor, Head of the Department of «Marine Mechanical Disciplines» Caspian Institute of Maritime and River Transport named after General Admiral F. M. Apraksin, branch "VSUVT" 414000, Astrakhan, Nikolskaya St., 6, e-mail: a.salameh@mail.ru

**Каргин Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Общеинженерные дисциплины и наземный транспорт», Астраханский государственный технический университет, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1, e-mail: serjxxx@inbox.ru

**Sergey A. Kargin** — Ph.D. (Eng), assistant professor, Head of the Department of General Engineering Disciplines and Ground Transportation, Astrakhan technical state university, Tatischeva, 16/1, Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: serjxxx@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 05.02.2025; опубликована онлайн 20.03.2025.  
Received 05.02.2025; published online 20.03.2025.