

УДК 629.12.002 + 620.9:574

**А.В. Волынцев**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ОПЫТНАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ УСТАНОВКА

*Рассмотрена энергоэффективная система отопления и система охлаждения с применением теплового насоса, предназначенная для покрытия нагрузки отопления и охлаждения и кондиционирования помещений судна. Представлена математическая модель для определения характеристик системы с выявлением основных проблем моделирования систем данного типа.*

**Ключевые слова:** теплонасосная установка, альтернативная энергия, судно, экология.

**A.V. Volyntsev**

## EXPERIMENTAL HEAT PUMP SYSTEM

*The article considers the energy-efficient heating system with a heat pump, designed to cover the hot water load cooling and air conditioning facilities vessel. It presents the mathematical model to determine the characteristics of the system with the identification of the main problems of modeling this type systems.*

**Key words:** heat pump system, alternative energy, vessel, ecology.

### Введение

Вопросу утилизации тепловой энергии на судах уделяется достаточно большое внимание [1]. Одним из приоритетных направлений в развитии технологий энергосбережения для ведущих стран мира является разработка и внедрение технологических решений с использованием теплонасосных установок (ТНУ) [2].

Вместе с тем вопросу экономии энергетических ресурсов промысловых судов именно в период промысла уделяется недостаточное внимание. Частично это объясняется отсутствием достаточно эффективных судовых устройств использования низкопотенциальной тепловой энергии в условиях промыслового судна. Здесь целесообразно рассмотреть вопрос использования теплонасосной установки.

Российская теплоэнергетика также уделяет значительное внимание ТНУ и способам их внедрения для различных областей отрасли, включая источники тепловой энергии, тепловые сети и потребителей как индивидуальных, так и подключенных к системам централизованного теплоснабжения [5]. При этом в текущих экономических и политических условиях интерес исследователей и обычных потребителей в большей степени фокусируется на малоэнергетических и энергоэффективных системах теплоснабжения.

### Постановка цели и задачи

Цель – спроектировать теплонасосную установку, соответствующую требованиям Морского Регистра России, обладающую минимальной стоимостью за счет использования наиболее распространенного холодильного оборудования, которое обладает наименьшей стоимостью, большой надежностью за счет большого объема выпуска и большой номенклатуры оборудования с заводов-изготовителей. Этой цели наилучшим образом отвечает холодильное оборудование, установленное на автомобильном транспорте.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Выбрать подходящую конструкцию теплового насоса для судна.
2. Выбрать необходимый хладагент для наиболее эффективной работы теплового насоса.

3. Адаптировать данную теплонасосную установку к работе на промысловых судах.
4. Использовать установку с максимальным сроком службы без капитального ремонта.
5. Обеспечить производство холода, тепла, горячего и холодного водоснабжения с помощью теплонасосной установки.

#### Описание и расчеты

Данная установка позволит получить тепло, путем отбора его на конденсаторе, холод, путем отбора его на испарителе, дистиллированную воду, за счет образовавшегося конденсата на патрубках установки [4].

Данная установка будет эффективна для использования ее на судах типа РС, МРС, РТС, СРТМ, СТР. Так как на судах малого тоннажа добыча длится относительно короткое время и требуется охлаждение продукции, для более качественного хранения, также требуется отопление помещений в холодный период года.

Была проведена работа по расчетам, проектированию и сборке установки.

Этапы проектирования:

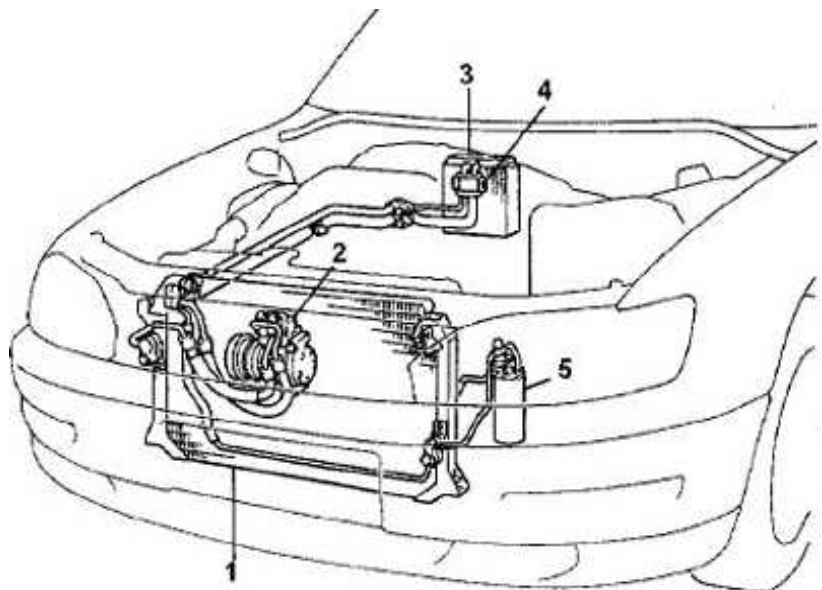
1. Выбор установки.
2. Расчет установки.
3. Подбор мощности электродвигателя.
4. Выбор хладагента для установки.
6. Расположение оборудования.

#### Конструкторская часть

В данной опытной работе рассмотрен проект теплового насоса типа «воздух–воздух» на базе оборудования, взятого из автомобиля Toyota Camry 1992 г. (рис. 1).

Рис. 1. Система охлаждения в машине: 1 – конденсатор; 2 – компрессор; 3 – испаритель; 4 – терморегулирующий вентиль (ТРВ); 5 – маслобак

Fig. 1. The cooling system in a car:  
1 – condenser; 2 – compressor;  
3 – evaporator; 4 – thermostatic expansion valve; 5 – oil tank



На рис. 2 показана схема и принцип работы ТНУ работы: [3]

- 1–2 сжатие в компрессоре;
- 2–3 отвод тепла к потребителю;
- 3–4 расширение через дроссель;
- 4–1 подвод тепла от низкопотенциального источника.

На рис. 3 показан цикл работы ТНУ в диаграмме зависимости температуры от энтальпии.

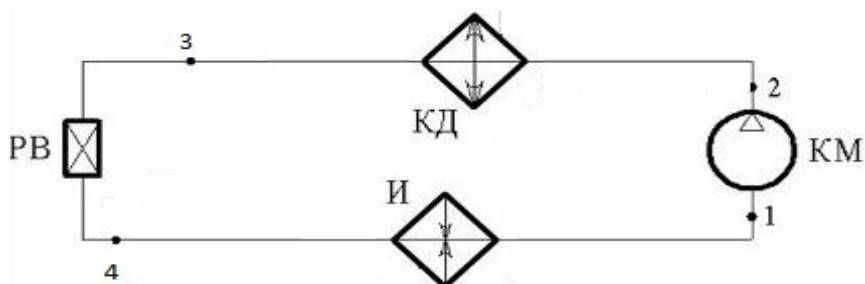


Рис. 2. Схема ТНУ  
Fig. 2. HPS scheme

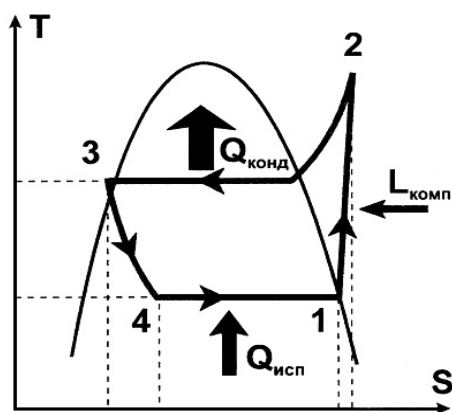


Рис. 3. Цикл в T, S-диаграмме  
Fig. 3. Cycle on T, S-diagram

**Расчетная часть**

Исходные данные:

Среда потребителя: воздух. Утилизируемая среда: воздух. Хладагент: R 134a.

Передача на компрессор: ременная;

Параметры среды потребителя:

$t_{1_к} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура на входе в конденсатор;  $t_{2_к} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура на выходе из конденсатора.

Параметры утилизируемой среды:

$t_{1_и} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура на входе в испаритель;  $t_{2_и} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура на выходе из испарителя.

Необходимые значения коэффициента полезного действия (КПД):

$\eta_{\text{а}} = 0,8$  – адиабатный КПД,  $\eta_{\text{мех}} = 0,97$  – механический КПД,  $\eta_{\text{дв}} = 0,95$  – КПД двигателя.

Технические характеристики двигателя компрессора даны в табл. 1.

В табл. 2 представлены характеристики проектируемой ТНУ.

Таблица 1

**Технические характеристики двигателя компрессора**

Table 1

**Technical characteristics of the compressor engine**

Характеристика	Двигатель GA1 4DE
Марка и тип	ZEXELDKV-14D
Производительность, см <sup>3</sup> /оборот	140
Зазор между ротором и приводным диском, мм	0,3–0,6

Таблица 2

**Характеристики ТНУ в расчетных точках**

Table 2

**HPS characteristics in calculational points**

Параметр	Точки			
	1	2	3	4
$p$ , КПа	400	1200	800	600
$t$ , °С	5	45	20	10
$i$ , кДж/кг	190	350	310	160
$V$ , м <sup>3</sup> /кг	0,046	–	–	–

$P$  – давление,  $t$  – температура,  $i$  – энтальпия,  $V$  – плотность;  $p$  – pressure,  $t$  – temperature,  $i$  – enthalpy,  $V$  – density.

**Термодинамический расчет конденсатора**

Теплопроизводительность:

$$Q_T = Q_{ис} + Q_{пк} = 5,03 \text{ кВт.} \quad (1)$$

**Термодинамический расчет испарителя [3]**

Холодопроизводительность:

$$Q_T = Q_{ис} - Q_{пк} = 2,16 \text{ кВт.} \quad (2)$$

**Расчетная часть компрессора**

Потребляемая мощность компрессора:

$$N_{кв} = \frac{N_2}{\eta_{кв}} = 1,235 / 0,95 = 1,3 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Коэффициент преобразования ТН:

$$\varphi = \frac{Q_T}{N_{кв}} = 2,3. \quad (4)$$

**Этапы сборки.** ТНУ типа «воздух – воздух» мощностью 5кВт.

1. Изготовление станины.
2. Установка конденсатора.
3. Установка испарителя.
4. Изготовление кожуха конденсатора.
5. Изготовление кожуха испарителя.
6. Установка вентилятора кондиционера.
7. Установка вентилятора испарителя (рис. 4).
8. Установка электродвигателя.
9. Установка компрессора.
10. Определение соосности электродвигателя и испарителя.

11. Натяжка ремня на шкивах электродвигателя и компрессора.
12. Подведение и соединение патрубков к оборудованию установки.
13. Подключение оборудования к сети, через пусковое устройство.
14. Вакуумирование установки.
15. Заправка установки хладагентом – фреоном.
16. Запуск установки.



Рис. 4. Вид со стороны конденсатора

Fig. 4. Condenser top view

### Выводы

Экспериментальными исследованиями, проведенными в рамках данной работы, подтверждена принципиальная возможность и энергетическая эффективность эксплуатации установки как универсальной, малозатратной, малоэнергоёмкой, экологически чистой теплонасосной установки, но мощность данной установки мала и не позволит эффективно использовать установку для охлаждения и отопления помещений судна, но, увеличив мощность компрессора, мы сможем получить нам необходимые параметры для эффективной работы установки.

Применение теплонасосной установки на судах оправдывает использование теплового эффекта как первичного агента для нагрева помещения, воды, рабочих и технических жидкостей (мазут, дизельное топливо, масла и т.д.) и вторичное – как холодильного агента для ох-

лаждения рабочих, производственных и бытовых помещений личного состава, а также для охлаждения продуктов питания, для отвода тепла от рабочих жидкостей двигателя внутреннего сгорания, также благодаря образующемуся конденсату возможно получение дистиллированной воды.

Параметры показали адаптированность установки для работы на судах. Подобрана подходящая конструкция теплового насоса для судов. Выбран необходимый хладагент для наиболее эффективной работы теплового насоса. Благодаря надежному оборудованию и простой конструкции установка обладает максимальным сроком службы без капитального ремонта. Универсальность тепловой насосной установки позволяет обеспечивать судно холодом, теплом, горячим и холодным водоснабжением.

### **Список литературы**

1. Берзан, В.П. Аспекты проблемы стимулирования внедрения тепловых насосов / В.П. Берзан, С.Г. Робу, М.Л. Шит // Проблемы регион. энергетики. – 2011. – № 1. – С. 91–94.
2. Соболенко, А.Н. Судовые энергетические установки: дипломное проектирование: учеб. пособие / А.Н. Соболенко, Р.Р. Симашов. – М.: Моркнига, 2015. – Ч. II. – 425 с.
3. Батухтин, А.Г. Использование тепловых насосов для повышения тепловой мощности и эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения / А.Г. Батухтин // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. – 2010. – №2. – С. 28–33.
4. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов. – 6-е изд., перераб. / Е.Я. Соколов. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 472 с.
5. Батухтин, А.Г. Применение водяных теплонасосных установок с неклассическим источником низкопотенциальной энергии для компенсации нагрузки горячего водоснабжения / А.Г. Батухтин, С.А. Иванов, М.В. Кобылкин // Пром. энергетика. – 2015. – № 3. – С. 18–21.

**Сведения об авторе:** Волынцев Александр Владиславович, аспирант,  
e-mail: gold125@list.ru.