

УДК 621.3.082.61

***РАЗРАБОТКА МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ***

Кузнецов Д.В.

к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетических систем

Мордовский государственный университет

Саранск, Россия

Кузнецов П.Н.

аспирант кафедры теплоэнергетических систем

Мордовский государственный университет

Саранск, Россия

У Лян

магистр по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»

Мордовский государственный университет

Саранск, Россия

Аннотация

В статье описывается исследование работы макетного образца тепломеханического преобразователя энергии на основе мембранного насоса с жидкостным рабочим телом, содержащего зону нагрева с целью определения эффективности его работы при использовании различных жидкостей. Приведена функциональная схема лабораторной установки. Представлены результаты экспериментальных исследований зависимости создаваемого усилия и изменения объема жидкости преобразователя энергии от температуры при использовании различного рабочего тела.

Ключевые слова: тепломеханический преобразователь, мембранная камера, расширительный бак, нагрев, коэффициент объемного расширения, давление, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

усилие, температура, изменение объема.

***DEVELOPMENT OF A MOCK-UP SAMPLE OF THE
HEAT -MECHANICAL CONVERTER***

Kuznetsov D.V.

*PhD in Technical science, associate professor Department of Heat Power
Engineering Systems*

Mordovia State University

Saransk, Russia

Kuznetsov P.N.

postgraduate student Department of Heat Power Engineering Systems

Mordovian State University

Saransk, Russia

Wu Liang

*Master's degree in the direction of training «Heat-power engineering and heat
technology»*

Mordovian State University

Saransk, Russia

Abstract

The article describes a study of the operation of a mock-up sample of a heat-mechanical energy converter based on a membrane pump with a liquid working fluid containing a heating zone in order to determine the efficiency of its operation when using various liquids. The functional diagram of the laboratory installation is given. The results of experimental studies of the dependence of the created force and the change in the volume of the energy converter fluid on temperature when using a different working fluid are presented.

Keywords: Heat-mechanical converter, membrane chamber, expansion tank, heating, volumetric expansion coefficient, pressure, force, temperature, volume change.

Система называется тепломеханической, если в ней одновременно происходит тепловое и механическое взаимодействия. Такие системы широко применяются на практике как основа теплоэнергетических установок, содержащих, в общем случае, источник теплоты, расширительный элемент, механическое устройство, приемник теплоты. Системы позволяют трансформировать тепло в механическую работу и наоборот. Чаще всего рабочим телом таких установок являются воздух, газовые смеси, пары. При большом тепловом расширении и хорошей сжимаемости они являются термодинамически наиболее подходящим веществом, заполняющим системы, в сравнении с рядом жидкостей или твердых тел. Источник и приемник теплоты могут работать как непрерывно, так и периодически. Потенциалами тепломеханической системы являются давление и температура, координатами объем и энтропия.

Тепломеханические преобразователи энергии относятся к области теплоэнергетики, в частности, к нетрадиционным преобразователям тепловой энергии в механическую работу. Для получения механической работы преобразователь может использовать тепловую энергию различных источников, например, солнечного коллектора, термального источника, тепловых сбросов производственных объектов, тепловых аккумуляторов.

Тепломеханические преобразователи зачастую это массивные и громоздкие конструкции. Поэтому, на сегодняшний день, является актуальным разработка тепломеханического преобразователя энергии простой и универсальной конструкции отвечающей требованиям устойчивости к физическим перегрузкам, жесткости и пригодности к практическому применению.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

При подготовке работы был проведен анализ более 20 патентов по теме исследования, представляющих интерес. Патентный анализ показал, что тепломеханические преобразователи востребованы в различных областях техники и является перспективным для организации активного теплотехнического эксперимента [1].

Хорошо описаны тепломеханические преобразователи [2, 3, 4], имеющие достаточно высокий КПД и рассчитанные на использование в различных схемах теплоэнергетических установок, в том числе с когенерацией тепловой энергии. Все преобразователи компактны, рабочим телом в них служат биметаллические, либо жидкостные теплочувствительные материалы. Преобразователи при этом они имеют довольно сложную конструкцию.

В ряде рассмотренных патентов источником полезного механического движения преобразователей является термобиметаллический чувствительный элемент твердого типа. При этом важной задачей является выбор чувствительного элемента. Также известны тепломеханические преобразователи, которые имеют в конструкции вращающиеся барабаны с гибкой связью в виде приводных ремней из эластичного материала. Однако они сложны, ненадежны, обладают малой точностью преобразования.

Таким образом, главная наша задача при разработке макетного образца тепломеханического преобразователя состоит в разработке устройства, предельно упрощенного по его конструкции и снижению массы.

Целью исследования является разработка энергоэффективного образца преобразователя тепловой энергии в механическую работу на основе создания новой конструкции, включающую в себя мембранный насос с расширительной камерой при возможности периодического подводе к ней теплоты.

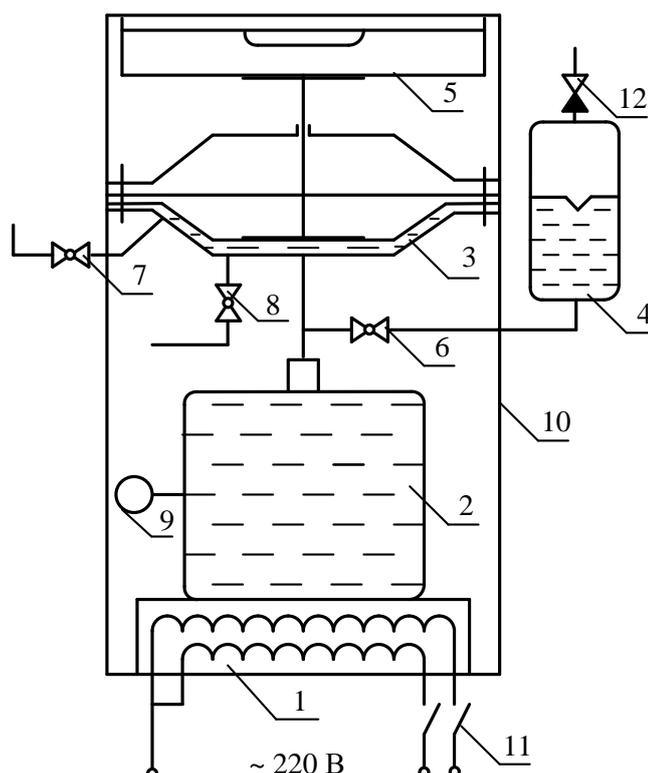
Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: провести литературный и патентный анализ существующих тепломеханических

преобразователей; разработать функциональную схему экспериментальной установки; смонтировать установку и провести исследования.

Предлагается тепломеханический преобразователь на основе конструкции мембранного насоса с жидкостным рабочим телом, содержащий зону нагрева, с возможностью проведения теплотехнического эксперимента.

При разработке макета тепломеханического преобразователя энергии необходимо провести экспериментальные исследования его работы в выбранном диапазоне температуры и давления жидкости. Необходимо провести эксперимент при использовании различных жидкостей, которые применимы в качестве рабочего тела в тепломеханическом преобразователе, с учетом их теплофизических свойств.

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.



ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

- 1 – электронагреватель; 2 – расширительный бак;
3 – тепломеханический преобразователь; 4 – бак аккумулятора;
5 – весы; 6, 7, 8 – задвижка шаровая; 9 – термоманометр; 10 – корпус;
11 – автоматический выключатель; 12 – воздушный клапан с ниппелем

Рис. 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки
[разработано автором]

Система с расширительным баком 2, емкостью 2 литра и тепломеханическим преобразователем 3 заполняется жидкостью. С помощью сжатого воздуха создаем давление жидкости в гидроаккумуляторе 4 (емкость 1 литр). Открываем вентиль 6 на некоторое время и создаем давление жидкости в системе. При помощи шаровой задвижки 7 в верхней части подмембранного пространства в тепломеханическом преобразователе выпускаем воздух из системы. Для нагрева исследуемой жидкости используем электронагреватель 1 с регулируемой мощностью от 1 до 2 кВт. В баке 2 установлен термометр и манометр 9 для определения температуры и давления нагреваемой жидкости.

При нагревании жидкости происходит ее расширение, объем жидкости в системе, а также в подмембранном пространстве камеры увеличивается, заставляя подниматься шток мембранной камеры (тепломеханический преобразователь). Усилие, создаваемое штоком мембранной камеры при его поднятии, регистрируется показывающими весами.

Для слива жидкости из системы используем задвижку 8. Также имеется возможность отсоединения расширительного бака, тепломеханического преобразователя и бака аккумулятора от единой системы для слива и замены исследуемой жидкости. Элементы системы установлены в корпусе из металлоконструкции. Внешний вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2.



Рис. 2 – Общий внешний вид экспериментальной установки
[разработано автором]

Основным элементом экспериментальной установки является тепломеханический преобразователь. В качестве преобразователя нами предложено использование тормозной мембранной камеры тип 30 (рисунок 3).



Рис. 3 – Мембранная тормозная камера тип 30 (тепломеханический преобразователь) [разработано автором]

Тормозные мембранные камеры предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в работу создания усилия в тормозных механизмах колесных транспортных средств и прицепов. Мембранные камеры используются в приводе тормозных систем с рабочим давлением сжатого воздуха до 0,8 МПа. Возможно применение тормозных камер для других целей по согласованию в установленном порядке [5].

В установке используется гидроаккумулятор модель БР-2-3 (VT-2-3) компании «Vodotok». Металлическая часть корпуса гидроаккумулятора не контактирует с нагретой жидкостью, так как жидкость поступает в мембрану аккумулятора. В корпусе гидроаккумулятора со стороны воздушной камеры располагается воздушный клапан с ниппелем, который предназначен для регулирования давления воздуха внутри гидроаккумулятора.

Для измерения давления и температуры жидкости в нагреваемом баке применяем термоманометр. Аксиальный термоманометр тип Y-63-T-6 (рисунок 4) – измерительный прибор, предназначенный для показа текущих показаний давления и температуры в бытовых гидравлических системах (отопления и водоснабжения). Для снятия показаний предусмотрены две шкалы – давления и

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

температуры. Термоманометр комплектуется автоматическим запорным клапаном, позволяющим демонтировать его без слива системы.

Для нагрева жидкости с последующим поступлением её в тепломеханический преобразователь использовали металлический баллон от автомобильного огнетушителя емкостью 2 литра. В баллон вварены штуцера для присоединения его к мембранной камере и подключения термоманометра. Баллон помещается на электронагреватель от бытовой электрической плиты, с регулируемой мощностью. На рисунке 4 (б) показан внешний вид емкости для нагрева жидкости с термоманометром и электрическим нагревателем.



а)



б)

Рис. 4 – Асиальный термоманометр (а) и емкость для нагрева жидкости (б)
[разработано автором]

Для измерения усилия штока тепломеханического преобразователя использовали бытовые показывающие весы.

В качестве рабочей жидкости для использования в тепломеханическом преобразователе в первом эксперименте используем воду из водопроводной системы.

Началу проведения эксперимента предшествовал этап заполнения системы лабораторной установки холодной водой из водопровода и проведение

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

гидравлического испытания на прочность и плотность. Величина пробного давления выбиралась из условия расчетного давления воды в системе равного $1,5 \text{ кгс/см}^2$. При этом работу мембранной камеры (ход штока) блокировали для проверки герметичности системы.

Опыт проводился при атмосферном давлении в лаборатории 750 мм.рт.ст. и температуре 20°C . Для первого опыта избыточное давление в системе было принято равным 0,07 бар. Рабочая жидкость вода. Коэффициент объемного расширения воды β принимаем в зависимости от её температуры.

Вода в зависимости от температуры имеет различный коэффициент объемного расширения: $\beta=0,53 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $5 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$; $\beta=1,53 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $10 \dots 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\beta=3,02 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $20 \dots 40 \text{ }^\circ\text{C}$; $\beta=4,58 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $40 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$; $\beta=5,87 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $60 \dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$; $\beta=7,50 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре $80 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$ [6].

Объем системы с тепломеханическим преобразователем составил $V_1=3$ литра. Мощность нагрева электрического нагревателя 1 кВт. При нагревании жидкости происходит её объемное расширение. Шток мембранной камеры поднимается вверх, создавая усилие, которое регистрируется весами. Также мы можем рассчитать конечный объем воды при температуре t_2 , при условии полного её расширения без создания усилия. Результаты измерений и расчетов первого эксперимента представлены в таблице 1.

По результатам измерений и расчетов представлены графики изменения усилия в зависимости от температуры воды (рисунок 5) и изменения объема подмембранного пространства в зависимости от температуры (рисунок 6). Расчет изменения объема по формуле (1):

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta t, \quad (1)$$

где V_1 – объем жидкости при температуре t_1 , м^3 ;

β – объемный коэффициент теплового расширения, $1/\text{K}$;

Δt – разность температур, °С.

Тогда объем жидкости V_2 , м³ при температуре t_2 , °С, можно определить

$$V_2 = V_1(1 + \beta \Delta t). \quad (2)$$

Коэффициент объемного расширения β равен отношению относительного объемного расширения $\Delta V/V_1$ к разности температур Δt . Каждый материал характеризуется собственным значением коэффициента объемного расширения β . Коэффициент объемного расширения β слабо зависит от температуры. Жидкости расширяются значительно сильнее твердых тел. Они также расширяются во всех направлениях. Вследствие большой подвижности молекул жидкость принимает форму сосуда, в котором она находится, причем точности следует учитывать и тепловое расширение сосуда.

Таблица 1 – Результаты измерений и расчетов при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}= 0,07$ бар, жидкость – вода

Температура t , °С	Давление $P_{\text{изб}}$, бар	Изменение объема ΔV , л	Температура t , °С	Давление $P_{\text{изб}}$, бар	Изменение объема ΔV , л
20	0,07	0	60	0,135	0,055
25	0,072	0,005	65	0,148	0,079
30	0,075	0,009	70	0,159	0,088
35	0,082	0,014	75	0,177	0,097
40	0,091	0,018	80	0,188	0,106
45	0,100	0,034	85	0,199	0,146
50	0,109	0,041	90	0,206	0,158
55	0,120	0,048	95	0,204	0,169

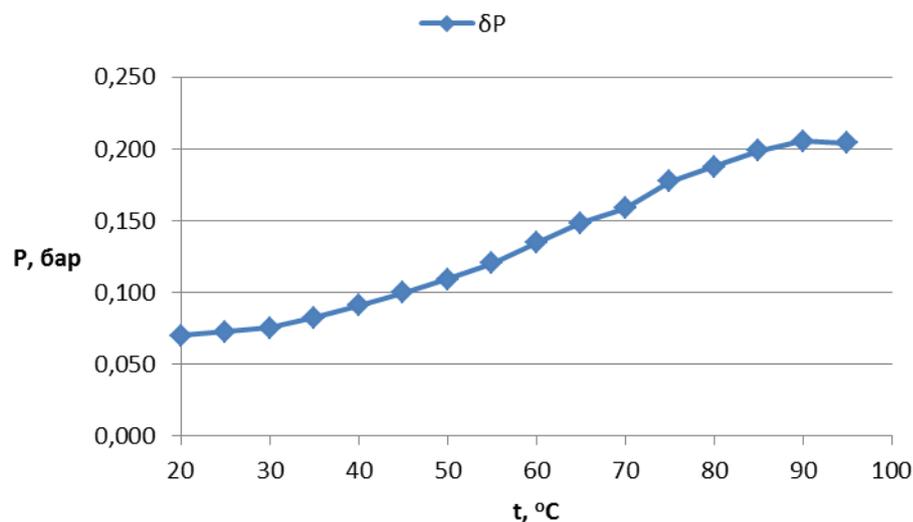


Рис. 5 – Зависимость изменения давления воды P , бар, от температуры t , °C при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,07$ бар [разработано автором]

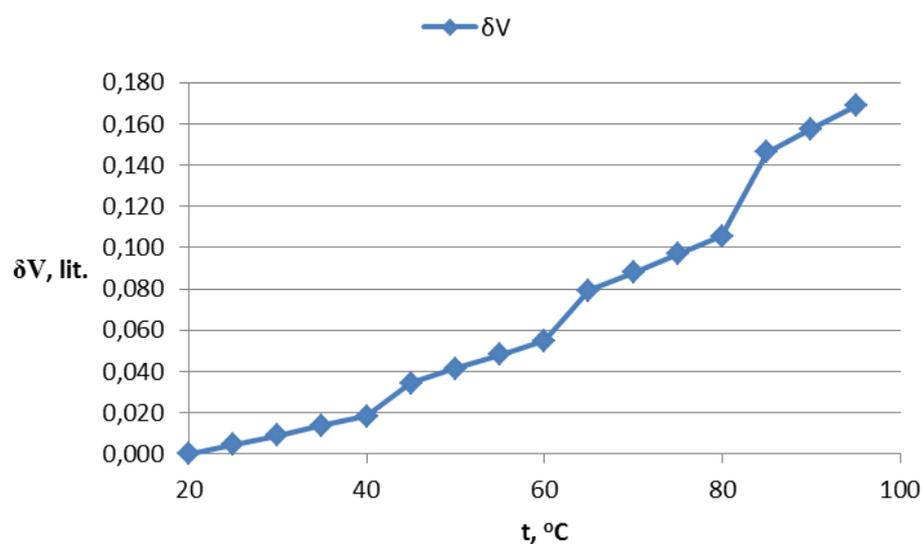


Рис. 6 – Зависимость изменения объема воды V , литрах, от температуры t , °C при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,07$ бар [разработано автором]

По результатам проведенного эксперимента видно, что усилие, создаваемое тепломеханическим преобразователем, несколько снижается при достижении температуры 95 °C. Это можно объяснить тем, что при данной

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

температуре вода находится в начальной стадии закипания при данном давлении, и образование кавитационных пузырьков на поверхности мембраны приводит к неустойчивой работе камеры и скачкам давления. При этих условиях опыт был остановлен.

После проведения первого эксперимента и охлаждения воды до температуры воздуха в помещении (20°C), повторяем эксперимент при начальном избыточном давлении воды в системе тепломеханического преобразователя энергии 0,25 бар и мощность нагрева электрического нагревателя 2 кВт. Результаты измерений представлены в таблице 2.

На рисунке 7 представлена зависимость усилия, создаваемого мембранной камерой от температуры воды. Эксперимент проводился при начальном избыточном давлении в системе с тепломеханическим преобразователем $P_{изб} = 0,21$ бар. Мощность электрического нагревателя 2 кВт.

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов при $N=2$ кВт и $P_{изб} = 0,25$ бар, жидкость - вода

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Давление $P_{изб}, \text{бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{л}$	Температура $t, ^\circ\text{C}$	Давление $P_{изб}, \text{бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{л}$
20	0,210	0	70	0,253	0,088
30	0,217	0,009	80	0,272	0,106
40	0,220	0,018	90	0,302	0,158
50	0,227	0,041	100	0,342	0,180
60	0,234	0,055	110	0,349	0,203

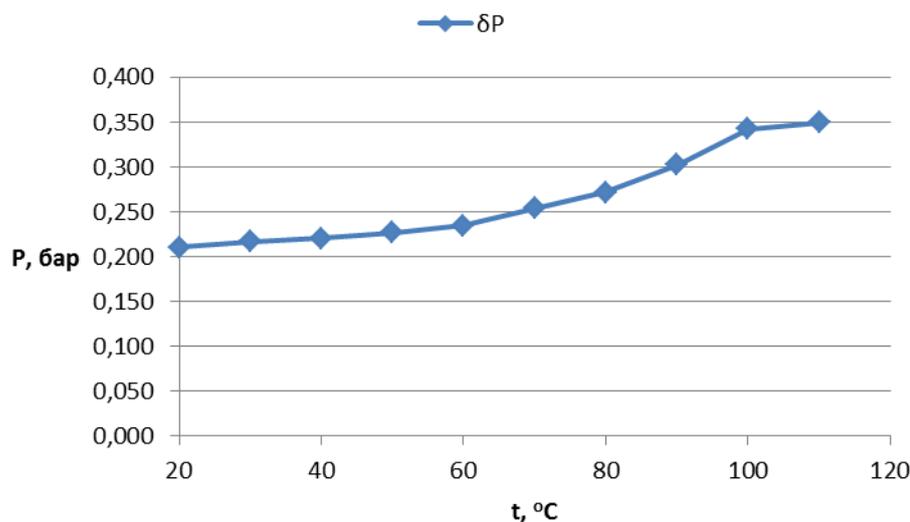


Рис. 7 – Зависимость изменения давления воды P , бар, от температуры t , °C при $N=2$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,21$ бар [разработано автором]

Изменение объема подмембранного пространства в зависимости от температуры воды при начальном избыточном давлении в системе с тепломеханическим преобразователем $P_{\text{изб}}=0,21$ бар и мощности электрического нагревателя 2 кВт представлена на рисунке 8.

Эксперимент, проведенный при мощности электрического нагревателя 2 кВт и начальном избыточном давлении 0,21 бар, показал, что нагрев до 95°C занял в два раза меньше времени. Однако это не сказалось на увеличении объема и давления воды в подмембранном пространстве. Изменение объема при 95°C оказалось одинаковым в обоих режимах. Более высокое давление во втором режиме связано с большим избыточным давлением перед началом эксперимента, что сказалось также на температуре начальной стадии закипания воды. Эксперимент был остановлен при 110°C.

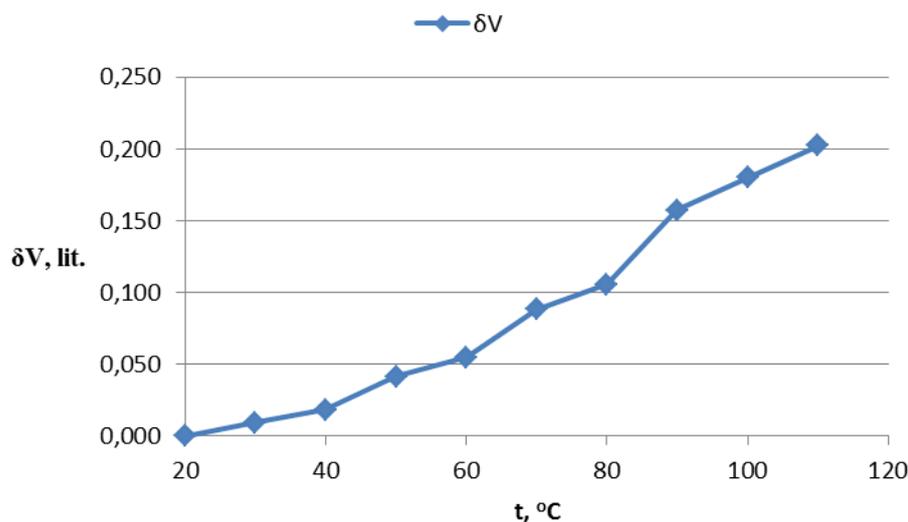


Рис. 8 – Зависимость изменения объема воды V , литрах, от температуры t , $^\circ\text{C}$ при $N=2$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,21$ бар [разработано автором]

Таким образом было принято решение эксперимент с другими жидкостями в тепломеханическом преобразователе проводить в одном режиме: при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,07$ бар.

Также мы можем рассчитать максимально возможный выход штока мембранной камеры при нагревании воды до $95\text{ }^\circ\text{C}$. Изменение объема камеры при тепловом расширении жидкости находят по формуле:

$$\Delta V = (S_{\text{rod}} f_{\text{memb.}}), \quad (3)$$

где S_{rod} – длина выхода штока мембранной камеры, m ;

$f_{\text{memb.}}$ – условная площадь мембраны, m^2 (по паспорту камеры).

$$\text{Тогда } S_{\text{rod}} = \Delta V / f_{\text{memb.}} = 0,169 \cdot 10^{-3} / 0,0282 = 0,005 \text{ м.}$$

Выход штока мембранной камеры при её свободном движении при температурном расширении 3 литров воды за счет её нагрева от 20 до $95\text{ }^\circ\text{C}$ составит всего $0,5$ сантиметра.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

В качестве второй жидкости при проведении эксперимента был принят Уайт спирт. Исследования проводились при температуре воздуха в помещении $+16^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении 746 мм.рт.ст.

Уайт-спирит или нефрас С4-155/200 это бензин растворитель. Получают уайт-спирит прямой дистилляцией нефти, с дополнительной гидроочисткой. Плотность при 20°C не более $0,795 \text{ г/см}^3$, начинает кипеть при температуре не выше 165°C , выкипает в пределах $160 - 200^{\circ}\text{C}$, коэффициент объемного расширения в диапазоне температур от 0 до 200°C составляет $0,00095^{\circ}\text{C}^{-1}$ содержание серы не более 0,025 %.

Несмотря на то, что температура точки кипения уайт-спирита составляет 160°C , он обладает очень высокой летучестью от 3 до 4,5 по ксилолу.

При температуре нагрева уайт-спирита в расширительном баке свыше 70°C и образованием летучих фракций под давлением, а также в связи с частичной разгерметизацией лабораторной установки, произошла утечка летучего уайт-спирита с остановкой роста давления в подмембранном пространстве расширительной камеры. Эксперимент был остановлен.

В таблице 3 представлены результаты измерений и расчетов изменения давления и объема в тепломеханическом преобразователе для уайт спирита.

Таблица 3 – Результаты измерений и расчетов при $N=1 \text{ кВт}$ и $P_{\text{изб}}= 0,07 \text{ бар}$, жидкость – уайт-спирит

Температура $t, ^{\circ}\text{C}$	Давление $P_{\text{изб}}, \text{ бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{ л}$	Температура $t, ^{\circ}\text{C}$	Давление $P_{\text{изб}}, \text{ бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{ л}$
15	0,07	0	55	0,167	0,115
20	0,073	0,014	60	0,182	0,129
25	0,087	0,029	65	0,195	0,143
30	0,101	0,043	70	0,209	0,158
35	0,115	0,057	75	0,227	0,172
40	0,127	0,072	80	0,237	0,186

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

45	0,141	0,086	85	0,247	0,201
50	0,155	0,100	90	0,254	0,215

На рисунке 9 представлены зависимости изменения давления и объема в подмембранном пространстве в зависимости от температуры при работе тепломеханического преобразователя на уайт-спирите.

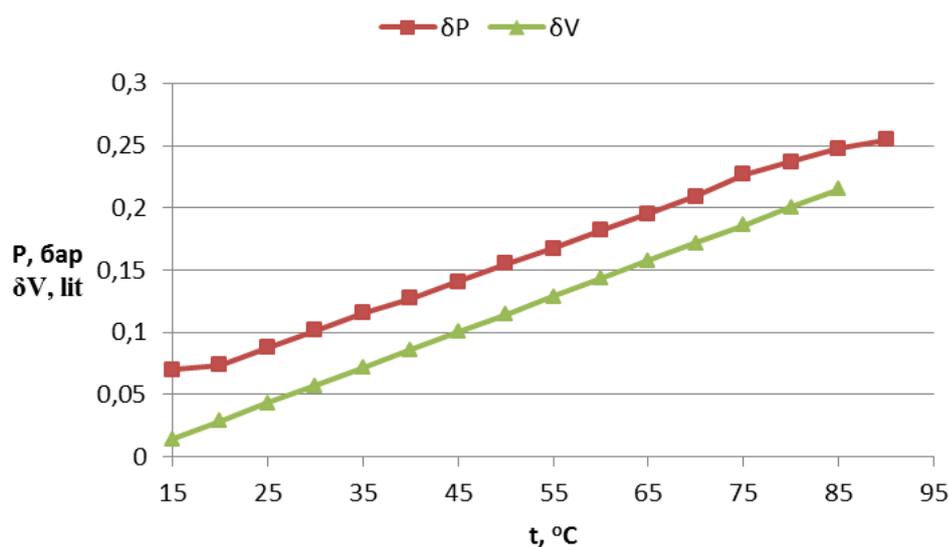


Рис. 9 – Зависимость изменения давления P , бар, и изменения V , литрах, уайт-спирита от температуры t , °C при $N=1$ кВт и $P_{изб}=0,07$ бар

[разработано автором]

На основании проведенного эксперимента с уайт-спиритом установлено, что выход штока мембранной камеры при максимальной температуре, без учета создаваемого усилия, составил 1 сантиметр.

В качестве третьей жидкости в эксперименте с тепломеханическим преобразователем был выбран антифриз – автомобильная охлаждающая жидкость.

В процессе нагрева антифриза его плотность, а также кинематическая вязкость, температуропроводность и число Прандтля уменьшаются. При росте температуры особенно заметно уменьшение значений таких свойств антифриза, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

как кинематическая вязкость и число Прандтля. Коэффициент объемного расширения антифриза при увеличении температуры имеет слабую тенденцию к росту, то есть антифриз при нагревании расширяется более заметно. Плотность антифриза при увеличении его температуры снижается. Плотность антифриза 65 в нормальных условиях больше плотности воды на 10%, а при температуре выше 120°C приближается к этому значению.

Коэффициент объемного расширения антифриза β меняется от $6,38 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ при 0 °C до $6,92 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ при 120 °C.

В таблице 4 представлены данные измерений и расчетов, полученные при проведении эксперимента с тепломеханическим преобразователем, где в качестве рабочего тела использовался антифриз.

На рисунке 10 представлены зависимости изменения давления и объема в подмембранном пространстве в зависимости от температуры при работе тепломеханического преобразователя на антифризе.

Таблица 4 – Результаты измерений и расчетов при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}= 0,07$ бар, жидкость – антифриз

Температура $t, \text{ } ^\circ\text{C}$	Давление $P_{\text{изб}}, \text{ бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{ л}$	Температура $t, \text{ } ^\circ\text{C}$	Давление $P_{\text{изб}}, \text{ бар}$	Изменение объема $\Delta V, \text{ л}$
15	0,07	0	50	0,120	0,069
20	0,073	0,010	60	0,147	0,089
30	0,086	0,029	70	0,174	0,109
40	0,101	0,049			

Анализ параметров жидкостей при выполнении эксперимента, показывает, что в мембранной камере, при использовании в качестве рабочего тела воды и расширительной емкости объемом 2 литра, при повышении её температуры до 90 °C давление в среднем повышается на 0,134 бар. При использовании в качестве рабочего тела в тепломеханическом преобразователе

(тормозная камера тип 30) уайт-спирита с нагревом его также в баллоне объемом 2 литра, присоединенном к мембранной камере, при нагреве до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ повышается до $0,185$ бар, т.е. в 1,4 раза больше чем на воде.

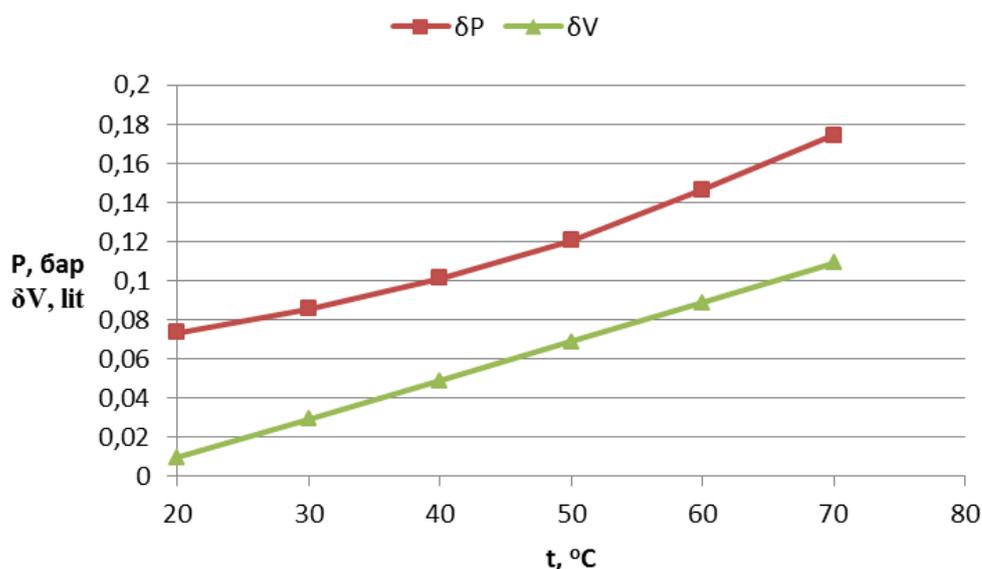


Рис. 10 – Зависимость изменения давления P , бар, и изменения V , литрах, антифриза от температуры t , $^{\circ}\text{C}$ при $N=1$ кВт и $P_{\text{изб}}=0,07$ бар

[разработано автором]

Как показали проведенные расчеты, в качестве рабочей жидкости в тепломеханическом преобразователе на основе тормозной мембранной камеры следует принимать жидкости с большим коэффициентом объемного расширения. Эксперимент проведен для работы на трех жидкостях: вода, уайт-спирит, антифриз.

Наилучший эффект показала работа тепломеханического преобразователя на уайт-спирите. Выход штока камеры, при свободном его движении и нагреве жидкости до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, составил 1 сантиметр, объем подмембранного пространства увеличился на $0,215$ литра, давление составило

0,264 бар. Возможное усилие штока мембранной камеры при этом составило 520 Ньютон.

Также в качестве эффективной жидкости для работы в теплопреобразователе могут быть выбраны жидкости: спирт ($\beta^{(T)} = 10,8 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) и эфир ($\beta^{(T)} = 16 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$).

Библиографический список:

1. Становов А.В. Перспектива применения тепломеханического преобразователя при организации активного аэродинамического эксперимента / А.В. Становов // Молодой ученый. – 2022. - №6 (401).– С. 23-26.

2. Патент №2613337 С1 Российская Федерация, МПК F03G 7/06 (2006.01). Тепломеханический преобразователь с жидкостным рабочим телом: №2015134076: заявл. 13.08.2015: опубл. 16.03.2017 Бюл. №8 / Ясаков Н.В.; патентообладатель Ясаков Н.В. – 8 с.

3. Патент №2623728 С1 Российская Федерация, МПК F03G 7/06 (2006.01). Тепломеханический преобразователь («Русский двигатель»): №2016107548: заявл. 03.03.2016: опубл. 30.06.2017 Бюл. №19 / Ясаков Н.В.; патентообладатель Ясаков Н.В. – 9 с.

4. Патент №2694568 С1 Российская Федерация, МПК F03G 7/06 (2006.01). Тепловой твердотельный двигатель: №2018139258: заявл. 07.11.2018: опубл. 16.07.2019 Бюл. №20 / Ясаков Н.В.; патентообладатель Ясаков Н.В. – 8 с.

5. Тормозные камеры. Паспорт изделия / БелАвтоКомплект. – 6 с.

6. Ларин Н.С. Теплотехника. Раздел «Теплопередача» : учеб. пособие / Н.С. Ларин, Д.В. Кузнецов. - Саранск: Тип. «Рузаевский печатник», 2013. – 68 с.

Оригинальность 82%