

керамику, а тепло, которое выделяется при переработке, отапливает более 60 тыс. городских квартир. Более двух третей завода занимают очистные сооружения, где выхлопной газ проходит многоступенчатую очистку. Наверху здания расположено видное кафе: завод радушно принимает туристов.

Французский завод в Исси-ле-Мулино, утилизирующий 2,3 млн т отходов в год, обеспечивает всему городу централизованное отопление и не представляет никакой опасности для экологии.

Самый мощный завод в мире расположен в Швеции, в 70 км от Стокгольма, в городке Уппсала. Он обеспечивает горячей водой и отоплением город и окрестности, а также 40 % объектов шведской столицы. Разумеется, вопрос о загрязнении атмосферы здесь давно решен, как и на остальных шведских мусороперерабатывающих предприятиях, каковых в стране 32.

Республика Беларусь не отстает от европейских лидеров. Таким образом, к 2023 года под Минском планируется возвести мусоросжигательный завод мощностью 500 тыс. т отходов в год, из которых будут получать электрическую и тепловую энергию [2].

Не смотря на всю экологичность сжигания отходов, на данный момент невозможно отказаться от мусоросжигательных заводов. МСЗ популярны в странах с маленькой территорией, так как у них нет возможности создавать множество полигонов для хранения отходов. Сжигание является отличным способом утилизации отходов, опасных для жизни. В наше время уже существуют технологии, позволяющие создавать МСЗ, не приносящие вреда окружающей среде. Поэтому имеет смысл активное сотрудничество Республики Беларусь со странами Евросоюза для заимствования опыта, который позволит почерпнуть неизвестные ранее технологии, чтобы со временем в направлении восточной Европы появлялось больше экологически дружелюбных объектов.

#### **Список использованных источников**

1. Неправильное сжигание отходов и наша атмосфера: старые методы и новые технологии [Электронный ресурс] / Утилизация медицинских отходов. – Режим доступа: <https://medservise24.ru/blog/medotkhody-i-obrashchenie-s-otkhodami/nepравilnoe-szhiganie-otkhodov-i-nasha-atmosfera-starye-metody-i-novye-tekhnologii/>. – Дата доступа: 02.11.2021.

2. Мусоросжигательный завод в Минске [Электронный ресурс] / Зялены партал. – Режим доступа: <https://greenbelarus.info/articles/22-01-2019/v-minske-postroyat-musoro-szhigatelnyu-zavod-obyasnyаем-pochemu-eto-plokhaya>. – Дата доступа: 02.11.2021.

3. Преимущества и недостатки мусоросжигания [Электронный ресурс] / Вторичное сырье. – Режим доступа: <https://www.nowaste.ru/opinion/preimushhestva-i-nedostatki-musoroszhiganiya.html>. – Дата доступа: 02.11.2021.

УДК 697.27

#### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА И ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Зеленина Ю. С., Иокова И. Л.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: yulia.cupry@yandex.ru*

**Summary.** *When creating an energy supply system for a mobile field hospital operating in a pandemic, a vortex heat generator and flexible heating devices in the heat supply system.*

В настоящее время, в связи с распространением вируса COVID-19, сложная ситуация складывается во всех странах мира. Одна из главных проблем, с которыми сталки-

ваются страны во время пандемии, – большое количество пациентов, одновременно поступающих в больницы.

Значительное количество погибших в таких условиях во многом связано с невозможностью вовремя оказать медицинскую помощь из-за нехватки мест в больницах. В разных городах мира сейчас создаются такие временные полевые госпитали на случай роста числа зараженных. Часто они создаются в местах уже снабженных источниками энергоснабжения, имеющими свои системы теплоснабжения, вентиляции и горячего водоснабжения, такие как спортивные и военные объекты, школы, торговые центры и т. д. В тоже время бывают случаи, когда невозможно организовать полевой госпиталь в уже имеющемся сооружении.

В таких случаях используются мобильные госпитали на базе пневмокаркасных модулей. Их популярность в настоящее время можно объяснить удобством доставки, скоростью развертывания, возможностью соединения между собой отдельно взятых модулей в единый комплекс, удобством обслуживания и обеспечением санитарно-гигиенических условий, необходимых для медицинских процедур.

Пневмокаркасный модуль (надувная палатка) для лечения пациентов с коронавирусом COVID-19 чаще всего рассчитана на размещение одного или нескольких больных с изоляцией от внешнего мира и поддержанием комфортных условий пребывания в летнее и зимнее время. Такие конструкции, как правило, имеют небольшой вес и габариты, возможность перевозки нескольких единиц в одном автомобиле и даже десантирования с воздуха. Материал, из которого изготовлен модуль, специальный поливинилхлорид (ПВХ) без технического запаха, устойчивый к сырости, гниению, плесени и иному бактериологическому воздействию.

Таким образом, можно сказать, что такие мобильные госпитали должны обладать надежными источниками энергоснабжения, а их система теплоснабжения должна быть легко монтируемой, быстро разворачиваемой, иметь незначительную массу и компактные габаритные размеры, быстро выходить на режим, а также экономно расходовать энергоресурсы.

Для электроснабжения пневмокаркасных модулей в настоящее время служат электрические генераторы или мобильные электростанции. Электрогенераторы могут быть как бензиновыми, так и дизельными. Теплоснабжение существующих мобильных госпиталей производится с помощью горячего воздуха. Однако, установки для обогрева воздухом чаще всего имеют достаточно большую массу, занимают много места при транспортировке и при длительном использовании «выжигают» кислород в помещении. Последнее недопустимо в условиях пандемии, так как большинство пациентов имеют трудности именно с дыханием.

В результате разработки системы теплоснабжения мобильного полевого госпиталя, в качестве источников теплоснабжения было предложено использовать тепловой насос и вихревой кавитационный теплогенератор (ВТГ). Работа теплового насоса мало отличается от работы паровой компрессионной холодильной установки. Источником теплоты низкой температуры для теплового насоса является окружающая среда. Тепловой насос в качестве источника теплоснабжения рекомендуется использовать в системах теплоснабжения мобильных госпиталей, расположенных в непосредственной близости от стационарных больниц. ВТГ представляет собой цилиндрический корпус, оснащенный циклоном (улиткой с тангенциальным входом) и гидравлическим тормозным устройством. Рабочая жидкость под давлением подается на вход циклона, после чего по сложной траектории проходит через него и тормозится в тормозном устройстве. Процесс нагревания жидкости происходит за счет кавитации. ВТГ следует применять в системах теплоснабжения мобильных объектов, расположенных вдали от существующих систем энергоснабжения, вследствие его универсальности. ВТГ также обладают рядом других преимуществ, таких как: компактность и простота устройства, взрыво- и пожаробезопасность, возможность работы с различными теплоносителями и отсутствие химводоподготовки, а также автономность ра-

боты. Вне зависимости от используемого источника теплоснабжения, в системе теплоснабжения мобильного объекта в качестве теплоносителя предложено применять воду.

Для исследования эффективности работы предложенных современных источников теплоснабжения использовались две экспериментальные установки. Схема установки с ВТГ представлена на рис. 1.

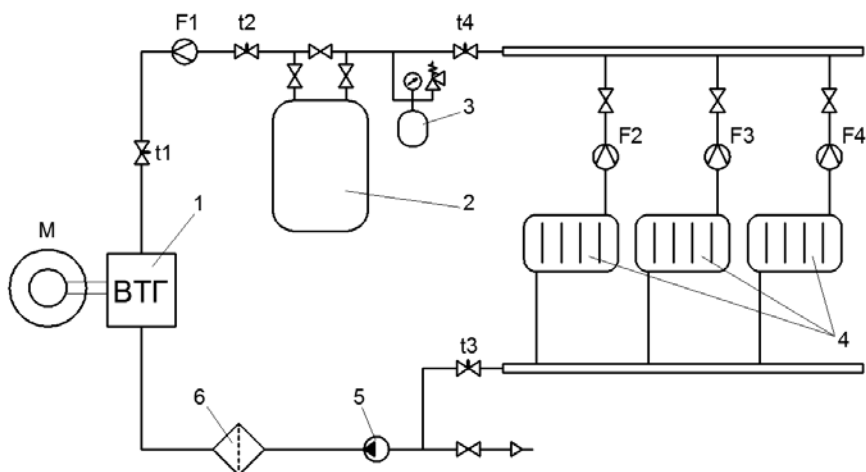


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:  
 1 – вихревой теплогенератор; 2 – бак-накопитель; 3 – блок группы безопасности (расширительный бак, контрольный манометр, предохранительный клапан); 4 – отопительные приборы; 5 – насос; 6 – фильтр;  $t1...t4$  – измерение температур;  $F1...F4$  – измерение расхода теплоносителя

В эксперименте использовался вихревой теплогенератор марки ВТГ-2,2. Экспериментально определена эффективность его работы, которая составила 84,8 %, что подтверждает целесообразность его применения для системы теплоснабжения мобильного госпиталя.

Экспериментальная установка с использованием теплового насоса аналогична представленной на рис. 1. В качестве источника теплоснабжения использовался тепловой насос марки Nibe Fighter 120. В результате экспериментов был определен его отопительный коэффициент, который составил 2,6, что также является достаточным показателем для того, чтобы рекомендовать данный источник для систем теплоснабжения мобильных объектов.

Таким образом, в результате анализа существующих мобильных полевых госпиталей, которые используются при чрезвычайных ситуациях, в том числе в условиях пандемии, и их систем энергоснабжения были обнаружены пути их совершенствования и изучена эффективность их использования.