

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



*«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ*

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
ІХ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***



Нұр-Сұлтан, 2021

УДК 656
ББК 39.1
А 43

Редакционная коллегия:

Председатель – Мерзадинова Г.Т., проректор по науке и инновациям ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Глазырин С.А. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

А 43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: IX Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2021. – 600с.

ISBN 978-601-337-515-1

В сборник включены материалы IX Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 19 марта 2021 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

УДК 656
ББК 39.1

ISBN 978-601-337-515-1

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ BGYURT ПРИ НАЗАРБАЕВ УНИВЕРСИТЕТЕ

Жакупов Айдар Бексултанович¹, Сыргалиев Ержан Омирханович², Колумбетов Анвар Туякович^{3*}, Жумагулов Михаил Григорьевич⁴

*anvar.kolumbetov@nu.edu.kz

¹к.т.н., ²к.ф.-м.н., ³инженер полигона ВИЭ

ЧУ Nazarbayev University Research and Innovation Systems, Нур-Султан, Казахстан

⁴PhD, ассоциированный профессор, доцент кафедры «Теплоэнергетика»

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

1 Введение

С 2017 года в Назарбаев университете функционирует лаборатория комплекса возобновляемых источников энергии BGYURT (далее юрта). Экспериментальное здание юрты (рисунок 1) представляет собой помещение полусферической формы общей площадью 115 м², снабжаемое тепловой и электрической энергией за счет возобновляемых источников энергии, таких как:

- Солнечные гелиоколлекторы;
- Тепловой насос геотермальный;
- Ветросолнечная электрическая станция гибридного типа.

Для поддержания комфортной температуры внутри юрты имеются следующие отопительные приборы:

- Фэнкойлы;
- Воздушный теплообменник;
- Трубчатый электронагреватель (резервный).

Стены(ограждающие поверхности) юрты сконструированы в виде высокоэффективной многослойной термоизолирующей конструкции. Каркас купола дома выполнен из пиломатериалов хвойных пород, облицован листами OSB и утеплен полиуретановым слоем толщиной 200 мм. Светопрозрачные ограждающие конструкции представлены в виде окон с тройным остеклением, заполненных аргоном.

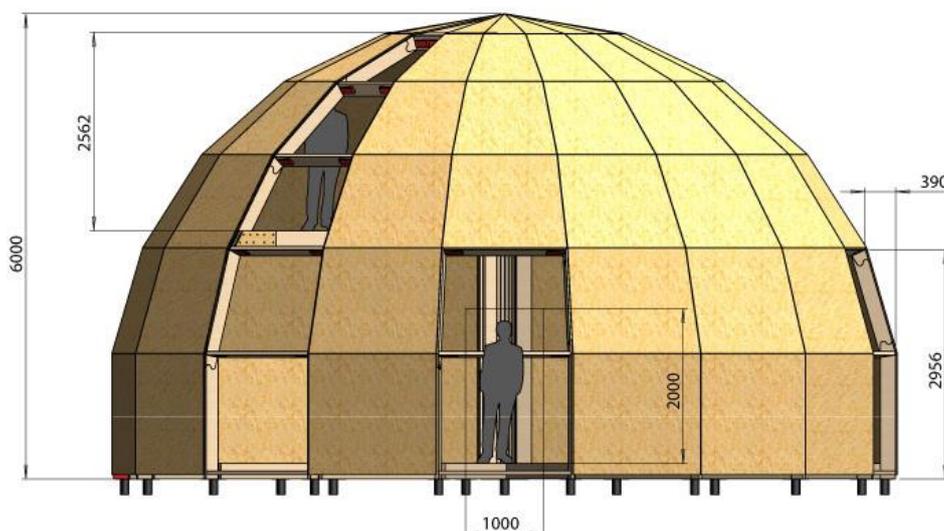


Рисунок 1 - Чертеж юрты. Внешний вид

Общие характеристики юрты, следующие:

Общая площадь, м ²	115
Площадь пола первого этажа	78,5
Количество этажей	2
Количество комнат	5
Внутренний диаметр застройки, м	10
Высота здания, м	6

2 Система отопления

Основной элемент системы отопления юрты – это тепловой насос. Он нагревает воду до температуры порядка 60°C. Внутри термодвигателя работает фреон R410-a. Цикл скважины заполнен 65%-ным этиленгликолем, как веществом с температурой замерзания – 12,9°C. Отопительный цикл работает на воде. В ходе работы теплового насоса низкопотенциальное тепло из скважины ($t=5^{\circ}\text{C}$) преобразуется в горячую воду ($t = 60^{\circ}\text{C}$), затем горячая вода поступает в бак-аккумулятор (верхняя часть). Из нижней части бака забирается холодная вода в тепловой насос.

Один из основных элементов схемы – это солнечные гелиоколлекторы. 100%-ный раствор этиленгликоля циркулирует в вакуумных трубках коллектора. Солнечное излучение нагревает теплоноситель. Далее он поступает в теплообменник внутри бака-аккумулятора, отдавая теплоту баку, нагревая воду внутри бака. Остывший рассол возвращается насосом в коллектор. Солнечный коллектор оснащен специальными шторками для ограничения потока солнечного излучения.

Бак-аккумулятор снабжен также трубчатым электронагревателем на случай недостаточного потока теплоты от имеющихся альтернативных источников энергии. Данный компонент является элементом безопасности системы.

Расход теплоты из бака-аккумулятора осуществляется по трем направлениям:

1. Фэнкойлы.
2. Нагреватель воздуха водяной для отопления.
3. Бойлер для нагрева воды системы ГВС.

Помимо отопления юрта снабжена системой кондиционирования. Охлаждение воздуха в летнее время производится от скважины.

Аккумуляторный бак и солнечные гелиоколлекторы завязаны в единую систему автоматического регулирования с возможностью задания температуры внутри бака.

3 Методы измерения

Рассмотрим и проведем тепловой анализ работы юрты в период с 18.02.21г. 16:38 часов по 19.02.21г. 11:00 часов с использованием данных цифровой информационно-измерительной системы. Система оснащена необходимой измерительной аппаратурой. Замеряемые показания имеют возможность сохраняться в памяти на основе программы Excel.

Для того, что бы проанализировать тепловую эффективность работы юрты, было разыграно два сценария:

Сценарий 1: В юрте отключались все внешние источники теплоты (гелиоколлекторы и тепловой насос) и отопительные приборы. Температура в помещении поддерживалась только за счет теплоты бака аккумулятора. Происходило естественное остывание здания за счет тепловых потерь через ограждающие поверхности. Производился замер температур наружного воздуха, внутри помещения (рисунок 2) и внутри бака-аккумулятора (рисунок 3), так как бак сообщается с водяной системой отопления юрты через фэнкойлы. По значениям снижения температуры в помещении, возможно оценить тепловые потери здания, так как основной объем помещения на себя принимает воздух. Следует так же учесть остывание бака, так как теплоноситель внутри также естественным путем остывал, при этом его объем существенен и составляет 310 л с учетом объема системы отопления. В том случае, если температура в помещении поддерживается постоянной, то оценить тепловые потери

становится возможным только через величину остывания воды в баке. В итоге общая величина тепловых потерь составит:

$$Q = c_{\text{вод}} \cdot m_{\text{вод}} \cdot (t_{\text{вод}}^2 - t_{\text{вод}}^1), \quad (1)$$

где $c_{\text{вод}}$ – теплоёмкость воды, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

m – масса теплоносителя, кг , определяется как произведение $m = \rho \cdot V$:

ρ – плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V – объем, м^3 ;

$t_{\text{вод}}^1, t_{\text{вод}}^2$ – температура воды в баке в начале и конце эксперимента, $^{\circ}\text{C}$.

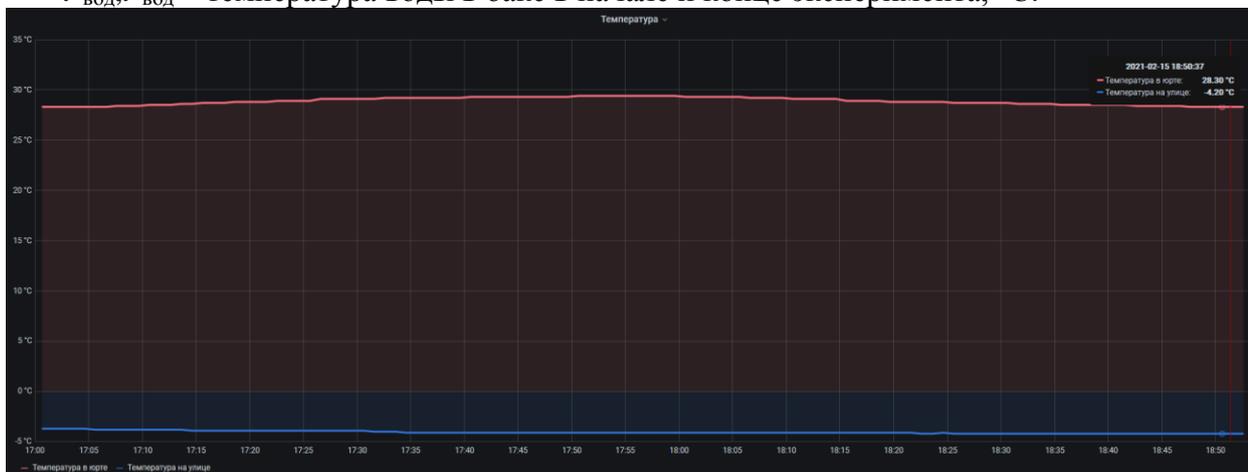


Рисунок 2 - Динамика температуры воздуха в помещении и наружного воздуха



Рисунок 3 - График изменения температуры в баке

Из рисунка 3 видно, что в период времени с 17:00 до 17:16 происходил рост температуры. Это можно объяснить тем, что датчик измерения температуры бака установлен в линии подачи отопления фэнкойлов. В 17:16 произошло автоматическое включение циркуляционного насоса отопления фэнкойлов по сигналу от термостата: заданная минимальная граница температуры помещения = 22°C . Принимаем начальную температуру бака $t_{\text{вод}}^1 = 48,9^{\circ}\text{C}$. В 17:52 циркуляционный насос фэнкойлов отключился, в это время конечная температура в баке $t_{\text{вод}}^2$ составила $43,9^{\circ}\text{C}$. В итоге для анализа выбран отмеченный участок времени: 17.00-18.53.

При расчете по формуле (1) получилось $Q = 6,37$ МДж тепловой энергии. С учетом того, что измерения проводились в течение 1 часа 53 минут, средняя за период мощность, которая необходима для отопления помещения при наружной температуре воздуха около $-4,2^{\circ}\text{C}$ составила $Q = 977$ Вт.

Для сравнения и оценки приведем результаты академического расчета через ограждающие поверхности, используя формулу:

$$Q = F \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где k – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) = 1/\sum R$;

R – термическое сопротивление, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$t_{в}, t_{н}$ – температуры воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, $^{\circ}\text{C}$;

β – добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции;

n – число ограждающих конструкций;

F – площадь ограждающей поверхности, м^2 .

Результаты расчета по формуле (3) следующие:

Ограждающая конструкция	$F, \text{ м}^2$	$R, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Потери $Q, \text{ Вт}$
Стены	188,4	10,61	663,9
Пол	78,5	63,64	217,1
Дополнительные потери (инфильтрация и т.д.)			444,84
Итого:			1325,86

Как видно из полученных значений *действительные потери юрты 977 Вт в 1,3 раза ниже расчетных нормативных значений 1325,86 Вт, что говорит о высоком классе энергоэффективности здания.*

Сценарий 2: Юрта снабжалась преимущественно от теплового насоса и частично от гелиоколлектора. В помещении поддерживалась постоянная температура, установленная на термостате, которая составляла 25°C . Таким образом, по замерам возможно определить суммарные затраты тепловой энергии с обоих источников на поддержание температуры внутри юрты. Вторым сценарий был разыгран преимущественно в ночные часы, что объясняет низкую солнечную активность

На рисунке 3 представлены кривые температуры в помещении и на улице, а также уровень солнечной радиации. Рисунок 4 содержит кривые температуры наружного воздуха и в помещении. Как видно из графика температура в юрте стабилизировалась на 4 часу эксперимента и составила в среднем 27°C . Следует отметить, что во время опыта температура уличного воздуха была весьма нестабильна (нижняя кривая на рисунке 4). Перепад температуры на улице за указанный период времени составил от $+5^{\circ}\text{C}$ до -19°C . Погода отличалась снегопадами и порывами ветра со средней скоростью более 4 м/с (рисунок 5).



Рисунок 3. График работы теплового насоса

При включении теплового насоса практически в одно же время включался и термостат с циркуляционным насосом фэнкойла (который имеет уставку по $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$). То есть бак, это тепловой аккумулятор, в котором виден процесс тепловой компенсации отдаваемого тепла поступающей тепловой энергией от теплового насоса. Между уставкой T на термостате 22°C и включение насоса при $T_{\text{юрты}}=27^{\circ}\text{C}$, есть разница в среднем -5°C . Изменение T юрты, при котором включался тепловой насос и фэнкойлы, составляет в среднем $1,5^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 4 - График изменения температуры в помещении и на улице



Рисунок 5 - График изменения скорости ветра

4 Результаты

По данным рисунка 3 видно, что за отчетный период 18,5 часа потребляемое количество тепловой энергии, которое сгенерировал преимущественно тепловой насос составило 43,07 кВт·ч. При пересчете данной цифры получим среднее за весь участок времени эксперимента значение $Q = 2,33\text{ кВт}$. Следовательно, такая мощность потребовалась для поддержания температуры в помещении. Сценарий 2 имеет значительно более высокие

потери по сравнению со сценарием 1, что можно объяснить через более холодную температуру наружного воздуха (-13,5 °С) и наличие интенсивного ветра, который существенно повышает теплопотери через ограждающие конструкции и снижает тепловое сопротивление теплоотдаче с наружной стороны здания. В первом сценарии погода была тихая. При наличии ветра в расчетные значения необходимо будет добавить дополнительные потери на инфильтрацию и прочее [1].

5 Выводы

Существующая лаборатория комплекса возобновляемых источников энергии BGYURT имеет высокий класс энергоэффективности и уровень автоматизации оборудования, что позволяет эффективно проводить исследования влияния различных погодных факторов на работу возобновляемых источников тепловой и электрической энергии, а также изучать совместную работу различных «зеленых» источников энергии. Юрта является отличным примером пассивного дома (passive house) или дома с нулевым потреблением энергии (zero-energy house).

Литература

1. Жумагулов М.Г. Лабораторный практикум по «SHELL YURT»: методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине: Теплоснабжение и ВИЭ. ISBN 978-601-332-720-4. – Нур-Султан: Назарбаев университет, 2020. – 57 с.

УДК 621.1

ЦИРКУЛЯЦИЯЛЫҚ СОРҒЫСЫ БАР КЛАССИКАЛЫҚ АВТОМАТТЫ ЖЫЛУ ПУНКТИН (АЖП) МОДЕЛЫ ЖӘНЕ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ ЖОЛЫ.

Жақыпбек Ақерке Мұратқызы¹, Ерзада Майра²
jakipbekakerke@yandex.kz

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Көлік-энергетика факультеті,¹ «Жылуэнергетика» мамандығының 2-курс магистранты, ²PhD, доцент м.а., Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Жылу энергетикада ТЭЦ-терде өндірілетін жылуды тұтынушыларға эффективті үлестіру үшін автоматты жылу пункттері қолданылады, циркуляциялық сорғымен кеңінен қолданылатын АЖП классикалық схемасы 1-суретте көрсетілген. АЖП бірқатар конструкцияларында циркуляциялық сорғы 3-бөлімге қосылған. Бірақ біз үшін бұл қазір маңызды емес.