

МАТЕРИАЛЫ
XIV Международной Азиатской
школы-семинара
«ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ»
20 - 31 июля 2018 года

ЧАСТЬ 1

Кыргызская Республика
оз. Иссык-Куль
пансионат «Отель Евразия»

Алматы 2018

7. Айзерман М.А. Об одной проблеме, касающейся устойчивости в "большом" динамических систем // УМН, 1949. Т. 4. № 4. С. 186-188.
8. Kalman R.E. Physical and Mathematical mechanisms of instability in nonlinear automatic control systems // Transactions of ASME, 1957. Vol. 79.3. PP. 553-556.
9. Брагин В.О., Вагайцев В.И., Кузнецов Н.В., Леонов Г.А. Алгоритмы поиска скрытых колебаний в нелинейных системах. Проблемы Айзермана, Калмана и цепи ЧУА. Известия РАН. Теория и системы управления, 2011. № 4. С. 3-36.
10. Айсагалиев С.А. К теории абсолютной устойчивости регулируемых систем // Дифференциальные уравнения. – Минск-Москва. 1994. Т. 30. № 5. С. 748-757.
11. Айсагалиев С.А. Проблемы качественной теории дифференциальных уравнений. – Алматы: университет, 2016. – 397 с.
12. Айсагалиев С.А. Теория устойчивости динамических систем. – Алматы: университет, 2012. – 216 с.
13. Aisagaliev S.A., Kalimoldayev M.N. Certain problems of Synchronization theory // Journal Inverse Ill Posed Problems, 21 (2013). – PP. 159-175.
14. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. – М.: Физматгиз, 1959. – 211 с.

*Серикбай Абдигалиевич Айсагалиев – профессор
Казахского национального университета им. аль-Фараби, 050040, Алматы;
serikbai.aisagaliev@kaznu.kz*

*Асем Мухтаровна Аязбаева – младший научный сотрудник
НИИ математики и механики КазНУ им. аль-Фараби, 050040, Алматы;
asem.ayazbayeva@kaznu.kz*

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

**Амиргалиев Е.Н.^{1,3}, Кунелбаев М.¹, Калижанова А.У.^{1,3},
Едилхан Д.^{1,2}, Ауелбеков О.А.¹, Катаев Н.С.¹, Козбакова А.Х.^{1,3}**

¹*Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,
Алматы, Казахстан*

²*Международный университет информационных технологий Алматы,
Казахстан*

³*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

Аннотация. В настоящей работе рассматривается расчет системы солнечного теплоснабжения жилого дома. Для расчета системы солнечного теплоснабжения жилого дома используем схемы с принудительной циркуляцией в солнечном контуре. Расчет теплового баланса дома производится по укрупненным показателям расчета тепловых потерь. Построены зависимости температуры воды от солнечного коллектора и бака-аккумулятора, а так же построены зависимости в процентном соотношении мощности от времени.

Ключевые слова: Плоский солнечный коллектор, бак-аккумулятор, мощность, температура теплоносителя.

1. Введение

Ископаемое топливо и ядерная энергия для устойчивого развития энергоресурсов в настоящее время, должны быть быстро заменены возобновляемыми источниками энергии. Возобновляемые источники энергии являются устойчивыми и имеют потенциал для удовлетворения нынешних и будущих прогнозируемых глобальных потребностей в энергии без какого-либо воздействия на окружающую среду. Для устойчивого удовлетворения глобальных энергетических потребностей возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, ветер, гидроэнергетика и биогаз, являются потенциальными кандидатами. Лучшая альтернатива для удовлетворения растущего спроса на энергию, является солнечная энергия. Преобразование солнечного излучения в тепло является одним из самых простых и самых непосредственных применений этой энергии. Плоский пластинчатый солнечный коллектор - это устройство, используемое для преобразования солнечной энергии в тепловую энергию. Плоские пластинчатые солнечные коллекторы являются наиболее часто используемыми сборщиками во всем мире на сегодняшний день, в коммерческих и бытовых водонагревательных системах. Следовательно, способ, которым внутренний сектор может уменьшить его воздействие на окружающую среду, - это установка солнечных коллекторов плоских пластин для нагрева воды. Плоские пластины, эвакуированные трубки или концентрационные коллекторы представляют собой солнечные коллекторы для внутренних нужд горячей воды. Наиболее часто используемым типом для низкотемпературных применений является однослойный, плоский, пластинчатый тип. Основным компонентом солнечного водонагревателя является плоский пластинчатый коллектор. Пластина абсорбера служит в качестве центрального компонента коллектора. Тепловые характеристики солнечного коллектора зависят от оптических и тепловых свойств, а также от конструкции пластины поглотителя. Типичный плоский коллектор состоит из абсорбера в изолированной коробке вместе с прозрачными обложками (остеклением). Абсорбер обычно изготавливают из металлического листа с высокой теплопроводностью, такого как медь или алюминий, со встроенными или прикрепленными трубами. Его поверхность покрыта специальным селективным материалом, чтобы максимизировать поглощение лучистой энергии при минимизации излучения лучистой энергии. Изолированная коробка уменьшает потери тепла в плоском солнечном коллекторе, от задней и боковых сторон коллектора [1]. Самые простые и наиболее широко используемые устройства сбора и использования солнечной энергии, - это термосифонные или природные циркуляционные системы солнечного водоснабжения (SWHS). Он состоит из плоского коллектора, резервуара для хранения и соединительных труб. Коллектор состоит из пластины абсорбера, стойка и коллекторных трубок, стеклянной крышки, кожухи и изоляции. Вода в трубах стойка нагревается и течет в резервуар для хранения из-за разницы в плотности. Этот поток зависит от головки термосифона из-за силы плавучести, что связано с изменением плотности воды, вызванной повышением температуры воды в солнечном коллекторе. Солнечная энергия используется в разных типах полей для многих применений. В работах [2,3,4,5] было проведено достаточно много экспериментов по превращению солнечной энергии в тепло. Было сделано много работ используя однофазную технологию теплопередачи. В исследованиях [6] эксперименты выполнялись в солнечном коллекторе с плоскими

пластинами с использованием однофазного процесса теплообмена с использованием неизолированного резервуара для воды и неизолированной соединительной трубы, а также изолированного резервуара для воды и изолированной соединительной трубы.

2. Метод

Остекленный солнечный коллектор площадью 2,03 квадратных метра (2x1 м) служит в качестве испарителя (источника тепла) для хладагентов R407C и R134a. Внутри солнечного коллектора имеется листовой алюминиевый абсорбер апертурой 1,78 метр квадрат, прикрепленный к медной трубке теплоъемника сечением 18 мм., где циркулирует рабочее тело в форме, либо антифриза пропиленгликоля объемом 1,6 л., либо фреона под давлением. Абсорбер солнечного коллектора-испарителя покрывается селективной черной краской для максимального приема солнечного излучения (Solar absorptivity $\alpha_{AM1,5} = 0.95$), с минимальным коэффициентом отражения (Thermal emissivity 82 C= 0.16). Пластина абсорбера расположена за остекленной прозрачной поверхностью толщиной 4 мм, за которым есть замкнутое воздушное пространство (рисунок 1).



Рисунок 1. Солнечный коллектор в разрезе

Нижняя часть солнечного коллектора изолируется с использованием минерального утеплителя 50 мм толщиной для предотвращения потери тепла. Солнечный коллектор был спроектирован таким образом, чтобы получить максимальный прием тепла от солнечной радиации, который составляет 2,8 кВт. Используется герметичный компрессор поршневого типа, работающий на фреоне R407C. Для того чтобы избежать перегрузки и внутреннего перегрева, компрессор был оснащен автоматическим реле выключения. Был использован пластинчатый паяный теплообменник (конденсатор) с тепловой нагрузкой 6,9965 кВт и массовым расходом 0,043 кг/с. Резервуар хладагента и смотровое стекло было установлено после конденсатора, после фильтра осушителя и расходомера, которые используются для удаления содержания влаги в хладагенте и измерения расхода. Терморегулирующий вентиль регулирует течение хладагента через солнечный коллектор-испаритель. При проведении экспериментов солнечный коллектор был направлен на юг под углом 45 С (широта 54,1 0N, долгота 71,3 0E, Алматы, Казахстан) к горизонту.

Таблица 1. Технические характеристики плоского солнечного коллектора

1	Общая площадь	2,03 м ²
2	Абсорбируемая площадь	1,78 м ²
3	Площадь апертуры	1,78 м ²
4	Установочный размер	1060 мм
5	LxWxH (L длина, W ширина, H высота)	2018x1018x100 mm
6	Вес	42,2 кг
7	Объем жидкости	1,63 л
8	Максимальное давление	600 кПа
9	Расход теплообменника	30-100 л/ч за один коллектор
10	Соединение	Фланцевое с соединённой муфтой
11	Корпус коллектора	Клееных алюминиевых профилей
12	Покрывающее стекло	Солнечное, 4 мм, ударопрочное
13	Коэффициент поглощения	95 %
14	Рекомендуемая рабочая температура	Ниже 100 ⁰ С
15	Равновесная температура(1000Вт/м ² , 30 ⁰ С)	170,5 ⁰ С
16	Минимальное получение энергии (RAULZ 73)	525 кВт*ч/м ² в год

Гелиоколлекторная система. Данная система на прямую подключена к баку-аккумулятору для отопления и горячего водоснабжения (рис.2)

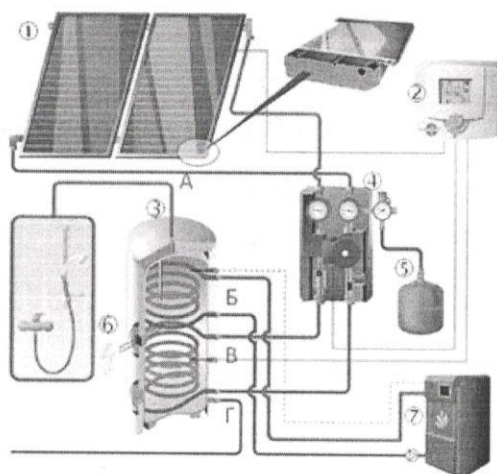


Рисунок 2. Типовая схема гелиосистемы, состоящая из: 1) плоские солнечные коллекторы; 2) автоматические контроллеры; 3) бак теплообмена, аккумуляции и косвенного нагрева (3 в 1); 4) циркуляционный насос; 5) расширительный бак; 6) резервный термoeлектрический нагреватель от 2 до 6 кВт; 7) существующая печь

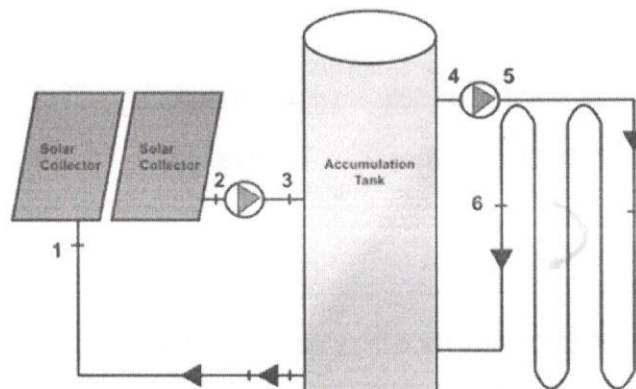


Рис.3 Гелиоколлекторная система

Для расчета системы солнечного теплоснабжения жилого дома используем схемы с принудительной циркуляцией в солнечном контуре.

Расчет теплового баланса дома производится по укрупненным показателям расчета тепловых потерь.

Исходные данные:

- Окна с обычным остеклением $k_1=1,2$;
- Стены теплоизолированные $k_2= 0,85$;
- Соотношение площадей окон и пола составляет 10% ($k_3=0,8$);
- Наружная температура 10° ($k_4=0,7$);
- Наружные стены $k_5=1,33$;
- Помещение, обогреваемое $k_6= 0,82$;
- Высота 2,5м ($k_7=1,0$);
- Площадь помещения 44 м^2

Величина тепло потерь дома определяется по следующей формуле:

$$Q_{mn}=q \cdot s \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \quad (1)$$

где,

q -удельная величина тепловых потерь ($60-80 \text{ Вт/м}^2$)

s -площадь помещений м^2

k -коэффициент тепло потерь конструкций дома

Тепловая производительность (мощность) гелиосистемы под Бристеля в зависимости от значения тепловых потерь здания:

$$P_k=(1.15+1.2) Q_m \quad (2)$$

Месячная тепловая нагрузка будет равна:

$$Q_m^M=P_k k_m h_c \quad (3)$$

Величина годовой тепловой нагрузки для отопительного сезона составляет:

$$Q_m^{\text{год}}=Q_m^M \cdot 12 \quad (4)$$

Площадь солнечных коллекторов, необходимых для покрытия тепловой нагрузки дома будет равна:

$$A_{\text{ск}} = \frac{Q_m^{\mu}}{303.5} \quad (5)$$

Тогда объем бака-аккумулятора равен:

$$V_{\text{бак}} = 0,1 A_{\text{ск}} \quad (6)$$

3. Результаты

Таблица 2. Показатели солнечного коллектора для отопления

№	t, время 14.10.2017 год	T ₁ , °C	T ₂ , °C	T _{хол} , °C	T _{гор} , °C	P, %	P, Вт	E, Дж	P, бар давление
1	8:00	18	10	8	8	0	0	721	1
2	9:00	29	16	9	11	21	12,8	723	1,2
3	10:00	41	23	11	15	58	14,5	730	1,3
4	11:00	62	34	14	17	72	19	736	1,5
5	12:00	78	43	15,6	19	100	24	756	2,8
6	13:00	81	46	16	25	100	25	764	5,4
7	14:00	83	48	18	40	100	26,2	774	5,4
8	15:00	76	44	21	42	100	21,7	789	5,4
9	16:00	60	41	20	41,5	95	14,4	800	5,4
10	17:00	52	39	20	41	62	12,4	805	5,1
11	18:00	20	36	19	39	0	0	810	2,1
12	19:00	9	35	16	34	0	0	810	1,6
13	20:00	0	33	15	30	0	0	810	1



Рисунок 4. Зависимость температуры воды от солнечного коллектора и бака-аккумулятора

Заключение

В данной работе исследователи разработали новый плоский гелиоколлектор, а также систему солнечного теплоснабжения. Определены расчётные и экспериментальные энергоёмкости неуправляемого нагрева воды в гелиоколлекторе.

Сопоставимость результатов была обеспечена соблюдением одинаковых условий экспериментов и расчётов. Графики имеют экспоненциальную закономерность связанную с ростом тепловых потерь с увеличением температуры нагрева, в рабочем диапазоне от 20 до 60С⁰.

Литература

[1] Duffie, J. A., and W. A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1991.

[2] Ahmet Samanci and Adnan Berber, "Experimental investigation of single-phase and twophase closed thermosyphon solar water heater systems", Scientific Research and Essays, Vol. 6(4), pp. 688-693, 18 February, 2011.

[3] M. A. Islam, M. A. R. Khan and M. A. R. Sarkar, "Performance of a Two-Phase Solar Collector in Water Heating", Journal of Energy & Environment 4 (2005), Technical Note 117 – 123.

[4] K. Chuawittayawuth & S. Kumar, "Experimental investigation of temperature and flow distribution in a thermosyphon solar water heating system", Renewable Energy 26 (2002) 431–448.

[5] H. Taherian, A. Rezania, S. Sadeghi & D.D. Ganji, "Experimental validation of dynamic simulation of the flat plate collector in a closed thermosyphon solar water heater", Energy Conversion and Management 52 (2011) 301–307.

[6] A. Zerrouki, A. Boume dien & K. Bouhadeif, "The natural circulation solar water heater model with linear temperature distribution", Renewable Energy 26 (2002) 549–559.

*Амиргалиев Едилхан Несипханович – д.т.н., профессор, Главный научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: amir_ed@mail.ru*

*Кунелбаев Мурат – старший научный сотрудник Института информационных и
вычислительных технологий КН МОН РК 050010, Алматы ; e-mail: murat7508@yandex.kz
Калижанова Алия Уалиевна – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru*

*Едилхан Дидар – доктор PhD, старший научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: yedilkhan@gmail.com*

*Ауелбеков Омирлан Ауелбекович – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: omirlan@mail.ru*

*Катаев Назбек Сейсенбаевич – к.п.н., старший научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: k_nazbek@mail.ru*

*Козбакова Айнуур Холдасовна – доктор PhD, старший научный сотрудник
Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК:
050010, Алматы ; e-mail: ainur79@mail.ru*

УДК 51
ББК 22.1
П78

Главный редактор:

Калимолдаев М.Н. - генеральный директор ИИВТ, академик НАН РК, доктор физико-математических наук, профессор (Республика Казахстан, Алматы)

Ответственные редакторы:

Мамырбаев О.Ж. - заместитель генерального директора ИИВТ, доктор PhD (Республика Казахстан, Алматы)

Магзом М.М. - заместитель генерального директора ИИВТ, доктор PhD (Республика Казахстан, Алматы)

Токтошов Г.Ы. – научный сотрудник Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Россия, Новосибирск)

П78 Проблемы оптимизации сложных систем: Мат. XIV межд. азиат. школы-семинара (20-31 июля 2018 г.). Часть 1. – Алматы, 2018, – 355 с.

ISBN 978-601-332-127-1

В сборнике представлены материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем».

В сборнике опубликованы доклады, представленные учеными от Республики Казахстан, Российской Федерации, Кыргызской Республики, Республики Узбекистан и других.

Рассмотрены актуальные вопросы в области математики, информатики и управления: математического моделирования сложных систем и бизнес-процессов, исследования и разработки защищенных и интеллектуальных информационных и телекоммуникационных технологий, математической теории управления, технологий искусственного интеллекта.

Материалы сборника предназначены для научных работников, докторантов и магистрантов, а также студентов старших курсов.

УДК 51
ББК 22.1

ISBN 978-601-332-127-1

© Институт информационных и
вычислительных технологий
МОН РК, 2018

Абдимуталипова З.К., Курбаналиев А.Ы., Калбекова М.Ж., Сулайманова Г.К.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО СТРУЙНОГО ТЕЧЕНИЯ	68
Азимов А.А., Кенжебаева М.О., Нурсеитов Д.Б., Нурсеитова А.Т., Серовайский С.Я., Сигаловский М.А.	ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГРАВИРАЗВЕДКИ	72
Айнакулов Ж.Ж., Федоров И.О., Ергалиев Р.К.	ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ DHTXX К КОНТРОЛЛЕРУ АРМ НА БАЗЕ ПЛАТЫ ARDUINO ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА МУЛЬТИКОПТЕРАХ	79
Айсагалиев С.А., Аязбаева А.М.	ПРОБЛЕМА АЙЗЕРМАНА В ТЕОРИИ АБСОЛЮТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОМЕРНЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ СИСТЕМ	81
Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М., Калижанова А.У., Едилхан Д., Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Козбакова А.Х.	РАСЧЕТ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА	100
Амирханова Г.А., Горчаков А.Ю., Дуйсенбаева А.Ж., Посыпкин М.А.	ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТОЧНЫХ ШТРАФНЫХ ФУНКЦИЙ К ЗАДАЧЕ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ПЛОСКОГО КРИСТАЛЛА	107
Арифжанов А.Ш., Захидов Р.А.	УПРАВЛЕНИЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ОБЩУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМУ	113
Асанова А.Т., Темешева С.М.	АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ С ПАРАМЕТРОМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРО- ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА И ИХ ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	123