

МИНИСТЕРСТВО ВЫШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЕ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

НИШОНОВ ФАЙЗУЛЛО ХОЛМИРЗЕВИЧ

**«Потенциал нетрадиционных источников
энергии в системах теплоснабжения»**

ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание степени магистра по специальности : 5А5340403 «Отопление,
вентиляция, кондиционирование воздуха и охрана воздушного бассейна»

Работа рассмотрена и

допускается к защите.

Зав. кафедрой «Проекти-

рование строительство и

эксплуатация инженерных

коммуникаций»

доц. Рашидов Ю.К.

« ___ » _____ 2012 г.

Научный руководитель

к.т.н, ст.н.с. *Авезова Н.Р.*

Научный консультант

т.ф.н., к.и.х. *Насонов Е.А.*

ТАШКЕНТ – 2012

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ПСЭИК

к.т.н., доц. Рашидов Ю.К.

«___»_____2012 г.

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ И НАПИСАНИЮ МАГИСТРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Магистерская диссертация по теме: «Потенциал нетрадиционных источников энергии в системах теплоснабжения»

название (с указанием материалов конкретных организаций)

утверждённая приказом ректората института от «___»_____2012 г.

за номером _____ по кафедре _____ ПСЭИК _____

за слушателем _____ **НИШОНОВ ФАЙЗУЛЛО ХОЛМИРЗЕВИЧ** _____

научный руководитель _____ *Авезова Нилуфар.Раббанакуловна.к.т.н., ст.н.с.*

Ф.И.О., занимаемая должность, учёная степень, учёное звание

должна быть подготовлена и представлена к предварительной защите

на кафедру _____ .

число, месяц, год

В работе будут использованы: Авторефераты, специальная литература, КМК, статьи журналов, отчёты о научно-исследовательской работе,

Практические, балансовые и др. материалы, стат. данные др. ведомств и т.п. за годы публикации,

материалы семинаров, обзорные проспекты, брошюры, каталоги

труды и т.д. законодательные и нормативные акты, инструкции и т.п.

современного отопительного оборудования, руководство по проектированию, монтажу и эксплуатации систем отопления зданий

В работе предусматривается: аналитических расчет, теплотехнических характеристик плоских солнечных коллекторов для нагрева воды в системах горячего водоснабжения в теплый период года.

аналит. таблицы, группировочные таблицы, графики, схемы, диаграммы, математические модели и т.п.

В работе предусматривается изложение следующих групп вопросов:

1-я Ресурсы нетрадиционных источников энергии в Узбекистане

название

2-я группа . Солнечные водонагревательные коллекторы и систем горячего водоснабжения на их основе

название

3-я группа Использование солнечной энергии для отопления помещений с помощью пассивных систем

название

Задание выдано _____

число, месяц, год

Научный руководитель Авезова Нилуфар.Раббанакуловна.

подпись, Ф.И.О., дата

Задание принял слушатель Нишонов Файзулло Холмирзаевич

График завершения магистерской диссертации в первоначальном варианте

Глава I. Нетрадиционные источников энергии в Республике Узбекистана

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

1.1 Ресурсы солнечной энергии Республики Узбекистан

1.2. Гидро энергические ресурсы

1.3 Ветро энергетические ресурсы

1.4 Геотермальные биоэнергетические ресурсы

Глава II. Использование солнечной энергии в системах горячего водоснабжения

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

2.1 Принципиальные схемы солнечного горячего водоснабжения

2.2. Солнечных водонагревательных коллекторов систем солнечного горячего водоснабжения

2.3. Теплопроизводительность плоских солнечных водонагревательных коллекторов в одно – и двухконтурной системах солнечного горячего водоснабжения

Глава III. Использование солнечной энергии для отопления помещений

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

3.1. Классификация пассивных систем солнечного отопления

3.2. Методика расчета удельных тепловых потерь помещений с инсоляционной пассивной системой солнечного отопления

3.3. Расчет прихода суммарного солнечного излучения на лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально установленного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления.

3.4. Тепловая эффективность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления

Предварительная защита диссертация на кафедре _____
срок, дата, год

Задание выдано _____
к.т.н., ст.н.с
научный руководитель магистерской диссертации
Авезова Нилуфар.Раббанакуловна.
Ф.И.О.

подпись

дата

Задание принял _____
Нишионов Файзулло Холмирзаевич
Ф.И.О., слушателя, подпись

Дата

ЗАДАНИЕ-----	
ВВЕДЕНИЕ-----	
ГЛАВА 1. Нетрадиционные источников энергии в Республике Узбекистана-	
1.1. Ресурсы солнечной энергии Республики Узбекистан-----	
1.2. Гидро энергические ресурсы -----	
1.3. Ветро энергетические ресурсы -----	
1.4. Геотермальные биоэнергетические ресурсы -----	
выводы по первой главе -----	
ГЛАВА 2. Использование солнечной энергии в системах горячего водоснабжения -----	
2.1. Принципиальных схемы систем солнечного горячего водоснабжения -----	
2.2. Солнечных водонагревательных коллекторов систем солнечного горячего водоснабжения -----	
2.3. Теплопроизводительность плоских солнечных водонагревательных коллекторов в одно – и двухконтурной системах солнечного горячего водоснабжения -----	
выводы по второй главе-----	
ГЛАВА 3. Использование солнечной энергии в системах горячего водоснабжения -----	
3.1. Классификация пассивных систем солнечного отопления -----	
3.2. Методика расчета удельных тепловых потерь помещений с инсоляционной пассивной системой солнечного отопления-----	
3.3. Расчет прихода суммарного солнечного излучения на лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально установленного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления	
3.4. Тепловая эффективность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления-----	
выводы по третьей главе -----	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ -----	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ -----	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для Республики Узбекистан актуально как, с целого обеспечения энергетической безопасности так и улучшения социально – бытовых условий населения. Основными компонентами ВИЭ в республике являются солнечная энергия (СЭ), гидравлическая ветровая и геотермальная энергии , а также энергия биомассы. Суммарный технический потенциал ДВ” в Республике табл.1 составляет 179.4 млн. тонн нефтяного эквивалента (т.н.э.), что более чем в три раза превышает ее ежегодную потребность в энергоресурсов. [1]

Территория Республике Узбекистан (447.4 тыс.кв.км., из которой 70 % составляет территория пустынь), расположена в относительно благоприятных климатических климатических условиях (между 37 °и 45 ° северной широты и между 56 ° и 73 ° восточной долготы для использования СЭ, энергетический потенциал которой составляет 98.5 % ВИЭ в месте взятых [2], и поэтому она считается основным определяющим при планировании доли использования ВИЭ в общем энергобалансе Республике.

Одно из перспективных сфер практического применения солнечного энергии, которое в настоящее время имеет наибольшую степень технологической готовности в нашей Республике, как во всем мире, - считается преобразование ее в низкопотенциальное тепло и использование последнего в качестве источника в системах теплоснабжения жилых и коммунальнобытовых сельскохозяйственных, промышленных и социальных объектов, являющихся основными потребителями тепла такого же температурного потенциала. Отметим, что покрытия тепловых нужд населения и коммунально бытового сектора в республике ежегодно расходуется 50 % ископаемого топлива.

Реальные масштабы использования солнечной энергии в системах теплоснабжения зависят от технико-экономических показателей солнечных систем теплоснабжения. Последние, как правило, наряду со стоимостным показателем оборудования для них, главным образом зависят от ресурсных показателей основного элемента системы-солнечных коллекторов, улавливающих и преобразующих энергию солнечного излучения в низкопотенциальное тепло, передаваемое затем теплоносителю (воде).

Как видно, определение ресурсных потенциальных показателей солнечных низкопотенциальных установок в системах теплоснабжения является одной из **актуальных** задач вовлечения солнечной энергии в сферу коммунальной теплоэнергетики.

В связи с этим, целью диссертационной работы является определение технического потенциала солнечных низкопотенциальных установок в системах теплоснабжения жилых и общественных зданий и коммунально-бытовых объектов.

Задача исследования:

1. Изучить состояние использования нетрадиционных источников энергии в народном хозяйстве Республики.
2. Изучить технико-экономический потенциал использования солнечной энергии в системах теплоснабжения.
3. Определить дневной ход поверхностной плотности потока суммарного излучения, падающего на фронтальную лучепринимающую поверхность ориентированного на юг и установленного под углом 30° к горизонту плоского солнечного водонагревательного коллектора.
4. Установить расчётные и путём дневной, месячной и годовой теплопроизводительности плоских солнечных водонагревательных

коллекторов в системах горячего водоснабжения при температурах поступающей из них горячей воды. 87 °С, 45 °С и 55 °С

5. Изучить пассивную технологию использования солнечной энергии для зимнего отопления помещений.
6. Разработать методику расчёта тепловых потерь помещений с теплоизолированной пассивной системой солнечного отопления.
7. Изучить тепловую эффективность теплоизолированных пассивных систем солнечного отопления.

Объектами исследований. являются нетрадиционные энергия и ее использование в системах горячего водоснабжения и отопления.

Апробация работы. 6-8 май 2012 г.

Основные положения диссертации опубликованы: “Нано технология ва кайта тикланувчи энергия манбалари” 27-28 май. 2012 й 169-171 бет.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников (23 наименований) и изложена на 69 стр. машинописного текста, вымогая 6 рис. и 18 табл.

На защиту выносятся результаты исследований по оценке потенциала нетрадиционных источников энергии Республике, расчётов по определению теплопроизводительности и тепловой эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения.

Научная новизна диссертации:

□ дневные и месячные ходы а также годовое теплопроизводительность плоских солнечных водонагревательных коллекторов в системах горячего водоснабжения;

зависимость теплопроизводительности плоских солнечных водонагревательных коллекторов от температуры комкаемой из них горячей воды;

методика расчёта тепловых потерь помещений с инсоляционной пассивной системой солнечного отопления;

тепловая эффективность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления.

Практическая значимость работы;

Полученные результаты позволяют оценить ресурсы нетрадиционных источников энергии, особенно солнечного излучения, в системах теплоснабжения и могут быть использованы при проектировании солнечных систем горячего водоснабжения.

ГЛАВА 1. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Одна из ожидаемых особенностей предстоящего столетия катастрофическая последствия истощения природных ресурсов и потепление климата на земле, энергетическая проблема уже приобрела глобальный характер и повсюду стала актуальной необходимостью своевременной перестройки энергетической базы и поиска путей освоения возобновляемых и экологически более чистых источников энергии. Согласно прогноза Мирового Энергетического Агентства, к середине нынешнего столетия доля возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе должна достичь 40%. Только при таком соотношении традиционных и возобновляемых источников энергии может произойти стабилизация концентрации CO₂ в атмосфере к 2050 г. с медленным снижением к 2100 г. В связи с этим, в предстоящие 15 лет должны быть разработаны конкурентоспособные и экологически чистые технологии, создан рынок энергетического оборудования, использующего возобновляемые источники энергии, устранены финансовые, информационные, законодательные барьеры на пути их широкого использования.

Основными компонентами возобновляемых источников энергии в Республике являются солнечная, ветровая, гидравлическая, геотермальная энергии, а также энергия биомассы. Валовой и технический потенциалы указанных видов энергии (в млн. тонн условного топлива в год), приведены в таблице 1.1

Из данных таблицы 1,1 следует, что энергетический потенциал ежегодно поступающих на территорию Республики возобновляемых источников энергии в 4 раза превышает ежегодную потребность Республики в

энергоресурсах, которые к началу нынешнего столетия составляли 70 млн. т.у.т.

Таблица 1.1

Потенциал возобновляемых источников энергии

Виды возобновляемых источников энергии	Потенциал в млн т.у.т/год		
	В Узбекистане		В мире
	валовой	технический	валовой
Солнечная энергия	76459.5	265.1	131×10^6
Ветрования энергия	3.33	0.64	2×10^6
Гидравлическая энергия	3.43	0.39	7×10^6
Энергия биомассы	13.8	2.92	0.1×10^6
Всего :	76480.0	269.05	1401×10^6

.Ресурсы солнечной энергии Республики Узбекистан

Территория нашей Республики расположена в относительно благоприятных климатических условиях для использования солнечной энергии для частичного покрытия производственных и бытовых нужд населения на тепловую и электрическую энергию. Так, число часов солнечного сияния в течение года в Республике доходит до 2800-3100 , а интенсивность энергии солнечного излучения на один квадратный метр нормально расположенной прямым солнечным лучам поверхность – до 1 кВт ч . Суммарное годовое значение прихода лучистой энергии Солнца на один квадратный метр горизонтальной поверхности Земли составляет $1,6 \div 1,7$ Мвт. ч, что эквивалентно тепловой энергии , получаемой при сжигании

натурального газа в количестве $165 \div 175 \text{ м}^3$ или светлых нефтепродуктов в количестве $165 \div 175$ л. Согласно результатам проведенных оценок технический потенциал солнечной энергии Республики составляет 269 (млн.у.т) , что в 3,4 раза превышает ее потребность в энергоресурсах в 2010 г.и в 2,9 раза в 2020 г.

В табл. 1.2 приведены результаты обработки многолетних актинометрических данных по определению годовой суммы прихода прямого солнечного излучения на нормальную к солнечным лучам поверхность $-\sum q_{\perp}$ в действительных погодных условиях (т.е. с учетом облачности) и фактическое годовое число часов солнечного сияния $-n$, которые являются основными показателями ресурса солнечной энергии для характерных регионов Республики [6.7] .

Таблица 1.2

Регионы	$\sum q_{\perp}$,кВт час/м ²	n , часы
Север Республики (Республика Каракалпакстан, Хорезмский вилоят и север Навоинского вилоята)	1900-2100	2900-3000
Юг Республики (Кашкадарынский и Сурхандарынский вилояты)	1900-1960	2950-3050
Ферганкая долина (Ферганский ,Андижанский и Наманганский вилояты)	1500-1550	2650-2700
Зеравшанская долина (Самаркандский ,Джизакский , Бухарский вилояты и Юг Навоий ского вилоята)	1910-1980	2930-3000
г.Ташкент	1943	2852

Суммарное солнечное излучение, падающее на лучевоспринимающую поверхность плоских гелио установок ($Q_{\text{пад}}^{\Sigma}$), складывается из падающих на эту поверхность прямого ($Q_{\text{пад}}^{\text{пр}}$), диффузного ($Q_{\text{пад}}^{\text{диф}}$) и отраженного от окружающих предметов ($Q_{\text{пад}}^{\text{отр}}$) солнечного излучения, т.е.

$$Q_{\text{пад}}^{\Sigma} = Q_{\text{пад}}^{\text{пр}} + Q_{\text{пад}}^{\text{диф}} + Q_{\text{пад}}^{\text{отр}}. \quad (2.1)$$

В свою очередь

$$Q_{\text{пад}}^{\text{пр}} = q_{\text{пад}\gamma,\alpha}^{\text{пр}} F_{\text{лв}}, \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{пад}\alpha}^{\text{диф}} = q_{\text{пад}\alpha}^{\text{диф}} F_{\text{лв}}, \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{пад}}^{\text{отр}} = q_{\text{пад}}^{\text{отр}} F_{\text{лв}}, \quad (2.4)$$

где $F_{\text{лв}}$ – площадь фронтальной лучевоспринимающей поверхности плоских солнечных установок;

$$q_{\text{пад}\gamma,\alpha}^{\text{пр}} = q_{\perp} \cos i_{\gamma,\alpha} \quad (2.5)$$

- поверхностная плотность прямого солнечного излучения, падающего лучевоспринимающую поверхность рассматриваемой солнечной установки

$$q_{\text{пад}\alpha}^{\text{диф}} = 0,5(1 + \cos\alpha)q_{\text{падгор}}^{\text{диф}} \quad (2.6)$$

- поверхностная плотность потока диффузного солнечного излучения, падающего лучевоспринимающую поверхность данной солнечной установки;

$$q_{\text{пад}\alpha}^{\text{отр}} = 0,5\rho(1 - \cos\alpha)q_{\text{падгор}}^{\Sigma} \quad (2.7)$$

- поверхностная плотность потока отраженного от окружающих предметов (зданий, поверхности почвы и т.п.) и падающего лучевоспринимающую поверхность солнечной установки солнечного излучения; q_{\perp} - поверхностная плотность прямого солнечного излучения, падающего на нормальную (т.е. перпендикулярную) к прямым лучам солнца поверхность; $q_{\text{падгор}}^{\text{диф}}$ -

поверхностная плотность потока диффузного солнечного излучения, падающего на горизонтальную поверхность;

$$q_{\text{падгор}}^{\Sigma} = q_{\text{падгор}}^{\text{пр}} + q_{\text{падгор}}^{\text{диф}} \quad (2.8)$$

- поверхностная плотность потока суммарного солнечного излучения, падающего на горизонтальную поверхность;

$$q_{\text{падгор}}^{\text{пр}} = q_{\perp} \cos i_{\text{гор}} \quad (2.9)$$

- поверхностная плотность прямого солнечного излучения, падающего на горизонтальную поверхность;

α – угол наклона плоской солнечной установки к горизонту

$$\cos i_{\gamma, \alpha} = [\cos \delta \cos(\varphi - \alpha) \cos \omega(\tau_0 - \tau) + \sin \delta \sin(\varphi - \alpha)] \cos \gamma, \quad (2.10)$$

косинус угла падения прямого солнечного излучения на лучевоспринимающую поверхность плоской солнечной установки, наклоненной к плоскости горизонта под углом α и при любой ориентации по сторонам света (γ).

В частности, когда рассматриваемая установка ориентирована строго на юг с целью максимального улавливания прямого солнечного излучения ($\gamma = 0$) и выражение (2.10) для этого случая может быть представлено в виде

$$\cos i_{\alpha} = \cos \delta \cos(\varphi - \alpha) \cos \omega(\tau_0 - \tau) + \sin \delta \sin(\varphi - \alpha), \quad (2.11)$$

Для случая горизонтальной поверхности (т.е. $\alpha = 0$) выражение (2.11) примет вид

$$\cos i_{\text{гор}} = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega(\tau_0 - \tau) + \sin \delta \sin \varphi. \quad (2.12)$$

Когда плоская солнечная установка расположена вертикально (т.е. при $\alpha = 90^{\circ}$) и ориентирована на юг (т.е. $\gamma = 0$), выражения (2.10) и (2.11) примут вид

$$\cos i_{\text{вер}} = \cos \delta \sin \varphi \cos \omega(\tau_0 - \tau) - \sin \delta \cos \varphi. \quad (2.13)$$

В выражениях (2.10) - (2.13) φ – географическая широта местности, где расположена рассматриваемая солнечная установка (например, для г. Ташкента $\varphi = 41,36^{\circ}$); $\omega = 15 \frac{\text{град}}{\text{час}}$ угловая скорость вращения Земли вокруг

своей оси; τ_0 — момент истинного полдня для рассматриваемого светового дня;
-текущий момент времени светового дня;

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{284+n}{365} 360\right) \quad (2.14)$$

- годовое склонение Солнца; n – порядковый номер дня года начиная с 1 января) [8].

Значения q_{\perp} , $[q_{\text{падгор}}^{\text{пр}}]$, $[q_{\text{падгор}}^{\text{диф}}]$ в зависимости от типа погоды (при ясной погоде или с учетом средней облачности) для определения значений $q_{\text{падс}}^{\text{пр}}$, $q_{\text{падс}}^{\text{диф}}$, $q_{\text{падс}}^{\text{отр}}$ и на их основе $q_{\text{падс}}^{\Sigma}$ могут быть получены из усредненных долгосрочных актинометрических данных [7,9].

В табл. 1.3 – 1.7 приведены результаты расчетов по определению дневных ходов $\cos i_{\text{гор}}$ (по (2.12)), q_{\perp} , $q_{\text{падгор}}^{\text{пр}}$ (по (2.9)), $q_{\text{падгор}}^{\text{диф}}$ и $q_{\text{падгор}}^{\Sigma}$ (по (2.8)) а также их месячная сумма для типичных дней (14 число февраля месяца и 15 числа остальных месяцев) года для условия г. Ташкента при средних погодных условиях (т.е. с учетом облачности), усредненных за 36 лет.

Дневной ход типичных дней месяцев, их порядковые номера в течение года (n), склонения Солнца (δ) и $cos i_{гор}$ для условия г. Ташкента

$cos i_{гор}$

Таблица 1.3

	Дата типичного дня	Порядковый номер типичного дня (n)	δ , град	Временные интервалы светового дня											
				6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
I	15	15	-21.27		0.0260	0.1828	0.3109	0.4014	0.4483	0.4483	0.4014	0.3109	0.1828	0.0260	
II	14	45	-13.62		0.1214	0.2850	0.4185	0.5130	0.5619	0.5619	0.5130	0.4185	0.2850	0.1214	
III	15	74	2.82	0.0646	0.2524	0.4202	0.5574	0.6515	0.7047	0.7047	0.6545	0.5574	0.4202	0.2521	0.0646
IV	15	105	9.41	0.1688	0.3839	0.5519	0.6907	0.7865	0.2362	0.8362	0.7865	0.6907	0.5549	0.3899	0.1688
V	15	135	18.79	0.3047	0.4824	0.6418	0.7719	0.8639	0.9115	0.9115	0.8639	0.7719	0.6418	0.4824	0.3047
VI	15	166	23.31.	0.3536	0.5230	0.6776	0.8038	0.8430	0.9392	0.9392	0.8430	0.8038	0.6776	0.5230	0.3506
VII	15	196	21.52	0.3316	0.5013	0.6591	0.7854	0.8748	0.9210	0.9210	0.8748	0.7854	0.6591	0.5043	0.3316
VIII	15	227	13.78	0.2517	0.4310	0.5975	0.7310	0.8253	0.7812	0.7842	0.8253	0.7310	0.5975	0.4340	0.2517
IX	15	258	2.22	0.1227	0.3103	0.4785	0.6158	0.7129	0.7650	0.7650	0.7129	0.6158	0.4785	0.3103	0.1227
X	15	288	-9.60		0.1708	0.3368	0.4723	0.5681	0.6177	0.6177	0.5681	0.4723	0.3368	0.1708	
XI	15	318	-18.91		0.0555	0.2147	0.3448	0.4367	0.4843	0.4843	0.4367	0.3448	0.2147	0.0555	
XII	15	349	-23.34			0.1545	0.2807	0.3699	0.4161	0.4161	0.3699	0.2807	0.1545		

Дневной ход поверхностной плотности потока прямого солнечного излучения на нормальную к солнечным лучам поверхность (Σq_{\perp} , Вт/м²) при средних условиях облачности для г. Ташкента (усредненные за 36 года)

Таблица 1.4

Месяцы	Дата типичного дня	Часовые интервалы светового дня											Сумма за световой день, МДж /м ²	Сумма за месяц МДж /м ²	
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17			17-18
I	15		50.00	202.78	283.33	330.56	355.56	355.56	330.56	283.33	188.89	41.67		8.72	270.00
II	14	2.78	130.56	250.00	330.56	366.67	391.67	377.78	355.56	308.33	236.11	130.56	8.33	10.40	291.00
III	15	72.22	245.00	319.44	366.67	402.78	413.89	402.78	377.78	330.56	283.33	202.78	72.22	12.49	387.00
IV	15	213.89	344.44	427.78	475.00	497.22	497.22	486.11	461.11	427.78	377.78	319.44	202.78	17.03	510.90
V	15	366.67	497.22	555.56	605.56	627.78	638.89	627.78	605.56	569.44	522.22	438.89	390.56	22.99	712.69
VI	15	497.22	616.67	675.00	711.11	733.33	747.22	747.22	733.33	700.00	638.89	569.44	461.11	28.19	845.70
VII	15	508.33	627.78	700.00	747.22	783.33	794.44	805.56	794.44	758.33	722.22	638.89	508.33	30.20	936.20
VIII	15	438.39	616.67	700.00	758.33	783.33	805.56	816.67	805.56	769.44	722.22	616.67	438.89	29.78	923.18
IX	15	261.11	508.33	627.78	700.00	733.33	747.22	758.33	747.22	711.11	638.89	508.33	250.00	25.89	776.70
X	15	33.33	283.33	438.89	522.22	569.44	580.56	580.56	555.56	508.33	427.78	272.22	41.67	17.33	537.00
XI	15		105.56	279.22	391.67	438.89	461.11	450.00	413.89	366.67	272.22	86.11		11.82	355.00
XII	15		25.00	166.67	261.11	308.33	319.44	319.44	308.33	250.00	166.67	22.22		7.73	240.00
													Итого	6785.37	

Дневной ход поверхностной плотности потока прямого солнечного излучения на горизонтальную поверхность
 $(\sum q_{\text{пад,гор}}^{\text{диф}}, \text{Вт/м}^2)$ при средних условиях облачности для г. Ташкента (усредненные за 36 года)

Таблица 1.5

Месяцы	Дата типичного дня	Часовые интервалы светового дня											Сумма за световой день, МДж /м ²	Сумма за месяц, МДж /м ²	
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17			17-18
I	15		2.78	38.89	94.44	144.44	169.44	177.78	150.00	91.67	36.11	2.78		3.27	101.00
II	14		16.67	75.00	141.67	124.44	222.22	216.67	183.33	130.56	72.22	19.44		4.58	128.00
III	15	8.33	52.48	133.33	205.56	263.89	286.11	280.56	241.67	180.56	116.67	47.22	2.78	6.55	203.00
IV	15	41.67	125.00	216.67	302.78	361.11	383.33	383.33	347.22	277.78	197.22	108.33	36.11	10.01	300.30
V	15	102.78	227.78	352.78	452.78	525.00	563.89	563.89	522.22	436.11	325.00	194.44	94.44	15.70	471.00
VI	15	161.11	305.56	444.44	561.11	650.00	700.00	705.56	663.89	558.33	436.11	297.22	155.56	20.30	609.00
VII	15	147.22	224.44	436.11	575.00	672.22	727.78	736.11	711.11	597.22	472.22	313.89	155.56	21.02	651.62
VIII	15	97.22	252.78	397.22	502.78	625.00	680.56	700.00	647.22	552.78	416.67	255.56	100.00	18.82	583.42
IX	15	27.78	144.44	280.56	402.78	500.00	552.78	563.89	516.67	416.67	291.67	147.22	25.00	13.93	418.00
X	15		47.22	144.44	238.89	311.11	350.00	352.78	305.55	230.56	133.33	44.44		7.77	241.00
XI	15		22.22	58.33	125.00	183.33	219.44	211.11	177.78	119.44	55.56	5.56		4.19	126.00
XII	15			22.22	66.67	108.33	133.33	130.56	108.33	66.67	19.44			2.36	73.00
													Итого	3905.34	

Дневной ход поверхностной плотности потока диффузного солнечного излучения на горизонтальную поверхность
 $(\sum q_{\text{пад гор}}^{\text{диф}}, \text{Вт/м}^2)$ при средних условиях облачности для г. Ташкента (усредненные за 36 года)

Таблица 1.6

Ме- сяц ы	Дата типич ного дня	Часовые интервалы светового дня											Сумма за световой день, МДж /м ²	Сумма за месяц, МДж /м ²	
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17			17-18
I	15		13.89	61.11	108.33	141.67	163.89	161.11	141.67	111.11	66.67	19.44		3.56	110.00
II	14	5.56	44.44	97.22	147.22	183.33	200.00	202.78	186.11	150.00	102.78	47.22	5.56	4.94	138.00
III	15	25.00	80.56	136.11	183.33	216.67	236.11	236.11	219.44	188.89	144.44	88.89	30.56	6.43	199.00
IV	15	66.67	116.67	175.00	216.67	244.44	266.67	272.22	258.33	230.56	188.89	138.89	72.22	8.09	242.70
V	15	94.44	136.11	172.22	208.33	283.33	241.67	247.22	238.89	222.22	191.66	150.00	102.78	8.06	249.86
VI	15	100.00	136.11	163.89	108.56	194.44	202.78	205.56	202.78	188.89	166.67	141.67	108.33	7.17	215.10
VII	15	91.67	125.00	152.78	166.67	177.78	183.33	180.56	175.00	163.89	150.00	130.56	100.00	6.47	200.57
VIII	15	77.78	113.89	138.89	161.11	175.00	175.00	172.22	166.67	152.78	136.11	116.67	80.56	6.00	186.00
IX	15	52.78	162.78	141.67	169.44	186.11	191.67	188.81	183.33	163.89	133.33	100.00	50.00	5.99	179.70
X	15	16.67	66.67	111.11	150.00	175.00	186.11	183.33	175.00	150.00	113.89	63.89	16.67	5.07	157.00
XI	15		25.00	75.00	113.89	136.11	152.78	152.78	136.11	108.33	66.67	25.00		3.57	107.00
XII	15		11.11	47.22	91.67	125.00	138.89	136.11	122.23	94.44	52.78	13.89		3.00	93.00
													Итого	2077.93	

Дневной ход поверхностной плотности потока суммарного (прямого и диффузного) солнечного излучения на горизонтальной поверхности ($\sum q_{\text{пад,гор}}^{\Sigma}$, кВт/м²) при средних условиях облачности для г. Ташкента (осредненные за 36 года)

Таблица 1.7

Месяцы	Дата типичного дня	Часовые интервалы светового дня											Сумма за световой день МДж /м ²	Сумма за месяц, МДж /м ²	
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17			17-18
I	15		16.67	100.00	202.78	286.11	333.33	338.89	291.67	202.78	102.79	22.22		6.83	212.00
II	14	5.56	61.11	172.22	288.89	377.78	422.22	419.44	369.44	280.56	175.00	66.67	5.56	9.52	267.00
III	15	33.33	133.33	269.44	388.89	480.56	522.22	516.67	461.11	369.44	261.11	136.11	33.33	12.98	402.00
IV	15	108.33	241.67	391.67	519.44	605.56	650.00	655.56	605.56	508.33	386.11	247.22	108.33	18.10	543.0
V	15	197.22	363.89	525.00	661.11	758.33	805.56	811.11	761.11	658.33	516.67	344.44	197.22	23.76	736.56
VI	15	261.11	441.67	608.33	741.67	844.44	902.78	911.11	866.67	747.22	602.78	438.89	263.89	27.47	824.10
VII	15	238.89	419.44	588.89	741.67	850.00	911.11	916.67	886.11	761.11	622.22	444.44	255.56	27.49	852.19
VIII	15	175.00	366.67	536.11	663.84	800.00	855.56	872.22	813.89	705.56	552.78	372.22	180.56	24.82	769.42
IX	15	80.56	247.22	422.22	572.22	686.11	744.44	752.78	700.0	580.56	425.00	247.22	75.00	19.92	597.60
X	15	16.67	113.89	255.56	388.89	486.11	536.11	536.11	480.56	380.56	247.22	108.33	16.67	12.84	398.00
XI	15		33.33	133.33	288.89	319.44	372.22	363.89	313.89	227.78	122.22	30.56		7.76	233.00
XII	15		11.11	69.44	158.33	233.33	272.22	266.67	230.56	161.11	72.22	13.89		5.36	166.00
														Итого	6000.8

Как следует из анализа данных табл. 1.2 и 1.3, среднегодовое значение $cosi_{гор}$ определенное из отношения

$$cosi_{гор} = \frac{\sum_{год} q_{падгор}^{пр}}{\sum_{год} q_{\perp}}, \quad (2.15)$$

составляет 0,5776, достигая своего максимального значения 0,7201 в июне и минимального значения 0,3053 в декабре месяцах.

Из данных табл. 1.3 также следует, что из годовой суммы прихода прямого солнечного излучения на горизонтальную поверхность ($\sum_{год} q_{падгор}^{пр}$) 6000,87 МДж/м² 4322,87 МДж/м² (т.е. 72 %) приходится на долю теплого периода года (апрель – октябрь месяцы). Этот фактор может в дальнейшем являться основным определяющим при определении первоочередных объектов внедрения солнечных систем теплоснабжения.

.Гидро энергические ресурсы

Наряду с энергией солнечного излучения ,наиболее изученными и технологически подготовленными к освоению в Республике являются гидроэнергетические ресурсы. В настоящее время мощности всех действующих гидроэлектростанций. около 6 млрд кВт ч, что составляет 12 % электроэнергии , вырабатываемой всеми электростанциями Республики.

Дальнейшее развитие гидроэнергетики в Республике будет осуществляться за счет реализации потенциала малых рек , ирригационных каналов ,водохранилищ и водотоков ,на которых можно построит около 150 малых и микрогидроэлектростанций на территории Республики. Тогда общая годовая выработка электрической энергии всеми гидроэлектростанциями может быть доведена до 14÷15 млрд кВт.ч ,

Оценка технического потенциала малых ГЭС на искусственных водотоках Узбекистана ,проведенная АО “Гидропроект” , приведена в табл.1.8

Гидро энергические ресурсы Республики на искусственных водотоках

Таблица 1.8

Вид искусственного водотока	Количество возможных ГЭС ,шт.	Суммарная установленная мощность, МВт	Суммарная среднегодовая выработка электроэнергии , кВт ч/год
Водоохранилища	42	495.1	1331.0
Магистральные оросительные каналы	67	486.5	1893.3
Магистральный коллектор (проектируемый)	25	114.6	925.0
Магистральные канал питьевого назначения	6	630.0	3063.2
Итого:	140	1726.2	7212.5

Этот вид гидроэнергоресурсов наиболее подготовлен к освоению , ввиду зарегулированности водотоков , наличия водохранилищ ,перепадов на магистральных оросительных коллекторах и каналах питьевого водоснабжения.

Анализ технического потенциала естественных водотоков в Республике показывает возможности создания значительного количества , (всего свыше 1100) технически реализуемых ГЭС с различной мощностью. Энергетический потенциал естественных водотоков путем создания энергокомплексов с электротеплогенерирующими источниками на базе малых или микро ГЭС могут быть использованы для совершенствования тепло-и электроснабжения сельских населенных пунктов и различных производств в труднодоступных и отдаленных местностях , ощущающих дефицит в энергоснабжении или для обеспечения снижения топливопотребления , в особенности природного газа, в системах горячего водоснабжения , отопления и пищеприготовления.

Данные по техническому (энергетическому) потенциалу естественных водотоков по областям Узбекистан приведены в табл. 1.9

Энергетический потенциал естественных водотоков

Таблица 1.9

Области	Количество возможных ГЭС ,шт.	Суммарная мощность, МВт	Суммарная среднесуточная выработка электроэнергии , кВт ч/год
Джизакская	324	4.637	28.733
Кашкадарьинская	199	28.795	169.175
Навоийская	85	2.671	15.85
Наманганская	33	8.255	49.54
Самаркандская	161	12.575	75.715
Сурхандарьинская	192	46.133	275.95
Ташкентская	186	115.11	691.2
Ферганская	19	48.56	225.94
Итого:	1100	206.736	1532.1

1.3. Ветро энергетические ресурсы

Наряду с солнечной и гидравлической энергией на части территории Узбекистана площадью 100 тысяч кв.км.(территория в зонах Приаралья , плато Устюрт , Навоийской , Бухарской и других областей) существует ветровые потоки , величины и структуры , которых обеспечивает возможность ветроэнергетического использования их энергии с помощью современных ветроагрегатов.

Перспективным для производства электрической энергии в промышленных масштабах с помощью ветроэнергетических установок считается регион между Бекабадом и Кокандом ,где преобладают ветра со

скоростью более 6 м/с с 42 % повторяемостью в году , где можно разместить ветроэнергетические в количестве 400 шт. общей мощностью 240 МВт , с годовой выработкой более 800 млн.кВт.ч электроэнергии.

Проведенные исследования позволили установить валовой и технический потенциал энергии ветровых потоков по Республике в целом , по отдельным регионам и наиболее перспективные из них , как по величине потенциальной выработки электроэнергии , так и по ее стоимости .В таблице 1.10 приведены данные по величине технического потенциала энергии ветровых потоков по областям нашей Республики .

Анализ данных табл. 1.10 показывает, что использование энергии ветра может обеспечить улучшение' энергообеспечения в ряде зон Республики. Наряду с этим, анализ режимов ветровых потоков позволил установить изменчивость во временном интервале и целесообразность при их использовании для энергетических целей, комбинированное использование нескольких видов возобновляемых источников энергии для обеспечения надежного энергоснабжения 'потребителей.

Возможность и целесообразность использования .энергии ветра и энергии солнечного излучения доказана начавшейся с 2000 г. практической эксплуатацией пилотной комбинированной- ветросолнечной системы электроснабжения с ветроэлектроустановкой мощностью 3 кВт и солнечной фотоэлектрической установкой мощностью 5 кВт, созданной для совершенствования электроснабжения ретрансляционной станции в районе поселка Чарвак Ташкентской области в рамках проекта «Инко-Коперникус» Европейского Союза с участием ИЭиА АН РУз и Центра научно-технических маркетинговых исследований Агентства почты и телекоммуникаций Узбекистан , специалистов Франции , Португалии и ЧП «Бахт-энер »

Дальнейшими этапами в освоении ветровой и солнечной энергии является создание на их основе пилотных систем энергообеспечения в различных регионах Республики с использованием ветроэлектростанций

примышленного уровня мощностей , в частности на плато Усть Юрт Каракалпакстане и других перспективных регионах.

Технический потенциал ветро энергетических ресурсов Республики вилояттам.

Таблица 1.10

Области	Уточненная площадь , кв. км	Число ветроэлектрических установок , шт.	Выработка электроэнергии , кВт ч/год
Республика Каракалпакстан	824.5	27482	2189.4
Андижанская	21.0	700	10.1
Бухарская	197.0	6595	494.5
Джизакская	102.5	3413	108.2
Кашкадарынская	0142.	4728	255.1
Навоийская	554.0	16555	1451.8
Наманганская	39.5	1316	32.5
Самаркандская	82.0	2732	138.1
Сурхандарынская	104.0	3463	92.8
Сырдарыинская	25.5	685	31.6
Ташкентская	78.0	2344	109.1
Ферганская	35.5	1182	23.0
Хорезмкая	31.5	1048	57.3
Итого:	2237.0	72213	4953.5

1.4. Геотермальные и биоэнергетические ресурсы

Геотермальные воды имеется во всех регионах Республики. Многолетние изыскания позволили выявить на территории Узбекистана 8 крупных бассейнов с гидротермальными ресурсами. Валовый потенциал геотермальных вод оценивается 256 тыс.т.у.т. , однако технической потенциал геотермальных источников пока не определен. Наибольшим потенциалом геотермальных вод обладает Ферганская долина и Бухарская область. Средняя температура геотермальных вод по Республике составляет 45,5 °С , наиболее теплые воды в Бухарской (56 °С) Сырдарыинской (50 °С)

областях. Следует отметить, что практическая реализация энергии геотермальных вод связана с разработкой соответствующих природоохранных мероприятий, обусловленных их химическим составом.

В Республике также выявлены петротермальные энергоресурсы в виде сухих горных пород с температурной от 45 до 300 °С. Реализация потенциала петротермальной энергии (тепло сухих пород, кранитоидов) может быть осуществлена с помощью электростанций на низкокипящих рабочих телах с мощностью блока 40 МВт на базе Чустского-Адрасмановской петротермальной аномалии в Ферганской долине.

Предпосылки для энергетического использования сельскохозяйственных отходов в Узбекистане в качестве биомассы невелики. Отходы растительного происхождения (солома пшеницы и риса, стебли и ботва овощных культур (спиртовая барда) используется местным населением для корма скота или топлива. Отходы животноводства и птицеводства идут на удобрение, заготовку местных видов топлива. Один из возможных вариантов получения биогаза – использование гузапай. Технический потенциал этого вида биомассы оценивается от 0.15 до 0.45 млн. у.т. Частными предпринимателями разработана технология получения топливных брикетов из гузапай, не уступающих по теплотворной способности Ангренскому углю.

Потенциальными источниками для получения биогаза могут служить твердые бытовые отходы и активный ил городских очистных станций сточных вод. Проведенные оценки показывают, что в Республике экономически выгодно использовать 2.2 млн. тонн бытовых отходов (мусора), теплотворная способность которых составляет 6.3-10.5 МДж/кг. Общее количество активного ила, образующегося ежегодно в станциях аэрации составляет более 1 млн. тонн. Полученный биогаз может быть использован для получения тепловой и электрической энергии на станциях аэрации, а переработанный ил – как биологическое удобрение.

Выводы по первой главе

1. Рассмотрен потенциал нетрадиционных источников энергии в Узбекистане Среди нетрадиционных источников в нашей Республике энергия Солнечного излучения имеет наибольший потенциал , который составляет 98.5 % потенциала всех нетрадиционных источников в месте взятых.
2. Изучено распределение технического потенциала ветро - и гидроэнергетических ресурсов Республики Каракалпакстан и вилоятов Республики Показано, что Кашкадарьинский, Сурхандарьинский вилоятов Республики имеет наибольший технический потенциал гидроэнергетических ресурсов.
3. Определены девине приходы прямого, диффузного и суммарного солнечного излучения на горизального поверхность Земли для характерных дней месяцев, а также их дневная, месячная и годовая суммы. Уставлено, что из годовой суммы прихода прямого солнечного излучения 72 % проходят на долго теплого перехода года (апрель - октябрь месяцы)

ГЛАВА 2.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В условиях нашей Республикеи, климат которой наиболее благоприятен для использования солнечной энергии, для частичного покрытия низкотемпературных тепловых нужд населения из общего

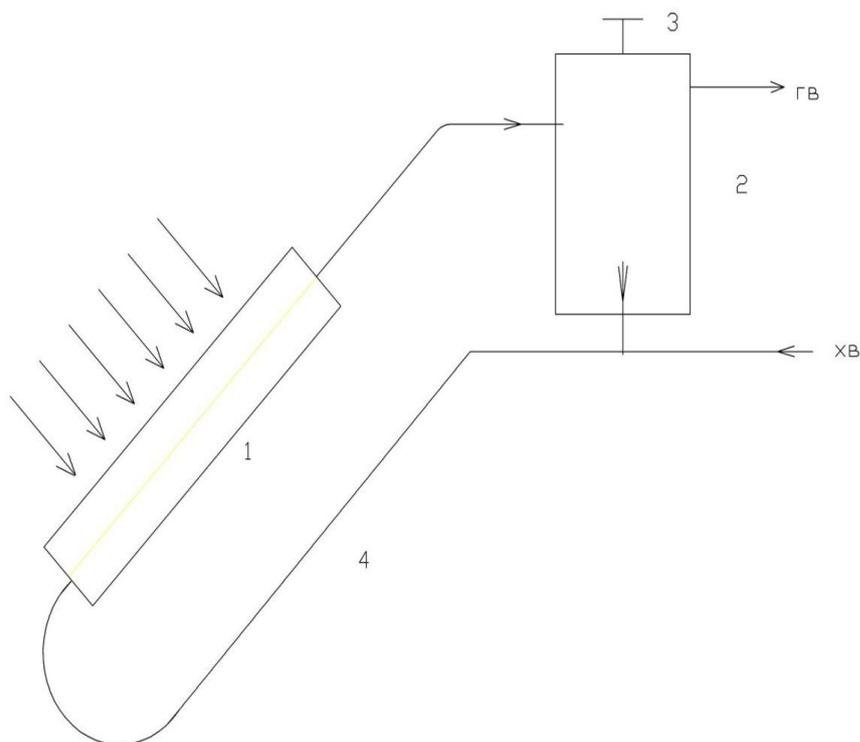
количества тепла ,расходуемого жилищно –коммунальным сектором, более 50 % расходуется на горячего водоснабжения . Это обстоятельство, а также то, что к горячему водоснабжению предъявляются менее жесткие требования по надежности , чем к отоплению , дает основание считать, что первым этапам внедрения солнечных систем теплоснабжения является горячее водоснабжение .

2.1.Принципиальных схемы систем солнечного горячего водоснабжения

Основными элементами систем горячего водоснабжения являются:

- солнечный водонагревательный коллектор, преобразующий энергию солнечного излучения в низкопотенциальное тепло , передаваемое затем воде, циркулируемой по теплоотводящим каналам его лучепоглощающей теплообменной панели теплоизолированный ;
- бак – аккумулятор , накапливающий горячую воды, нагретой в солнечном коллекторе и сглаживающий графики суточного хода выработки и потребления горячей воды.
- теплообменники (в двухконтурных системах), для повышения коррозионной устойчивости и работы с антифризом в качестве теплоносителя в зимнее время;
- циркуляционный насос и трубная обвязка соединяющая указанные элементы системы горячего водоснабжения между собой.

Наиболее просты по устройству одноконтурные системы солнечного горячего водоснабжения с естественной циркуляцией теплоносителя (рис.2.1).



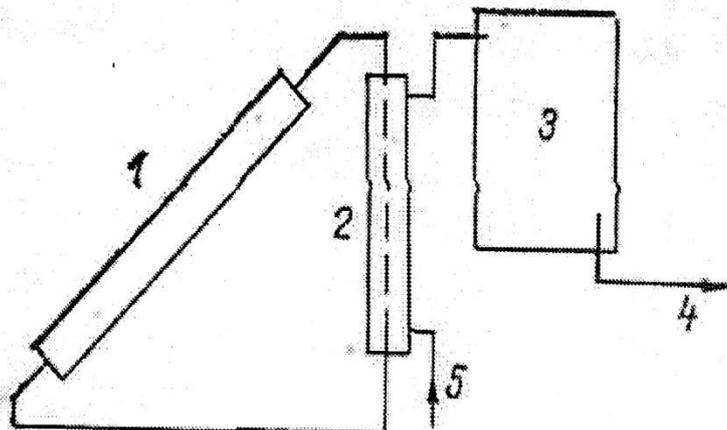
1 – солнечный водонагревательный коллектор; 2 – бак аккумулятор горячей воды; 3 – расширительный сосуд; 4 – трубная обвязка.

Рис.2.1. Принципиальная схема одноконтурной системы солнечного горячего водоснабжения с естественной циркуляцией воды.

Основными элементами таких систем, как видно из рис.2.1, являются солнечный водонагревательный коллектор и бак – аккумулятор. Бак аккумулятор расположен над солнечным коллектором вода циркулирует в результате естественной конвекции, когда за счет энергии солнечного излучения, поглощаемой в солнечном коллекторе, увеличивается температура воды на выходе из коллектора, создавая таким образом градиент плотности по высоте бака – аккумулятора горячей воды. Такие системы могут быть слегка подсоединенными к традиционным (топливным) системам горячего водоснабжения с местным приготовлением горячей воды. Главными недостатками одноконтурных систем – подверженность к коррозии и возможность замерзания воды в зимнее время, что сводят на нет все преимущества.

Для повышения коррозионной устойчивости и обеспечения работы с антифризом в качестве промежуточного теплоносителя в зимнее время

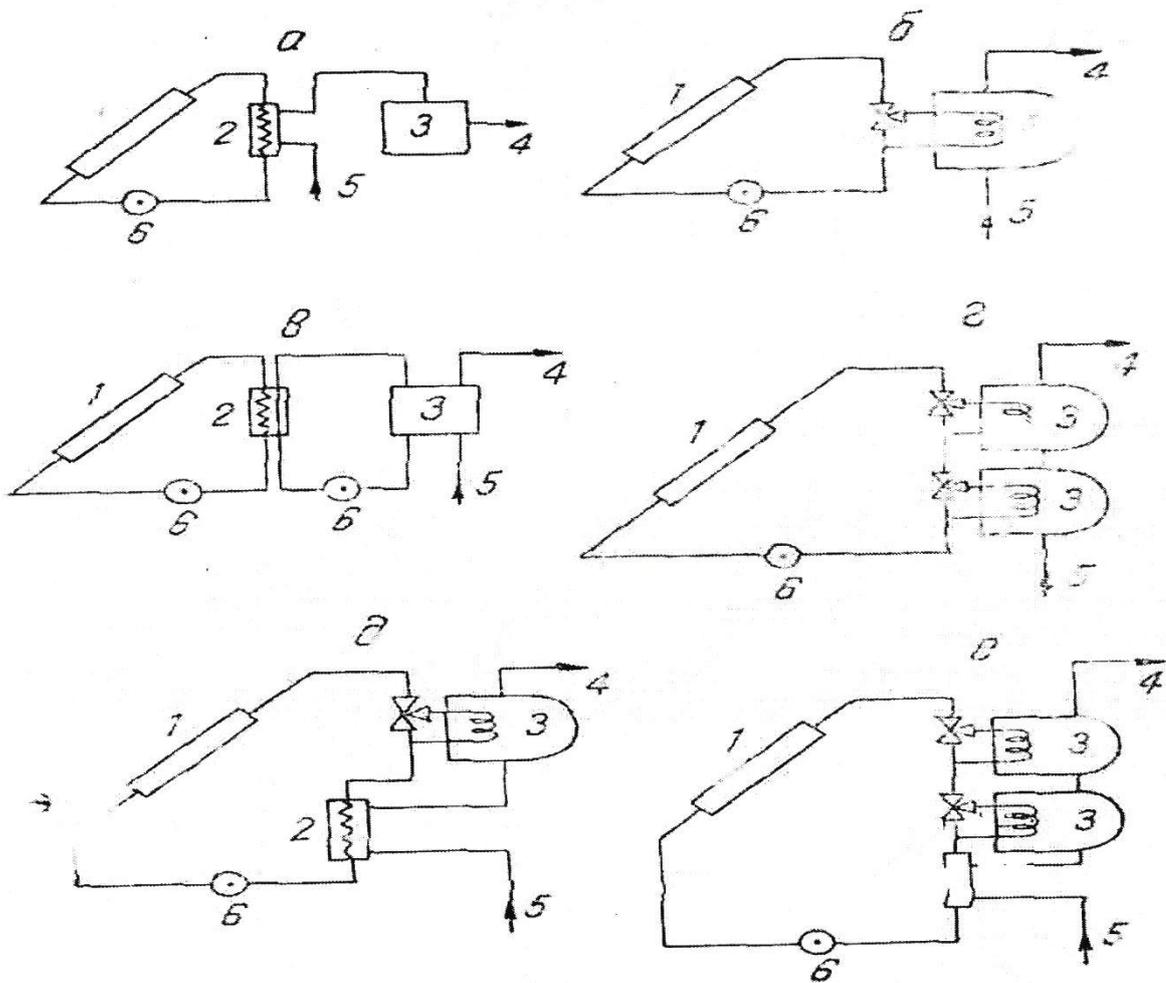
системы чаще всего выполняют двух контурной . Принципиальная схема простейшей двухконтурной системы солнечного горячего водоснабжения с естественной циркуляцией теплоносителя (воды) [10] приведена на рис .2.2.



1-солнечный водонагреватель ; 2- теплообменник ; 3-бак-аккумулятор горячей воды; 4-горячая вода к потребителю; 5- холодная вода.

Рис .2.2. Принципиальная схема простейшей двухконтурной системы солнечного горячего водоснабжения с естественной циркуляцией теплоносителя:

Недостаток двухконтурной термосифонных систем солнечного горячего водоснабжения – низкая тепловая эффективность, вызванная малыми скоростями движения теплоносителя. Для ее повышения в крупных системах, как правило, используют принудительную циркуляцию промежуточного теплоносителя (рис.2.3).



1-солнечный водонагреватель ; 2- теплообменник ; 3-бак-аккумулятор горячей воды; 4-горячая вода к потребителю; 5- холодная вода. ; 6- циркуляционный насос ; а -со скоростным водо водяным теплообменником. б - с баком аккумулятором горячей воды ,совмещенным с теплоприемников .в- с промежуточным циркуляционным контуром. г - с секционными баками – аккумуляторами горячей воды , совмещенными с теплообменниками , д- со скоростным и секционным с емким водо –водяным теплообменником , совмещенным с секционным а баками – аккумуляторами горячей воды.

Рис .2.3 Принципиальная схема простейшей двухконтурный систем солнечного горячего водоснабжения с принудительной циркуляцией теплоносителя:

Для повышения эффективности работы двухконтурных систем солнечного горячего водоснабжения необходимо максимально понизить температуру теплоносителя, подаваемого в солнечный нагреватель. Эта температура в значительной мере зависит от схемы присоединения бака – аккумулятора. В практике нашли применение три основные схемы присоединения (Рис .2.3 *а*, *б*, *в*) сравнительный анализ которых дан в [11]

Эффективность двухконтурных систем солнечного горячего водоснабжения, в которых бак – аккумулятор горячей воды совмещен с теплообменником (рис.2.3, *б*) , можно увеличить за счет использования явления стратификация воды в аккумуляторе. Для усиления этого эффекта емкость бака – аккумулятора разбивают на секции (рис.2.3, *г*). Скоростной теплообменник, установленный перед входом исходной воды в бак – аккумулятор (рис.2.3, *д*), позволяет обеспечить нормальную работу система солнечного горячего водоснабжения в течение всего периода инсоляции.

2.2.Основное конструктивные решения

2.1. Солнечных водонагревательных коллекторов систем солнечного горячего водоснабжения

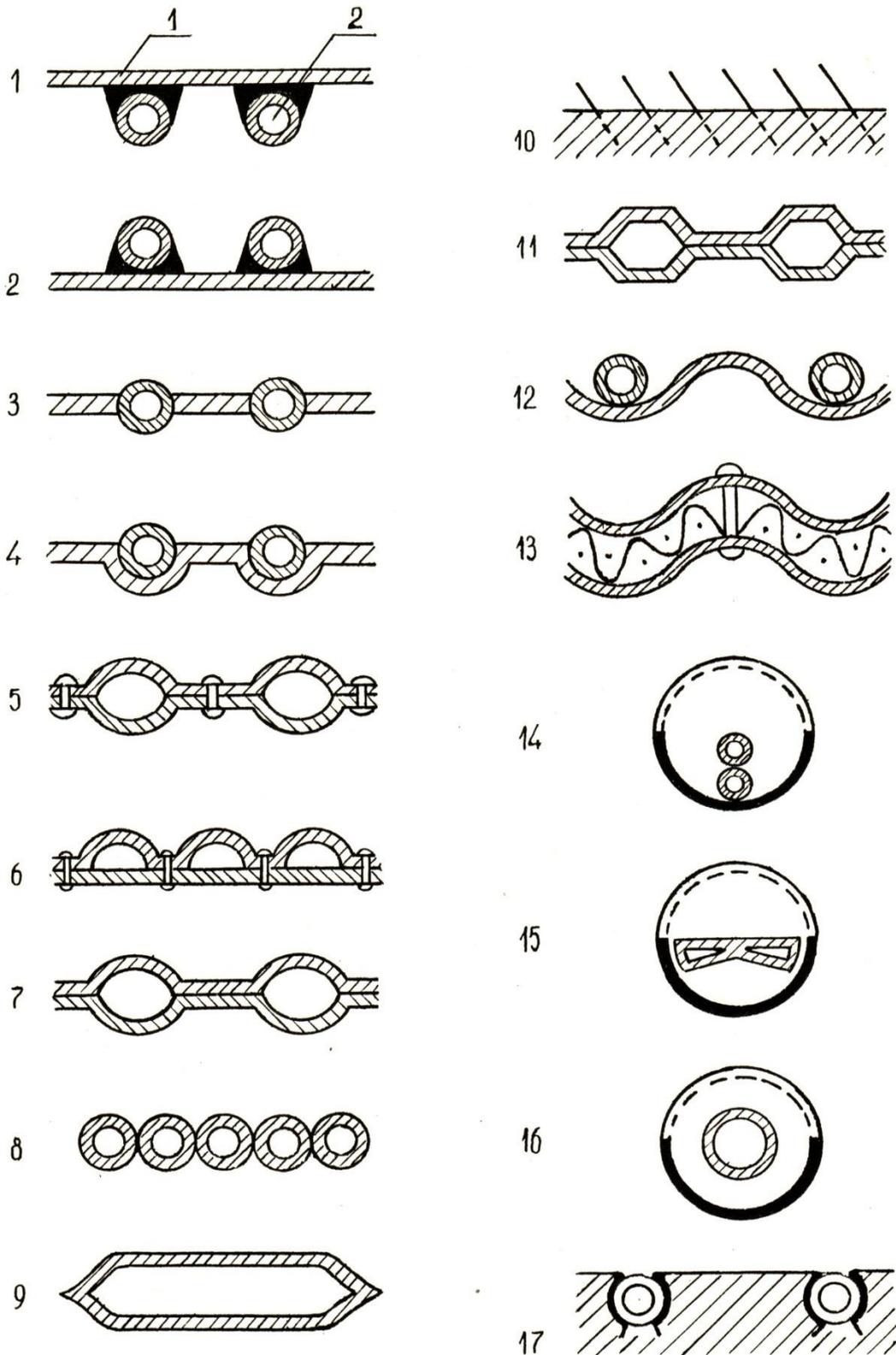
Основным элементом плоских солнечных водонагревательных коллекторов, предназначенных для использования в системах горячего водоснабжения, является лучепоглощающая теплообменная панель, в которой происходит поглощение и преобразование солнечного излучения, в тепло, передаваемое затем в воде. В отличие от обычных водо-водяных и водо-воздушных теплообменников, в которых происходит интенсивная передача тепла из одной среды в другую в основном конвекцией , а излучение – несущественно, в лучепоглощающих теплообменных панелях солнечных коллекторов перенос энергии к теплоносителю осуществляется от удаленного источника лучистой энергии – Солнца.

Для получения горячей воды температурой $40 \div 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ обычно используют плоские солнечные коллекторы с одним слоем светопрозрачного покрытия корпуса из оконного стекла толщиной 4 мм. Солнечные водонагревательные коллекторы систем горячего водоснабжения устанавливаются неподвижно, с оптимальной ориентацией и углом наклона к горизонту для конкретной местности в времени года, в течение которого должна работать система горячего водоснабжения.

В результате поиска технически и экономически удовлетворительных решений в области создания плоских солнечных водонагревательных коллекторов в мировой практике в течение последних 50 лет разработаны и предложены многочисленные конструкции.

Как показывают опыт, ввиду многообразия технических решений, принятых при создании плоских солнечных водонагревательных коллекторов и разнообразных условий эксплуатации технико-экономические показатели установок значительно отличаются друг от друга, что осложняет выбор наиболее рациональной и технологичной конструкции нагревателя.

На основе обобщения мирового опыта в области разработки и создания плоских водонагревательных коллекторов горячего водоснабжения проф. Р.Р. Аvezовым выполнена систематизация их по основным признакам. Как показывают исследования, все существующие плоские солнечные водонагревательные коллекторы в основном отличаются, конструкцией, технологией и материалом изготовления лучепоглощающей теплообменной панели.



1– лучепоглощающая пластина ; 2-теплоотводящие каналы.

Рис .2.4. Основные конструктивные решения лучепоглощающих теплообменных панелей солнечных водонагревательных коллекторов :

Основные конструктивные решения (типы) лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных водонагревательных коллекторов предназначенных для систем горячего водоснабжения ,существующие в настоящее время в мировой практике , а также их краткая характеристика приведены на рис .2.4 и табл.2.1 [11]

Таблица 2.1

№	Обозначения солнечных водонагревательных коллекторов по рис 2.1	Тип и краткая характеристика лучепоглощающей теплообменной панели плоских солнечных коллекторов для нагрева жидкого теплоносителя
1	1.2	“Лист-труба”: теплоотводящие каналы припаяны к верхней или нижней плоской поверхности лучепоглощающей платины
2	3	“Лист-труба”: теплоотводящие каналы припаяны к торцам лучепоглощающей платины
3	4	“Лист-труба”: теплоотводящие каналы уложены в плавниках, выштампованных в лучепоглощающей платине
4	5.6	“Лист-лист ”: два профилированных листа (нижний может быть плоским) ,соединенные между собой контактной сваркой , а по периферии – с сплошным швом
5	7	“Лист-лист ”: два плоских листа приварены диффузионной сваркой с образованием теплоотводящего канала (прокатно-сварные панели)

Продолжение таблицы 2.1

6	8	“Труба ”: параллельные трубы, уложенные плотно друг к другу
7	9	“Подушка” : два плоских листа приварены по периметру шовной сваркой с зазором между собой
8	10	“Лоток ”: бетонный или металлический (открытый сверху) с вставными полосками на дне , между которыми протекает жидкость
9	11	“Лист-лист ”: два гнутых (штампованных) листа приварены по перименту шовной ,а в местах соприкосновения точечной сваркой (конструкция коллектора впервые была освоена в серийном производстве в Бухароском заводе гелио аппаратуры в 1980-1985 г)
10	12	“Лист-труба ”: теплоотводящие каналы припаяны к дну волнообразной профильной лучепоглощающей платины
11	13	“Лист-лист ”: образован из двух волнообразных профилированных листов с вставкой между ними гофр для течения теплоносителя
11	14	“Труба ”: стеклянный цилиндр под вакуумом с теплоотражающими внутренними поверхностями проложенными внутри теплоотводящими каналами

Продолжение таблицы 2.1

12	15	“Труба ”: стеклянный цилиндр под вакуумом с теплоотражающими внутренними поверхностями и овальной конструкцией теплоприемника с селективной поверхностью лучепоглощения
13	16	“Труба ”: две концентрические стеклянные трубки с зазором между ними ,внутренняя труба имеет селективное покрытие лучепоглощения , зазор между трубками под вакуумом
14	17	“Лист-труба” : разборные лучепоглощающие пластины с элементами фиксации размещены между двумя смежными теплоотводящими каналами (конструкция предложена проф. Авезовым и ее серийное производство осуществлена в 1985-1990 г в Бухарском заводе геммоаппаратуры)

2.3. Теплопроизводительность плоских солнечных водонагревательных коллекторов в одно – и двухконтурной системах солнечного горячего водоснабжения

Методика расчета теплопроизводительности и тепловой эффективности плоских солнечных коллекторов в системах горячего водоснабжения подробно изложена в [12].

В соответствии с [12] выражение для определения потока полунной энергии, получаемой из солнечного водонагревательного коллектора (т.е.

теплопроизводительность рассматриваемого коллектора) в одноконтурных системах горячего водоснабжения имеет вид

$$q_{\text{пол}_1} = \eta_{\text{ТП}} \left[q_{\text{пол}} - K_{\text{прр-о}} (t_{\text{в}_1} - t_0) \right], \quad (2.1)$$

где $\eta_{\text{ТП}}$ – коэффициент тепловой эффективности лучепоглощающей теплообменной панели коллектора характеризующий степень ее теплотехнического совершенства;

$$q_{\text{пол}} = \varepsilon \alpha_p \tau_{\text{эфф}} q_{\text{пад}}^{\Sigma} \quad (2.2)$$

-поверхностная плотность потока поглощенного поверхностью теплообменной панели коллектора суммарного (прямого, диффузного и отраженного из окружающих предметов) солнечного излучения;

$$K_{\text{прр-о}} = aK_c + bK_{\text{дн}} + cK_b \quad (2.3)$$

-приведенный к единице площади фронтальной лучевоспринимающей поверхности плоского коллектора ($F_{\text{пр}}$) и разности температур поверхности лучевоспринимающей теплообменной панели (t_p) и окружающей среды (t_0), т.е. ($t_p - t_0$), коэффициент суммарных (через светопрозрачное покрытие, дно и боковые стенки корпуса) тепловых потерь рассматриваемого коллектора

$$t_{\text{в}_1} = 0,5 (t_{\text{в}_\text{вх}_1} + t_{\text{в}_\text{вх}_2}) \quad (2.4)$$

-среднемассовая температура воды, в теплоотводящих каналах лучевоспринимающей теплообменной панели коллектора, равная средней температуре воды в одноконтурных системах горячего водоснабжения;

$t_{\text{в}_\text{вх}}$ и $t_{\text{в}_\text{вх}_2}$ – соответственно, температуры холодной (т.е. исходной) воды на входе в коллектор и горячей воды на выходы из него; α_p – интегральный коэффициент поглощения суммарного солнечного излучения поверхности теплообменной панели;

$$\tau_{\text{эфф}} = \frac{q_{\text{прош}}^{\Sigma}}{q_{\text{пад}}^{\Sigma}} \quad (2.5)$$

Эффективный коэффициент пропускания суммарного солнечного излучения светопрозрачного покрытия корпуса коллектора;

$K_c, K_{дн}$ и K_b – соответственно, коэффициенты тепловых потерь поверхности лучепоглощающую теплообменной панели в окружающую среду через светопрозрачного покрытия (стекло), дно и боковые стенки корпуса коллектора;

$$a = \frac{F_c}{F_\phi}; \quad b = \frac{F_{дн}}{F_\phi}; \quad c = \frac{F_{б.с}}{1F_\phi} \quad (2.6)$$

($F_c - F_{дн}$ и $F_{б.с}$ соответственно, площади поверхностей) светопрозрачного покрытия, дна и боковых стенок корпуса).

При отсутствии светопрозрачного покрытия в корпусе коллектора, т.е. для солнечных абсорбционных коллекторов. $\tau_{эфф} = 1$ и

$$K_{прр-о} = K_{дн} + \alpha_{нар}, \quad (2.7)$$

выражение (2.1) может быть представлено в виде

$$q_{пол_1} = \eta_{тп} \left[\alpha_p q_{пад}^\Sigma - (K_{дн} + \alpha_{нар})(t_{в_1} - t_0) \right], \quad (2.8)$$

В выражениях (2.7) и (2.8)

$$K_{дн} = \left(\frac{1}{\alpha_{нар}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} \right)^{-1}, \quad (2.9)$$

где $\alpha_{нар}$ – коэффициент суммарного (конвективного и лучистого) теплообмена поверхности лучепоглощающей теплообменной панели (или нижней поверхности донной стенки корпуса) коллектора с окружающей средой; $\delta_{из}$ и $\lambda_{из}$ – соответственно, толщина слоя и коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции донной стенки корпуса коллектора.

Для определения теплопроизводительности плоских солнечных водонагревательных коллекторов в двухконтурных системах горячего водоснабжения в работе [12] предложено выражение

$$q_{пол_2} = \eta_{гвс} \left[q_{погл} - K_{прр-о}(t_{в_2} - t_0) \right], \quad (2.10)$$

где

$$\eta_{\text{ГВС}} = \left(\frac{1}{\eta_{\text{ТП}}} + \frac{K_{\text{прр-о}} F_{\text{Фр}}}{K_{\text{ТО}} F_{\text{ТО}}} \right) \quad (2.11)$$

коэффициент тепловой эффективности двухконтурных систем горячего водоснабжения, характеризующий их степень теплотехнического совершенства; $K_{\text{ТО}}$ и $F_{\text{ТО}}$ – соответственно, коэффициент теплопередачи и площадь поверхности нагрева промежуточного теплообменника

$$t_{\text{в}_2} = 0,5 (t_{\text{в}_{\text{вх}_2}} + t_{\text{в}_{\text{вьх}_2}}) \quad (2.12)$$

-среднемассовая температуры воды во втором контуре; $t_{\text{в}_{\text{вх}_1}}$ и $t_{\text{в}_{\text{вьх}_2}}$ – соответственно, температуры нагреваемой воды на входе в промежуточный теплообменник и выходе из него.

Согласно существующим правилам по разработке и проектирования систем горячего водоснабжения [13], значения $t_{\text{в}_{\text{вх}_2}}$ принимается равными +5 °С в холодный и +15 °С в теплые периоды года. Значения $t_{\text{в}_{\text{вьх}_2}}$, как правило, определяется спросом абонентов систем горячего водоснабжения.

В качестве контрольных значений $t_{\text{в}_{\text{вьх}_2}}$ в расчетах могут быть приняты 37 °С, 45 °С и 55 °С, имеющие потребительскую значимость и присутствующие в нормативных документах по горячему водоснабжению [13].

Значение коэффициента тепловой эффективности двухконтурных систем горячего водоснабжения ($\eta_{\text{ГВС}}$) в (2.10) при значениях $\eta_{\text{ТП}} = 0,96$ (для лучепоглощающих теплообменник панели изготовленных из высокотеплопроводных материалов (например, медь) с оптимальными значениями теплотехнических параметров), $K_{\text{прр-о}} = 7,0 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ (для солнечных коллекторов среднего и хорошего качества), $K_{\text{ТО}} = 1000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ [14] и при значении отношения $\frac{F_{\text{Фр}}}{F_{\text{ТО}}} = 10$ [12] составляет 0,90.

Указанное значение $\eta_{ГВС}$ нами приняты за основу при выполнении дальнейших расчетов по определению дневного хода средне – часовых значений $q_{пол_2}$ по характерным дням месяцев года.

Дневной ход среднечасовых значений t_0 в (2.1) на основе обработки долгосрочных данных по измерению температуры [15] приведены в табл. 2.2.

Результаты расчетов по определению среднечасовых значений $q_{пол_2}$ для значений $t_{ГВ} = t_{ВВВК_2} = 37\text{ °C}$, 45 °C и 55 °C приведены в табл.2.4, 2.5 и 2.6 соответственно.

Дневной ход среднечасовой температуры окружающей среды ($t_0^{\text{дн}}$ °С) по месяцам года г. Ташкента

Таблица 2.3

Ме сяц ы	Дата типич ного дня	Временные интервалы светового дня														
		4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
I	15				-2.80	-2.15	-0.85	0.50	1.50	2.15	2.45	2.45	2.10	1.2		
II	14			-0.65	-0.35	0.75	2.25	3.60	4.65	5.40	5.75	5.80	5.55	5.35	3.75	
III	15			4.40	5.30	6.75	8.20	9.40	10.30	11.05	11.50	11.65	11.55	10.65	10.30	
IV	15		10.10	11.00	12.80	14.55	15.90	17.00	17.85	18.50	18.45	19.15	19.10	18.70	17.80	16.35
V	15	14.35	14.90	16.80	19.15	20.95	22.35	23.50	24.35	24.95	25.35	25.60	25.55	25.15	24.35	22.00
VI	15	18.15	19.00	21.40	24.00	25.95	27.40	28.50	29.40	30.40	30.75	31.00	31.00	30.65	29.85	28.10
VII	15	20.00	21.00	22.65	25.45	27.65	29.35	30.70	31.80	32.75	33.45	33.90	34.05	33.70	32.70	30.55
VIII	15		18.10	19.80	22.85	25.50	27.45	28.95	30.10	31.05	31.80	32.35	32.60	32.30	30.90	28.05
IX	15		12.80	13.75	16.70	20.05	22.45	24.05	25.20	26.35	26.80	27.10	27.25	26.85	24.65	21.50
X	15			7.80	7.95	9.55	12.40	14.90	16.65	17.85	18.65	19.10	19.25	19.05	17.85	
XI	15				3.60	5.30	7.40	9.00	10.15	11.00	11.45	11.40	10.85	9.55		
XII	15				-3.35	0.50	1.95	3.30	3.80	4.90	5.15	5.05	4.50	3.50		

Дневной ход полезной теплопроводности коллектора ($\sum q_{пол}, \text{Вт/м}^2$) при температуре получаемой горячей воды $t_{гв} = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ ($t_{хв} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ в XI ÷ III и $15 \text{ }^\circ\text{C}$ в IV ÷ X) $\eta_{гвс} = 0.90$ при средних условиях облачности для г. Ташкента

Таблица 2.4

Месяцы	Дата типичного дня	Временные интервалы светового дня												Сумма за световой день МДж /м ²	Сумма за месяц. МДж /м ²
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18		
I	15					64.56	117.92	126.89	91.19	22.44	0.01			1.5350	47.5850
II	14				50.86	146.06	197.28	193.61	156.83	81.94	40.44			3.1211	87.3908
III	15			55.63	165.22	244.64	268.19	265.72	241.06	166.42	79.97	18.79		5.4750	169.725
IV	15		8.83	150.00	260.92	350.58	389.83	387.89	342.25	265.19	161.36	53.36	16.92	8.6209	258.627
V	15	0.58	113.14	263.44	402.89	496.31	547.94	551.33	508.94	405.22	281.42	139.72	37.86	13.4957	418.366
VI	15	15.81	183.08	353.53	499.56	600.69	659.78	666.53	620.58	519.33	373.42	218.36	92.86	17.2927	518.781
VII	15	16.94	192.81	371.58	521.17	648.97	711.03	725.86	679.61	572.28	428.25	252.75	72.11	18.8370	583.977
VIII	15		163.97	347.64	516.94	636.19	707.47	723.81	670.94	562.08	406.44	222.25	52.92	18.1169	561.623
IX	15		66.00	255.36	429.39	546.94	623.11	638.78	576.03	467.58	308.03	134.42	8.31	14.5942	437.826
X	15			72.78	229.50	342.97	394.47	399.72	350.75	251.22	133.42	35.90		8.0634	249.965
XI	15				99.53	200.72	251.03	249.19	203.67	124.72	28.97	4.53		4.1845	125.535
XII	15					40.08	105.47	108.53	78.83	15.00	1.50			1.2579	38.994
														Зачод	3498.36

Дневной ход полезной теплопроводности коллектора ($\sum q_{\text{пол}}, \text{Вт/м}^2$) при температуре получаемой горячей воды $t_{\text{ГВ}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ($t_{\text{ХВ}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ в XI ÷ III и $15 \text{ }^\circ\text{C}$ в IV ÷ X) $\eta_{\text{ГВС}} = 0.9$ при средних условиях облачности для г. Ташкента

Таблица 2.5

Месяцы	Дата типичного дня	Временные интервалы светового дня												Сумма за световой день МДж/м ²	Сумма за месяц МДж/м ²
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18		
I	15					25.94	90.92	99.89	64.64	27.94				1.1136	34.5216
II	14				41.72	119.00	170.28	166.33	129.83	54.94	18.19			2.5221	70.6188
III	15			26.11	138.22	217.67	241.19	238.72	214.06	139.42	52.97	14.97		4.6200	143.220
IV	15		12.58	128.81	242.22	323.56	362.83	360.89	315.00	238.19	134.36	17.31		7.6886	230.658
V	15		68.06	236.44	375.89	469.28	520.94	524.33	481.94	378.19	254.40	112.72	10.86	12.3592	383.135
VI	15	1.36	156.06	326.53	472.26	573.69	632.78	639.53	593.58	492.33	364.42	191.39	65.86	16.1733	485.199
VII	15	1.83	165.81	344.58	494.17	621.97	684.03	698.86	652.61	545.28	401.28	225.75	84.25	17.7099	549.006
VIII	15		136.97	320.64	489.94	609.56	680.47	696.78	643.97	535.06	379.44	186.25	47.72	17.0245	527.759
IX	15		24.17	228.33	402.83	519.94	596.11	611.78	549.03	440.58	281.03	107.42	15.75	13.7051	411.153
X	15			37.11	202.50	315.97	367.47	372.72	323.75	224.22	106.42	41.33		7.1695	222.254
XI	15				46.67	173.72	224.03	222.19	176.70	97.72	1.97			3.3948	101.844
XII	15					7.22	78.47	81.53	51.83	9.69				0.8235	25.5285
														Зачод	3082.46

Дневной ход полезной теплопроводности коллектора ($\sum q_{пол}$, Вт/м²) при температуре получаемой горячей воды $t_{ГВ}=55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t_{ХВ} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в XI ÷ III и $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в IV ÷ X) $\eta_{ГВС} = 0.9$ при средних условиях облачности для г. Ташкента

Таблица 2.6

Месяцы	Дата типичного дня	Часовые интервалы светового дня											Сумма за световой день МДж /м ²	Сумма за месяц. МДж /м ²	
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17			17-18
I	15					2.00	57.17	66.14	30.89	0.89				0.5655	17.5305
II	14				0.64	85.03	136.78	132.86	96.08	21.19	2.69			1.7110	47.908
III	15			0.25	104.47	183.92	207.44	204.97	180.31	105.67	19.22	1.97		3.62.96	112.517
IV	15			95.06	208.47	289.81	329.94	327.11	281.25	204.33	100.61	43.72		6.9491	208.473
V	15		52.39	202.69	342.14	435.53	487.19	490.58	448.19	344.44	220.69	78.61	10.45	11.3881	353.031
VI	15		122.31	292.33	438.81	539.94	599.03	605.78	559.83	458.58	312.67	157.64	32.11	14.8285	444.855
VII	15	0.28	132.06	310.83	460.42	588.22	650.28	665.11	618.86	511.61	367.53	192.00	50.50	16.3717	507.522
VIII	15		98.06	286.89	456.94	575.81	646.72	663.03	610.06	501.31	345.69	165.50	30.97	15.1959	486.572
IX	15		2.00	194.58	368.64	486.19	562.36	578.03	55.28	406.83	242.28	73.67	8.50	12.4429	373.287
X	15			9.33	168.75	282.22	333.72	338.97	290.00	190.47	72.67	19.28		6.1395	190.324
XI	15				10.22	139.97	190.28	188.44	142.94	63.97	21.39			2.7260	81.780
XII	15						34.44	47.78	18.08	1.17				0.3653	11.324
														Зачод	2734.28

Как следует из сопоставления результатов расчетных исследований, приведенных в табл. 2.4 -2.6, рост значения $t_{гв}$, как и ожидалось, приводит к снижению $q_{пол}$ и соответственно ее дневных, месячных и годовых сумм. Так, например, в интервале времени 12 – 13 ч в июне месяце при прочих равных условиях рост значения $t_{гв}$ от $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к снижению среднечасовой теплопроизводительности коллектора от $725,865\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ до $639,53\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ и $605,78\text{ Вт/м}^2$, т.е. на 13,5 % и 19,8 %, соответственно. Снижение дневных и месячных сумм $q_{пол2}$ при этом составляет 6,9 %.

Из данных табл. 2,4 – 2,6 видно, что годовая теплопроизводительность плоского солнечного коллектора в двухконтурных системах горячего водоснабжения составляет $3498,4\text{ МДж/м}^2$ при температуре горячей воды у абонентов ($t_{гв}$) $37\text{ }^{\circ}\text{C}$; $3082,5\text{ МДж/м}^2$ и $2734,3\text{ МДж/м}^2$ при $t_{гв} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно.

Из данных табл. 2.4 – 2.6 также следует. Что более 80 % годовой теплопроизводительности плоских солнечных коллекторов в системах горячего водоснабжения приходится на теплый период года. Так, при нагрева воды в коллекторе до $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ из суммарной годовой теплопроизводительности $3498,5\text{ МДж/м}^2$ 85,8 % (т.е. $3002,2\text{ МДж/м}^2$) приходится на ноябрь – март месяцы года.

При нагреве воды в коллекторах систем горячего водоснабжения до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ этот показатель составляет 87,8 % и 90,1 % соответственно.

Выводы по второй главе

1. Рассмотрены принципиальные схемы одно-и двухконтурных систем горячего водоснабжения с плоскими солнечными водонагревательными коллекторами.
2. Сопоставлены основные конструктивные решения лучепоглощающих теплообменных водонагревательных коллекторов.
3. Определены дневные и месячные ходы а также годовая теплопроизводительность плоских солнечных водонагревательных коллекторов среднего качества при нагреве Δt в двухконтурных системах до $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. На основе анализа результатов расчётов по определению месячных ходов теплопроизводительности солнечного коллектора установлено, что более 80 % из суммарной теплопроизводительности коллектора приходится на тёплый период года (апрель-октябрь месяцы)

ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Следующим этапом внедрения солнечных систем теплоснабжения (после горячего водоснабжения) является отопление помещений. При удельной норме общей жилой площади на одного человека 15 м^2 и средней удельной тепловой характеристике отопливаемого помещения (q_v) $0.8 \text{ Вт / м}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ для нужд зимнего отопления жилья по Республике ежегодно требуется около 10 млн.т.у.т.

В связи с тем, что в системах отопления максимальная отопительная нагрузка приходится на период года с минимальным поступлением солнечной радиации, на солнечные установки, работающие в режиме отопления, предъявляются более жесткие требования, чем для горячего водоснабжения. Для покрытия хотя бы 35-40 % отопительной нагрузки за счет использования солнечной энергии требуется в 4-5 раза больше площади солнечных коллекторов, чем на горячее водоснабжение. Кроме того, из-за сравнительно низкого температурного потенциала теплоносителя, получаемого из солнечных установок, для в подачи отопливаемого помещения требуемого количества тепла необходимо в 2-2.5 раза увеличить поверхность нагрева отопительных радиаторов. Все это обуславливает нецелесообразность простого подключения низкопотенциальных солнечных нагревателей в традиционные системы отопления зданий. Такие системы, получившие названия “Активные системы солнечного отопления”, состоящие из солнечных коллекторов, изолированных от отопливаемого здания, теплоисточников (топливных или электрических котлов) и циркуляционных насосов, из-за низкой эффективности и сложности в эксплуатации начиная с 80-х годов прошлого столетия, становятся все менее популярными. Поэтому, в мировой практике научно –исследовательские и опытно–конструкторские работы в области солнечного отопления ведутся преимущественно в направлении разработки

и создания пассивных систем солнечного отопления, отличающихся от активных прежде всего простотой по реализации и дешевизной [16].

3.1 Классификация пассивных систем солнечного отопления

При конструировании зданий, которые могли бы максимально воспринимать тепло солнечной радиации, можно в ряде случаев отказаться от традиционной системы отопления.

На схеме (рис 3.1), показаны основные направления повышения тепловой эффективности зданий. При этом вклад в тепловой баланс зданий солнечной энергии может быть существенным (до 60%)

Тепловые померы зданий 100 %	Использование вспомогательной системы отопления 38-17 %
	Увеличение компактности планировки 2-3 %
	Повышение тепловой защиты наружных ограждений
	Регулирование, автоматизация и диспетчеризация систем 4-7 %
	Утилизация внутренних тепловыделений и использование вторичных энергоресурсов 6-8 %
	Применение систем солнечного отопления 50-60 %

Рис 3.1. Пути повышения тепловой эффективность здания.

Практическое строительство зданий с “пассивным” отоплением за счет солнечной радиации ведется уже более тридцати лет. Однако общее количество объектов незначительно, хотя каждое новое здание представляет

собой шаг вперед в этой области. Пока зданий с “пассивным” отоплением больше во Франции и США [1]. Интересные и технически перспективные системы разработаны и внедряются в практику строительства в нашей стране. [11.12.17-19].

На основе анализа результатов исследований по использованию солнечной энергии для отопления помещений с помощью пассивных систем можно сделать вывод о том, что одним из наиболее распространенных способов использования солнечной энергии является восприятие ее через повернутые ограждающие здание конструкции. Поступление солнечной радиации через оконные проемы, обычные и модифицированные стены, остекленные крыши, фонари и конструкции кровли дает возможность сократить потребности зданий в дополнительном тепле. При правильном проектировании это обстоятельство позволяет за счет поступления потока радиации во внутренний объем здания уменьшить мощность традиционных систем обогрева.

По признакам выбранной схемы подвода тепла в отапливаемые помещения пассивные системы солнечного отопления условно могут быть классифицированы на следующие подсистемы (рис.3.2)



Рис.3.2. Классификация пассивных систем солнечного отопления

Принцип действия инсоляционных пассивных систем солнечного отопления основан на прямом, т.е. непосредственное поступление потока солнечного излучения в отапливаемые помещения через из оконные проемы (обычно увеличенных размеров) и нагрева их внутренних элементов (пол, потолок, стены), которые являются естественными приемниками излучения и аккумуляторами тепла [18,19]

Принцип действия я косвенных пассивных систем солнечного отопления основан на нагрев наружных ограждающих конструкций зданий (южный стен), зачернены (для максимального поглощения падающего солнечного излучения) и защищены одним или двумя слоями светопрозрачного покрытия (стекла), которые являются аккумуляторами тепла [11.12.17]. Тепло в отапливаемое помещение передается через теплопроводность стены-аккумулятора [20]

Изолированные пассивные системы характеризуются тем, что тепло необходимое для поддержания в помещениях заданной температуры, производится солнечными тепловыми коллекторами, размещенными за пределами здания и накапливается в аккумуляторах, которые находятся вне отапливаемых помещений. Тепло из коллектора в аккумулятор (или в помещена) и из аккумулятора в помещение передается потоком воздуха, циркулируемого под действием гравитационного давления.[12]. Наряду с указанными выше тремя видами систем солнечного отопления существуют пассивные системы принцип действия которых основаны на принципах как почвенных, так и изолированных систем .Солнечные тепловой коллектор при этом размещен на южной вертикальной стене, а тепловой аккумулятор совмещен с перекрытием потолка и одно временно выполняются функцию радиатора панельно-лучистых систем отопления.[12].

Основными преимуществами инсоляционных пассивных систем солнечного являются их простота, отсутствие в них специального гелиотехнического оборудования (коллектора, аккумулятор тепла, дешевизна и практически полное отсутствие эксплуатационных расходов, и самое главное—высокая.

Основными недостатками этих систем являются возможный световой и тепловой дискомфорт, сложность регулирования температурного режима отапливаемого помещения.

Основными недостатками косвенных и изолированных пассивных систем солнечного отопления являются относительно низкая тепловая эффективность, обусловленная ограниченной интенсивностью передачи тепла от аккумулятора тепла в отапливаемое помещение потоком воздуха, циркулируемого под действием естественного термосифона (т.е. гравитационного давления) а также сложность в эксплуатации, связанная с необходимостью размещения аккумулятора тепла ниже уровня помещения, а коллектора – еще ниже уровня аккумулятора тепла.

На основе Анализа различных видов пассивных систем солнечного отопления в работе [12] сделаны следующие выводы.

Системы с прямым поступлением солнечной радиации для районов со сравнительно низкими температурными наружного воздуха малоэффективны.

На территории нашей страны, где в зимний период преобладают отрицательные температуры наружного воздуха, наиболее целесообразно использовать системы с косвенным “пассивным” отоплением или изолированные;

В большинстве случаев в “пассивных” системах используются аккумуляторы тепла из насодок (гравий, щебень, галька, и т.п.) набора строительных конструкций в виде плитин и стержней (железобетон, кирпич и т.п.)

“пассивные” системы обладают достаточно высокой эффективностью и обеспечивают до 60 % отопительной нагрузки.

Вместе с тем эти системы не получили еще широкого распространения. Незначительное количество опытных объектов не позволяет сделать достаточно убедительных выводов о степени эффективности “пассивных” систем. Аналитическое моделирование и расчёт

таких систем пока вызывают определенные трудности, а отсутствие инженерной методики усложняет их реальное проектирование. Вполне очевидно, что в данном случае необходимы моделирование “пассивным” систем, выбор оптимального конструктивного решения. Это возмолить строить опытные объекты с высокоэффективными системами. Данные экспериментальных исследований в совокупности с аналитическими моделями будут способствовать разработке инженерных методик расчета.

3.2. Методика расчета удельных тепловых потерь помещений с инсоляционной пассивной системой солнечного отопления

Отличительная особенность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления по сравнению традиционными – тепловые потери отапливаемого помещения являются функцией площади светопрозрачного ограждения, через которое солнечные лучи поступают в помещение. По этой причине для определения тепловых потерь объектов с инсоляционными пассивными системами солнечного отопления расчетным путем требуется несколько иной подход по сравнению с общепринятым в строительной теплотехнике методом.

Сущность этого подхода заключается в следующем. Светопрозрачные ограждения помещений с инсоляционными пассивными системами солнечного отопления, как правило, имеют более увеличенные размеры, чем у помещений традиционными системами отопления.

Представим отапливаемое помещение как плоский солнечный коллектор большой глубиной, так чтобы тепловые потери через боковые стенки соразмерны с тепловыми потерями дна корпуса.

Как у плоских тепловых коллекторов, суммарные тепловые потери отапливаемого помещения (т.е. тепловые потери через перекрытия пола и потолка, северной, западной и восточной стен, а также глухой, т.е. непрозрачной части южной стены и дверей и окон на этих стенах) отнесем к

единице площади светопрозрачного ограждения помещения на южной стене, через которое солнечное излучение проникает в помещение, т.е.

где $\sum(q_{тп}F)_i$ – суммарные тепловые потери отапливаемого помещения через его перекрытия пола и потолка, северной, западной и восточной стен, а также непрозрачной части южной стены и дверей и окон на этих стенах; $F_{сп}$ – площадь светопрозрачного ограждения инсоляционной пассивной системы на южной стене.

Как видно площадь наружной поверхности южной стены помещения складывается из площади поверхности светопрозрачного ограждения на ней ($F_{сп}^{ю}$) и из площади поверхности глухой части этой стены $F_{гл.ст}$ т.е.

$$F_{ст}^{ю} = F_{сп}^{ю} + F_{гл.ст}. \quad (3.1)$$

Если суммарные тепловые потери отапливаемого помещения, включая тепловые потери южной стены отнести на единицу площади светопрозрачного ограждения на южной стене,

$$\text{т.е.} \quad \frac{\sum(q_{тп}F)_i + q_{тп.ст}^{ю} F_{ст}^{ю}}{F_{сп}^{ю}}$$

то, с учетом, что

$$q_{тп.ст}^{ю} F_{ст}^{ю} = q_{тп.гл.ст}^{ю} F_{гл.ст} + q_{сп}^{ю} F_{сп}^{ю}, \quad (3.2)$$

Получим

$$q_0 = q_{сп}^{ю} + \frac{\sum(q_{тп}F)_i + q_{тп.ст}^{ю} F_{ст}^{ю}}{F_{сп}^{ю}}, \quad (3.3)$$

где $q_{тп.гл.ст}^{ю}$ – удельные теплотери отапливаемого помещения через глухой части южной стене;

$q_{сп}^{ю}$ – удельные теплотери отапливаемого помещения через светопрозрачного ограждения части на южной стене.

Удельные тепловые отапливаемого помещения, отнесенные к единице площади его светопрозрачного ограждения на южной стене (q_0), как и $q_{сп}^{ю}$, имеет размерность $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Как следует из (3.3) значение q_0 складывается из двух составляющих; т.е.

$$q_0 = q_0^{\text{пер}} + q_0^{\text{пост}} \quad (3.4)$$

где

$$q_0^{\text{пер}} = q_{\text{сп}}^{\text{ю}} + \frac{q_{\text{тпглст}}^{\text{ю}} F_{\text{глст}}^{\text{ю}}}{F_{\text{сп}}^{\text{ю}}} \quad (3.5)$$

- переменная часть q_0 , которая зависит от отношения $F_{\text{ст}}^{\text{ю}}$ и $F_{\text{сп}}^{\text{ю}}$;

$$q_0^{\text{пост}} = \frac{\sum (q_{\text{тп}} F)_i}{F_{\text{сп}}^{\text{ю}}} \quad (3.6)$$

Постоянная часть q_0 , которая определяется традиционным способом [21, 22].

Значение $q_{\text{сп}}^{\text{ю}}$ в (3.3) и (3.5) определяется, как и для плоских солнечных коллекторов, по формуле

$$q_{\text{сп}}^{\text{ю}} = K_{\text{с}_{\text{к-о}}} (t_{\text{к}} - t_0), \quad (3.7)$$

где

$$K_{\text{с}_{\text{к-о}}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_n \frac{\delta_{\text{с}}}{\lambda_{\text{с}}} + \sum_m \frac{\delta_{\text{вн}}}{\lambda_{\text{экв}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \right)^{-1} \quad (3.8)$$

- коэффициент тепловых потерь отапливаемого помещения в окружающую среду через светопрозрачного ограждения; $\alpha_{\text{вн}}$ и $\alpha_{\text{нар}}$ – соответственно, коэффициенты суммарного (конвективного и лучистого) теплообмена на внутренней (обращенной в отапливаемое помещение) и наружной (обращенной наружу) поверхности светопрозрачного ограждения;

n и m ($m = n - 1$) – число слоев (стекла) и воздушных прослоек светопрозрачного ограждения; $\delta_{\text{с}}$ и $\lambda_{\text{с}}$ – толщина слоя и коэффициент материала светопрозрачного ограждения; $\delta_{\text{вн}}$ – толщина воздушной прослойки между слоями стекла; $\lambda_{\text{экв}}$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности воздуха в рассматриваемой воздушной прослойке.

Значение $K_{\text{с}_{\text{к-о}}}$ в (3.7) и (3.8), согласно результатам исследований [23], составляет 6,135 Вт/(м² · °С) для двухслойного и 2,160 Вт/(м² · °С) для трехслойного светопрозрачных ограждений инсоляционных пассивных систем солнечного отопления.

3.3. Расчет прихода суммарного солнечного излучения на лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально установленного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления.

Методика расчета дневного, месячного ходов и годовой суммы суммарного солнечного излучения на лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально установленного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления ($q_{\text{пад}_в}^{\Sigma}$) аналогично к методике определению $q_{\text{пад}_\alpha}^{\Sigma} = 0$ и $q_{\text{пад}_\alpha}^{\Sigma} = 30^\circ$, приведенные во первой и во второй главах.

В отличие от определению $q_{\text{пад}_\alpha}^{\Sigma} = 0$ и $q_{\text{пад}_\alpha}^{\Sigma} = 30^\circ$ в расчете по определению составляющих $q_{\text{пад}_в}^{\Sigma}$ в место формул (2.5), (2.6) и (2.7) пользуются формулами

$$q_{\text{пад}_в}^{\Sigma} = q_{\perp} [\cos\delta \sin\varphi \cos\omega(\tau_0 - \tau) + \sin\delta \cos\varphi], \quad (3.9)$$

$$q_{\text{пад}_в}^{\text{диф}} = 0,5 q_{\text{пад}_\text{гор}}^{\text{диф}}, \quad (3.10)$$

$$q_{\text{пад}_в}^{\text{отр}} = 0,5 \rho q_{\text{пад}_\text{гор}}^{\Sigma}, \quad (3.11)$$

полученных из (2.5) – (2.7) при $\alpha = 90^\circ$.

Результаты расчетов дневного хода $\cos i_{в}$ и $i_{в}$ для типичным дней месяцев отопительного периода (ноябрь – март месяцы) приведены в табл. 3.1.

Дневные ходы $\cos i_{в}$ и $i_{в}$ для вертикально установленного и ориентированного на юг светопрозрачного ограждения для г. Ташкента. (эта названия табл.3.1)

Результаты расчетов дневного и месячного ходов и годовой суммы $q_{\text{пад}_в}^{\Sigma}$ Вт/м² для типичных дней отопительного периода, определенные на основе

табл. 1.3 – 1.7, приведенных в первой главе, и формул (3.9) – (3.11) приведены в табл. 3.2.

таблица 3.1

Мес яцы, дата	$\cos i_B$						i_B , град					
	Временные интервалы светового дня						Временные интервалы светового дня					
	6-7, 17-18	7-8, 16-17	8-9, 15-16	9-10, 14-15	10-11, 13-14	11-12, 12-13	6-7, 1718	7-8, 16-17	8-9, 15-16	9-10, 14-15	10-11, 13-14	11-12, 12-13
I	0,3536	0,5107	0,6514	0,7654	0,8476	0,8896	69,29	59,29	49,35	40,06	32,65	27,18
II	0,2610	0,4239	0,5699	0,6891	0,7734	0,8169	74,87	64,92	55,26	46,44	39,34	35,22
III	0,1235	0,2909	0,4409	0,5634	0,6500	0,6448	82,91	73,09	63,84	55,71	49,46	45,99
XI	0,3254	0,4839	0,6229	0,7421	0,8241	0,8665	71,01	61,09	51,47	42,09	34,50	29,95
XII	0,3771	0,5309	0,6652	0,7815	0,8611	0,9023	67,85	57,93	48,30	38,60	30,59	25,54

Как видно из анализа расчетных данных, приведенных в табл. 3.2, дневная сумма $q_{\text{пад}_B}^{\Sigma}$ составляет: в январе 14,641 МДж/м², в феврале 14,273 МДж/м², в марте 12,766 МДж/м², в ноябре 14,365 МДж/м², и в декабре 12,749 МДж/м², что не намного отличается друг от друга. Годовая сумма $q_{\text{пад}_B}^{\Sigma}$ при этом составляет 2075,408 МДж/м², что эквивалентно тепловой энергии, получаемая при сжигании условного топлива в количестве $\frac{2075,408 \cdot 10^3}{29307,6} = 70,8$ кг.у.т. за отопительный период (29307,6 – теплотворная способность условного топлива в кДж/кг).

Дневной ход поверхностной плотности потока суммарного солнечного излучения, подающего на фронтальную лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально установленного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления ($q_{\text{пад}_B}^{\Sigma}$, Вт/м²) в условиях г. Ташкента. Таблица 3.2

Как показывают результаты расчетов по определению коэффициента входная суммарного солнечного излучения через двухслойное светопрозрачное ограждение ориентированное на юг и вертикально установленное из оконного стекла среднего качества с учетом коэффициента пропускания слоя пыли и грязи на его поверхности

($\tau_{пр} = 0,94$) значение τ_{ex}^{Σ} , τ_{ex} за исключением марта месяца в течение для стабильно и составляет 0,68 от 10 до 14 часов и 0,62 ÷ 0,66 от 8 до 10 часов утра и от 14 до 16 вечера.

Таблица 3.2

Месяц ы, дата	Временные интервалы светового дня										Сумма за светов ой день, МДж/м ²	Сумма за светов ой месяц, МДж/м ²
	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17		
I.15	33,73	311,6 8	464,0 3	568,7 1	655,9 3	646,6 3	471,0 2	287,2 6	51,17		14,641	453,878
II.14	132,5 8	323,3 1	440,7 8	517,5 4	588,4 8	580,3 4	517,5 3	451,2 4	302,8 0	108,1 6	14,273	399,638
III.15	125,6 0	295,4 0	386,1 2	466,3 6	502,4 2	494,2 8	458,2 2	380,3 0	127,1 4	139,5 6	12,766	395,732
XI.15	109,3 2	316,3 4	458,2 2	558,2 4	523,5 5	582,6 6	550,1 0	458,2 2	284,9 4	89,55	14,365	430,947
XII.15	32,56	195,3 8	386,1 2	523,5 5		583,8 3	540,8 0	426,8 2	227,9 5	40,71	12,749	395,213
За год 2075,408 МДж/м ²												

В марте месяце из – за относительно высокого стояния солнца над горизонтом (по сравнению с чем у остальных месяцев) значение i_B , как следует из табл. 3.1 несколько выше, чем у остальных месяцев. Вследствие этого значение τ_{BX}^{Σ} составляет 0,630 ÷ 0,667 от 10 до 14 часов для и снижаясь до 0,500 ÷ 0,620 от 8 до 10 часов и 14 до 16 часов вечера.

Среднедневные значения τ_{BX}^{Σ} при этом составляют 0,665 в январе, феврале ноябре и декабре месяцах 0,625 в феврале месяце.

3.4. Тепловая эффективность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления

Тепловая эффективность или коэффициент полезного действия инсоляционных пассивных систем солнечного отопления, как и других солнечно – тепловых установок, определяется из отношения

$$\eta_{тепл} = \frac{Q_{пол}}{Q_{пад}} \quad (3.12)$$

где

$$Q_{пол} = Q_{прош} - Q_{тп} \quad (3.12)$$

- количество полезно использованного отапливаемых помещением тепла за определенных промежутков времени, например, за день, неделю или месяц;

$$Q_{\text{прош}} = \eta_{\text{опт}} Q_{\text{пад}} \quad (3.123)$$

Количество вошедшего в отапливаемое помещение через светопрозрачное ограждение суммарного солнечного излучения за тот же промежуток времени день, неделя или месяц).

$$Q_{\text{тп}} = K_{\text{к-о}}(t_{\text{к}} - t_{\text{о}})\Delta Z \quad (3.14)$$

- количество тепло, теряемое отапливаемым помещением через данное светопрозрачного ограждение за тот же промежуток времени ΔZ .

Подставляя (3.12) – (3.14) в (3.12), получим

$$\eta_{\text{тепл}} = \eta_{\text{опт}} - \frac{K_{\text{к-о}}(t_{\text{к}} - t_{\text{о}})\Delta Z}{Q_{\text{пад}}} \quad (3.15)$$

Средневной ход $\eta_{\text{опт}}$ для инсоляционных пассивных систем солнечного отопления по отдельным декадам месяцев отопительного сезона приведен в табл. 3.3.

Как видно из результатов расчетных данных, приведенных в табл. 3.3 в течение отопительного периода года практически стабильно и составляет 0,647 (в феврале) и 0,6676 в декабре, ноябре, январе и феврале месяцах и лишь в марте снижается до 0,61 - 0,64.

Дневной ход $\overline{\eta_0}$ по месяцам отопительного сезона табл. 3.3

Месяц, дата	$\overline{\eta_{\text{опт}}}$
I.10	0,6658
I.20	0,6635
I.30	0,6597
I.09	0,6551
I.19	0,6466
III.01	0,6438
III.11	0,6234
III.21	0,6088
XI.20	0,6665
XI.30	0,6657
XII.09	0,6664
XII.21	0,6667
XII.31	0,6664

В табл. 3.14 приведены результаты расчета полезной солнечной энергии. Входящее в отапливаемое помещение через его светопроем частичной компенсации тепловых потерь, полученные на основе данных табл. 3.2 и 3.4.

Месячный ход полезно использованного отапливаемым помещением тепла солнечного излучения в условиях г. Ташкента

Месяцы отопительного сезона	$Q_{\text{пол}}, \text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{мес})$
Январь	301,148
Февраль	259,765
Март	245,354
Ноябрь	287,269
Декабрь	203,449

За сезон 1356,985 МДж/м².

Как следует из итога результата табл. 3.4, в течение отопительного периода в условиях г. Ташкента в действительных погодных условиях через ориентированный на юг вертикальное двухслойное светопрозрачного ограждение помещений из обычного оконного стекла входит лучистая энергия в количестве 1356,985 МДж/м², что эквивалентно тепло, получаемое при сжигании 46,3 кг.у.т.

Выводы по третьей главе

1. На основе критического анализа существующих пассивных систем солнечного отопления предложена их классификация по основным признакам.
2. Предложена методика расчета тепловых потерь отапливаемого с помощью инсоляционных пассивных систем помещения.
3. Выполнены расчеты по определению прихода суммарного солнечного излучения на фронтальную лучевоспринимающую поверхность ориентированного на юг и вертикально расположенного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления.
4. Выполнены расчеты по определению количества лучистой энергии Солнца, входящего в отапливаемые помещения через их ориентированных на юг и вертикально установленных двухслойных светопрозрачных ограждений из оконного стекла среднего качества по месяцам.

Список использованных источников

1. Авезов Р.Р., Захидов Р.А. Возобновляемые источники энергии - энергетический резерв Узбекистана// Горный журнал. Спецвыпуск. –М.: 2004, -с.72-74.
2. Возобновляемые источники энергии./ В книги Первое национальное сообщение Республики Узбекистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Фаза 2. Главное управление по гидрометеорологии при Кабинете Министров Республики Узбекистан. Ташкент, 2001, -с. 34-36.
3. Авезов Р.Р., Лутпуллаев С.А. Состояние перспективы и проблемы использования возобновляемых источников энергии «Физика в Узбекистане» Материала конференции «Году физики-2005» Тошкент: АН РУЗ, 27-28 сентябрь 2005 г.-с 119-123.
4. Возобновляемая энергия. М.: 1997. №1
5. Авезов Р.Р., и др. Возобновляемых источники энергии: проблемы и перспективы. “Куёш энергиясидан фойдаланиш: муаммо ва ечимлар” Республика илмий-амалий анжумани тезислар тўплами. Бухоро: 2002 (25-26 октябрь),
6. Авезов Р.Р.,Авезова Н.Р. и др. История развития и состояние использования солнечной энергии в Узбекистане // Гелиотехника.2012. №1-с. 17-23.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Вып. 19. Узбекская СССР. Книга 1. Ленинград.: Гидрометеиздат. 1989. 280 с.
8. Duffie J.,Beckman W. Solar Engineering of Thermal Processes. New York. Wiley. 1991-919 p.
9. Справочник по климату СССР. Вып. 19. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечные сияние. – Л.: Гидрометеиздат. 1966. - 76с.

10. Тершкович В.Ф., Ферт А.Р. Расчёт двухконтурных гелио систем с термосифонной циркуляцией // Гелиотехника.1985. №1.с. 60-62.
11. Авезов Р.Р. Повышение эффективности использования низкопотенциальных солнечных нагревателей в системах теплоснабжения. Диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук. – М.:1990 – 449 с.
12. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. Ташкент, Фан, 1988, -288с.
13. СНиП (КМК 2.04.16-96) Установки солнечного горячего водоснабжения. Ташкент, Госкомархитектатрой.
14. Манюк В.И., Каплинский Я.И. и др. Справочник по наладки и эксплуатации водяных тепловых сетей. М.:Стройиздат 1977, 272с.
15. Справочник по климату СССР. Вып. 19. Температура воздуха и почвы.– Ленинград.: Гидрометеоиздат. 1966. -1965с.
16. Авезов Р.Р., Авезова Н.Р. Состояние и перспективе использования солнечной энергии для теплоснабжения в Узбекистане. Труды международной конференции, посвященной 90-летию академика С.А.Азимова. Ташкент: 2004. 18-19 ноябрь.-с. 104-108.
17. Бабакулов К.Б. Совмещенная пассивная система солнечного отопления и горячего водоснабжения жилого дома. Автореф. дис. канд. техн. наук, Ашхабад. 1986.-20 с.
18. Самиев К.А. Повышение эффективности сложных светопрозрачных ограждений с частично лучепоглощающим слоем инсоляционных пассивных систем солнечного отопления. Дисс....к.т.н. Ташкент 2009. 125с.
19. Дусяров А.С. Эффективность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления с трансформируемым плоским рефлектором излучения и аккумулятором тепла. Дисс....к.т.н. Ташкент 2008. 130с.
20. Авезова Н.Р., Садыков Ж.Д. Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумуляторной стены пассивных систем солнечного

отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки // Гелиотехника.2012. №1.-с. 47-53.

21. Богословский В.Н. Строительная теплотехника.-М: “Высшая школа”.1982.-415 с

22. СНиП КМК 2.01.04-97 Строительная теплотехника.-М.: Стройиздать.1997

23. Авезов Р.Р. Влияние условий теплообмена на температурные режимы и теплопередачи частично лучепоглощающего слоя сложного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления // Гелиотехника.2004. №4.-с.32-38.