КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕЛИОСИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Молодые соискатели:** воспитанники 10 класса Белимов Владислав и Турубаев Нурлан

**Руководитель научного проекта:** д.т.н., профессор Жамалов А.Ж.

**Консультант научного проекта:** магистр педагогических наук

Жакуова А.Б.

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл жұмыста үйді ыстық сумен және жылумен жабдықтаудың алғашқы әрекеттері көрсетілген және үйдің эксперименттік көрсеткіштері көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе приведено начало попытки горячего водоснабжение и теплоснабжение и приведено экспериментальные результаты домика.

Resume

In this work illustrated start attempt of the hot water and heating, and shows experimental results of the cabin.

**СОДЕРЖАНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ**.....................................................................................................1

**І** **Конструкция солнечных коллекторов**.......................................................

* 1. Плоский коллектор....................................................................................
	2. Анализ отечественного и мирового технического уровня плоских солнечных коллекторов ............................................................................
	3. Почему выгодно использовать солнечное тепло.....................................
	4. Оптимизация конструктивных элементов режимных параметров гелиоколлекторов.......................................................................................

**ІІ** **Комбинированные солнечные системы теплоснабжения** ......................

2.1 Другие компоненты солнечного контура................................................

2.2 Экспериментальные результаты, полученные в ходе исследовательской работы................................................................................................................

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** ..............................................................................................

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** .....................................

**ВВЕДЕНИЕ**

 Проблема энергосберегающих технологий актуальна во всем мире и непременный признак рыночной экономики. Современная мировая энергетическая и экологическая политика характеризуется коренной переориентацией на максимальное энергосбережение. Целевые национальные программы приняты и практически выполняются всеми развитыми странами, которые диктуются задачами экологически чистого развития, развития обеспечения энергетической безопасности стран, а также к перспективе безболезненной адаптации при неизбежном удорожании всех видов ТЭР.

Тема соответствует: задачам, поставленным Президентом РК в связи с подготовкой к вхождению Республики в ВТО – о необходимости технического перевооружения; Закону РК «Об энергосбережении», где особое место отводится мерам по вовлечению энергобаланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ); Киотскому протоколу по чистому развитию; Иоханесбургскому мировому саммиту 2002 года, которые диктуют снизить выбросы в атмосферу продукты сгорания топлив.

Солнечная энергия (СЭ) обладает наивысшим валовым, техническим и экономическим потенциалом, сравнительно низкой капиталоемкостью, при переменной, но детерминированной зависимости от времен. Успехи освоения солнечной энергии в мире впечатляют. Гелиоустановки нашли широкое применение в странах ЕС: Испания, Италии, Греции, Германии, Франции и др., где приняты национальные программы и законы их освоения. Например, в Израиле горячее солнечное водоснабжение 80% жилых домов дает экономию более 5% электроэнергии производимой в стране6 а в США более 60% бассейнов обогреваются за счет СЭ. Суммарная площадь гелиоколлекторов в мире превышает уже 50 млн. м2 , что эквивалентно замещению 5...7 млн. т.у.т. в год. Проведенным анализом выявлены основные констуртивные решения, тенденции развития и характерные особенности одно, 2-х контурных гелиоустановок и гелиоколлекторов –аккумуляторов. Основными недостатками известных установок являются: неудовлетворительные эксплуатационные -технологические показатели, дороговизна, низкая годовая производительность и к.п.д., что ставит их в неравные конкурентные условия по сравнению с традиционными технологиями теплоснабжения.

Несмотря на это, в последние годы наблюдается активизация рынка, гелиотехнического оборудования в мире, что связано с существенным повышением эксплуатационных показателей 2-х контурных установок, которые хорошо зарекомендовали себя в странах с умеренным климатом. Этому способствовало применеие современных конструктивных материалов, новых технологий и технических решений, в том числе новых устройств автоматики и гибко регулируемых приводов циркуляционных насосов. Однако при резко-континентальном климате, вследствие жесткой и пассивной зависимости от периодов интенсивности солнечной радиации, их эффективность резко упала, о чем свидетельствует опыт зарубежных фирм (*Wilo, Ferolli, Herz, Fintern, Buderusu др.*), которые имеют представительства в Казахстане и ведут активный маркетинг с цельюсоздания рынка гелиооборудования в нашей республике.

**1.2. Анализ отечественного и мирового технического уровня плоских солнечных коллекторов**

Системы и установки солнечного теплоснабжения, главным образом горячего водоснабжения, находят в СНГ определенное применение. С 1984 года освоено серийное производство плоских солнечных коллекторов на Братском заводе отопительного оборудование. Всего к началу 1988 году в стране было изготовлено около 80 тыс.м2 солнечных коллекторов.

За рубежом заметное практическое применение получили индивидуальные (для одной семьи) установки для нагрева воды на бытовые нужды. Наибольший вклад солнечной энергии в топливно-энергетический баланс достигнут в тсранах Средиземноморья. На Кипре, например, еще в 1983г. 90% индивидуальных домов и 15% квартир в многоквартирных домов были оборудованы системами солнечного горячего водоснабжения. При этом с помощью солнечной энергии удовлетворялось 3,5% объема энергетических потребностей страны.

В Израиле в 1983 году в эксплуатации находились около 300 тыс.солнечных установок индивидуального назначения, которые обеспечивали 1,5% потребности страны в энергии. По данным, опубликованным в 1986 году число таких установок в Израиле достигло 700 тыс. и с их помощью горячей водой обеспечивается 65% населения.

Объем производства солнечных коллекторов в мире для установок горячего водоснабжения в 2001 году превысил 3 млн. м2, а в 2002 году – 4 млн. м2, в том числе 40% в США и 255 в Японии. В настоящее время США и Япония существенно опередили другие страны по установленной площади солнечных коллекторов – соответственно 10 и 8 млн. м2. Далее следует Израиль -1,75 млн. м2 и Австралия -1,2 млн.м2.

В ряде стран Западной Европы установленная площадь солнечных коллекторов достигает также больших цифр. Так, в Испании на конце 1991 года она составляло 220 тыс.м2, а в Австралии на конуе 1993 года -180 тыс.м2, в ФРГ -200 тыс. м2 (по данным опубликованным 1986г.). в Греции в 1984 г. Солнечным горячим водоснабжениям пользовались 200тыс. семей. При этом за счет солнечной энергии обеспечивались около 0,25% энергетических потребностей страны. Во Францииза период с 1978 по 1981г. было установлено около 180 тыс. м2солнечных коллекторов.в Швеции по данным, опубликованным в 1997 году, только за последние 3 года установлены солнечные коллекторы общей площадью 150 тыс. м2.

Среди социалистических стран

**1.4. Оптимизация конструктивных элементов режимных параметров гелиоколлекторов**

В настоящее время ставятся и решаются задачи оптимизации конструктивных элементов плоских солнечных колекторов. Главным образом, это касается поглощающей панели, а также тыльной теплоизоляции и воздушного зазора между поглащающей панелью и прозрачной изоляцией. Основными критериями оптимизации в указанных работах приняты различные сочетания теплотехнических и весовых параметров. В то же время, в научном мире практически отсутствуют исследования по оптимизации конструкции коллектора с учетом его важнейших потребительских свойств и стоимсотных характеристик.

Стоимость коллектора зависит от применяемых материалов, технологий различной степени сложности, а также напрямую зависист от трудности их изготовления. Эффективность коллектора, или его полезная тепловая мощность, не могут быть заданы однозначно вследствие изменчивого характера используемого источника энергии. Действительно, эти характеры меняются в течение дня, сезона, от пункта к пункту , в любой произвольный момент времени их значение может варьировать от нуля до некоторого возможного максимума. Поэтому эффективность коллектора обычно оценивается численным значением КПД, а по известной стационарной модели определяется в виде линейной зависимости:

$η=a-вx$ где $a=F^{'}\left(τα\right), в=F^{'}U\_{L}, x=\frac{t\_{ж}-t\_{а}}{Е}$ (1.7)

$η=\frac{q\_{пол}}{E}=D\_{c}A\_{k}-\frac{q\_{пол}}{E}∙q\_{пол}=ED\_{c}A\_{k}-q\_{пот}$ (1.8)

$F^{'}$- коэффициент термической эффективности поглощающей панели;

$α,τ$ -пропускательная и пглощательная способность прозрачной изоляций, а также поглощательная способность покрытия панели относительно солнечного спектра;

$U\_{L}$ - общий коэффициент тепловых потерь коллектора, $\frac{Вт}{м^{2}К}$;

$E$ - плотность потока суммарной радиации в плоскости коллектора,$ \frac{Вт}{м^{2}}$ ;

$t\_{ж},t\_{а}$ -средняя температура теплоносителя и наружного воздуха.

Представляя по (1.7) КПД коллектора как линейную функцию переменных внешних и режимных факторов $E$, $t\_{ж},t\_{а}$ мы однозначно определяем положение данной прямой в интересующем интервале от $x=0$ до$ η=0$ в виде численных значений коэффициентов а и в. Эти численные значения различны для каждой конкретной конструкций коллектора, поскольку они обусловливаются конструктивными параметрами $F^{'},U\_{L}$ и свойствами применяемых материалов $τ,α$.

Выбор численных значений данных базовых величин существенным и поэтому не может быть произвольным. Очевидно, что они не должны соответствовать экспериментальным условиям работы коллектора, как наилучшим, так и наихудшим, в смысле географического района применения и времени года. С нашей точки зрения, для коллектора, предназначенного для круглогодичного использования (или в течение большей части года), данные условия должны соответствовать условию несколько ниже среднего. Например, можно принять $t\_{a}=10℃ E=500Вт/м^{2}$, режимный параметр $t\_{ж}=45℃$. При этом $\frac{t\_{ж}-t\_{а}}{Е}=0,07м^{2}/Вт$. Нормируем среднее число часов работы коллекторов в год, зависящее от климатических характеристик данного пункта для условий несколько худших, чем средние, приблизительно равным 1800ч .

С принятием фиксированных базовых значений четырех указанных переменных факторов можно однозначно оценит качества солнечного коллектора.

С этой точки зрения за обобщенный критерий оптимизации солнечного коллектора наиболее приемлем

$k=\frac{c}{Q}=\frac{c}{\overbar{q}τ\_{k}η}$ (1.9)

где $c$ -удельная стоимость коллектора тг/м кв;

$Q$ *-* тепло производительность коллектора за весь срок его службы, кВтч;

$\overbar{q}$ *–*удельная полезная тепловая мощность коллектора, кВт/м2, соответствующая базовым значениям Е;

$τ\_{k}$ - среднее число часов работы коллектора в году (рекомендуемое базовое значение 1800К).

$η$ - срок службы коллектора.

Критерий К имеет размерность тг/кВч, выражает стоимость еденицы выработанной коллектором энергии, когда расходы потребления определяются только начальными капиталовлажениями.

Проведем сравнение оценки качеств конструкций солнечных коллекторов, разработанных разными организациями НИИ в содружестве СНГ, применяемые в настоящее время в гелиотехнической практике.

*Таблица 1.3*

*Основные параметры солнечных коллекторов*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструкция солнечного коллектора | Срок службы, лет | $$F^{'}(τλ)$$ | $$F^{'}Uλ, Вт/м^{2}К$$ | Удельная стоимость в тенге/м2 |
| 1 | 12 | 0,80 | 7,1 | 140 |
| 2 | 9 | 0,84 | 6,6 | 145 |
| 3 | 13 | 0,82 | 6,2 | 165 |
| 4 | 14 | 0,92 | 7,0 | 150 |
| 5 | 10 | 0,94 | 7,6 | 170 |
| 6 | 9 | 0,86 | 7,2 | 175 |

**ІІ КОМБИНИРОВАННЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Ситемами солнечного теплоснабжения называют системы использующие в качестве теплоисточника энергию солнечной радиации.

По способу использования солнечной радиации системы солнечного теплоснабжения подразделяют на пассивные и активные.



*Рисунок 2.1. Бак-аккумулятор*

**

*Рисунок 2.2. Солнечный коллектор*

**

*Рисунок 2.3. Фрагменты гелиосистемы*

Солнечная архитектура позволяет спроектировать дом как с пассивной так и активной солнечной системой отопления. Пассивное солнечное отопление давно известно и заключается в использовании архитектурных, объемно-планированных форм и элементов конструкции здания в качестве теплоприемников и аккумуляторов солнечной энергии. При этом дом как бы превращается в солнечной коллектор.

Пассивные системы солнечного теплоснабжения. Это непосредственного спроектированные элементы конструкций зданий, позволяющая оптимально использовать солнечную энергию.

Здания с пассивные системами разрабатывается с максимальным учетом местных климатических условий. В них применяются соответствующие технологии и материалы для обогрева и освещения за счет солнечный энергии солнца. Такие здания являются экологически чистыми и способствуют созданию энергетической независимости.

Активными называются системы, в которых приемник солнечной энергии является самостоятельным отдельным устройствам, не относящимся к зданию. Характерным приемником активных систем солнечного теплоснабжения является наличие коллектора солнечной энергии, аккумулятора теплоты дополнительного источника энергии. Теплообменников, насосов, соединительных трубопроводов или воздуховодов и система регулирования (рис.2.4).

Пассивными называются системы солнечного отопления, в которых в качестве элемента, воспринимающего солнечную радиацию и преобразующего ее в теплоту, служат само здание или его отдельные ограждения.



*Рисунок 2.4. Схема системы солнечного теплоснабжения*

*1-солнечный коллектор; 2-бак-аккумулятор; 3,13-теплообменник; 4,9-расширительные баки; 5,7-вентили; 6,12-циркуляционные насосы; 8-сливной вентиль; 10-дополнительный источник энергии; 11-потребители.*

Установка работает следующим образом: рабочая жидкость под давлением, создаваемым циркуляционным насосом подается в коллекторное поле, где она нагревается под действием солнечной радиации. Далее нагретая жидкость поступает в теплообменник, где, отдает тепло воде находящейся в баке –аккумуляторе, которая является теплоносителем второго контура и обеспечивает нагрузку потребителя. Расширительный бак служит для приема избытка рабочей жидкости в системе, образующего при нагревании, а так же для создания определенного запаса жидкости. Циркуляция воды в контуре теплоснабжения осуществляется по следующей цепочке: нагретая вода забирает из верхней части бака-аккумулятора, проходя через радиаторы отопления, при этом, нагревая помещение, с помощью циркуляционного насоса подается в нижнюю часть бака. Циркуляция в контуре теплоснабжения непрерывная.

Выбор и компоновка элементов в каждом конкретном случае определяется климатическими факторами, назначением объекта, режимам теплопотребления и экономическими показателями.

Сравнение активных и пассивных солнечных систем дает возможность выявить их преимущества и недостатки.

Преимущества активных солнечных систем теплоснабжения связаны с легкостьюи гибкостью интегрирования системы созданием, возможностью автоматического управления работой, системы и снижениям тепловых потерь. Однако при применении активных солнечных систем часто возникают проблемы, обусловленные недостатков надежностью оборудования, в том числе системы автоматического управления.

Для расчета системы солнечного теплоснабжения жилого дома рис.1 используем схемы с принудительной циркуляцией в солнечном контуре.

ЭКСПЕРИМЕНТ

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 поло состовляет 10% ($k\_{3}=0,8$);
* Наружная температура 10$°$ ($k\_{4}=0,7$);
* Наружные стены $k\_{5}=1,33;$
* Помещение обогреваемые $k\_{6}=0,82;$
* Высота 2,5м ($k\_{7}=1,0$);
* Площадь помещения 46$м^{2}$

Величина теплопотерь дома определяется по следующей формуле:

$$Q\_{mn}=q∙s∙k\_{1}∙k\_{2}∙k\_{3}∙k\_{4}∙k\_{5}∙k\_{6}∙k\_{7}$$

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

$s-$ площадь помещений $м^{2}$;

$k-$ коэффициент теплопотерь конструкций дома.

Тогда

$Q\_{m}=86∙46∙1.2∙0.85∙0.8∙0.7∙1.33∙0.82∙1.0=2464.393 Вт$

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

$P\_{k}=\left(1,15+1,2\right)Q\_{m}=\left(1,15+1,2\right)∙2464.393=5791,3Вт=5,8кВт$*.*

Месячное тепловая нагрузка будет равна

$$Q\_{m}^{м}=P\_{k}k\_{м}h\_{c}=5791.3∙31∙24=4308744,72Вт∙ч=4308,74 кВт∙ч$$

Величина годовой тепловой нагрузки для отопительного сезона составляет:

$$Q\_{m}^{год}=Q\_{m}^{м}∙12=51704,88 кВт∙ч$$

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

$$A\_{ck}=\frac{Q\_{m}^{м}}{391,7}=\frac{4308,74}{391,7}=11м^{2}$$

Тогда объем бака –аккумулятора будет равен:

$$V\_{бак}=0,1A\_{ck}=0,1∙11=1,1м^{3}$$

**2.1. Другие компоненты солнечного контура**

Солнечный контур –это совокупность компонентов, расположенных в контуре с солнечным коллектором. По солнечному контуру происходит передача солнечной энергии, преобразованной солнечным коллектором в бак-аккумулятор при помощи теплоносителя, протекающего в трубопроводах. На рис.2.6 представлена солнечная установка, предназначенная для горячего водоснабжения. В состав солнечного контура входят солнечный коллектор и водяной бак-аккумулятор, которые необходимы соответственно для преобразования и накопления солнечной энергии.

 *Циркуляционный насос* (4) создает циркуляцию теплоносителя по солнечному контуру, благодаря чему солнечная энергия передается от солнечного коллектора в бак аккумулятор. Для солнечных систем горячего водоснабжения на циркуляционный насос затрачивается порядка 2% электроэнергии от солнечной энергии, поставляемой бак -аккумулятор. Циркуляционный насос выбирается в зависимости от гидравлического сопротивления всего солнечного контура. Насос рекомендуется устанавливать перед солнечным коллектором. Современные насосы, применяемы для солнечных контуров, имеют несколько ступеней мощности (оборотов) обычно 3-4. Подобное регулирование мощности насоса позволяет варьировать расход теплоносителя в солнечном контуре.



***Рисунок 2.6. компоненты солнечного контура солнечной установки для горячего водоснабжения***

 *Воздухосбросник* (5) предназначен для удаления воздуха из солнечного контура. Воздухосбросники должны быть расположены в высшей точке солнечного контура, и при необходимости, в сложных перегибах. При заполнении солнечного контура теплоносителем через сливной вентиль (10) воздухосборники должны находиться в открытом положении. По мере наполнения солнечного контура теплоносителем, воздух будет вытравливаться через воздухосборники, после заполнения контура воздухосборники закрываются. В течение первых дней рекомендуется так же производить сброс воздуха через воздухосборники. Это связано с тем, что с увеличением температуры растворяемость воздуха в жидкости падает.



***Рисунок 2.7. Возможное расположения воздухосбросника в солнечном контуре***

 Воздухосборник рекомендуется устанавливать в местах с благоприятными условиями отделения воздуха от жидкости. На рис.2.7. изображены три разных варианта подключения воздухосборника в солнечный контур. Третий случай не рекомендуем и обозначаем как «плохо», второй случай возможен, первый случай является оптимальным в связи с тем, что в месте расположения воздухосборники наблюдается наименьшая скорость теплоносителя.

 *Манометр (6)* измерительный прибор, предназначенный для измерения давления в контуре. Для бытовых солнечных установок горячего водоснабжения рабочее давление составляет порядка 3 бар (1 бар= $10^{5}$ Па).

 *Расширительный бак (7)* является необходимым компонентом солнечной установки, объем которого должен учитывать температурное расширение всего объема теплоносителя солнечного контура, а также возможности парообразования в солнечном коллекторе в результате прекращения функционирования циркуляционного насоса. Объем расширительного бака можно посчитать следующим образом:

$V\_{рб}=V\_{рас}+V\_{пр}+V\_{рез}$ *(2)*

где $V\_{рб}$-объем расширительного бака, $м^{3}$; $V\_{рас}$-объем, связанный с тепловым расширением всего теплоносителя солнечного контура, $м^{3}$; $V\_{пр}$- объем связанный с возможным парообразованием теплоносителя в результате остановки циркуляционного насоса, $м^{3}$; $V\_{рез}$- резервный объем, поддерживающий работу расширительного бака при больших давлениях, $м^{3}$.

Расчет трех выше указанных объемов ведется по следующим формулам:

$V\_{рас}=\frac{ρ\_{хол}-ρ\_{гор}}{ρ\_{гор}}∙V\_{сол.к}=(0,07÷0,1)∙V\_{сол.к}$ (3)

где $V\_{сол.к}$-объем теплоносителя в солнечном контуре, $м^{3}$; $ρ\_{хол}$- плотность теплоносителя в холодном состоянии, кг/$м^{3}$; $ρ\_{гор}$- плотность теплоносителя в нагретом состоянии, кг/$м^{3}$;

$V\_{пр}=1,1V\_{кол}$ (4)

где $V\_{кол}$-объем теплоносителя в солнечном коллекторе, $м^{3}$;

$V\_{рез}=(0,01÷0,1)∙V\_{сол.к}$ (5)

*Станция солнечного контура* представляет собой компактно собранный элемент, включающий в себя: насос, обратный клапан, манометр, предохранительный клапан, расширительный бак. Станция солнечного контура очень удобна и компактна при монтаже солнечной установки.



*Рисунок 2.8. Станция солнечного контура*

*Трубопроводы (8)* соединяют отдельные компоненты солнечного контура, в частности, солнечный коллектор с баком-аккумулятором. Материал трубопроводов зависит от габаритов солнечной установки, а также от солнечного коллектора.

*Предохранительный клапан (9)* необходим для солнечных установок, особенно для комбинированнных солнечных систем отопления и горячего водоснабжения. Предохранительный клапан должен автомотически открыться при достижении критического давления в солнечном контуре, во избежание повреждения отдельных компонентов солнечный установки. При стагнации повышается давление в солнечном контуре, на что в первую очередь реагирует расширительный бак которое сглаживает давление, но если давление выше критического (обычно для установок горячего водоснабжения 4-6 бар), то открывается предохранительный клапан, через него выходит теплоноситель в жидком или газообразной состоянии и попадает в *улавливающуюся емкость (11)*.

*Сливной вентиль (11)* расположен в самой низкой части солнечного контура. Через сливной вентиль происходит заполнение солнечного контура, а также его опорожнение (слив).

*Обратный клапан (12)* обеспечивает движение теплоносителя только в одном направление. Ночное время в солнечном контуре при заряженном баке-аккумуляторе может возникнуть естественная циркуляция.

*Шаровой кран (13)* позволяет проводить профилактику, ремонт компонентов, заключенных между шаровыми кранами, не опорожняя установку. Насос является одним из таких компонентов.



***Рисунок 2.9. ночная разрядка бака-аккумулятора и ее отсутствие при установки обратного клапана***

**2.2 Экспериментальные результаты, полученные в ходе исследовательской работы**

Цель настоящего проекта заключается в разработке и создании гелиосистемы для теплоснабжения выделенного «домика» общей площадью 44 кв.м на территории университета.

Ранее «домик» использовался в качестве склада. При поддержке руководства университета был произведен космический ремонт «домика».

*Таблица 2.1*

*Показатели солнечного коллектора для отопления воды*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | t уақыт15.02.2016 жыл | $$T\_{1},℃$$ | $$T\_{2},℃$$ | $$T\_{суық},℃$$ | $$T\_{ыстық},℃$$ | $$P, \%$$ | $$P,Вт$$ | $$E,Дж$$ | $$T\_{ед.бер},℃$$ | $$T\_{ед.шығ},℃$$ | $$P, бар қысым$$ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 