

УДК 662.997.534

Эрмекова З.К.*к.т.н., доц. Кыргызско-Узбек. Межд. универ. им. Б.Сыдыкова, Кыргызская Республика***Асанбаев И.И.***преп. Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б.Сыдыкова, Кыргызская Республика***ИЧҮҮЧҮ СУУ МЕНЕН КАМСЫЗДОО ҮЧҮН КҮНДҮК ШОРСУЗДАНДЫРУУЧУ ТҮЗҮЛҮШТҮН КОНСТРУКЦИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ**

Бул жумушта күндүк шорсуздандыруучу түзүлүштүн конструкциясы изилдөөнүн предмети болуп саналат. Изилдөөнүн максаты болуп күндүк шорсуздандыруучу түзүлүштүн конструкциясын иштеп чыгуу. Изилдөөлөр эксперименталдык усулдар аркылуу жүргүзүлдү. Иштелип чыккан күндүк шорсуздандыруу түзүлүштүн изилдөөлөрүндө, өзгөчөлүктөрү, артыкчылыктары, кемчилдиктери жана пайдалануу чөйрөсү аныкталган. Бир катмарлуу күндүк шорсуздандыруучу түзүлүштө топтолгон энергиянын болжол менен 70% айлана-чөйрөгө текке кетет жана күн баткандан кийин болжол менен 30% гана сууга кайтып келип, аны буулантууга кетет. Изилдөөнүн жыйынтыгында жаңы иштелип чыккан үч катмарлуу күн шорсуздандыруучу түзүлүштүн өндүрүмдүүлүгү жана натыйжалуулугу 10 жана 15%ке жогору көрсөткүчкө ээ экендиги аныкталды. Топтолгон энергиянын 60%зы болжол менен сууну буулантууга кетет. Жарым жаа сымал тунук каптаманы колдонуу сунушталат. Алынган дистирленген суу жогорку сапаты тазалыгы менен айырмаланат. Иштелип чыккан күндүк шорсуздандыруучу түзүлүш ичүүчү суунун тартыштыгы бар аймактарда суу менен камсыз кылуусу мүмкүн. Мындан ары изилдөөлөрдүн максаттары катары кеңири таралуучу жеңил конструкциядагы көчмө шорсуздандыруучу түзүлүштүн математикалык моделин жана конструкциясын иштеп чыгуу каралган.

Негизги сөздөр: күн радиациясы; күндүк шорсуздандыруучу түзүлүш; негиз; тунук каптама; суунун жогорку сапаты; материалдардын жылуулук сыйымдуулугу; өндүрүмдүүлүк; пайдалуу аракет коэффициенти.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В данной работе предметом исследования является конструкция солнечной опреснительной установки. Целью исследования является разработка конструкции устройства солнечных опреснительных установок. В исследованиях разработанного устройства солнечного опреснения были определены особенности, преимущества, недостатки и область применения. В однослойном солнечном опреснительном устройстве около 70% этой аккумулированной энергии теряется бесполезно в окружающую среду и только примерно 30% после захода солнца возвращается к воде и идет на ее испарение. Исследования, проводились с помощью экспериментальных методов. Исследование показало, что новое разработанное трехслойное солнечное опреснительное устройство имеет производительность и эффективность на 10 и 15% выше от аналогичных устройств. Около 60% накопленной энергии уходит на испарение воды. В исследованиях разработанных солнечных опреснительных установок рекомендуется использовать прозрачное покрытие в форме дуги. Полученная дистиллированная вода отличается высоким качеством и чистотой. Разработанная установка солнечного опреснения может обеспечить водой регионы с дефицитом питьевой воды. В дальнейших исследованиях предусмотрена разработка математической модели и конструкции для широко распространенного передвижного опреснительного устройства легкой конструкции.

Ключевые слова: солнечная радиация; солнечный опреснитель; основание; прозрачное покрытие; высокое качество воды; теплоемкость материалов; производительность; коэффициент полезного действия.

DESIGN DEVELOPMENT OF A SOLAR DESALINATION PLANT FOR DRINKING WATER SUPPLY

In this paper, the subject of research is the design of a solar desalination plant. The aim of the study is to develop the design of solar desalination plants. In the studies of the developed solar desalination device, the features, advantages, disadvantages and scope were determined. In a single-layer solar desalination device,

about 70% of this accumulated energy is wasted uselessly into the environment, and only about 30% after sunset returns to the water and goes to its evaporation. The studies were carried out using experimental methods. The study showed that the newly developed three-layer solar desalination device has a capacity and efficiency of 10% and 15% higher. About 60% of the stored energy is spent on water evaporation. In studies of developed solar desalination plants, it is recommended to use a transparent coating in the form of an arc. The resulting distilled water is of high quality and purity. The developed solar desalination plant can provide water to regions with a shortage of drinking water. Further research provides for the development of a mathematical model and design for a widespread mobile desalination device of light construction.

Keywords: solar radiation; solar desalination plant; base; transparent coating; high water quality; heat capacity of materials; productivity; efficiency.

Благодаря региональному проекту USAID по водным ресурсам и окружающей среде, за техническую и финансовую поддержку в рамках конкурса молодых ученых, разрабатывается новая конструкция трехслойной солнечной опреснительной установки.

Большинство эксплуатируемых в мире солнечных опреснительных установок (СОУ) имеют бетонные корпуса. Это связано со свойствами бетона – долговечности и стойкости к соленой воде и дешевизны среди пригодных для этих целей материалов [1-5].

Массивное, следовательно, теплоемкое железобетонное основание СОУ аккумулирует в своем теле значительную часть тепловой энергии, поступающей в СОУ через прозрачное покрытие в виде солнечного излучения. Установлено, что в СОУ, около 70% этой аккумулированной энергии теряется бесполезно в окружающую среду и только примерно 30% после захода солнца возвращается к воде и идет на ее испарение [6,7].

Кроме этого, бетонные корпуса СОУ имеют значительную тепловую инерцию.

Для преодоления этих недостатков бетонных СОУ разработаны СОУ из более легких материалов – из древесины, пластмассы, пластиковых пленок, листового металла и др. [3]. Однако, как показал опыт их эксплуатации, они недолговечны.

Как следует из проведенного обзора состояния работ по солнечным опреснителям остаются актуальными задачи определения зависимостей между параметрами и факторами окружающей среды и теплотехническими характеристиками. Такие зависимости в конечном счете являются основой для создания эффективных солнечных опреснителей.

Получение таких зависимостей только за счет экспериментальных исследований сложно, вследствие большого числа параметров задачи. В связи с этим важным является развитие расчетных методов определения указанных зависимостей и их сочетания с экспериментальными исследованиями.

В данной работе, с учетом результатов численного исследования влияния параметров солнечного опреснителя на её теплотехнические характеристики (тепловая инерция, производительность и коэффициент полезного действия (кпд), была поставлена задача разработка конструкции СОУ, минимально содержащей металлические материалы в своей рабочей зоне, где происходит испарение воды и конденсация пара, т.е. условия работы элементов СО в рабочей зоне происходят при повышенной влажности фактически при 100%. Прозрачное ограждение имеет полуцилиндрическую форму. Основание данной установки – монолитная, с внутренними размерами 4800 x 1150 мм и высотой бортов 100 мм. Толщина боковых стенок – 100 мм, а данной части -50 мм. Оно сделано из однородного материала – бетона и достаточно массивна – имеет вес 1094,40 кг и имеет теплоемкость 1624,95 кДж/град. Эта значительная величина и поэтому большая доля солнечной радиации, проникающей в установку, превращаясь в тепловую энергию, аккумулируется этим основанием. Это, в первую очередь, уменьшает долю тепловой энергии, идущей непосредственно на испарение воды, а во – вторых, ее значительная часть теряется в окружающую среду. Это снижает как КПД, так и производительность установки. Это и является недостатком данной установки.

Наши расчеты, проведенные для рассматриваемой установки с бетонным основанием показали, что самым теплоемким элементом установки является бетонное основание. Теплоемкость всей конструкции этой установки складывается из теплоемкостей его составляющих элементов. В таблице 1 приведены теплоемкости элементов установки и ее

общая теплоемкость.

Таблица 1 – Теплоемкость однослойного модуля опреснительной установки и ее элементов

№ пп	Элемент	Материал	Плотн., кг/м ³	Кол-во, кг	Удельн. теплоемк. кДж/кг.град.	Теплоемкость, кДж/град.
1	Основание	Бетон	2400	1094,40	1,13	1236,67
2	Арматура	Сталь	7600	4,65	0,462	2,15
3	Сетка-мак	Сталь	7600	2,59	0,462	1,19
4	Битумное покрытие	Битум	1350	3,37	1,67	5,62
5	Прозрачное покрытие верхнее	Стекло	2500	65,00	0,67	43,55
6	Прозрачное покрытие торцевое	Стекло	2500	4,87	0,67	3,26
6	Патрубки	Полиэтилен		0,43	1,78	0,76
7	Герметик	Композит	800	3,20	2,09	6,69
8	Опресняемая вода	Вода (5% солености)	1010	77,87	4,17	325,06
Суммарная теплоемкость						1624,95

Основными теплоемкими элементами заправленного водой установки являются бетонное основание (76,10%), сама опресняемая вода (20,00%). В расчетах толщина опресняемой воды взята равной 1,5 см.

Вклад стеклянного прозрачного покрытия в общую теплоемкость установки составляет всего 2,88%.

В таблице 2 приведены теплоемкости элементов трехслойные опреснительные установки и ее общая теплоемкость (ТОУ).

Таблица 2 – Теплоемкость элементов и модуля ТОУ

№ пп	Элемент	Материал	Плотн., кг/м ³	Уд. тепл. кДж/кг.град	Масса, кг	Теплоемкость, кДж/град
1	Основание	Бетон	2400	1,13	1044,0	1179,7
2	Арматура	Сталь	7600	0,462	4,65	2,25
3	Сетка-мак	Сталь	7600	0,462	2,59	1,19
4	Битумное покрытие	Битум	1350	1,67	3,37	5,62
5	ПО	Стекло	2500	0,67	80,0	53,6
6	Торцевое ПО	Стекло	2500	0,67	4,87	3,36
6	Патрубки	Полиэтилен		1,78	0,43	0,8
7	Герметик	Композит	800	2,09	3,20	6,7
8	Теплоизоляция	Щебень	1840	0,88	664,60	584,9
9	Опресняемая вода	Соленость 5%	1010	4,174	77,87	325,1
Суммарная теплоемкость						2163,22

Как видно из таблицы 1, основными теплоемкими элементами заправленного модуля ММСОУ являются бетонное основание (54,8%), теплоизоляционная подстилка (27,1%) и сама опресняемая вода (15,1%). (В расчетах толщина воды взята равной 1,5 см, а не 2 см – как в ряде экспериментах).

У модуля установки с однослойным основанием теплоемкость равна 1624,95 кДж/град, а у трехслойного основания теплоемкость равна - 2163,22 кДж/град, что на 30 % больше, чем

теплоемкость однослойного основания.

Разработана СОУ с улучшенными теплоизоляционными свойствами, бетонное основание которого выполнено состоящим из последовательно расположенных трех основных слоев - несущего наружного бетонного слоя, пенопластового теплоизолирующего слоя и внутреннего слоя, выполняемого из цементно – песчаного раствора [4], устройство которой приведено на рисунке 1 - вид сверху, сбоку и с торцевых сторон, на рисунке 2 – ее поперечный разрез.

Солнечная опреснительная установка состоит из бетонного основания 1, имеющего в плане форму прямоугольного корыта с невысоким бортом. Прозрачное ограждение имеет дугообразную форму и состоит из нескольких модулей 2. Модули получают моллированием. Модули прозрачного ограждения устанавливаются на боковые ребра бетонного основания. Небольшие зазоры (менее 0,5 мм), остающиеся между дугообразными модулями прозрачного ограждения закрываются липкой лентой. Торцевые стороны прозрачного ограждения закрываются также листовыми стеклами 3, имеющими форму сегмента.

Нижние концы дугообразных модулей 2 прозрачного ограждения, соприкасающиеся с бетонным основанием 1, с наружной стороны герметизируются водостойкой упругой мастикой 4.

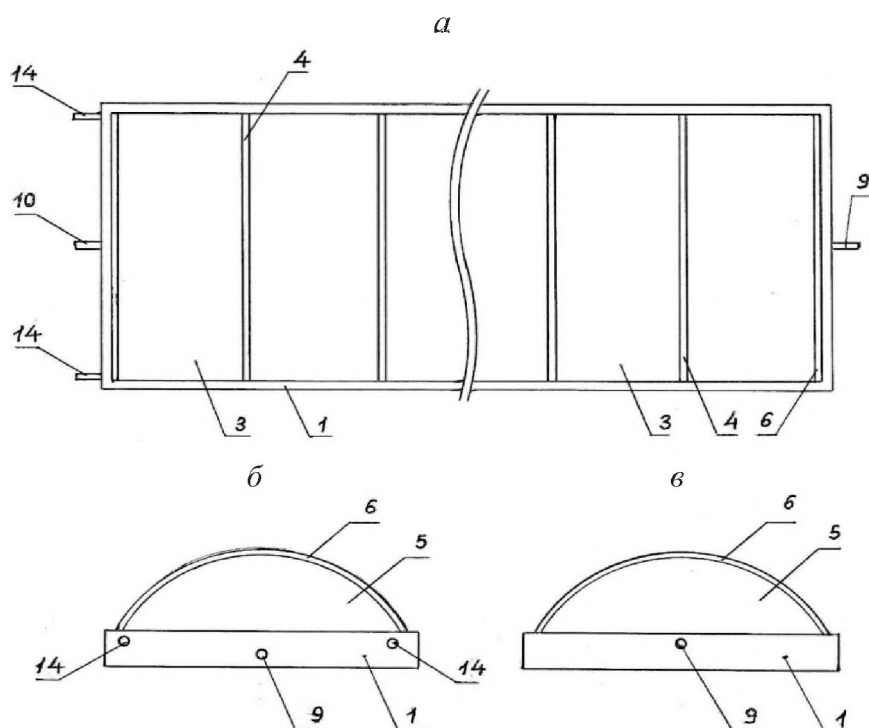


Рисунок 1 - Схема малометаллоемкой солнечной опреснительной установки:
а - вид сверху; б - вид с передней стороны; в – вид с тыльной стороны.

Схема конструктивного варианта разработанной СОУ приведена на рисунке 2 а, а на рисунке б и в приведено сечение корпуса СОУ.

Как видно СОУ состоит из следующих основных элементов: основания 1 (грунтовый с гидроизоляцией, или железобетонный корпус), имеющего в плане прямоугольную форму, которая в случае бетона, армирована стальной арматурой (для придания жесткости конструкции). Одновременно основание является корытом с невысоким бортом. Внутренняя часть корпуса для увеличения коэффициента поглощения солнечных лучей и гидроизоляции изнутри покрывается, и прозрачного стекляннного ограждения.

Элементы прозрачного ограждения, имеющие полуцилиндрическую форму, получается моллированием листового стекла на специальной матрице, имеющей соответствующую полуцилиндру форму.

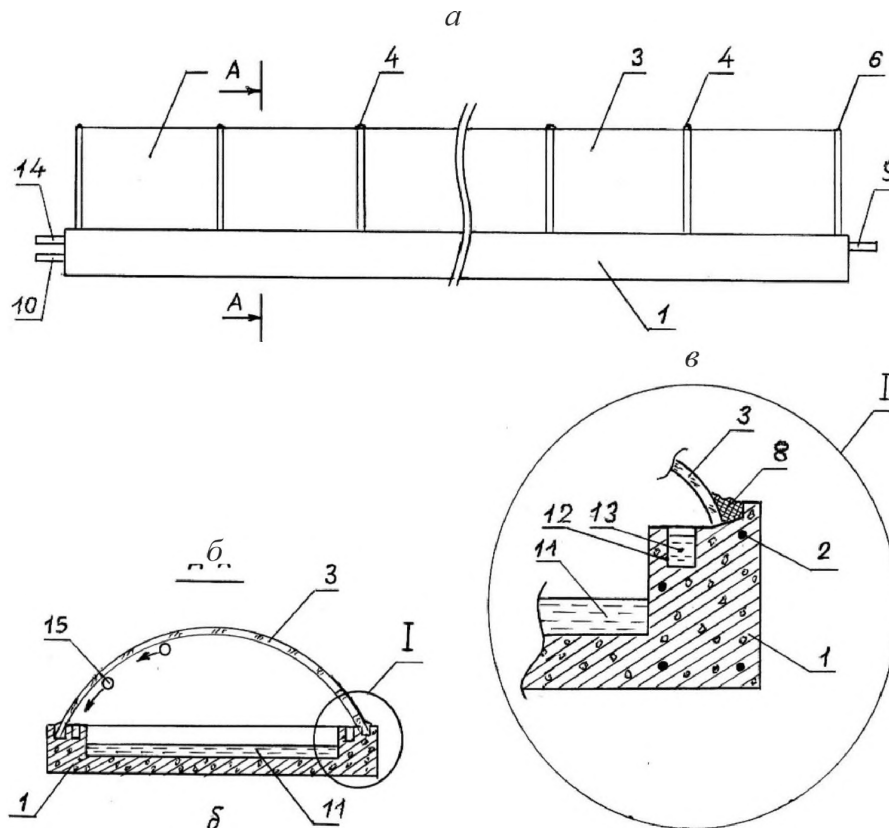


Рисунок 2 - Конструкция малометаллоемкого СОУ:

а - схема конструктивного варианта разработанной СОУ; *б*, *в* - сечение корпуса СОУ.

Модули прозрачного ограждения 3 устанавливаются на боковые ребра железобетонного основания 1 и соединяются между собой резиновым уплотнителем 4 (рисунок 3), имеющего пазы для стекла (аналогично резиновым держателям автомобильных стекол).

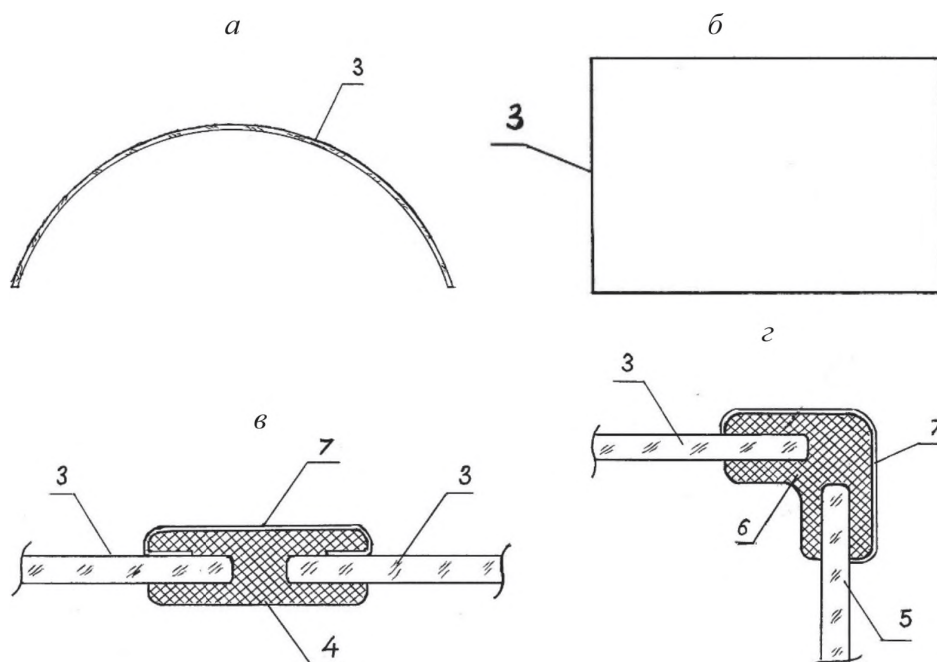


Рисунок 3 - Крепление стеклянных элементов ПО:

а - прозрачного стеклянного ограждения; *б* - корытабассейна; *в* - крепление в ряду; *г* - крепление вид в торце.

Торцевые стороны ПО закрываются листовым стеклом 5, имеющего форму сегмента. Боковые стороны конечных листов ПО и боковые сегменты соединяются между собой уголковым резиновым уплотнителем.

Основание состоит из трех основных слоев: несущего наружного бетонного слоя 5 (толщиной 50-60 мм, второго – пенопластового теплоизолирующего слоя 6 (толщиной 20-30 мм) и третьего – внутреннего слоя 7, выполняемого из цементно – песчаного раствора толщиной не более 5 мм. Для прикрепления листов (плит) пенопласта к несущему бетонному основанию используются крепежные штыри (гвозди) из пластмассы (рисунок 4) и подобно шурупам ввинчены в основание. Между пенопластовым теплоизолирующим слоем 6 и слоем цементно – песчаного раствора 7 для хорошего их сцепления уложена мелкая металлическая сетка, которая также прикреплена к пенопласту с помощью крепежных пластмассовых штырей (на рисунке не показаны). Для гидроизоляции на цементно – песчаный раствор наносится слой битума толщиной 1-2 мм и стеклянный слой.

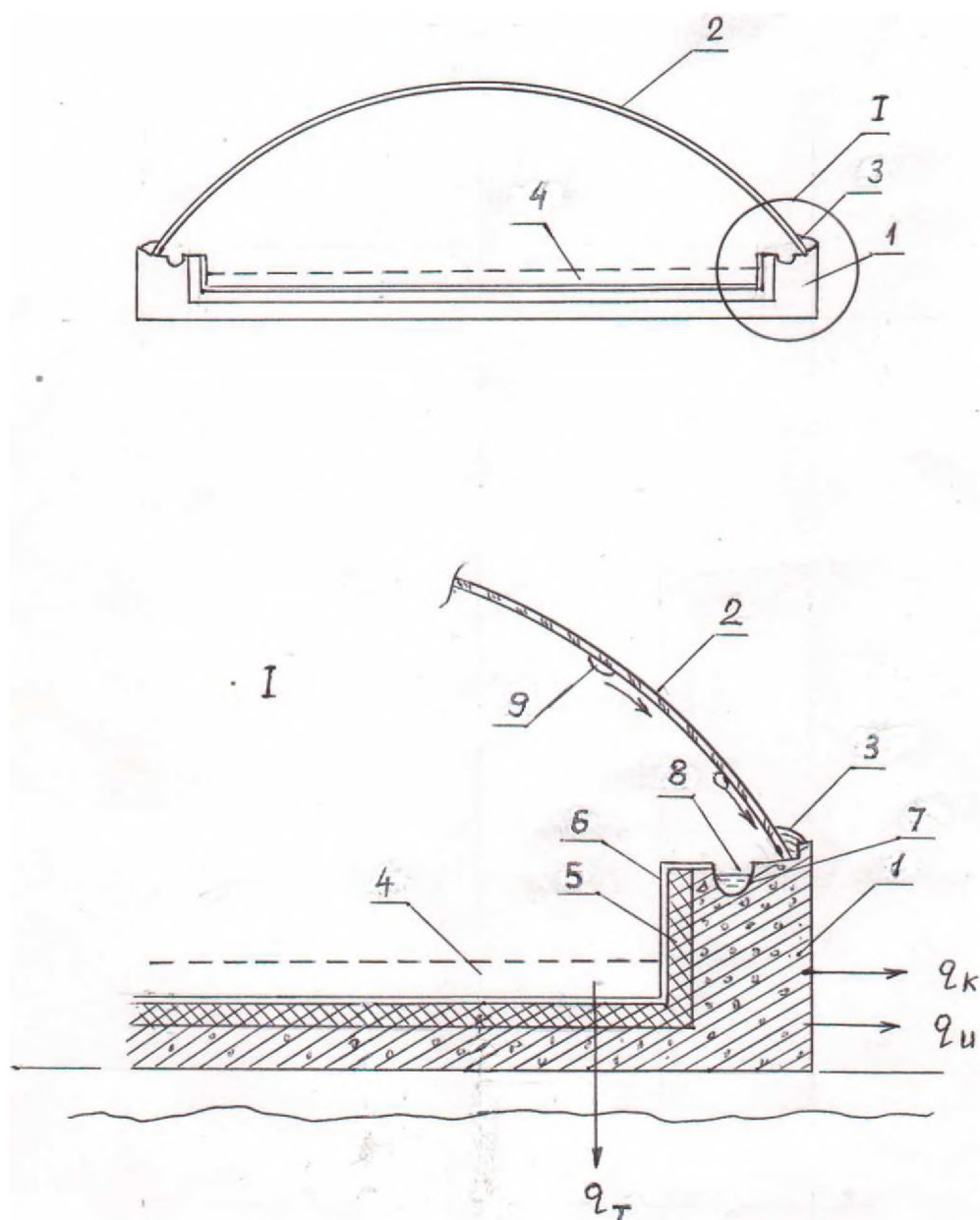


Рисунок 4 - Схема поперечного сечения солнечной опреснительной установки

Для заливки соленой воды в основание 1, на одной из его торцевых сторон имеется патрубок. На противоположной торцевой стороне основания 1 имеется патрубок 9 для слива воды при промывке дна основания от образующегося со временем рассола.

На длинных боковых ребрах основания 1 сделаны канавки 11 для скапливания и стекания пресной воды 12.

Из основания установки пресная вода 12 вытекает через патрубки 13, нижняя часть которых находится на одном уровне со дном канавок 11.

Принцип работы предлагаемой установки показан схематично на рисунке 5.

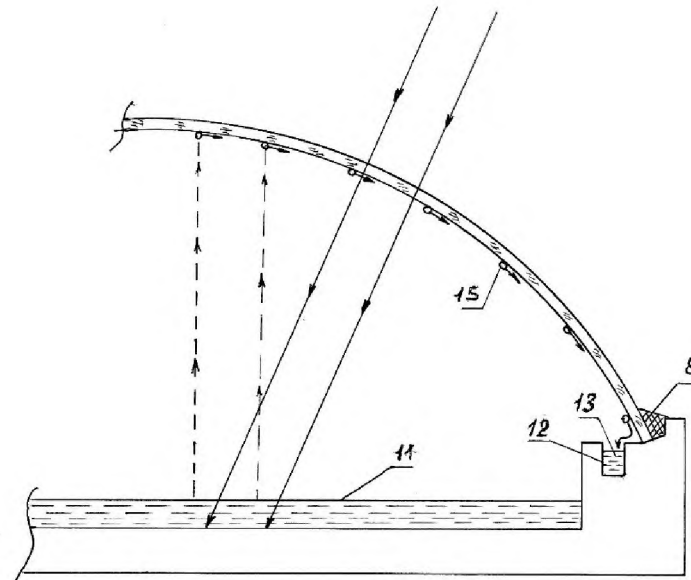


Рисунок 5 - Схема работы малометаллоемкой солнечной опреснительной установки

Соленая вода 10 толщиной 1-2 см находится в основании 1. Солнечные лучи, проникая во внутрь через модули 2 прозрачного ограждения, поглощаются зачерненными (битумированными) дном и боковыми частями основания 1, а также частично и самой водой. Температура воды повышается, и вода начинает испаряться. Пары воды, поднимаясь вверх, соприкасаются с относительно холодной внутренней поверхностью модуля 2 прозрачного ограждения и конденсируются. Агрегируя, пары воды превращаются в капли 15 и стекают по наклонной внутренней поверхности вниз к канавкам 11. Скапливающаяся в канавках 11 опресненная вода 12 вытекает наружу через патрубки 13 и далее по коллекторным (на рисунке не показаны).

При работе установки температура опресняемой воды в летние месяцы достигает 75-85°C.

Выводы:

1. Разработана конструкция трехслойной солнечной опреснительной установки, которая отличается долговечностью, дешевизной изготовления и производительностью, благодаря отсутствию металлического каркаса;

2. Выявлено, что предлагаемая солнечная опреснительная установка будет востребована не только в Кыргызстане, но и в других странах с засушливым климатом.

Список литературы:

1. Байрамов, Р. Опреснение воды с помощью солнечной энергии [Текст] / Р. Байрамов, С. Сейиткурбанов. – Ашхабад: Ылым, 1977. – 147 с.
2. Эрмекова, З.К. Коэффициенты потока скатных прозрачных ограждений солнечных установок [Текст] / З.К. Эрмекова // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2019. - № 1. – С. 12-17.
3. Сейиткурбанов, С. Результаты испытаний трех конструкций типовых секций солнечной опреснительной установки [Текст] / С. Сейиткурбанов, Р.Б. Байрамов, Б. Ташназаров // Гелиотехника. – 1975. - № 5. – С. 30-34.
4. Исманжанов, А.И. Моделирование и расчет светопропускания прозрачного ограждения солнечных

установок [Текст] / [А.И. Исманжанов, Ш.И. Клычев, М.С. Самиев и др.] // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2015. - № 1. – С. 33-37.

5. **Исманжанов, А.И.** Влияние рельефа местности на эксплуатационные характеристики низкопотенциальных солнечных теплоэнергетических установок [Текст] / А.И. Исманжанов, О.У. Дилишатов, З.К. Эрмекова // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2017. - № 2. – С. 7-15.
6. Пат. 1825 Кыргызская Республика, МПК F 24J 2/42. Солнечная опреснительная установка [Текст] / А.И. Исманжанов, З.К. Эрмекова; Бишкек. НИИ связи. - № 20140135.1; заявл. 26.12.14; опубл. 29.01.16, Бюл. № 1825. – 3 с.: ил.
7. **Клычев, Ш.И.** Коэффициент вхождения потока солнечного излучения через плоское прозрачное ограждение [Текст] / [Ш.И. Клычев, С.А. Бахрамов, В.В. Харченко и др.] // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2019. - № 1. – С. 8-12.
8. **Комилов, О.С.** Результаты испытаний солнечных дистилляционных установок с эмалированными теплоприемниками (СДУ-Э) [Текст] / [О.С. Комилов, Г.Я. Умаров, Б.М. Ачилов и др.] // Гелиотехника. – 1981. - № 6. – С. 28-31.
9. **Исманжанов, А.И.** Исследование эксплуатационных характеристик малометаллоемкой солнечной опреснительной установки [Текст] / А.И. Исманжанов, З.К. Эрмекова, И.И. Асанбаев // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2016. - № 3,4. – С. 13-17.
10. **Лариков, Н.Н.** Теплотехника [Текст]: учебник для вузов / Н.Н. Лариков. – М.: Сторойиздат, 1985. – 432 с.

DOI:10.54834/16945220_2023_1_5

Поступила в редакцию: 15.02.2022 г.