

О‘ЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
О‘ЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
VA KOMMUNIKATSIYALARINI RIVOJLANTIRISH
VAZIRLIGI
МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

ИНФОРМАТИКА
VA ENERGETIKA
MUAMMOLARI

4·2020

ПРОБЛЕМЫ
ИНФОРМАТИКИ
И ЭНЕРГЕТИКИ

*Журнал под таким названием издается с января 1992 г.
по 6 номеров в год*

Издательство «Fan va texnologiya»
ТАШКЕНТ– 2020

28. Celik A. A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey // Renewable energy. 2004. №29. P.593 – 604.
29. Soulouknga M., Doka S., Revanna N., Djongyang N., Kofane T. Analysis of wind speed data and wind energy potential in Faya-Largeau, Chad, using Weibull distribution // Renewable energy. 2018. №121. P. 1 – 8.
30. Chaurasiya P., Ahmed S., Varudkar W. Study of different parametrs estimation metods of Weibull distribution to determine wind power density using ground based Dopller SODAR instrument // Alexandra Engineering Journal. 2017. №80. P. 34 – 40.
31. <https://globalwindatlas.info/area/Uzbekistan/Bukhara>.
32. Berlin B. Modeling the Weibull shape parameter to improve estimates of the annual wind energy potential in Sweden. 2018. P. 19 – 20.
33. Безруких П. Ветроэнергетика. 2014.С.78 – 82.
34. Elistratov V., Ramadan A. Energy potential assessment of solar and wind resources in Syria // Journal of Applied Engineering Science. 2018. №16. P.208 – 216.

УДК 622.997

М.С.МИРЗАЕВ

ТЕПЛО–ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ

Экспериментально исследованы в естественных условиях: производительность дистиллята; скрытая теплота конденсации; скорость конденсации; давление насыщенного водяного пара; тепловая эффективность камеры конденсации солнечной водоопреснительной установки в течение дня по часовому шаговому времени. Выявлена величина теплового эффекта паровоздушной камеры конденсации при суточной солнечной радиации. Определена динамика теплотехнических параметров установки в часовой интервал дня.

Ключевые слова: солнечный наклонно- многоступенчатый опреснитель, скрытая теплота конденсации, тепловой эффект камеры конденсации, модель физических процессов.

М.С.Мирзаев

Қуёш чучитгичи қурилмаларининг конденсацияси яширин иссиқлигини ҳисобга олингандаги иссиқлик-энергетик тавсифлари

Қуёш сув чучитгичининг табиий шароитдаги: дистиллят ишлаб чиқариши; конденсациянинг яшириш иссиқлиги; тўйинган сув бугининг босими; конденсация тезлиги; кун давомидаги соатларда қуёш сув чучитгичи камерасининг иссиқлик самараси эксперименталь тадқиқ қилинган. Кунлик қуёш радиациясида буғ ҳаво камераси иссиқлик эффекти катталиги аниқланган. Кунлик соат интервалларида қурилманинг иссиқлик-техник параметрларини динамикаси аниқланди.

Калит сўзлар: қия кўп-поғонали қуёш чучитгичи, конденсациянинг яшириш иссиқлиги, конденсация камераси иссиқлик эффекти, физик жараёнлар модели.

Heat-energy characteristics of a solar expression installation taking into account the hidden heat of condensation.

Experimentally investigated in vivo: the performance of the distillate; latent heat of condensation; condensation rate; saturated water vapor pressure; thermal efficiency of the condensation chamber of a solar water-desalination plant during the day in hourly increments. The magnitude of the thermal effect of the para-aerial condensation chamber with daily solar radiation was revealed. The dynamics of the thermal parameters of the installation in the hourly interval of the day is determined.

Keywords: solar oblique-multistage desalination plant, latent heat of condensation, thermal effect of the condensation chamber, model of physical processes.

Введение. Для повышения ежедневного производства питьевой воды и тепловой эффективности солнечных опреснительных установок многими исследователями мира рекомендуется использовать в установках дополнительные солнечные коллекторы параболического концентратора [1] и вертикальные отражатели [2]. Кроме того, некоторые авторы отмечают, что позиции внешнего отражателя, его геометрические размеры и угол расположения по отношению к горизонту оказывают влияние на суточное производство дистиллята (конденсата) [3]. В целях интенсифицирования передачи тепла между поверхностью конденсатора и окружающей средой были дополнительно использованы металлические ребра [4]. Для аккумуляции солнечного излучения (хранения поглощенного солнечного излучения в режиме разумного тепла) некоторыми авторами рекомендовано использовать в солоноватой воде солнечного опреснителя камни, уголь, красные кирпичи, куски железа, песок и т.д.

Описание. Анализ научных статей показывает, что в научных публикациях редко содержатся материалы по разработке и исследованию транспортируемых солнечных опреснительных установок.

Данная статья посвящена результатам разработки и экспериментального исследования транспортируемой солнечной наклонно-многоступенчатой опреснительной установки.

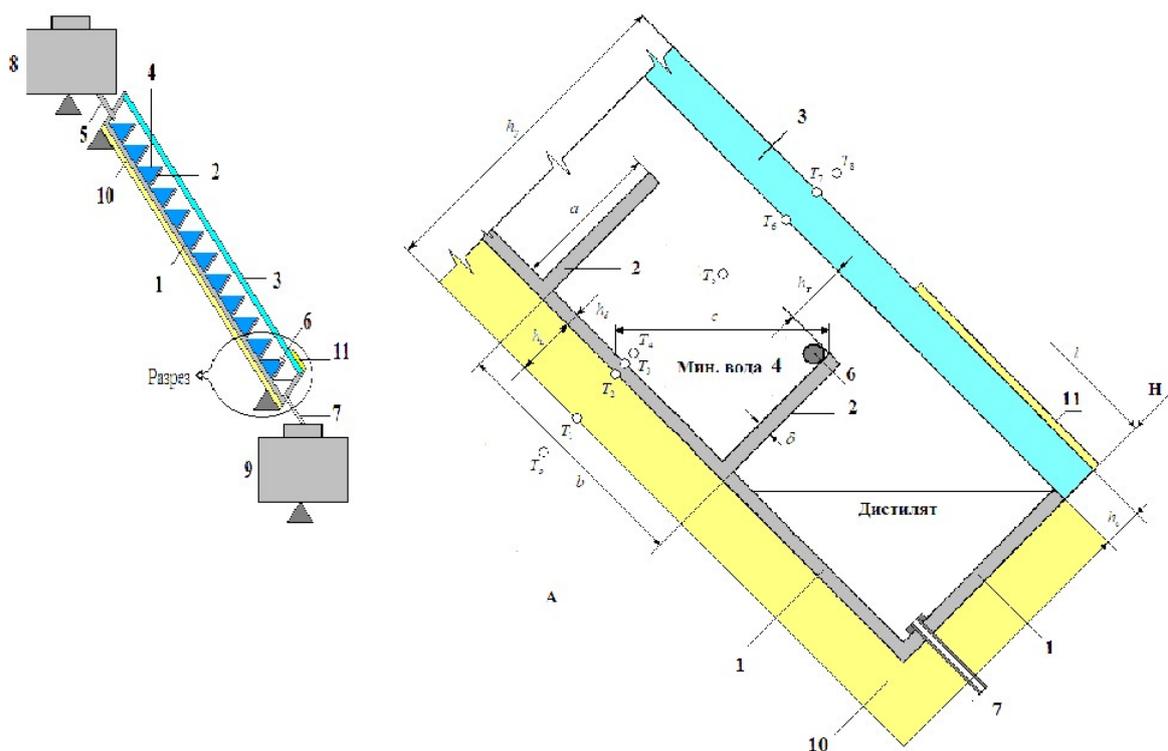
Солнечная наклонно-многоступенчатая опреснительная установка в основном состоит (рисунок) из металлического корпуса (ящик) 1. Дно корпуса разделено на несколько секций с металлическими ступеньками 6, в которых помещена солоноватая вода 5. На верхней части корпуса 1 установлен прозрачный материал (стекло) 7. По боковым стенкам корпуса подрубки: подрубка 3 для ввода солоноватой воды в каждую секцию между ступеньками; подрубка 8 для слива излишней солоноватой воды; подрубка 10 для вывода дистиллята изнутри корпуса 1 установки. Для ввода солоноватой воды внутрь установки подрубка 3 герметически соединена с емкостью 4 и для вывода дистиллята — подрубка 10, которая соединена с емкостью 11.

Отметим, что первая секция — пространство между нижней боковой стенкой корпуса и первой ступенькой (высота ее больше, чем у других ступеней) предназначена для поступления и слива дистиллята с подрубкой 10 в емкость 11. Вторая секция — пространство между первой и второй ступеньками с подрубкой 8, предназначена для слива наружу излишней солоноватой воды изнутри установки.

Для защиты от повторного испарения дистиллята, накопленного в первой секции, к наружной поверхности стекла против этой секции прикладывается маркировочный (темный бархат) материал 9.

Металлические ступеньки 6 и корпус 1 опреснительной установки герметично приварены между собой. Боковые стенки и дно корпуса 1 с наружной части изолированы от теплоотдачи с окружающей средой натуральным безопасным минералом-утеплителем марки «Тепло knauf» 2. Корпус 1 и

ступеньки *б* изготовлены из нержавеющей стали и окрашены эмалевой черной краской.



Схематический вид солнечной наклонно-многоступенчатой опреснительной установки (А – разрез):

1 – металлический корпус; 2 – теплоизолятор; 3 – подрубка для ввода минерализованной воды в каждую секцию; 4 – емкость для минерализованной воды; 5 – минерализованная вода; 6 – металлические ступеньки; 7 – светопроникающий материал (стекло); 8 – подрубка для слива излишней минерализованной воды; 9 – маркировочный материал; 10 – подрубка для вывода дистиллята; 11 – ёмкость для дистиллята

Экспериментальные исследования показывают, что для выбора геометрических размеров элементов модельной конструкции установки необходимо знать длину пробега молекул водяных паров внутри камеры конденсации. Для этого определена формула вычисления пробега молекул водяных паров, испускаемых с поверхности солоноватой воды, до внутренней площади поверхности стекла (методика расчета подробно описана в работе [5]):

$$\lambda_o = \left[a \cdot \cos(90 - \alpha) + \frac{h_x}{\cos(90 - \alpha)} \right] \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

Испытываемая солнечная опреснительная установка наклонена под углом к горизонту, равным северной географической широте $38^\circ N$ г. Бухары Республики Узбекистан. В таком случае минимально допустимое расстояние от поверхности солоноватой воды до внутренней площади поверхности стекла принято $h_x = 3.65$ см.

Создана экспериментальная солнечная наклонно – многоступенчатая опреснительная установка усовершенствованной конструкции со следующими исходными размерами элементов (см. рисунок):

-толщина стенок ступеней и металлического корпуса $\delta = 0.15$ см ; высота ступеней $a = 4,5$ см ;

-расстояние между поверхностями параллельно расположенных двух ступеней (ширина одной секции) $b = 5.8$ см ;

-ширина площади поверхности солоноватой воды, помещенной в одной секции (в начале эксперимента) $c = 7.34$ см ;

-толщина стекла $h_c = 0.4$ см ; расстояние между внутренней поверхностью стекла и краем ступеней $h_x = 3.65$ см ;

-толщина теплового изоляционного материала $h_u = 1.4$ см ; полная высота стенки установки $h_o = 10.0$ см .

Измерения. Для экспериментального исследования физических процессов в разработанной установке измеряли теплоэнергетические характеристики: радиацию солнечного излучения на горизонтальную поверхность; температуру на границах соприкасающихся с поверхностью элементов установки и в самих элементах; выделяемую массу дистиллята; влажность воздушно-паровой смеси.

Эксперименты проводили в естественных условиях в ноябре 2018 г.

Измерение потока солнечной радиации было проведено электрическим измерительным прибором –актинометром модели АТ–5, присоединенной к гальванометру модели ГСА. Чувствительность прибора –с $< 7 \cdot 10^{-7}$ А/дел, активное электрическое сопротивление $r_{ак} = 85$ Ом , реактивное сопротивление $r_p = 46$ Ом , класс точности "5", год выпуска прибора – 1981.

Для измерения температуры на границах, соприкасающихся с поверхностью элементов модельной конструкции установки, использованы термопары, связанные с измерительным прибором модели ТМ-4 с электронным экраном. Краткие характеристики: диапазон измерения температуры от -30 до 50°C , -50 до 70°C ; точность $\pm 1^\circ\text{C}$; разрешение 0.1°C ($> -20^\circ\text{C}$), 1°C ($< -20^\circ\text{C}$). Требования к окружающей среде: температура от -10 до 60°C , влажность – $20 - 85\%$ (без конденсата).

Для измерения относительной влажности внутри камеры установки использован прибор модели НСВ с электронным экраном, краткие характеристики: диапазон температуры в помещении от -10 до 50°C ; на открытом воздухе – от -50 до 70°C . Диапазон относительной влажности – $20 \div 99\%$.

Массу дистиллята измеряли обычной мензуркой 0-100ml разметками.

Для измерения температур на границах, соприкасающихся с поверхностью элементов модельной конструкции установки, выбраны следующие точки измерения с разметками букв (см. рисунок):

-точка измерения температуры между окружающей средой и наружной поверхностью теплового изоляционного материала – T_1 ;

-точка измерения температуры между внутренней поверхностью теплового изоляционного материала и наружной поверхностью металлического дна корпуса установки – T_2 ;

-точка измерения температуры между внутренней поверхностью металлического дна корпуса установки и солоноватой водой – T_3 ;

-точка измерения температуры между поверхностью солоноватой воды и воздушно-паровой смеси – T_4 ;

-точка измерения температуры в объеме воздушно – паровой смеси – T_5 ;

-точка измерения температуры между воздушно-паровой смесью и внутренней поверхностью стекла — T_6 ;

-точка измерения температуры между наружной поверхностью стекла и окружающей средой — T_7 ;

-точки измерения температуры в окружающей среде — T_0 и T_8 ;

-относительная влажность внутри опреснительной установки RH ;

-поток солнечной радиации — R .

Для измерения относительной влажности внутри установки наружную термопару прибора модели НСW установили под стеклом в нижний угол, а его наружную термопару в точке пересечения двух диагоналей между внутренней поверхностью стекла и поверхностью солоноватой воды — конкретно, в объеме воздушно-паровой смеси.

Результаты измерения указанными измерительными приборами значений суммы потока солнечной радиации R , массы выделяемого дистиллята M , относительной влажности воздушно-паровой смеси RH в камере конденсата как зависимости от часового интервала дня (период — 8 ч) представлены на рисунке. Результаты измерения температуры окружающей среды $T_0 = T_8$, температуры в перечисленных точках измерения ($T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ и T_7) и динамика теплотехнических параметров в часовой интервал дня представлены в таблице.

При относительной влажности в объемных долях больше 0.5 автором [6] рекомендуется использовать более простую формулу для приблизительного расчета точки росы, дающую погрешность $\pm 1.0^\circ\text{C}$:

$$T_{1p} \approx \Delta T_1 - \frac{1 - RH}{0.05} \quad \text{и} \quad T_{2p} \approx \Delta T_2 - \frac{1 - RH}{0.05},$$

где RH — относительная влажность водяного пара в течение часового интервала.

Для определения скрытой теплоты конденсации и скорости конденсации использовали следующие формулы, предлагаемые автором [7].

Скрытая теплота конденсации:

$$L_{cond} = 3.141 \times 10^6 (1 - 7.6 \times 10^{-4} \Delta T_2), \quad \text{Дж/кг.}$$

Скорость конденсации:

$$\dot{m}_{cond} = \frac{85.0 \cdot (T_5 - T_6) \cdot RH}{L_{cond}} = \frac{85.0 \cdot \Delta T_2 \cdot RH}{L_{cond}}, \quad \text{град/Дж/кг.}$$

Для определения давления насыщенной воздушно-паровой смеси использовали формулу, которую предлагает автор [8]:

$$P = 10^5 \cdot 10^{\left(\frac{17.443 - \frac{2795}{T_6} - 3.686 \log(T_6)}\right)}, \quad \text{Па.}$$

Динамика теплотехнических параметров в часовой интервал дня

Часовой интервал	Скрытая теплота конденсации, МДж/кг	Почасовое количество дистиллята, 10^{-3} кг	Запасная полезная энергия для водяного пара в течение часового шагового времени Δt , МДж/м ²	Скорость конденсации, (кг·град)/МДж	Давление насыщенного водяного пара в камере конденсата, 10^5 ·Па	Тепловая эффективность камеры конденсации, %	Относительная влажность
1	2	3	4	5	6	7	8
08:00–09:00	2.4740	-	0,5748	-	0.0283	-	0.84

09:00–09:30	2.4580	-	0,7576	-	0.0474	-	0.75
09:30–10:00	2.4372	-	0,9144	-	0.0755	-	0.80
10:00–10:30	2.4091	-	1,0844	78.8925	0.1450	-	0.86
10:30–11:00	2.3867	-	1,2326	141.3521	0.2422	-	0.81
11:00–11:30	2.3723	-	1,2279	157.1513	0.3303	-	0.86
11:30–12:00	2.3542	60	1,2410	166.1584	0.4805	12	0.78
12:00–12:30	2.3454	110	1,254	191.2808	0.5729	21	0.91
12:30–13:00	2.3375	140	1,1721	219.2727	0.6676	28	0.90
13:00–13:30	2.3353	148	1,1626	217.8050	0.7286	30	0.88
13:30–14:00	2.3356	156	1,0842	240.1952	0.6925	34	0.88
14:00–14:30	2.3375	164	0,9928	230.9455	0.6676	42	0.87
14:30–15:00	2.3425	155	0,8491	232.5201	0.6058	43	0.89
15:00–15:30	2.3501	142	0,7185	213.9377	0.5212	47	0.91
15:30–16:00	2.3699	112	0,418	236.0015	0.3474	64	0.94
Итого	35.6453 в сутки	1.2·10 ⁻³ в сутки	15.10 в сутки	194 в среднем	0.41 в среднем	36 в среднем	0.86 в среднем

Для оценки тепловой эффективности камеры конденсации использовали формулу, предлагаемую автором [9]:

$$\eta_{cond} = \frac{M_{cond} \cdot L_{cond}}{\sum_{k=1}^{nk} Q_{ak} \cdot \Delta t},$$

где M_{cond} – почасовое количество дистиллята, кг; Q_{akum} – запасная полезная энергия для воздушно–водяной паровой смеси в течение шага времени k ; nk – количество ступенчатого времени, ч.

Выводы. Экспериментально исследованы теплотехнические параметры опреснительной установки в естественных условиях работы: производительность дистиллята; скрытая теплота конденсации; скорость конденсации; давление насыщенного водяного пара; тепловая эффективность камеры конденсации установки в течение часового шагового времени.

Выявлено, что, когда температура росы на внутренней поверхности стекла положительная и больше 2°C, величина теплового эффекта камеры конденсации обнаруживается и имеет значения 12–64% при суточной солнечной радиации - 15.0МДж/м².

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Singh S.K., Bhatnagar V.P., Tiwari G.N. Design Parameters for Concentrator Assisted Solar Distillation // Energy Conversion and Management. Vol.37. 1996.P. 247–252.
2. Badran A.A., Al-Hallaq I., Eyal Salman I. A., Odat M. Z. A Solar Still Augmented with a Flat-Plate Collector // Desalination. Vol. 172.2005.P. 227–234.
3. Tanaka H. Monthly Optimum Inclination of Glass Cover and External Reflector of a Basin Type Solar Still with internal and External Reflector // Solar Energy Vol. 84. 2010.P. 1959–1966.
4. Fath H., Hosny S. M. Thermal Performance of a Single-Sloped Basin Still with an Inherent Built-in Additional Condenser // Desalination. Vol. 142. 2002. P. 19–27.
5. Мирзаев М.С., Ибрагимов С.С., Мирзаев Ш.М. Экспериментальное исследование оптимального режима работы наклонно многоступенчатой

- лабораторно-опытной опреснительной установки // Узбекский журнал “Проблемы информатики и энергетики”. Ташкент, 2018. №4. С. 66–79.
6. Бурцев С.И., Цветков Ю. Н. Влажный воздух. Состав и свойства. Спб.: СПбГАХПТ, 1998. –146 с.
 7. Aybar H.S. Mathematical modeling of an inclined Solar Water Distillation Sistillation Sistem // Disalination. Vol. 190. 2006.P. 63–70.
 8. Bruhat G. Thermodynamique. Paris: Masson, 1968.
 9. Rabah K., Zeghamati B., Filali ghalia El., Touhami A. Effect of climatic and operational parameters on the performance of an indirect solar stil // International Journal of Sustainable Energy. Vol.34. 2013.P. 578–593.

СОДЕРЖАНИЕ

Информатика и управление

Б.М.Азимов, Б.О.Онорбоев, М.Б.Азимов. Разработка алгоритма оптимального управления испытательным стендом для испытаний колесных тракторов.....	3
Д.К.Мухамедиева. Качественные свойства квазилинейного уравнения параболического типа на основе автомодельного анализа решений.....	12
Д.К.Бекмуратов. Синтез классификаторов, обеспечивающий качество и надежность при распознавании объектов.....	19
Ш.Ф.Мадрахимов, А.Х.Хуррамов. Визуализация структуры расположения объектов выборки на основе обобщённых оценок.....	33
Д.Э.Эшмурадов. Разработка схемы вылета/прибытия в аэродромной зоне «Ташкент-Южный».....	41
О.М.Набиев, А.И.Нестерова. Оптимальная стратегия реализации «Умного города».....	46
Б.Ш.Раджабов, Р.Я.Мамажанов, Т.Ж.Ражабов. Разработка методов и алгоритмов адаптивного распознавания знаков правил дорожного движения.....	49
С.Т.Кубаев. Исследование математической модели и алгоритма оценки динамической устойчивости движения хлопкоуборочной машины МХ-1.8 при горизонтальных колебаниях.....	56

Энергетика

С.Ф.Амиров, А.М.Сафаров, С.Х.Жумабоев. Измерительное устройство для выявления несимметричности трехфазных токов в системах тягового электроснабжения	63
Н.Н.Садуллаев, А.Б.Сафаров. Статистический анализ ветроэнергетического потенциала с использованием двухпараметрической функции распределения Вейбулла и Рэлея в Бухарской области.....	67
М.С.Мирзаев. Теплоэнергетические характеристики солнечной опреснительной установки с учетом скрытой теплоты конденсации.....	78

Информационные и телекоммуникационные технологии

А.Ф.Марасулов. Подход к созданию системы учебно-методической базы знаний и базы данных по подготовке специалиста медицинского вуза.....	85
А.Ахмаджонов. Защита системы ПК от побочных электромагнитных излучений.....	93