

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ НАГРЕВА ЭКСТРАГЕНТА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10730104>

Муслимов Б.Б., Холиқов А.А.

Бухарский инженерно - технологический институт, Бухара, Узбекистан

E-mail: muslimovbb@gmail.com

Аннотация

В статье приведена методика расчёта солнечного коллектора для нагрева дистиллированной воды поступающей в змеевик теплообменника в котором передаётся энергия и нагревает до необходимой температуры экстрагент растворяющего масел косточек и семена плодоовощей. Предложено методика расчёта теплового баланса, энергетических затрат и подбор солнечного коллектора.

Ключевые слова

экстрагент, солнечный коллектор, эксперимент, змеевик, теплоноситель, гелиотехника, раствора этанола.

1. Введение

Развитие малого и среднего бизнеса, внедрение малотоннажных установок для переработки сельскохозяйственного сырья в фермерских хозяйствах создают проблемы электроснабжения в сельской местности.

Исходя из этого, на сегодняшний день актуальным является разработка и внедрение технологического оборудования по переработке сельскохозяйственного сырья малой производительности, рассчитанное на малый бизнес и работающего с применением альтернативных источников энергии, на примере солнечной энергии.

Последние годы в Узбекистане переработка косточек плодов, семян винограда и бахчевых с целью получения высококачественного растительного масла в силу небольших объемов сырья осуществляется на малотоннажных технологических линиях. Например, налажено производство растительных масел силами компаний "NATEK", Fito Product Ltd, Rustam Ltd, Generous Valley Trading Ltd и др. с использованием, так называемого метода «холодного» прессования. Но такой метод переработки сырья не обеспечивает

максимальный выход ценного растительного масла и полезных веществ [6,7,8].

В процессе экстракции лишь часть активных веществ из растительного сырья переходит в растворитель. Например, если экстрагирование проводится водой, то в конечном продукте будут присутствовать водорастворимые вещества, и не будет жирорастворимых, и наоборот. Главный принцип экстракции: каждые растворители при разных температурах вытягивают свои полезные вещества и после холодного способа нежелательно нагревать: могут некоторые вещества погибнуть. Учитывая это предлагаем в качестве растворителя смесь этанол-вода.

2. Цель исследования.

Целью исследования является нагревание дистиллированной воды поступающей в змеевик теплообменника, в котором передаётся энергия и нагревает до необходимой температуры экстрагента растворяющего масел косточек и семена плодовоовощей до определенной температуры и подбор солнечного коллектора.

3. Методы и материалы

В связи с использованием в технологическом процессе солнечной энергии кратко остановимся на характере солнечного излучения. Около поверхности Земли можно принять среднюю величину интенсивности солнечной радиации 635 Вт/м^2 . В очень ясный солнечный день эта величина колеблется от 950 Вт/м^2 до 1220 Вт/м^2 . Среднее значение – примерно 1000 Вт/м^2 [$860 \text{ ккал}/(\text{м}^2\text{ч})$]. Спектральное распределение солнечного излучения области длин волн до $\lambda < 0,38$ поверхностная плотность потока излучения равна $q = 75 \text{ Вт/м}^2$, в области $0,38 < \lambda < 0,78$ - $q = 640 \text{ Вт/м}^2$, а в области $0,38 < \lambda < \infty$ - $q = 618 \text{ Вт/м}^2$. [1,, 2; с.196-201]

Положение солнца относительно солнечной энергетической установки можно охарактеризовать с помощью ряда углов: $\varphi_{ш}$ - широта местности; δ_c - склонение т.е. угловое положение солнца в солнечный полдень относительно плоскости экватора; α - угол между рассматриваемой плоскостью и горизонтальной поверхностью; λ - азимутальный угол плоскости, т.е. отклонение нормали к плоскости от местного меридиана; ω - часовой угол (15°), равный нулю в солнечный полдень; $\theta_{сол}$ - угол падения прямого солнечного излучения и нормалью к поверхности.

Склонение можно определить по приближённой формуле Купера [3; с.24-29]:

$$\delta_c = 23,45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (1)$$

где n – порядковый номер дня года.

Геометрическое соотношение между $\theta_{сол}$ и другими углами можно записать в следующем виде [137]:

$$\begin{aligned} \cos \theta_{сол} = & \sin \delta_c \cdot \sin \varphi_{ш} \cdot \cos \alpha - \sin \delta_c \cdot \cos \varphi_{ш} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma + \cos \delta_c \times \\ & \times \cos \alpha \cdot \cos \omega + \cos \delta_c \cdot \sin \varphi_{ш} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma + \cos \delta_c \cdot \cos \omega + \cos \delta_c \times \\ & \times \sin \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \end{aligned} \quad (2)$$

Если учесть, что солнечный коллектор установки расположен под углом α (т.е. $\gamma = 0$), то соотношение между $\theta_{сол}$ и другими углами можно представить в следующем виде:

$$\cos \theta_{сол} = \cos (\varphi_{ш} - \alpha) \cos \delta_c \cdot \cos \omega + \sin (\varphi_{ш} - \alpha) \cdot \sin \delta_c \quad (3)$$

Продолжительность воздействия солнечной радиации в солнечном коллекторе можно определить, решая соотношение (3) относительно часового угла и в момент захода солнца, когда $\theta_{сол} = 90^\circ$ [137]:

$$\cos \omega = \frac{\sin \varphi_{ш} \cdot \sin \delta_c}{\cos \varphi_{ш} \cdot \cos \delta_c} \quad (4)$$

или

$$\cos \omega = -\operatorname{tg} \varphi_{ш} \cdot \operatorname{tg} \delta_c \quad (5)$$

Отсюда следует, что продолжительность солнечного сияния в зависимости от широты местности и периода года задана соотношением: [1]

$$T_{0 \text{ дня}} = (2/15) \arccos(-\operatorname{tg} \varphi_{ш} \cdot \operatorname{tg} \delta_c) \quad (6)$$

Однако, солнечное излучение, падающее по нормали на поверхность земли, подвергается изменениям вследствие поглощения составляющими атмосферы. При использовании солнечной энергии на Земле учитывать только излучение в интервале длин волн 0,29-2,5 мкм.

На практике определение интенсивности солнечной радиации в наземных условиях требует наличия метеорологической информации. По изменению падающего солнечного излучения q в зависимости от массы атмосферы $m_{атм}$: при $m_{атм}=1$, $q=866$ Вт/м²; при $m_{атм}=1,5$, $q=754$ Вт/м²; при $m_{атм}=2$, $q=640$ Вт/м². [2; с.200-205, 3; с.24-29]

В расчете солнечного коллектора установок и используем формулы (5), (6) и данные измерений солнечной радиации в предлагаемом месте её эксплуатации в городе Бухара. Экспериментальные данные измерений

плотности энергии солнечного облучения в зависимости от времени суток приведены на рис.1. Измерения плотности энергии солнечного облучения выполнены по методике, приведенной в [4]. Измерения показали, что на широте местности $\varphi_{ш}=39^{\circ}$ в августе и сентябре в полдень плотность облучения достигает $q=900\div 950$ Вт/м².

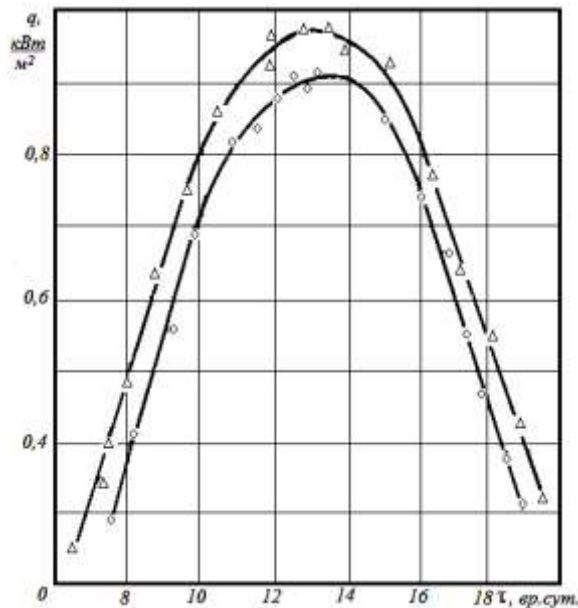


Рис. 1. Плотность солнечной радиации в зависимости от времени суток на широте местности $\varphi_{ш} = 39^{\circ}$

В практической гелиотехнике в качестве энергетической характеристики солнечного потока используется среднее за сезон значение суммарной энергии солнечного радиации, которая поступает в течении одного дня на 1м² поверхности абсорбера. Это значение плотности солнечной энергии примерно, как в мае и в сентябре. Оно превышает количество энергии, поступающей в апреле, октябре и меньше, чем летом.

Для определения площади солнечного коллектора необходимо рассчитать змеевидного теплообменника.

Из следующего уравнения находится расход горячего теплоносителя:

$$G_1 = \frac{G_2 \cdot C_2 (t_{2н} - t_{2к})}{C_1 (t_{1к} - t_{1н})} \quad (7)$$

Где с $t_{1н}$, $t_{1к}$ -начальная и конечная температура дистиллированной воды (°C); $t_{2н}$, $t_{2к}$ -начальная и конечная температура экстрагента

Требуемое количество тепла для нагрева экстрагента определяем из теплового баланса:

$$Q_{mp} = G_1 C_1 (t_{n1} - t_{к1}) = G_2 C_2 (t_{к2} - t_{к1}), \text{ Дж/ч} \quad (8)$$

где G_1 и G_2 -расход горячего и холодного теплоносителей, соответственно [кг/ч]; C_1 и C_2 – теплоемкости горячего и холодного теплоносителей, соответственно [Дж/кг град].

Согласно основному уравнению теплопередачи необходимый тепловой поток Q_1 определяется:

$$Q_1 = F \cdot k \cdot \Delta t_{cp}, \text{ кВт} \quad (9)$$

где F -поверхность теплообмена змеевика, м^2 .

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 (t_{1н} - t_{1к}) \quad (10)$$

Отсюда:

$$F = \frac{Q_1}{\Delta t_{cp} \cdot k} \quad (11)$$

где k – коэффициент теплопередачи.

Длина змеевика определяется:

$$L = \frac{F}{\pi d} \quad (12)$$

где d -диаметр трубы змеевика.

Тогда длина витка змеевика:

$$l = \sqrt{(\pi \cdot D_{зм})^2 + h^2} \quad (13)$$

Тогда количество витков змеевика определяется:

$$m = \frac{L}{l} \quad (14)$$

Суммарная площадь гелиополя определяется:

$$S = Q_1 / q \eta \quad (15)$$

4. Результаты и обсуждение.

Из уравнения (7) определено расход горячего теплоносителя 54,3 кг/ч или 0,015 кг/с; Исходя из этого уравнения (10), определён тепловой поток, в нашем случае тепловой поток равен 1,58 кВт, а поверхность теплообмена змеевика определено по формуле (11) и она равна 0,4 м². Затем из уравнение (12) определена длина змеевика, которая равна 6,4 м. Затем по формуле (13) определена длина витка змеевика и она равняется $l = 1,3$ м. Исходя из этого, количество витков змеевика определено по формуле (14) и она равно 5 шт. Исходя из предыдущих расчетов определили суммарный площадь гелио поля по формуле (15) и она равно 2,05 м²;

5. Выводы.

На основе выше изложенных расчётов определили необходимое количество коллекторов *Buderus SKN 4.0* для обогрева экстрагента. Из паспорта модели *Buderus SKN 4.0* площадь абсорбера одного коллектора $S_1 = 1,18$ м² Исходя из выше полученных т.е., при расходе горячего теплоносителя 54,3 кг/ч, тепловой поток 1,58 кВт, поверхность теплообмена змеевика 0,4 м² и при солнечной радиации 3,81 кВт·ч/м² рассчитали площадь солнечного коллектора. Значит число коллекторов для обогрева экстрагента до нужной температуры в нашем случае равен 1, 17 ≈ 2 шт

Исходя из этого для обогрева экстрагента необходимо 2 шт. солнечного коллектора марки *Buderus SKN 4.0*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнечное излучение. Электронный ресурс: <http://uekvarma.ru/poleznaya-informatsiya/solnechnoe-izluchenie>
2. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.- М.: Мир, 1977.-405 с.
3. Шеклеин А.З. Об удобном графическом представлении результатов спектральных исследований гелиотехнических материалов.-Журнал «Гелиотехника», №3, 1967.-с.24-29.
4. Лукша А.О. Приборы и методы для определения солнечной радиации. Электронный ресурс: <https://core.ac.uk/reader/39691330>
5. Солнечная радиация. Таблицы инсоляции. Электронный ресурс: http://net220.ru/poleznye_stati/solnechnaya_radiaciya_tablicy_insolyacii/
6. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б. Применение энергосберегающей технологии в процессе экстрагирования растительного сырья // Научно-

технический журнал “Развитие науки и технологий” - Бухара, 2020. - №7 - С.196-201 [02.00.00. №14].

7. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б., Ибригимов У.М. Установка для экстракции биологического сырья. //Universum: technical sciences: electron. scientific. journal. 2019. №7 (64). [02.00.00. №1]

8. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б., Сафаров Дж. Определение рационального значения гидромодуля при экстракции ядер косточек абрикоса // Совершенствование технологии консервирования сырья растительного и животного происхождения: материалы международной научно-практической заочной конференции- Краснодар, 2021. - С.258-261.

9. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б. Коэффициент диффузии при экстракции ядер косточек абрикоса этанол-водяным растворителем // Сборник тезисов международной научно-технической конференции “Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов” - Ташкент, 2021, С.145-146.

10. Муслимов Б.Б. Установка для получения экстрактов из растительного сырья // Сборник трудов республиканской научно-практической конференция «Актуальные проблемы промышленной инженерии»- Бухара, 2021.-С.46.

11. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б. Получение экстрактов из семян винограда нетрадиционным методом // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: материалы международной научно-практической конференции- Краснодар, 2020. -С.319-323.

12. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б. Получение экстрактов из ядер косточек абрикоса // Conference monograph. Science, Research, Development. #34, Paris, 2020, P. 36-39.

13. Муслимов Б.Б., Гафуров К.Х. Application of solar energy in production of extracts from vegetable raw materials // «Инновационные пути решения актуальных проблем развития пищевой и нефтегазохимической промышленности»: материалы международной научно-практической конференции, 1-Том, -Бухара, 2020, С.108-112.

14. Гафуров К.Х., Муслимов Б.Б., Мавлонов Б.А. Энерго- и ресурсосберегающая технология получения биологического сырья // Материалы международной научной конференции «Инновационные решения инженерно-технологических проблем современного производства», Том 2, Бухара, 2019. С.334-336.

15. Б.Б. Муслимов, С.Ш. Исматов, Н.А. Шарифова Отбельные технологии рафинации хлопкового масла // Вопросы науки и образования, 11-13
16. М.К. Хамроева, Б.Б. Муслимов Разработка оптимального технологического режима адсорбционной очистки и продуктов его переработки // Техника и технология пищевых производств, 156
17. Alijon Abdiraupovich Kholikov, Hamrokul Kuvandikovich Sayidov, Murodjon Hamidjonovich Beshi. Analysis of Mathematical Models and Influence of Constructions of High Efficient Heat Transfer Devices. / Mathematical Modelling and Applications. Science Publishing Group Ps. 63-67. Published Online: Dec. 13, 2017.
18. Холиков А.А., Кулдошева Ф.С. Определения и испытания температурных характеристик высокоэффективной теплопередающих устройств(тепловых труб)// Eurasian journal of academic research, 2021. Volume 1. May. с.98-109.
19. Kholikov A.A., Quldosheva F.S. Testing And Determining The Temperature Characteristics Of Heat Pipes (HP). The American Journal of Applied Sciences, 2020. 2 (11), Ps.151-166.
20. А.А. Холиков. Использование тепловых труб в массообменных установках при переработке плодов и овощей// European Journal of Interdisciplinary Research and Development 3, 2022. с.105-113.
21. Ибрагимов Р.Р., Холиков А.А., Абдурахмонов О.Р., Кобилов Х.Х. Пути решения энергетических затрат технологических процессов. Москва. /Вестник развития науки и образования. №3 2003, с.43-50.
22. Kholikov A.A., Jumaev J. Planning and conducting experiments of the drying process using heat pipes.// European Scholar Journal (ESJ), Vol.2 №3, March 2021. Ps.36-46.
23. Alijon Kholikov, Jura Jumaev, Doniyor Hikmatov, Khamid Kuvvatov. Optimization of onion drying process parameters using the full factorial experiment method// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 848 (2021) 012010 doi:10.1088/1755-1315/848/1/012010
24. А.А. Холиков, Д.Н. Хикматов, Ф.С. Кулдошева. Применение метода полного факторного эксперимента для оптимизации параметров процесса сушки лука с использованием тепловых труб// Academic research in educational sciences 3 (3), 2022 с.452-467.
25. A. Kholikov, D. Khikmatov. [The use of heat pipes in drying plants in the processing of fruits and vegetables](#)// Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012170

METHODOLOGY FOR ENGINEERING CALCULATION OF A SOLAR COLLECTOR FOR HEATING THE EXTRACTANT

Muslimov B.B

PhD., Associate Professor,

Xoliqov A.A.

PhD., Associate Professor

Bukhara Engineering and Technology Institute, Bukhara, Uzbekistan

Email: muslimovbb@gmail.com

Annotation

The article presents a method for calculating a solar collector for heating distilled water entering a heat exchanger coil in which energy is transferred and heats the extractant that dissolves seed oils and fruit seeds to the required temperature. A method for calculating heat balance, energy costs and selecting a solar collector is proposed.

Key words

extractant, solar collector, experiment, coil, coolant, solar technology, ethanol solution.