ФОРМУЛА РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ПЛОСКОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ

Шарофов Салохиддин Сирожидинович
Ферганский государственный технический университет
E-mail: salokhiddin.sharofov@gmail.com

Аннотация. В статье Представлен расчёт теплопроизводительности солнечного воздухонагревателя. Модель основана на свободной конвекции в начальном участке канала. Учитывается формирование пограничного слоя у стенки канала. Благодаря его малой толщине упрощаются уравнения движения и энергии. Выведена формула, связывающая тепловую мощность с геометрией и потоком. Результаты основаны на классической теории. Методика полезна для проектирования устройств.

Ключевые слова: солнечный коллектор, теплообмен, свободная конвекция, пограничный слой, теплоноситель, воздухонагреватель, расчет формулы.

Abstract. The article presents a calculation of the thermal performance of a solar air heater. The model is based on free convection in the initial section of the channel. The formation of a boundary layer near the channel wall is taken into account. Due to its small thickness, the equations of motion and energy are simplified. A formula is derived linking thermal power to geometry and airflow. The results are based on classical theory. The method is useful for designing such systems.

Key words: solar collector, heat transfer, natural convection, boundary layer, heat carrier, air heater, formula calculation.

Annotatsiya. Maqolada quyosh havo isitgichining issiqlik samaradorligini hisoblash ko‘rib chiqiladi. Model kanalning boshlang‘ich qismidagi erkin konveksiyaga asoslangan. Kanal devori yonida pog‘onali qatlamning shakllanishi hisobga olingan. Qatlamning yupqaligi harakat va energiya tenglamalarini soddalashtiradi. Issiqlik quvvatini geometriya va havo oqimi bilan bog‘lovchi formula ishlab chiqilgan. Natijalar klassik nazariyaga asoslangan. Metodika qurilmalarni loyihalashda foydalidir.

Kalit so'zlar: quyosh kollektor, issiqlik almashinuvi, erkin konveksiya, chegaraviy qatlam, issiqlik tashuvchi, havo isitgich, formula hisoboti.

Введение.

Для вывода инженерных формул расчета тепловой производительности плоского солнечного воздухонагревателя (ПСВН) примем, что в пограничном слое по существу происходит переход от нулевого значения скорости воздух на границе к конечному значению,

ISSN 3030-3907

которое соответствует значениям температуры и теплоотдачи на бесконечном удалении от стенки.

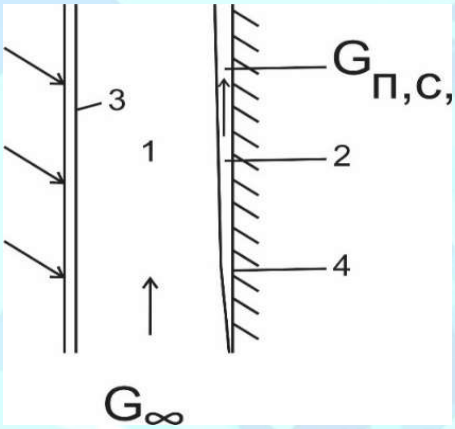


Рис. 1-Модель развития течения в канале ПСВН.
1 –ядро потока, 2 – пограничный слой, 3 – прозрачное покрытие, 4 – абсорбер.

G_∞ , $G_{\text{п.с.}}$ – расход воздуха в ядре потока и пограничном слое.

Тот факт, что толщина пограничного слоя мала по сравнению с размерами канала, позволяет ввести некоторые допущения и упростить уравнение движения и энергии. Следует отметить, что понятие пограничного слоя сложнее в свободной конвекции по сравнению с вынужденным движением, так как развивающийся под действием массовых сил пограничный слой имеет размытую и нечетко выраженную форму.

В свободной конвекции основной движущей силой является разность температур между стенкой и окружающей средой. Под действием этой силы происходит движение в пограничном слое. Одновременно формируется тепловой пограничный слой, в котором происходит постепенная перестройка профиля скорости.

В связи с этим, расчет расхода восходящего потока воздуха в теплоприемном канале, т.е. по высоте коллектора связан с процессами тепловой циркуляции, и точность его определения зависит от правильного выбора той или иной модели течения в канале коллектора. Поэтому, используя в качестве модели естественного циркуляционного движения воздуха по высоте теплоприемного канала - модель пограничного слоя, разработаем формулу расчета тепловой производительности коллектора.

Цель работы — разработка аналитической формулы расчета тепловой производительности солнечного воздухонагревателя на основе модели восходящего пограничного слоя при естественной конвекции.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. Для нахождения решения, обратимся к результатам теоретического исследования теплоотдачи при свободном движении воздуха в большом объеме [1-5].

В работе изучалось явление теплопередачи от вертикальной пластины с постоянной температурой равной t_c, помещенной в жидкость или газ. В соответствии с данной постановкой задачи примем, что в начальном участке коллектора, реализуется свободное гравитационное течение вблизи плоской стенки теплоприемного канала.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Считается, что вне зоны тепловой циркуляции, т.е. в ядре потока, жидкость неподвижна (вынужденное течение отсутствует) и ее температура постоянна и равна $t_я$.

Примем следующую модель развития течения в канале [6-9]. Будем считать, что общий расход теплоносителя в трубке коллектора равен

$$G = G_{n.c.} + G_я \qquad (1)$$

Где G - суммарный расход теплоносителя $м^3/ч$, $G_{n.c.}$ - расход теплоносителя в зоне пограничного слоя $G_я$ - расход теплоносителя в ядре потока.

$$G = a * h * \upsilon \qquad (2)$$

$$G_{n.c} = \upsilon_{n.c} * S \qquad (3)$$

Где a, h – ширина и высота коллектора. υ - средняя скорость теплоносителя в канале.

$\upsilon_{n.c.}$ - средняя скорость теплоносителя в пограничном слое, S - сечение занятое пограничным слоем.

Считая, что в начальном участке канала коллектора скорость в ядре потока можно принять близкой к нулю, (так как течение наблюдается только в пристеночной части) получим

$$a * h * \upsilon = \upsilon_{n.c.} * S \qquad (4)$$

$$\upsilon = (\upsilon_{n.c.} S)/a * h = \sqrt{g\beta\Delta TL} * (S/a * h) = K\sqrt{g\beta\Delta TL} \qquad (5)$$

Где:

$$K = S/a * h \qquad (6)$$

К - степень наполненности поперечного сечения канала коллектора пограничным слоем.

$$S = \delta * a \qquad (7)$$

где δ - толщина пограничного слоя, a - ширина коллектора

$$K = [a * h - \delta a]/a * h = a(h - \delta)/a * h = 1 - \delta/h \qquad (8)$$

$$\upsilon = (1 - \delta/h) * \sqrt{g\beta\Delta TL} \qquad (9)$$

ISSN 3030-3907

Окончательно тепловая производительность коллектора равна

$$Q = a*h*(1-\delta/h)*\rho*C_p*t_{cp}*\sqrt{g\beta\Delta TL} \quad (10)$$

Для всего контура коллектора получим

$$Q = a*h*(1-\delta/h)*\rho*C_p*t_{cp}*\sqrt{g\beta\Delta TL} = a*h*\{1-(5L/hGr^{1/4})\}*\rho*C_p*t_{cp}*\sqrt{g\beta\Delta TL} \quad (11)$$

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ. Формула (11) позволяет количественно оценить влияние ключевых параметров (геометрии, температур, гравитационного ускорения, теплофизических свойств) на эффективность коллектора. Было подтверждено, что уменьшение толщины пограничного слоя (при увеличении Gr) повышает общую теплопередачу. Модель адекватно отражает процессы в стартовой зоне канала ПСВН, где преобладает естественная конвекция.

Для наглядной демонстрации были построены следующие графики:

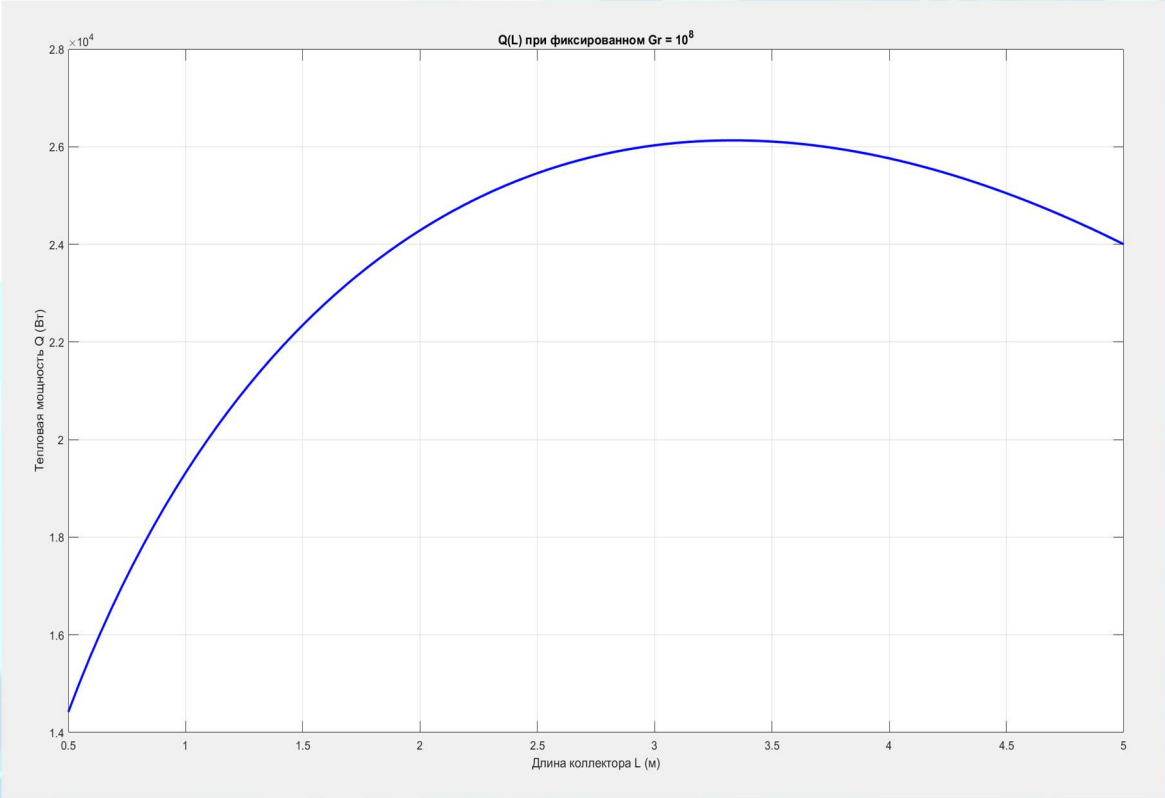


Рисунок 1. Зависимость тепловой мощности Q от длины коллектора L при фиксированном числе Грасгофа (Gr = 10^8) [6-8].

График показывает, что при увеличении длины эффективность уменьшается из-за роста толщины пограничного слоя.

ISSN 3030-3907

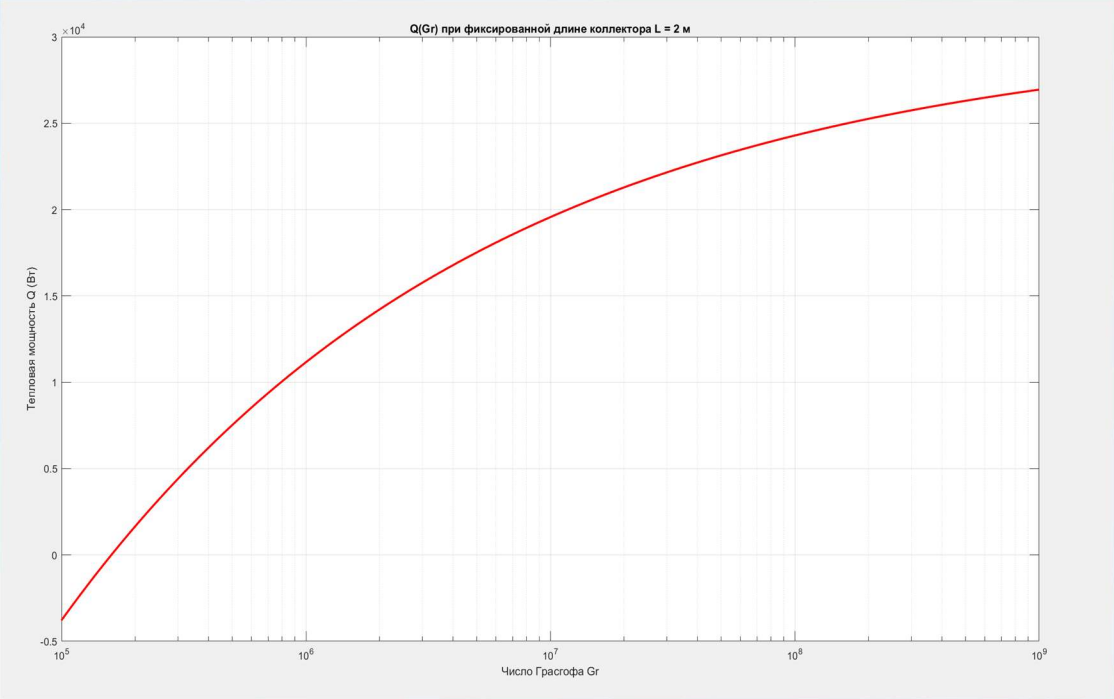


Рисунок 2. Зависимость тепловой мощности Q от числа Грасгофа при фиксированной длине коллектора (L = 2 м) [9-14].

Увеличение Gr приводит к повышению эффективности за счёт усиления естественной конвекции.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ:

1. Разработана модель восходящего свободно конвективного пограничного слоя в начальном участке канала воздушного солнечного коллектора;
2. Получена формула расчета тепловой производительности солнечного коллектора.
3. Построены графики зависимости Q от L и Gr, иллюстрирующие поведение системы при изменении параметров. Результаты полезны для инженерного проектирования плоских солнечных коллекторов

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1975. 488 с.
2. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Моделирование теплообмена и расчет теплотехнических характеристик плоских солнечных воздухонагревателей при свободно – конвективном движении воздуха. Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. №6 (75)/2020 т. 1. С. 18 -22.
3. Умурзакова М.А., Маматов А.А. Расчет теплотехнических характеристик плоского солнечного воздухонагревателя. Научный журнал . Интернаука. Москва. № 5(181). Часть 1. Февраль. 2021.С. 100 -103.
4. Effective heat transfer surfaces / E.K. Kalinin, G.A. Dreitzer, I.Z. Kopp et al. M.: Energoatomizdat, 1998. 408 p.

ISSN 3030-3907

5. Kiknadze G.I., Gachechiladze N.A., Alekseev V.V. Self-organization of tornado-like jets in flows of viscous continuous media and the intensification of heat and mass transfer that accompanies this phenomenon. M.: MPEI Publishing House. 2005. 84 p.
6. Olimpiev V.V. Modified Reynolds analogy for separated flows attached to a wall // Izv. universities Aviation technology, 2002. No. 3. P.67-69.
7. Khalatov A.A. Heat transfer and hydrodynamics near surface depressions (holes). Kyiv: ITF HAH of Ukraine. Kyiv, 2005. 59 p.
8. Migai V.K. Modeling of heat exchange power equipment. - L.: Energoatomizdat. Leningrad branch, 1987. 263 p.
9. Migai V.K. Improving the efficiency of modern heat exchangers. L.: Energy. Leningrad branch, 1980. 144 p.
10. Mirsoli Uzbekov, Akmal Kuchkarov, Bekzod Boynazarov, Muxammadrafiq Toxirov and Shermuhammad Muminov. Optimization of geometrical parameters of the heat receiver of a solar air heating collector. BIO Web Conf., 84 05036, DOI: https://doi.org/10.1051/bioconf/20248405036. (2024)
11. Uzbekov, M.O., Boynazarov, B.B. Studies of the thermal and hydraulic characteristics of the heat carrier of a solar air heating collector. J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol, 15(5), 534–540. DOI: 10.17516/1999-494X-0414. (2022)
12. Uzbekov M.O., Boynazarov B.B. Issues of development of solar collectors with high efficiency, J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol., 14(8), 942–949. DOI: 10.17516/1999-494X-0364. (2021)
13. B.B.Boynazarov, M.O.Uzbekov, F.N. Nasretdinova. Conducting experiments and analysis on different solar air heating collectors//Journal of Engineering and Technology (JET) ISSN(P):2250-2394; ISSN(E): Applied Vol. 13, Issue 2, Jun, 31– 38. (2023)
14. B.B.Boynazarov, M.O.Uzbekov. Providing heat energy to greenhouses using solar air heater collectors//Web of scientist: International scientific research journal, ISSN: 2776-0979, Volume 4, Issue 6, June. pp 350-359. (2023)

ISSN 3030-3907