

4. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2006. – 704 с.
5. Патент ВУ 9636 U 2013.10.30 тарельчатый аэратор / Житенёв Б.Н., Остапчук К.Б., Житенёва Н.С. Заявка № 420130247 / С 02F 3/00 (2006.01) – 3 с.
6. Попкович Г.С., Репин Б.Н. Системы аэрации сточных вод. - М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
7. Синев О.П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. - Киев: Техніка, 1983. – 110 с.

**Аллакулиев И.А.**

## **РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОГО ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА ДЛЯ УСЛОВИЙ АШХАБАДА**

*Брестский государственный технический университет, магистрант кафедры  
теплогазоснабжения и вентиляции*

Существуют различные виды гелиоколлекторов, однако в водонагревательных установках все они работают по одной схеме. Солнечные лучи нагревают теплоноситель, который по тонким трубкам поступает в заполненный водой бак. Трубки с теплоносителем проходят через весь внутренний объем бака и нагревают находящуюся в нем воду. В дальнейшем эта вода расходуется на бытовые нужды (отопление, ГВС и т.д.). Температура воды в баке контролируется специальными датчиками, при ее охлаждении ниже заданного минимума автоматически включается резервный подогрев (обычно — газовый или электродный).

Солнечные водонагреватели могут быть активного или пассивного типов. Активная система использует электрический насос для циркуляции жидкости через коллектор; пассивная система не имеет насоса и полагается только на естественную циркуляцию. Плоский гелиоколлектор (рис. 1) нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Устроен он довольно просто. По сути, это пластина теплоемкого металла, выкрашенная сверху в черный цвет специальной краской. К нижней поверхности пластины плотно прилегает (приваривается) змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

Черная селективная краска обеспечивает максимальное поглощение солнечных лучей, причем их отражение практически равно нулю. Поглощенные лучи прогревают теплоноситель под абсорбером, он, в свою очередь, подается далее в систему. Для минимизации тепловых потерь применяются теплоизоляция абсорбера от корпуса коллектора и закаленное стекло, почти не содержащее окислов железа, которое устанавливается над абсорбером и выполняет функцию верхней крышки корпуса. Кроме того, использование подобного стекла позволяет создать своеобразный «эффект парника», что еще больше увеличивает прогрев абсорбера, а значит, и температуру теплоносителя [1].

Ключевую роль играет характер инсоляции в конкретной местности, например, важным показателем может оказаться высота над уровнем моря. Пользователи из южных регионов, где более трёхсот солнечных дней в году, по достоинству оценят работу гелиосистемы. Больше всего тепла можно получить в ясную погоду, когда солнце в зените. Вечером и утром, а также в пасмурные дни производительность

системы неизбежно падает. Чтобы «поймать» максимум лучей, нужно правильно установить коллектор: выдержать угол наклона, ориентировать модули на юг, устранить возможность затенения (высокие соседние здания, деревья) [2].

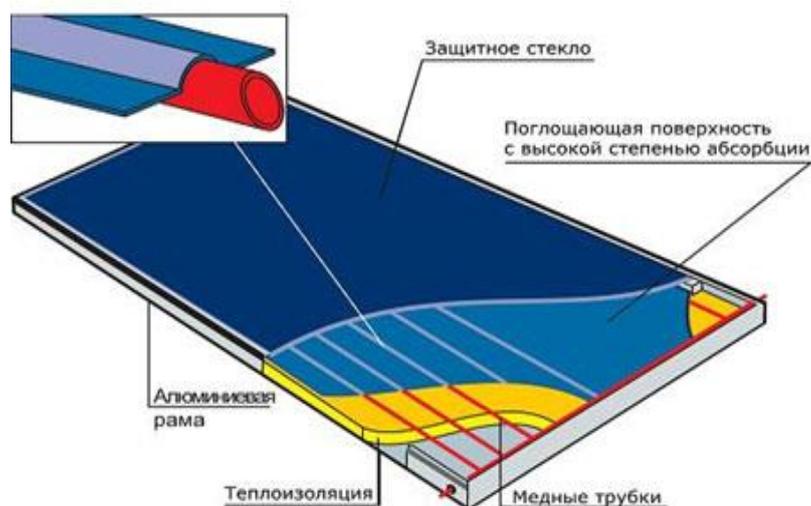


Рисунок 1. Устройство плоского коллектора.

В нашем случае учитываются данные солнечных водонагревателей активного типа с закрытым контуром, эффективностью 71%.

В Туркменистане около 300 солнечных дней в году, продолжительность светового дня в июне достигает 16 часов, а продолжительность солнечного сияния 400 ч/месяц. Согласно статистическим погодным данным количество пасмурных дней в апреле 5, а в мае 3 дня. Поэтому расчёты площадей солнечных коллекторов предусматривается с 1-го апреля по 30-е сентября.

Чтобы производительность солнечного коллектора была максимальной очень важна ориентация и угол наклона коллектора. Что бы поглощать максимальное количество солнечной энергии плоскость солнечного коллектора должна быть всегда перпендикулярна солнечным лучам, но для этого нужна двухосевая система слежения.

Угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг определяется формулой:

$$\gamma = \arccos [\cos(\delta - \phi)] \quad (1)$$

где  $\phi$  – широта места установки показывает, насколько место находится севернее или южнее от экватора, и составляет угол от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , отсчитываемый от плоскости экватора до одного из полюсов — северного или южного. Широта Ашхабада равна  $37,6^\circ$ ;

$\delta$  – угол склонения Солнца, зависит от вращения Земли вокруг Солнца, поскольку орбита вращения имеет эллиптическую форму и сама ось вращения тоже наклонена, то угол меняется в течение года от значения  $+23,45^\circ$  до  $-23,45^\circ$ . Угол склонения становится равным нулю два раза в год в дни весеннего и осеннего равноденствия.

Склонение солнца для конкретно выбранного дня определяется по формуле:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (2)$$

где  $n$  – порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января.

Ниже представлен расчет определения оптимального угла наклона между горизонтальной поверхностью и солнечным коллектором для периода с 1-го апреля по 30-е сентября, интервалом девять дней.

Таблица 1 – Углы наклона.

Угол склонения Солнца, $\delta$	Порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января	Широта места установки, $\varphi$	Угол падения солнечных лучей в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг	Оптимальный угол между плоскостью солнечной панели и горизонтальной плоскостью
4,0	91	37,6	32,6	57,4
6,4	97	37,6	30,2	59,8
8,7	103	37,6	27,9	62,1
10,9	109	37,6	25,7	64,3
13,0	115	37,6	23,6	66,4
14,9	121	37,6	21,7	68,3
16,7	127	37,6	19,9	70,1
18,3	133	37,6	18,3	71,7
19,7	139	37,6	16,9	73,1
20,9	145	37,6	15,7	74,3
21,9	151	37,6	14,7	75,3
22,6	157	37,6	14,0	76,0
23,2	163	37,6	13,4	76,6
23,4	169	37,6	13,2	76,8
23,4	175	37,6	13,2	76,8
23,2	181	37,6	13,4	76,6
22,7	187	37,6	13,9	76,1
22,0	193	37,6	14,6	75,4
21,0	199	37,6	15,6	74,4
19,8	205	37,6	16,8	73,2
18,4	211	37,6	18,2	71,8
16,8	217	37,6	19,8	70,2
15,1	223	37,6	21,5	68,5
13,1	229	37,6	23,5	66,5
11,0	235	37,6	25,6	64,4
8,9	241	37,6	27,7	62,3
6,6	247	37,6	30,0	60,0
4,2	253	37,6	32,4	57,6
1,8	259	37,6	34,8	55,2
-1,0	266	37,6	37,6	52,4
-3,8	273	37,6	40,4	49,6
<b>Оптимальный угол в период с 1-го апреля по 30-е сентября:</b>				<b>67</b>

Следовательно, оптимальный угол между солнечным коллектором и горизонтальной плоскостью в период с 1-го апреля по 30-е сентября при ориентировании солнечного коллектора точно на юг, равен 67°.

*Список используемых источников:*

1. Солнечные энергетические установки для малых потребителей. Янчилин П.Ф. // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, 25 марта 2016 года. – Брест, БрГТУ, – С. 68-72.

2. <http://teploguru.ru/sistemy/otoplenie-solnechnym-kollektom.html>