

УДК 620.92:644.62

Е. В. Кравченко, В. П. Кравченко, Е. Н. Ткачева

Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Рассмотрен вопрос выбора угла наклона солнечного коллектора с точки зрения максимума переданной теплоты потребителю в зависимости от длительности эксплуатации солнечной установки в течение года на примере юга Украины. На основании данных по инсоляции на горизонтальную поверхность в безоблачный день проведены расчеты относительно получаемого количества энергии на наклонную поверхность в течение теплой половины и всего года. С учетом реальной облачности, потерь теплоты в коллекторе и при транспорте теплоносителя от коллектора до потребителя проведен расчет переданного количества теплоты. В результате проведения вариантных расчетов получены оптимальные углы наклона солнечного коллектора по критерию максимального количества переданной потребителю теплоты для режимов работы в течение теплой половины и всего года.

Ключевые слова: Солнечный коллектор - Угол наклона - Максимальное количество переданной потребителю теплоты

Є. В. Кравченко, В. П. Кравченко, О.Н. Ткачова

Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченка, 1, м. Одесса, 65044, Украина

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КУТА НАХИЛУ СОЛЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ ПРОТЯГОМ РОКУ

Розглянуто питання вибору кута нахилу сонячного колектора з точки зору максимуму переданої споживачу теплоти в залежності від терміну експлуатації сонячної установки протягом року на півдні України. На підставі даних за інсоляцією на горизонтальну поверхню в безхмарний день проведені розрахунки відносно отриманої кількості енергії на похилу поверхню протягом теплої половини та всього року. З урахуванням реальної хмарності, втрат теплоти в колекторі та при транспортуванні теплоносія від колектору до споживача проведено розрахунок переданої кількості теплоти споживачу. В результаті проведення варіантних розрахунків визначено оптимальні кути нахилу сонячного колектора за критерієм максимальної кількості переданої споживачу теплоти для режиму роботи протягом теплої половини та всього року.

Ключові слова: Сонячний колектор - Кут нахилу - Максимальна кількість переданої споживачу теплоти



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ВВЕДЕНИЕ

Улучшение экологического состояния в Украине может быть достигнуто энергосбережением и использованием альтернативных источников энергии. Сейчас во всем мире осуществляется интенсивное развитие солнечных энергоустановок [1]. Наиболее популярным является их использование для горячего водоснабжения [2]. Количество вводимых в действие установок постоянно растет, особенно на юге Украины. При проектировании таких установок в первую очередь возникает необходимость определения требуемой площади солнечных коллекторов (СК). При использовании рекомендаций ведущих европейских производителей оборудования (Viessmann, Buderus) [3,4] также остаются вопросы. Приводимые данные по солнечной инсоляции имеют неопределенность. Так годовое количество энергии,

падающее на горизонтальную поверхность в южных районах Украины – 1350 кВт ч/м², не может использоваться в качестве полезно переданной теплоносителю энергии, необходимой для расчета площади СК. Рекомендуемый угол наклона СК требует проверки для конкретных условий юга Украины. Исходя из этого, на сегодняшний день остается актуальной разработка рекомендаций по определению угла наклона солнечного коллектора и связанного с ним количества полезно получаемой тепловой энергии.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При конкретном проектировании СК сталкиваются с некоторыми недостаточно определенными параметрами. Так в некоторых рекомендациях для проектирования солнечных установок для горячего водоснабжения приводится, что угол наклона кол-

лекторов, ориентированных на юг, должен быть 30-45° [3]. Во-первых, удивляет достаточно большой рекомендуемый диапазон. Представляется, что для конкретной широты местности должен быть рекомендован конкретный угол или небольшой диапазон углов наклона.

Указанные рекомендации, вероятно, обоснованы для районов Германии, где разработаны соответствующие документы. Однако следует отметить, что для конкретной местности должны быть свои рекомендуемые оптимальные параметры. Поэтому целью настоящей работы является разработка методики определения и расчет оптимального угла наклона солнечного коллектора в зависимости от режима работы на примере г. Одессы. Под режимом работы понимается круглогодичная работа установки или сезонная работа в течение теплой половины года.

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ, ПАДАЮЩЕЙ НА НАКЛОННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

При определении оптимальной доли солнечной установки от полной мощности бивалентной установки горячего водоснабжения было предложено использовать приведенные годовые затраты [5]. При определении оптимального угла наклона СК критерием выбора является максимум переданной потребителю теплоты за определенной промежуток времени. Часть объектов коммунально-бытового сектора работает только в теплую часть года, например, оздоровительные детские лагеря. Имея данные по прямому H_B и рассеянному H_D излучению, падающему на горизонтальную поверхность в зависимости от широты местности [6], были определены соответствующие данные для широты г. Одесса, таблица 1.

Таблица 1 – Данные по прямому H_B и рассеянному H_D излучению на горизонтальную поверхность в безоблачный день для широты г. Одессы ($\varphi=46,47^\circ$), Вт/м²

Месяц и склонение		Часы суток до полудня							
		5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Январь $\delta=-20,8^\circ$	H_B				62,8	195,4	272,1	348,9	
	H_D				48,8	69,8	80,2	90,7	
Февраль $\delta=-13,3^\circ$	H_B			61,6	202,4	300,1	390,8	481,5	
	H_D			24,4	69,8	90,7	94,2	104,7	
Март $\delta=-2,4^\circ$	H_B		86,6	184,9	334,9	453,6	540,8	628	
	H_D		34,9	97,9	101,3	104,7	111,6	125,6	
Апрель $\delta=10^\circ$	H_B		111	250	388	534	608	683	
	H_D		77	93,1	109	132	136	139	
Май $\delta=18^\circ$	H_B	78	211	342	473	617	690	766	
	H_D	32	77	94	111	132	133	134	
Июнь $\delta=23^\circ$	H_B	103,5	239	374	507	639	707	775	
	H_D	47	84	97	111	127	127	127	
Июль $\delta=21^\circ$	H_B	46,9	198,3	349,6	500,1	601,7	695	741,7	
	H_D	47	84	99	111	125	128	132	
Август $\delta=13^\circ$	H_B		132	277,3	421,7	532,7	601,8	670,1	
	H_D	25	70	87	104	118	125	132	
Сентябрь $\delta=3^\circ$	H_B		73,7	194,0	315,1	482,1	545,8	609,0	
	H_D		43,6	63,7	84	104	110,3	116,4	
Октябрь $\delta=-9,7^\circ$	H_B		20,9	108,2	195,4	404,7	457,1	509,4	
	H_D		9,3	43	62,8	83,7	90,7	97,7	
Ноябрь $\delta=-19^\circ$	H_B			22,1	83,7	293,1	341,9	390,8	
	H_D			16,3	48,8	69,8	74,4	83,7	
Декабрь $\delta=-23^\circ$	H_B				48,8	195,4	314	341	
	H_D				27,9	39,5	74,6	79,2	
			Часы после полудня						
		16-17	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	

Величина удельного теплового потока q' , Вт, падающего на 1 м^2 наклонной поверхности солнечного коллектора в каждый час безоблачного дня, определяется по формуле [7]:

$$q' = H_B \frac{\cos(\varphi - s) \cos(\delta) \cos(\omega) + \sin(\varphi - s) \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(\omega) + \sin(\varphi) \sin(\delta)} + H_D = H_B \cdot \kappa(\varphi, s, \delta, \omega) - H_D, \quad (1)$$

где φ — широта местности;

s — угол наклона плоскости солнечного коллектора к горизонту;

δ — склонение, величина которого для каждого месяца приведена в табл. 1;

ω — часовой угол, равный нулю в полдень для коллекторов, ориентированных на юг; через каждый час значение часового угла меняется на 15° со зна-

ком плюс (от 12 часов к утру) или минус (от 12 часов к вечеру);

$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$ — угловой коэффициент, зависящий от перечисленных углов.

В табл. 2 в качестве примера, приводятся данные по удельному тепловому потоку, падающему на наклонную поверхность коллектора при угле наклона 40° , рассчитанные по формуле (1).

Таблица 2 – Удельный тепловой поток, Вт/м², падающий на наклонную поверхность в безоблачный день для широты г. Одессы ($\varphi=46,47^\circ$), и соответствующий угловой коэффициент при угле наклона коллектора 40°

Мес.		Часы суток до полудня							
		5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
		Часовой угол, градусы							
		-97,5	-82,5	-67,5	-52,5	-37,5	-22,5	-7,5	
1	q'				200,6	451,3	659,07	875,24	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$				3,89	2,7450	2,421	2,309	
2	q'			212,7	416,27	615,4	798,66	998,7	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$			3,815	2,3285	2,0285	1,9153	1,8723	
3	q'		138,6	299,19	531,85	709,05	879,27	1021,1	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$		2,092	1,609	1,5423	1,5176	1,5064	1,502	
4	q'		153,45	348,64	552,82	772,38	882,06	984,8	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$		0,6887	1,0226	1,142	1,1984	1,2270	1,239	
5	q'	32	184,94	379,72	574,4	783,248	888,5	986,16	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$	0,0	0,5125	0,8357	0,9798	1,0549	1,0948	1,1123	
6	q'	47	196,43	389,27	582,07	770,5	869,9	959,0	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$	0,0	0,4711	0,7821	0,9293	1,0083	1,0509	1,07	
7	q'	47	172,8	361,5	560,1	713,05	838,99	905,36	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$	0,0	0,4478	0,7499	0,8980	0,9789	1,0230	1,0427	
8	q'	25	150,119	348,53	557,51	725,6	831,7	928,7	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$	0,0	0,6070	0,9431	1,0754	1,1407	1,1744	1,189	
9	q'		121,84	312,08	504,75	758,9	857,8	953,2	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$		1,06	1,2803	1,3353	1,3585	1,3696	1,3743	
10	q'		9	299,77	457,06	774,06	878,67	958,4	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$		0	2,578	1,9803	1,8186	1,7526	1,7268	
11	q'			15	346,32	747,64	823,29	909,06	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$			0,0	3,326	2,521	2,27	2,1817	
12	q'				174,94	594,0	757,3	823,4	
	$\kappa(\varphi, s, \delta, \omega)$				4,965	3,095	2,643	2,495	
			Часы после полудня						
		16-17	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	
		Часовой угол, градусы							
		97,5	82,5	67,5	52,5	37,5	22,5	7,5	

Среднесуточное количество энергии, падающее на 1 м² солнечного коллектора в каждом месяце, определяется суммированием данных соответствующей строки в табл. 2 и умножением полученного значения на 2. Суммирование значений в строке дает количество энергии, полученное до полудня, в Вт·ч. Количество солнечной энергии, падающей на коллектор за месяц, определяется произведением среднесуточного значения на количество дней в месяце, табл. 3. Полученные данные соответствуют падающей энергии в безоблачный день. Следует отметить, что угловой коэффициент для часового угла 97,5° отрицательный, поэтому в расчете он был принят равным нулю.

Как видно из приведенных данных в табл. 2, угловой коэффициент для месяцев в середине года (4-9 месяцы) от утра к полудню растет, а в остальных месяцах (1-3, 10-12 месяцы) – падает. Во втором слу-

чае значение этого коэффициента в начале светового дня может очень большим (например, 23). Такие значения в расчете также обнулялись.

IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ, ПЕРЕДАННОЙ ПОТРЕБИТЕЛЮ

Удельный тепловой поток q , Вт/м², переданный в систему горячего водоснабжения в каждый час дня определяется по формуле:

$$q = q' \cdot \eta_0 \cdot \eta_k \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3, \quad (2)$$

где η_0 — коэффициент, учитывающий реальные условия облачности. Для района г. Одессы значения η_0 приводятся в табл. 4.

Таблица 3 – Количество падающей энергии в безоблачный день, кВт ч/м², при угле наклона коллектора 40°

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
q' среднесуточное	4,372	5,495	7,158	7,388	7,658	7,628
q' за месяц	135,55	170,34	221,90	221,65	237,40	228,85
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
q' среднесуточное	7,197	7,135	7,017	6,754	5,499	4,699
q' за месяц	223,10	221,17	210,52	209,37	170,48	145,68

Таблица 4 – Значения среднедневной температуры воздуха t_0 и показателя η_0 , учитывающего облачность для г. Одессы

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
t_0 , град.	-5	-2	7,1	14	21	25
η_0	0,52	0,59	0,66	0,72	0,77	0,82
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
t_0 , град.	28	27	23	14	9	0
η_0	0,86	0,86	0,78	0,68	0,57	0,47

η_k — коэффициент полезного действия солнечного коллектора, который зависит от его конструкции. При разности температур теплоносителя в коллекторе и окружающего воздуха 20...50 °С эта зависимость следующая

$$\eta_k = 0,82 - 0,007 \cdot (t_k - t_0); \quad (3)$$

t_k — температура подогретой в коллекторе воды, а t_0 — температура окружающего коллектор воздуха. Среднемесячные значения температуры наружного воздуха также приводятся в табл. 4. Температура t_k обычно принимается равной 50°С. Температура t_0 — это средняя температура воздуха атмосферы в дневные часы расчетного месяца, которую рассчитывают по формуле:

$$t_0 = t_{cp} + 0,3 \cdot A_t, \quad (4)$$

t_{cp} и A_t — среднесуточная температура воздуха и максимальная амплитуда колебаний суточных температур расчетного месяца, принимаемые по [8];

η_1 — коэффициент, учитывающий степень прозрачности атмосферы, величина которого колеблется от 0,8 в промышленных районах до 1 в курортной зоне. Принято $\eta_1=1$;

η_2 — коэффициент, учитывающий потери тепла при транспорте теплоносителя от солнечного коллектора до потребителя. Величина этого коэффициента колеблется от 0,85 для крупных централизованных систем горячего водоснабжения до 0,98 для локальных водоподогревателей [9]. Принято $\eta_2=0,98$;

η_3 — коэффициент, учитывающий потери, обусловленные нестационарным теплообменом при переменной облачности. Рекомендуется $\eta_3 = 0,9$.

Общий КПД передачи теплоты может быть определен как $\eta = \eta_0 \cdot \eta_k \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$.

Значение общего КПД зависит только от месяца и приводится в табл. 5.

Таблиця 5 – Значения общего КПД передачи теплоты потребителю

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
η	0,234	0,274	0,343	0,361	0,419	0,466
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
η	0,505	0,500	0,434	0,382	0,303	0,224

V. ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛА НАКЛОНА КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ СУ, РАБОТАЮЩЕЙ ТЕПЛУЮ ПОЛОВИНУ ГОДА

Зависимость количества теплоты, переданной потребителю по месяцам, в зависимости от угла наклона

коллектора для теплой половины года, приводится в табл.6. Из приведенных на рис. 1 данных по суммарному количеству теплоты за полгода видно, что максимальное количество теплоты соответствует углу наклона 25°.

Таблиця 6 – Энергетические характеристики солнечных коллекторов в зависимости от угла наклона

Угол наклона коллектора, s , град.	Месяц	Среднесуточное количество теплоты, падающей на коллектор, q' , Вт·ч/м ²	Количество теплоты, падающее за месяц, $q'_{\text{мес}}$, кВт ч/м ²	Количество теплоты, переданное в систему ГВС, $q_{\text{мес}}$, кВт ч/м ²
15°	Апрель	7179,8	215,4	77,69
	Май	7946	246,33	103,2
	Июнь	8094,38	242,83	113,28
	Июль	7730,36	239,64	121,06
	Август	7077,91	219,42	109,68
	Сентябрь	6367,77	191,63	82,93
20°	Апрель	7312,9	219,39	79,13
	Май	7975,8	249,25	103,6
	Июнь	8082,27	242,47	113,11
	Июль	7700,20	238,71	120,59
	Август	7169,31	222,25	111,09
	Сентябрь	6548,30	197,53	85,75
25°	Апрель	7400,81	222,02	80,85
	Май	7954,95	246,6	103,33
	Июнь	8081,94	240,57	112,22
	Июль	7621,82	236,28	119,36
	Август	7215,86	223,69	111,81
	Сентябрь	6758,69	202,76	88,02
30°	Апрель	7442,87	223,29	80,54
	Май	7883,99	244,40	102,41
	Июнь	7904,85	237,15	110,63
	Июль	7495,82	232,37	117,39
	Август	7217,23	223,73	111,84
	Сентябрь	6889,64	206,69	89,72

VI. ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛА НАКЛОНА КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ СУ, РАБОТАЮЩЕЙ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО ГОДА

В табл. 7 приводятся необходимые данные по месяцам, а на рис. 2 – зависимость общего количества полученной энергии за год в зависимости от угла наклона коллектора.

В результате проведенных расчетов было определено, что оптимальный угол наклона при круглогодичной эксплуатации солнечной установки, соответствующий максимуму количества переданного теплоносителю тепла, лежит в диапазоне 37-40° (при $s=38^\circ$ $q_{\text{год}}=919,74$ кВт·ч, при $s=39^\circ$ $q_{\text{год}}=919,71$ кВт·ч). Общий КПД передачи теплоты при этом равен 38,5 %, что несколько не совпадает со средним КПД, рассчитанным по табл. 5. Максимальное количество падающей энергии соответствует углу наклона солнечного коллектора 45°.

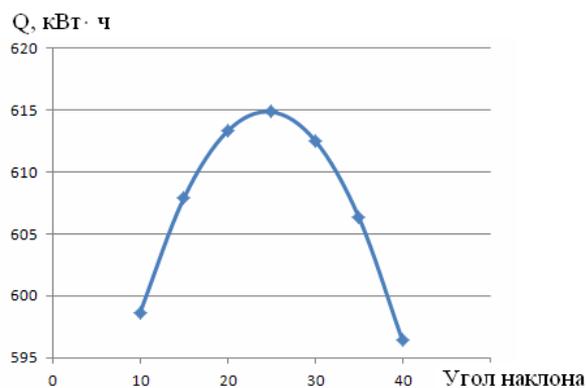


Рисунок 1 – Зависимость количества теплоты, переданной в солнечной установке горячей воде за теплую половину года, от угла наклона солнечного коллектора

Таблица 7 – Энергетические характеристики солнечных коллекторов в зависимости от угла наклона

Угол наклона коллектора, α , град.	Месяц	Колич. теплоты, падающее за мес., $q'_{мес}$, кВт ч/м ²	Колич. теплоты, переданн. в систему ГВС, $q_{мес}$, кВт ч/м ²	Суммарное количество теплоты за год, $q_{год}$, кВт ч/м ²
30°	1	122,02	28,26	$q_{год}^{падающ} = 2347,33$ $q_{год}^{перед} = 911,63$
	2	156,08	42,94	
	3	213,27	73,21	
	10	195,39	74,77	
	11	153,72	46,60	
	12	129,07	28,89	
35°	1	129,21	29,93	$q_{год}^{падающ} = 2379,3$ $q_{год}^{перед} = 918,46$
	2	164,15	44,93	
	3	218,28	74,93	
	4	223,16	80,49	
	5	242,64	101,67	
	6	235,24	109,73	
	7	229,86	116,12	
	8	223,92	111,93	
	9	209,27	90,85	
	10	203,06	77,7	
	11	162,65	49,31	
	12	137,82	30,86	
40°	1	135,54	31,39	$q_{год}^{падающ} = 2396$ $q_{год}^{перед} = 919,43$
	2	170,34	46,62	
	3	221,90	76,17	
	4	221,65	79,95	
	5	237,40	99,48	
	6	228,85	106,76	
	7	223,10	112,71	
	8	221,17	110,56	
	9	210,52	91,38	
	10	209,37	80,12	
	11	170,48	51,68	
	12	145,68	32,62	

VII. ВЫВОДЫ

1. Предложена методика оптимизации угла наклона плоского солнечного коллектора для горячего водоснабжения в зависимости от широты местности и длительности эксплуатации в течение года. Критерием оптимизации является максимум количества теплоты, переданной теплоносителю за заданный промежуток времени.
2. При длительности эксплуатации в течение теплотой половины года в районе г. Одессы оптимальным углом наклона коллектора при южном направлении является угол 25°. При этом с учетом всех потерь теплоты годовое количество полезной энергии равно 615 кВт·ч/м² солнечного коллектора
3. При круглогодичной эксплуатации солнечной установки оптимальным является угол 38°. При этом с учетом всех потерь теплоты годовое количество полезной энергии равно 919,75 кВт·ч/м². Суммарный КПД передачи теплоты теплоносителю в солнечной установке равен 38,5 %.
4. Оптимальный угол наклона солнечного коллектора относительно максимума падающей энергии не совпадает с оптимумом относительно максимума

переданной теплоносителю теплоты. Максимальное количество энергии падает на коллектор, расположенный под углом 45 градусов к горизонтальной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Черкасов, М.И.** Проблемы и пути решения фотоэнергетики России [Text] / М.И. Черкасов, В.В. Борячок, А.Д. Хафизов //Energy Fresh. – 2011.- №3/5. – С. 16-18.
2. **Rafferty, K.** Domestic hot water heating [Text] / K. Rafferty // GHC Bulletin. – September 2001. – P. 18-22.
3. Гелиотехника Logasol для горячего водоснабжения и поддержки отопления. Документация для проектирования [Текст]. – Одесса: Vuderus, 04/2008. – 120 с.
4. Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения Viessmann [Текст]. – К.: Злато-Граф, 2010. – 189 с.
5. **Кравченко Е.В., Кравченко В.П.** Определение оптимальной площади плоских солнечных коллекторов для обеспечения горячего водоснабжения [Text] /

- Технологический аудит и резервы производства - 2015. - № 1/1 (21). - С. 25-30.
6. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. – Госстрой СССР от 1982-07-21.
7. **Даффи Дж. А., Бекман У.А.** Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Text] // Перевод с английского под. ред. Ю.Н. Малевского. - М.: «Мир», 1977. - 470 с.
8. СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Text]. – Госстрой России. 2003.
9. **Гершкович В.Ф.** Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию. Часть 6. – [Электронный ресурс] / http://www.journal.esco.co.ua/cities/2013_3/art118.html (Дата обращения 03.01.2016)

Отримана в редакції 02.10.2015, прийнята до друку 18.12.2015

Ie. Kravchenko, V. Kravchenko, E. Tkacheva

Odessa National Polytechnic University, 1 Shevchenko av., Odessa, 65044, Ukraine

DETERMINATION OF OPTIMAL SLOPE ANGLE FOR SOLAR COLLECTOR IN DEPENDENCE ON DURATION OF SOLAR PLANT FUNCTIONING

The issue of slope angle choice for solar collector on the example of Ukraine south is considered. An optimization criterion is a maximum of passed heat amount to the consumer depending on duration of exploitation of the solar plant during a year. On the basis of insulation on a horizontal surface in a cloudless day the calculations of the solar energy amount on the collector sloping surface during a warm half and throughout the year depending on the slope angle are conducted. Taking into consideration the real cloudiness, losses of heat in a collector and at the transport of coolant from a collector to the consumer the calculation of the passed amount of heat is conducted. As a result of variant calculations the optimal slope angles for solar collector for duration of solar plant functioning during a warm half and throughout the year are obtained.

Keywords: Solar collector – Angle of slope – Maximum of passed heat amount to the consumer

REFERENCES

1. **Cherkasov, M.I., Boryachok, V.V., Hafizov, A.D.** 2011. Problemy i puti resheniya fotoenergetiki Rossii. *Energy Fresh*, No.3/5, 16-18.
2. **Rafferty, K.** 2001. Domestic hot water heating. *GHC Bulletin*. September 2001, 18-22.
3. Geliotehnika Logasol dlya goryachego vodosnabzheniya i podderzhki otopleniya. Dokumentatsiya dlya proektirovaniya. Odessa: Buderus, 04/2008, 120 p.
4. Rukovodstvo po proektirovaniyu sistem solnechnogo teplosnabzheniya Viessmann. K.: Zlato-Graf, 2010. 189 p.
5. **Kravchenko, E.V., Kravchenko, V.P.** 2015. Opredelenie optimalnoy ploschadi ploskih solnechnykh kollektorov dlya obespecheniya goryachego vodosnabzheniya. *Tehnologicheskii audit i rezervyi proizvodstva* No.1/1 (21), 25-30.
6. SNiP 2.01.01-82 Stroitel'naya klimatologiya i geofizika. Gosstroy SSSR ot 1982-07-21.
7. **Daffi Dzh. A., Bekman U.A.** 1977. Teplovyie protsessy s ispolzovaniem solnechnoy energii // Perevod s angliyskogo pod. red. Yu.N. Malevskogo. M.: Mir, 470 p.
8. SNiP 23-01-99. Stroitel'naya klimatologiya. Gosstroy Rossii. 2003.
9. **Gershkovich, V.F.** 2013. Energoberegayushchie sistemy zhilykh zdaniy. Posobie po proektirovaniyu. Part 6. Available at: http://www.journal.esco.co.ua/cities/2013_3/art118.html (access data 03.01.2016)

Received 02 October 2015
Approved 18 December 2015
Available in Internet 28.02.2016