

## Солнечное тепло- хладоснабжение, аккумулирование

Н.Р. АВЕЗОВА<sup>1,2</sup>, Э.Ю. РАХИМОВ<sup>1</sup>

### УЧЁТ ОРИЕНТАЦИИ ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В РАСЧЕТЕ ИНСОЛЯЦИОННЫХ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

*Приводится методика расчета времени начала, завершения, и продолжительности освещенности прямыми солнечными лучами и определение суммарного солнечного излучения (СИ), падающего на фронтальную поверхность светопрозрачного ограждения (СПО) отапливаемых помещений (ОП). Для получения конечных результатов расчётных исследований проведена обработка 4-х летних обобщенных данных метеорологической станции Паркент.*

Изыскание путей увеличения доли нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в топливно- энергетическом балансе является одной из актуальных задач мировой энергетики. В последние десятилетия энергия солнечного излучения (СИ), отличающаяся экологичностью и доступностью, во многих странах мира рассматривается как дополнительный источник энергии, который в ближайшей перспективе может дать ощутимую экономию традиционных топливно-энергетических ресурсов.

Системы отопления (СО), основанные на использовании солнечной энергии, подразделяются на активные и пассивные СО. Последние получили наиболее широкое практическое применение в силу своей относительной дешевизны и простоты реализации.

В практике определено, что в общем объеме солнечной энергии, поступающей на поверхности систем пассивного отопления, большая часть приходится на южно-ориентированные поверхности. Некоторые топографические особенности (структура города, расположение дорог) представляют собой помехи при возведении помещений в нужном направлении, частично или полностью исключая возможность их юго-ориентированного расположения. В этой ситуации надежность исходных данных о располагаемых ресурсах солнечной энергии является одним из определяющих факторов энергетической и экономической эффективности разработки и практического использования инсоляционных пассивных систем отопления (ИПСО). Для Узбекистана с его территорией и с различными климатическими зонами достоверная оценка потенциала солнечной энергии в конкретном географическом районе является крайне важной задачей.

#### **Теоретическая часть**

В зависимости от направления распространения, солнечное излучение условно подразделяется на прямое и рассеянное (диффузное). Для расчета интенсивности потока солнечного излучения, поступающего на наклонную лучепоглощающую поверхность, необходимо знать углы падения солнечных лучей на нее. Положение некоторой точки на земной поверхности относительно солнечных лучей в данный момент времени определяется тремя основными углами: широтой местности  $\varphi$ , часовым углом  $\omega$  и склонением Солнца  $\delta$ .

Склонение Солнца в данный день

$$\delta = 23.45 \sin(0.9863 (248 + n)), \quad (1)$$

где  $n$ - порядковый номер дня.

Угол падения солнечных лучей на произвольно ориентированную поверхность, имеющую азимут  $\gamma$  (характеризует отклонение поглощающей плоскости коллектора от южного направления, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг  $\gamma = 0^\circ$ ) и угол наклона  $\alpha$  (образуется между горизонтальной плоскостью и солнечной панелью) к горизонту, определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \cos i = & \sin \alpha (\cos \delta (\sin \varphi \cos \omega \cos \gamma + \sin \varphi \sin \omega) \sin \delta \cos \varphi \cos \gamma) + \\ & + \cos \alpha (\cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi). \end{aligned} \quad (2)$$

Это соотношение имеет важное практическое значение, что необходимо учитывать при проведении тепловых расчетов солнечных коллекторов [1].

Если в (2) заменить значение угла  $\alpha$  на  $0^0$  и учитывать  $\omega = \omega_0(Z_0 - Z)$ , тогда получится выражение для определения угла падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность:

$$\cos i = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega_0(Z_0 - Z) + \sin \delta \sin \varphi \quad (3)$$

где  $\omega_0 = 15 \frac{\text{град}}{\text{час}}$  - часовой угол вращения Земли вокруг своей оси;  $Z_0$  - момент времени истинного полудня для данной местности по среднему солнечному времени;  $Z$  - текущий момент времени (также по среднему солнечному времени) рассматриваемого характерного дня года.

На основе выражения (3) для данной местности с географической широтой  $\varphi$  из условия  $i = \pm 90^\circ$  определяются моменты восхода

$$Z_{\text{вс}} = Z_0 - \frac{1}{\omega_0} \arccos(\text{tg} \delta \text{tg} \varphi), \quad (4)$$

и захода Солнца

$$Z_{\text{зх}} = Z_0 + \frac{1}{\omega_0} \arccos(\text{tg} \delta \text{tg} \varphi), \quad (5)$$

а также продолжительность светового дня

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{зх}} - Z_{\text{вс}} = \frac{2}{\omega_0} \arccos(\text{tg} \delta \text{tg} \varphi) \quad (6)$$

для выбранных характерных дней года [2].

Момент времени истинного полудня  $Z_0$ , для данной местности по среднему солнечному времени определяется по формуле:

$$Z_0 = 12 + \frac{E}{60} + \frac{1}{\omega_0} (L_{\text{cp}} - L_{\text{м}}), \quad (7)$$

где  $L_{\text{cp}}$  - долгота среднего меридиана местного часового пояса (для Узбекистана  $L_{\text{cp}} = 75^0$ );  $L_{\text{м}}$  - восточная долгота местности;  $E$  - уравнение времени в минутах — это эмпирическое уравнение, учитывающее поправку на эксцентриситет земной орбиты и наклон земной оси.

Параметр  $E$  определяется по формуле:

$$E = 229.2 (0.000075 + 0.001865 \cos(B) - 0.014615 \cos(2B) + 0.032077 \sin(B) - 0.04089 \sin(2B))$$

где  $B = (n - 1) \frac{360}{365}$ .

Далее, заменив значение угла  $\alpha$  на  $90^0$  в формуле (2) и учитывая  $\omega = \omega_0(Z_0 - Z)$ , получаем выражение для определения угла падения солнечных лучей на вертикальную поверхность:

$$\cos i = \cos \delta (\sin \varphi \cos \gamma \cos \omega_0(Z_0 - Z) + \sin \gamma \sin \omega_0(Z_0 - Z)) \sin \delta \cos \varphi \cos \gamma. \quad (8)$$

На основе выражения (8) из условия  $i = \pm 90^\circ$  определяются моменты начала

$$Z_{\text{нач}}^{\text{осв}} = \max \left\{ \begin{array}{l} Z_0 - \frac{1}{\omega_0} \arccos(\text{tg} \delta \text{tg} \varphi); \\ Z_0 - \frac{1}{\omega_0} \arccos \left[ \frac{0.25 \sin 2\delta \sin 2\varphi \cos^2 \gamma + \cos \delta \sin \gamma \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi \cos^2 \gamma}}{\cos^2 \delta (1 - \cos^2 \varphi \cos^2 \gamma)} \right] \end{array} \right\}, \quad (9)$$

завершения

$$Z_{\text{зав}}^{\text{осв}} = \min \left\{ \begin{array}{l} Z_0 + \frac{1}{\omega_0} \arccos(\text{tg} \delta \text{tg} \varphi); \\ Z_0 + \frac{1}{\omega_0} \arccos \left[ \frac{0.25 \sin 2\delta \sin 2\varphi \cos^2 \gamma - \cos \delta \sin \gamma \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi \cos^2 \gamma}}{\cos^2 \delta (1 - \cos^2 \varphi \cos^2 \gamma)} \right] \end{array} \right\} \quad (10)$$

освещения поверхности СПО ОП прямыми солнечными лучами и его дневная продолжительность-

$$Z_{\text{дн}}^{\text{осв}} = Z_{\text{зав}}^{\text{осв}} - Z_{\text{нач}}^{\text{осв}}. \quad (11)$$

Из уравнения,

$$i = \arccos(\cos \delta (\sin \varphi \cos \gamma \cos \omega_0(Z_0 - Z) + \sin \gamma \sin \omega_0(Z_0 - Z)) \sin \delta \cos \varphi \cos \gamma), \quad (12)$$

полученного на основе выражения (8), определяются дневные ходы среднечасовых значений угла падения прямого СИ на плоскость вертикальную поверхность СПО ОП.

На основе актинометрических данных определяются дневные ходы среднечасовых значений температуры наружного воздуха ( $t_o$ ), поверхностных плотностей потоков прямого СИ, падающего на нормальную к прямым солнечным лучам поверхность ( $q_{\perp}$ ), диффузного СИ на горизонтальную поверхность - ( $q_{\text{над}_c}^{\text{диф}}$ ) и, суммарного - ( $q_{\text{над}_c}^{\Sigma} = q_{\text{над}_c}^{\text{пр}} + q_{\text{над}_c}^{\text{диф}}$ ) СИ на горизонтальную поверхность.

На основе значений  $q_{\perp}$  и  $\cos i$  по выражению:

$$q_{надсно}^{np} = q_{\perp} \cos i \tag{13}$$

определяются дневные ходы среднечасовых значений поверхностной плотности потока прямого СИ, падающего на поверхность СПО ОП.

По выражениям

$$q_{надсно}^{\partialи\phi} = 0,5 q_{над_2}^{\partialи\phi} \tag{14}$$

и

$$q_{надсно}^{omp} = 0,5 \rho_o q_{над_2}^{\Sigma} \tag{15}$$

определяются дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков диффузного и отраженного от окружающих предметов суммарного СИ, падающего на фронтальную поверхность СПО ОП.

Суммируя значения  $q_{надсно}^{np}$  по (13),  $q_{надсно}^{\partialи\phi}$  по (14) и  $q_{надсно}^{omp}$  по (15) на основе выражения

$$q_{надсно}^{\Sigma} = q_{\perp} \cos i + 0,5 \left[ q_{над_2}^{\partialи\phi} + \rho_o q_{над_2}^{\Sigma} \right] \tag{16}$$

определяются дневные ходы среднечасовых значений поверхностной плотности потока суммарного (прямого, диффузного и отраженного от окружающей предметов, имеющих коэффициент альбеда  $\rho_o$ ) СИ, падающего на поверхность СПО ОП.

**Экспериментальная часть**

В табл. 1. приведены полученные результаты среднемесячных значений времени начала, завершения, и продолжительности освещенности прямыми солнечными лучами горизонтальной поверхности и поверхности СПО ОП, ориентированных в южном ( $\gamma = 0^{\circ}$ ), юго-восточном ( $\gamma = 45^{\circ}$ ), юго-западном ( $\gamma = 45^{\circ}$ ), восточном ( $\gamma = 90^{\circ}$ ) и западном ( $\gamma = 90^{\circ}$ ) направлениях для г. Ташкента ( $\varphi = 41,26^{\circ}$  и  $L_M = 69,21^{\circ}$ ).

Таблица 1

**Среднемесячные значения времени начала, завершения, и продолжительности освещенности прямыми солнечными лучами горизонтальной поверхности и поверхности СПО ОП для г. Ташкента ( $\varphi = 41,26^{\circ}$ ,  $L_M = 69,21^{\circ}$ )**

Месяц	Значение времени	Горизонтальная поверхность	Южная ориентация	Юго-восточная ориентация	Юго-западная ориентация	Восточная ориентация	Западная ориентация
II	Восход	7:13:26	7:13:26	7:13:26	9:56:07	7:13:26	12:36:15
	Заход	17:59:04	17:59:04	15:16:22	17:59:04	12:36:15	17:59:04
	Продолжительность	10:45:37	10:45:37	8:02:55	8:02:55	5:22:48	5:22:48
IV	Восход	5:36:41	7:25:38	5:36:41	10:43:50	5:36:41	12:23:53
	Заход	19:11:04	17:22:07	14:03:55	19:11:04	12:23:53	19:11:04
	Продолжительность	13:34:23	9:56:28	8:27:14	8:27:14	6:47:11	6:47:11
VII	Восход	5:21:46	7:55:23	5:21:46	11:01:35	5:21:46	12:28:08
	Заход	19:34:30	17:00:53	13:54:41	19:34:30	12:28:08	19:34:30
	Продолжительность	14:12:43	9:05:30	8:32:54	8:32:54	7:06:22	7:06:22
IX	Восход	6:32:22	6:40:04	6:32:22	9:54:34	6:32:22	12:18:15
	Заход	18:04:09	17:56:26	14:41:57	18:04:09	12:18:15	18:04:09
	Продолжительность	11:31:47	11:16:22	8:09:34	8:09:34	5:45:53	5:45:53
XII	Восход	7:42:26	7:42:26	7:42:26	9:06:22	7:42:26	12:19:00
	Заход	16:55:34	16:55:34	15:31:37	16:55:34	12:19:00	16:55:34
	Продолжительность	9:13:08	9:13:08	7:49:11	7:49:11	4:36:34	4:36:34

На рис. 1. показаны результаты, полученные из уравнения (11), зависимость дневной продолжительности освещенности прямыми солнечными лучами от дней года для горизонтальной поверхности и поверхности СПО ОП, имеющих различные направления, для г. Ташкента.

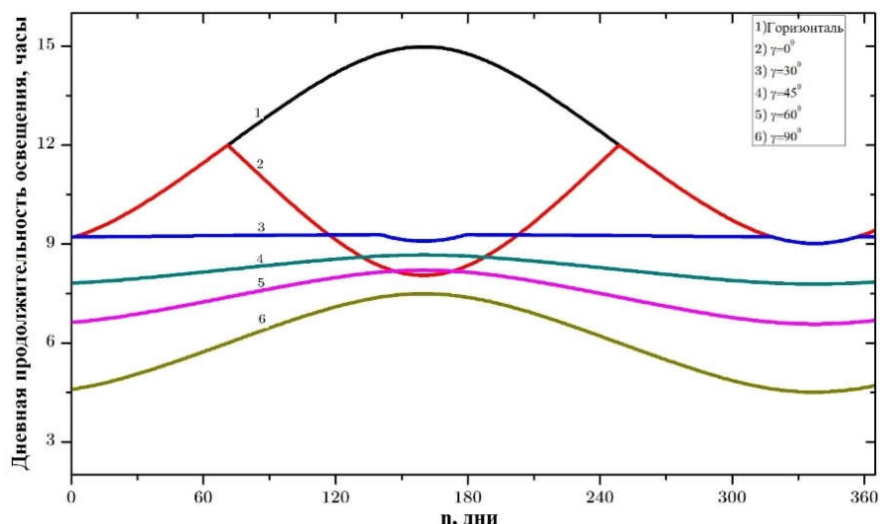


Рис. 1. Зависимость дневной продолжительности освещенности прямыми солнечными лучами от порядкового номера дня для г. Ташкента ( $\varphi = 41,26^\circ$  и  $L_M = 69,21^\circ$ ). 1) горизонтальная поверхность; 2) южно-ориентированная поверхность СПО ОП; поверхность СПО ОП, отклоненная от южного направления: 3)  $\gamma = \pm 30^\circ$ ; 4)  $\gamma = \pm 45^\circ$ ; 5)  $\gamma = \pm 60^\circ$ ; 6)  $\gamma = \pm 90^\circ$ .

Для определения суммарной СИ  $q_{пад\,сно}^\Sigma$  в (16), использованы обобщенные результаты обработок 4-х летних (январь 2013- декабрь 2016) актинометрических данных от Паркентской метеостанции (1 из 6 станций, установленных в рамках проекта Азиатского банка развития ТА 8008 «Развитие солнечной энергетики в Узбекистане»), основывающихся на измерениях GHI (суммарная солнечное излучение на горизонтальную поверхность), DNI (прямая солнечное излучение на нормальную поверхность), ДНГ (диффузное солнечное излучение на горизонтальную поверхность), параметры измерялись с периодичностью каждый час [3].

В табл. 2-4. приведены дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков прямого СИ, падающего на нормальную к прямым солнечным лучам поверхность ( $q_\perp$ ), диффузного СИ на горизонтальную поверхность ( $q_{пад_2}^{диф}$ ) и суммарного СИ на горизонтальную поверхность ( $q_{пад_2}^\Sigma$ ), по обработанным данным, полученным от метеостанции Паркент (г. Ташкент).

Таблица 2

Дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков прямого СИ, падающего на нормальную к прямым солнечным лучам поверхность ( $q_\perp, Вт/м^2$ ) для г. Ташкента

Месяцы Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,00	0,00	0,00	4,27	60,19	95,68	53,11	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00
6-7	0,00	0,00	8,24	155,75	306,44	452,64	412,86	295,55	97,80	2,38	0,00	0,00
7-8	0,01	19,46	143,39	344,02	461,81	582,29	567,71	521,69	444,94	214,76	33,02	0,07
8-9	107,04	362,28	331,88	456,15	545,49	663,62	648,98	637,69	600,10	443,98	266,01	175,49
9-10	245,97	466,33	388,38	502,38	588,74	718,24	714,24	715,64	684,35	533,12	364,85	331,92
10-11	326,08	540,34	414,25	540,99	627,50	753,96	730,90	748,42	682,19	554,31	399,16	373,46
11-12	373,29	567,42	432,70	551,76	620,30	764,28	753,18	762,45	718,11	586,80	417,61	406,01
12-13	372,06	560,64	394,75	528,63	616,12	776,21	774,28	765,86	742,46	587,46	414,48	414,09
13-14	354,19	544,21	364,54	472,47	597,05	742,63	779,92	745,37	722,73	546,28	389,22	392,99
14-15	302,04	494,90	326,69	412,69	557,07	718,24	757,30	731,80	690,90	491,56	354,80	349,51
15-16	234,53	425,69	264,03	371,50	526,07	663,17	724,14	697,01	630,05	413,48	251,75	277,05
16-17	114,43	296,67	195,67	302,84	480,36	592,31	663,04	611,60	531,87	289,42	92,68	81,54
17-18	2,41	90,98	95,30	200,52	372,75	490,93	569,34	481,24	295,99	53,04	0,09	0,00
18-19	0,00	0,00	4,68	54,92	205,08	347,04	388,95	207,40	27,54	0,00	0,00	0,00
19-20	0,00	0,00	0,00	0,00	3,34	31,93	43,58	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 3

Дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков диффузного СИ на горизонтальную поверхность ( $q_{над}^{диф}$ , Вт/м<sup>2</sup>) для г. Ташкента

Месяцы Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,80	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,00	0,00	0,00	2,90	18,80	28,34	18,49	5,34	0,24	0,00	0,00	0,00
6-7	0,00	0,03	5,49	42,01	64,81	72,85	63,82	49,94	23,49	4,68	0,05	0,00
7-8	1,10	12,16	47,21	96,38	106,44	109,04	100,18	89,95	71,62	44,46	12,93	1,89
8-9	31,99	63,05	100,43	153,13	139,91	138,66	131,51	118,80	107,61	84,26	55,48	30,74
9-10	80,10	107,70	158,83	210,39	177,18	162,11	157,00	142,26	135,58	119,65	95,01	67,98
10-11	122,58	143,05	202,54	241,45	198,16	175,40	177,59	160,66	117,91	148,48	125,68	103,39
11-12	146,28	165,76	234,65	256,40	221,46	186,49	182,29	170,44	162,01	166,03	147,53	129,35
12-13	162,19	191,59	243,91	261,08	230,05	186,36	181,82	176,46	173,04	167,90	153,29	142,05
13-14	160,13	195,65	236,42	253,40	234,66	184,02	175,80	182,63	170,93	156,01	141,71	126,27
14-15	136,15	174,11	213,27	239,20	204,83	178,52	163,52	169,32	153,72	141,12	115,37	97,91
15-16	90,21	133,83	172,85	202,39	175,32	160,71	147,92	149,38	130,75	103,93	77,00	63,04
16-17	38,43	82,07	111,84	149,16	141,78	135,95	126,01	124,79	96,37	61,54	26,08	17,27
17-18	2,11	23,44	50,62	87,15	105,01	107,40	94,21	89,57	41,15	15,00	0,34	0,05
18-19	0,00	0,15	5,17	27,80	54,21	65,13	60,13	43,05	9,06	0,03	0,00	0,00
19-20	0,00	0,00	0,00	0,37	7,94	18,01	16,05	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 4

Дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков суммарного СИ на горизонтальную поверхность ( $q_{над}^{\Sigma}$ , Вт/м<sup>2</sup>) для г. Ташкента

Месяцы Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,80	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,00	0,00	0,00	3,25	26,89	43,31	25,39	6,41	0,24	0,00	0,00	0,00
6-7	0,00	0,03	6,51	70,02	147,68	205,96	171,56	107,42	38,19	4,91	0,05	0,00
7-8	1,11	14,88	78,98	213,58	311,15	381,17	346,57	280,95	199,66	89,66	17,38	1,90
8-9	48,11	144,00	219,84	387,44	470,00	555,10	519,44	459,54	380,04	238,31	114,04	57,15
9-10	143,83	280,78	356,12	540,27	615,13	709,85	685,11	628,43	543,64	377,09	221,61	153,87
10-11	242,31	404,71	460,36	654,53	728,67	827,46	795,02	751,39	622,44	472,00	302,88	236,64
11-12	309,46	482,60	537,04	714,15	783,54	895,79	869,01	823,45	720,38	541,37	352,78	298,63
12-13	332,39	520,60	528,91	709,56	797,49	918,79	903,80	847,93	751,44	548,36	359,14	319,43
13-14	314,11	504,06	490,48	639,63	765,12	863,19	882,71	814,56	708,25	487,78	319,64	281,76
14-15	246,62	423,24	415,88	544,26	656,45	783,00	796,09	734,79	609,82	395,61	247,70	209,56
15-16	151,44	300,63	306,52	432,31	540,19	644,24	672,59	606,96	468,07	265,34	139,70	119,96
16-17	54,52	156,60	181,22	290,44	403,82	483,43	511,42	434,95	298,56	129,89	37,79	25,32
17-18	2,23	34,60	69,66	146,05	245,62	314,22	331,13	251,34	109,28	21,51	0,35	0,06
18-19	0,00	0,16	5,59	35,85	96,54	151,37	154,28	80,87	12,06	0,04	0,00	0,00
19-20	0,00	0,00	0,00	0,38	8,29	22,28	21,53	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00

В табл. 5-6. приведены значения суммарного  $q_{над,снo}^{\Sigma}$  СИ, падающего на лучевоспринимающую поверхность СПО ОП, ориентированную в южном и восточном направлении для условий г. Ташкента, полученных на основе формулы (16) (при значении коэффициента альbedo окружающих предметов  $\rho_o = 0,3$ ).

Таблица 5

Дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков суммарного (прямого, диффузного и отраженного от окружающих предметов) СИ, падающих на лучевоспринимающую поверхность СПО ОП, ориентированную в южном ( $\gamma = 0^0, \rho_o = 0,3$ ) направлении ( $q_{\text{пад},\text{сно}}^{\Sigma}, \text{Вт}/\text{м}^2$ ) для условий г. Ташкента

Месяцы Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,52	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,00	0,00	0,00	2,95	32,91	54,97	30,10	6,05	0,16	0,00	0,00	0,00
6-7	0,00	0,02	5,99	93,92	201,75	299,27	255,22	147,05	34,11	3,08	0,03	0,00
7-8	0,72	13,67	96,20	268,82	387,58	491,15	454,10	351,44	209,47	66,59	10,37	1,23
8-9	49,24	194,74	263,70	440,34	545,03	661,43	621,23	528,82	381,10	198,60	88,00	53,60
9-10	141,12	315,50	376,80	567,06	668,56	797,95	765,53	676,63	521,38	312,59	173,70	141,78
10-11	216,31	407,42	448,16	654,98	758,81	886,87	837,31	761,72	559,16	381,05	232,26	200,75
11-12	254,95	441,15	487,19	682,76	777,07	915,51	870,52	789,20	623,52	423,11	262,78	236,24
12-13	249,83	428,83	446,84	645,21	758,69	901,42	861,60	765,84	621,64	408,96	254,70	234,53
13-14	211,25	372,28	386,51	549,92	695,97	807,26	797,02	686,73	546,28	338,98	209,69	186,76
14-15	141,85	270,23	303,28	439,63	573,52	695,37	674,29	572,20	427,69	246,71	141,73	115,64
15-16	67,82	151,41	201,29	327,64	449,54	538,98	525,32	422,91	281,21	133,93	60,06	49,51
16-17	27,39	64,52	101,51	201,26	314,46	374,10	356,38	253,01	128,94	50,25	18,71	12,43
17-18	1,39	16,91	35,76	86,92	171,59	216,87	190,02	99,24	36,97	10,73	0,22	0,03
18-19	0,00	0,10	3,42	19,28	54,68	83,89	55,60	33,66	6,34	0,02	0,00	0,00
19-20	0,00	0,00	0,00	0,24	5,21	12,35	11,25	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 6

Дневные ходы среднечасовых значений поверхностных плотностей потоков суммарного (прямого, диффузного и отраженного от окружающих предметов) СИ, падающих на лучевоспринимающую поверхность СПО ОП, ориентированную в восточном ( $\gamma = 90^0, \rho_o = 0,3$ ) направлении ( $q_{\text{пад},\text{сно}}^{\Sigma}, \text{Вт}/\text{м}^2$ ) для условий г. Ташкента

Месяцы Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,52	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,00	0,00	0,00	6,07	69,35	108,09	62,93	15,89	0,16	0,00	0,00	0,00
6-7	0,00	0,02	11,29	173,19	323,33	455,95	419,41	311,92	109,38	5,27	0,03	0,00
7-8	0,72	23,11	148,12	351,68	453,40	545,49	529,96	498,89	431,07	211,21	35,00	1,28
8-9	83,97	260,78	281,98	415,06	468,68	537,88	519,95	516,33	498,68	369,29	212,80	128,78
9-10	148,63	257,70	277,07	386,36	414,55	458,05	442,95	441,72	441,96	356,65	239,34	188,41
10-11	135,37	184,55	219,41	302,72	311,98	322,66	301,60	295,94	274,92	263,81	191,42	149,56
11-12	119,56	155,27	197,88	235,32	228,26	227,61	221,50	208,74	189,06	164,22	126,68	109,47
12-13	130,95	173,89	201,29	236,97	234,65	231,00	226,48	215,42	199,24	166,20	130,52	118,94
13-14	127,18	173,43	191,78	222,64	232,10	221,49	220,31	213,50	191,70	151,17	118,80	105,40
14-15	105,07	150,54	169,02	201,24	200,88	206,71	201,17	194,88	168,33	129,90	94,84	80,39
15-16	67,82	112,01	132,40	166,04	168,69	176,99	174,85	165,73	135,59	91,77	59,45	49,51
16-17	27,39	64,52	83,10	118,15	131,46	140,49	139,72	127,64	92,97	50,25	18,71	12,43
17-18	1,39	16,91	35,76	65,48	89,35	100,83	96,77	82,49	36,97	10,73	0,22	0,03
18-19	0,00	0,10	3,42	19,28	41,59	55,27	53,21	33,66	6,34	0,02	0,00	0,00
19-20	0,00	0,00	0,00	0,24	5,21	12,35	11,25	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00

## Выводы

Представлены результаты расчётов группы параметров, включающих время начала, завершения и продолжительность освещённости прямыми солнечными лучами, а также среднечасовых значений поверхностной плотности потока суммарного СИ, падающего на поверхности СПО ОП. Выявлено, что при ориентации здания в юго-восточном и юго-западном направлениях ( $\gamma = \pm 45^0$ ) на поверхность СПО приходится 75-95% солнечного излучения, попадающего на аналогичное помещение при его южной ориентации; данный показатель варьируется в диапазоне от 50 до 86% для восточно- и западно-ориентированных ( $\gamma = \pm 90^0$ ) помещений. Использование выявленных

параметров позволит учитывать влияние ориентации помещения СПО ИПСО по сторонам света и выбрать наиболее рациональные объемно-планировочные решения для отапливаемых с помощью ИПСО зданий.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения// – М.: Энергиоздат, 1982. 80 с. [2] Авезова Н.Р., Авезов Р.Р., Рузиев О.С., Вахидов А., Сулейманов Ш.И. Ресурсные показатели плоских солнечных водонагревательных коллекторов в системах горячего водоснабжения. Часть I. Методика расчета теплопроизводительности коллектора// Гелиотехника. 2013. №1. С. 10-23. [3] UZBTA 8008 АБР «Развитие использования солнечной энергии в Узбекистане», 2013-2017 гг.- С. 109-121.

<sup>1</sup> Международный институт солнечной энергии

<sup>2</sup> Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз  
avezov@uzsci.net

Дата поступления

23.03.2017