



Отраслевой эффект гелиоустановок



Юрий СИДОРОВ
Yuri P. SIDOROV

Дарья ВАСИЛЬЕВА
Daria N. VASILIEVA



Наталья ДУЛЕБЕНЕЦ
Natalia A. DULEBENETS

Сидоров Юрий Павлович – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). Васильева Дарья Николаевна – специалист по аттестации рабочих мест в ООО «Отраслевой центр промышленной безопасности». Дуденец Наталья Александровна – студент МИИТ.

Возможности использования солнечных коллекторов для целей теплоснабжения удаленных от электросети объектов железнодорожной отрасли. Расчеты для климатических условий российских северных широт 43° и 55°.

На железных дорогах действует немало устройств, удаленных от сетей электроснабжения общего пользования. Прокладка к ним линий электропередач связана с большими затратами, поэтому одним из оптимальных решений становится применение гелиоустановок. Получаемая от них не только электроэнергия, но и теплота может быть успешно использована в целях нагрева воды в системе горячего водоснабжения для любых помещений труднодоступной инфраструктуры.

В нашем случае рассмотрены возможности солнечных коллекторов для выработки тепловой энергии в системах как сезонного, так и круглогодичного теплоснабжения объектов, расположенных в Европейской части РФ в пределах 43–55° с. ш.

Расчеты проведены для условий нагрева холодной воды до 50° в объеме 1000 л/сутки. Принимая во внимание, что температура такой воды в зимний период года составляет 5° С, в летний – 15° С, а в переходный – 10° С, определим требуемое количество теплоты для нагрева воды до 50° С:

– для зимнего периода (с ноября по март) $Q_{\text{потр}} = 188370$ кДж/сутки;

Ключевые слова: железнодорожная система, гелиоустановка, солнечный адсорбер, плотность лучистого потока, полезная тепловая нагрузка.

Таблица 1

Поступление солнечной энергии E на горизонтальную и наклонную поверхности по месяцам года, кВт•ч/м²•месяц

Месяц	Широта 43°		Широта 55°	
	Горизонтальная поверхность	Наклонная поверхность	Горизонтальная поверхность	Наклонная поверхность
Январь	37	62	16,4	30,6
Февраль	55,2	80,2	34,6	53,0
Март	84	103,4	79,4	108,4
Апрель	116,6	125	111,2	127,6
Май	167,1	163	161,4	166,3
Июнь	199	184,9	166,7	163,0
Июль	206,9	198,1	166,3	167,7
Август	185	197	130,1	145,0
Сентябрь	130,1	161,6	82,9	104,6
Октябрь	95,4	141,7	41,4	60,7
Ноябрь	54,2	92,8	18,6	34,8
Декабрь	34,7	61,7	11,7	22,0

Таблица 2

Коэффициенты R, β_{гор}, β_{накл} по месяцам года

Месяц	Широта 43°			Широта 55°		
	R	β _{гор}	β _{накл}	R	β _{гор}	β _{накл}
Январь	1,676	0,179	0,312	1,87	0,099	0,18
Февраль	1,453	0,266	0,405	1,53	0,21	0,32
Март	1,232	0,405	0,52	1,37	0,477	0,65
Апрель	1,072	0,563	0,631	1,15	0,67	0,77
Май	0,975	0,809	0,823	1,03	0,97	0,99
Июнь	0,929	0,962	0,933	0,98	1,0	0,98
Июль	0,958	1,0	1,0	1,01	1,0	1,0
Август	1,065	0,913	0,933	1,12	0,78	0,88
Сентябрь	1,242	0,629	0,815	1,26	0,49	0,63
Октябрь	1,485	0,461	0,715	1,47	0,25	0,37
Ноябрь	1,712	0,262	0,468	1,87	0,11	0,21
Декабрь	1,718	0,167	0,311	1,88	0,07	0,13

– для переходного (апрель, май, сентябрь, октябрь) Q_{побр} = 167600 кДж/сутки;

– для летнего (июнь, июль, август) Q_{побр} = 146510 кДж/сутки.

По данным климатических справочников для районов, расположенных на широтах 43° и 55° с. ш., определим поступление солнечной энергии на горизонтальную и наклонную поверхности по месяцам года. При этом для широты 43° примем угол наклона поверхности 35°, а для широты 55° угол наклона составит 40°.

Найдем коэффициент R, представляющий собой отношение количества энергии, поступившей на единицу наклонной поверхности в течение месяца, к энергии, поступившей на единицу горизонтальной поверхности:

$$R = \frac{E_{накл}}{E_{гор}}$$

Используя те же данные, найдем коэффициент β, учитывающий уменьшение поступления солнечной энергии на 1 м² горизонтальной и наклонной поверхностей по всем месяцам года по отношению к минимальному количеству лучистой энергии в июле:

$$\beta_{гор} = \frac{E_{гор}^{месяц}}{E_{гор}^{июль}}; \beta_{накл} = \frac{E_{накл}^{месяц}}{E_{накл}^{июль}}$$

Теплопоступление солнечной энергии через оконное стекло на 1 м² горизонтальной поверхности за час в течение дневного времени в среднем в июле по данным климатического справочника иллюстрирует таблица 3.





Таблица 3

Теплопоступление солнечной энергии на 1 м² горизонтальной поверхности для июля

Время суток	$q_{гор}^{час}, Вт \cdot ч / м^2$	
	Широта 43°	Широта 55°
6–7 час и 17–18 час	184,9	208
7–8 час и 16–17 час	348,3	334
8–9 час и 15–16 час	512,3	474
9–10 час и 14–15 час	642,5	609
10–11 час и 13–14 час	706,5	682
11–12 час и 12–13 час	751,9	716

Таблица 5

Количество энергии, поступающей на 1 м² наклонной поверхности в течение дневного времени в среднем для всех месяцев года

Месяц	Широта 43°	Широта 55°
Январь	6770	3958
Февраль	8690	7036
Март	11284	14292
Апрель	13692	16932
Май	17859	21769
Июнь	20246	21549
Июль	21700	21989
Август	21548	19350
Сентябрь	17685	13853
Октябрь	15515	8136
Ноябрь	10155	4618
Декабрь	6748	2859

Используя коэффициент R для июля, определим теплопоступление солнечной энергии на 1 м² наклонной поверхности в течение каждого часа дневного времени в среднем по месяцу. Полученные данные приведены в таблице 4.

Суммарное количество энергии, поступающей на 1 м² наклонной поверхности в течение дневного времени в среднем составит:

$$E_{накл}^{сут} = \sum_{июль} q_{накл}^{час} \cdot 3,6 =$$

$$21700 \frac{КДж}{м^2 \cdot сут} \text{ для широты } 43^{\circ};$$

$$E_{накл}^{сут} = \sum_{июль} q_{накл}^{час} \cdot 3,6 =$$

$$21989 \frac{КДж}{м^2 \cdot сут} \text{ для широты } 55^{\circ}.$$

Используя коэффициент $\beta_{накл}$, определим количество энергии, поступающей

Таблица 4

Теплопоступление солнечной энергии на 1 м² наклонной поверхности для июля

Время суток	$q_{накл}^{час} = q_{гор}^{час} \cdot R_{накл}, Вт \cdot ч / м^2$	
	Широта 43°	Широта 55°
6–7 час и 17–18 час	177,1	210
7–8 час и 16–17 час	333,7	338
8–9 час и 15–16 час	490,8	479
9–10 час и 14–15 час	615,5	616
10–11 час и 13–14 час	676,8	688
11–12 час и 12–13 час	720,3	723

Таблица 6

Требуемая поверхность адсорбера гелиоустановки

Месяц	$F_{тр}, м^2$ для широты 43°	$F_{тр}, м^2$ для широты 55°
Январь	51	86,53
Февраль	39,4	48,68
Март	30,35	23,96
Апрель	22,25	17,99
Май	17,06	13,99
Июнь	13,16	12,36
Июль	12,28	12,11
Август	12,36	13,77
Сентябрь	17,23	21,99
Октябрь	19,64	37,45
Ноябрь	33,7	74,16
Декабрь	51	119,79

шей на 1 м² наклонной поверхности в течение дневного времени в среднем для остальных месяцев года по каждой широте

$$E_{накл}^{сут} = E_{накл}^{сут} \cdot \beta_{накл} \cdot \frac{КДж}{мес \cdot м^2 \cdot сут}.$$

Все данные после расчета сведены в таблицу 5.

При использовании для получения горячей воды плоского солнечного коллектора с селективным покрытием его коэффициент полезного действия $\eta=55\%$.

Определим требуемую поверхность адсорбера гелиоустановки, обеспечивающую нагрев воды в любом месяце года:

$$F_{адс}^{тр} = \frac{Q_{потр}^{сут}}{E_{накл} \cdot \eta}, м^2.$$

Таблица 7

Коэффициент замещения тепловой энергии за счет гелиоустановки

Месяц	$\varphi = F_{тр}^{мес} / F_{тр}^{июль}$	
	Широта 43°	Широта 55°
Январь	0,24	0,14
Февраль	0,32	0,25
Март	0,42	0,51
Апрель	0,56	0,67
Май	0,73	0,87
Июнь	1	1
Июль	1	1
Август	1	1
Сентябрь	0,73	0,55
Октябрь	0,64	0,32
Ноябрь	0,37	0,16
Декабрь	0,24	0,10

В таблице 6 представлены расчеты для условий объектов на широтах 43° и 55°.

Принимаем за основу поверхности адсорбера, при которой нагрузка на горячую систему водоснабжения будет обеспечена полностью гелиоустановкой, в летние месяцы года. С учетом того, что поверхность адсорбера, выпускаемого отечественной промышленностью, составляет 1,8 м², необходимо использовать 7 коллекторов как для широты 43°, так и широты 55°.

Для остальных месяцев года коэффициент замещения тепловой энергии за счет гелиоустановки $\varphi = F_{тр}^{июль} / F_{тр}^{мес}$, значения которого приведены в таблице 7.

Определим количество энергии, которое может быть получено гелиоустановкой в течение года. По каждому месяцу оно определяется формулой

$$Q_{мес}^{су} = Q_{потр}^{сут} \cdot n_{мес} \cdot \varphi_{мес}, \frac{КДж}{мес},$$

где $Q_{потр}^{сут}$ – требуемое суточное количество

теплоты для горячего водоснабжения в июле;

$n_{мес}$ – число дней в данном месяце года;

$\varphi_{мес}$ – коэффициент замещения для данного месяца года.

В результате расчета суммарное количество энергии, вырабатываемое гелиоустановкой в течение года для средней широты 43°, составит

$$Q_{год}^{су} = 32,397 \frac{ГДж}{год},$$

а для широты 55° –

$$Q_{год}^{су} = 29,381 \frac{ГДж}{год}.$$

При стоимости 1 ГДж 316,7 руб. на текущий год экономический эффект от использования гелиосистемы для горячего водоснабжения достигнет 10260 руб. на широте 43° и 9305 руб. на широте 55°. ●

THE EFFICIENCY OF SOLAR POWER PLANTS FOR RAILWAYS

Sidorov, Yuri P. – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Vasilieva, Daria N. – jobs rating engineer of Sectorial center for industrial security, plc.

Dulebenets, Natalia A. – student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors study possibility to use solar plant stations for heat supply of railway installations located far from power supply networks. They offer calculations for Russian climatic conditions in latitudes 43–55° North.

Key words: railway system, solar plant, solar adsorber, density of radiant flux, thermal payload.

Координаты авторов (contact information): Сидоров Ю. П. – 8-499-973-09-75, Васильева Д. Н. – kafedra_ee_mii@mail.ru, Дулебенец Н. А. – natalijaduleb@rambler.ru.

