

мыми задвижками, вентилями, расходомерами и другими приборами), см. стрелки на чертеже.

При строительстве выбирается по соответствующим критериям для населения, экологической и экономической целесообразности существующий акваторий 1, выравнивается дно 2. Формируется ванна 3, для этого выкладывается на воду наружная ёмкость 4, насыпается теплоизоляция 6, на неё кладётся внутренняя ёмкость 5 и заполняется наружной водой. Ёмкости 4, 5 сами опускаются на требуемую глубину, выполненная дешёвым материалом с высокими теплозащитными свойствами (теплоизоляция 6 из пустых утилизированных пластмассовых бутылок), обеспечивает сохранность тепла, чему способствует арочное перекрытие из лонжеронов 8 и плёнки 9. При наличии инсоляции вода, подаваемая в солнечный нагреватель 13 трубой в колонне 10, нагревается гелиоконцентратором 14,

опускается по колонне 10 (между внутренней трубой и стенкой колонны) и подаётся во внутреннюю ёмкость 5. При необходимости включается топливный нагреватель 15 (работает на газообразном, жидком или твёрдом топливе). Вода может циркулировать (ёмкость 5 – нагреватели 13 и 15) или забираться снаружи и сбрасываться наружу переключением задвижек на водоводах 19.

При необходимости наружная ёмкость 4 заякоривается. Для работы бассейна используется вода существующего акватория 1 (исключая забор с листового дна 2) для заполнения ванны 3. Теплогидроизоляция между наружной 4 и внутренней 5 ёмкостями, выполненная дешёвым материалом с высокими теплозащитными свойствами (теплоизоляция 6 из пустых утилизированных пластмассовых бутылок), обеспечивает сохранность тепла, чему способствует арочное перекрытие из лонжеронов 8 и плёнки 9.

При наличии инсоляции вода, подаваемая в солнечный нагреватель 13 трубой в колонне 10, нагревается гелиоконцентратором 14,

Посетители после гардероба 17 и душевых 16 попадают в бассейн с заданной температурой воды и воздуха. Водоочиститель 18 не допускает наличия вредных веществ в ванне 3 и в сбросной воде в акваторий 1. Отходы концентрируются и вывозятся в контейнерах.

Экономический эффект заключается в снижении стоимости строительства и эксплуатации плавательного бассейна, снижении сроков проектирования, строительства, доводок, уменьшении загрязнения окружающей среды.

Социальный эффект – оздоровление населения, спортивные мероприятия, полезная занятость молодёжи.

Социальный эффект – оздоровление населения, спортивные мероприятия, полезная занятость молодёжи.

#### Заключение

1. Предложено несколько новых направлений внедрения солнечных энергоустановок.
2. Вопросы об экономической целесообразности описанных предложений должны решаться на конкретных примерах с учётом не только замещения углеводородного топлива, но и социальных и экологических условий.
3. Дальнейшие конструкторские работы требуют инвестиций для теоретических и режимных исследований.

Материал поступил в редакцию 29.04.09

#### SEVERYANIN V.S. About use solar power-supplier

The using of solar energy sources some examples of using of solar energy sources are described in this article: for oil-chemical industry, for energetics, for municipal economy.

УДК 1621.311.25:551.521.1/363

Кузьмич В.В.

## РАСЧЕТ ПРИХОДА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА

**Введение.** Для расчета прихода солнечной радиации на наклонную лучепоглощающую поверхность, необходимо знать углы падения солнечных лучей на наклонную и горизонтальную поверхности в данном месте [1, 2]. Положение некоторой точки *A* на земной поверхности относительно солнечных лучей в данный момент времени определяется широтой ее месторасположения  $\varphi$ , угловым солнечным временем  $\omega$  и склонением Солнца  $\delta$ . Широта  $\varphi$  — это угол между линией, соединяющей точку *A* с центром Земли *O* и ее проекцией на плоскость экватора. Угловое солнечное время  $\omega$  — это угол, измеренный в экваториальной плоскости между проекцией линии *OA* и проекцией линии, соединяющей центры Земли и Солнца. Если каждый час измерять смещение Солнца относительно положения в полдень, то получим ряд значений угла  $\omega$ , характеризующих его угловые перемещения вокруг этой оси в зависимости от времени  $t$  после полудня, тогда  $\omega = t / 24 \cdot 360 = t / 24 \cdot 2\pi = 0,262 \cdot t$  рад.

Склонение Солнца  $\delta$  — это угол между линией, соединяющей центры Земли и Солнца и ее проекцией на плоскость экватора. Склонение Солнца в течение года непрерывно изменяется от  $-23^{\circ}5'$  в день зимнего солнцестояния 22 декабря до  $23^{\circ}5'$  в день летнего солнцестояния 22 июня и равно нулю в дни весеннего (21 марта) и осеннего (23 сентября) равноденствия.

В расчетах солнечной радиации используется также зенитный угол Солнца  $\theta_z$ , угол высоты  $\alpha$  и азимут  $\alpha_s$ , а также азимут поверхности  $\alpha_n$ . Зенитный угол Солнца  $\theta_z$  — угол между направлением на Солнце и вертикалью к горизонтальной плоскости. Зенитный угол вычисляется по следующей формуле:

$$\theta_z = 90^{\circ} - \alpha. \quad (1)$$

Высота Солнца  $\alpha$  над горизонтом — угол в вертикальной плоскости между солнечным лучом и его проекцией на горизонтальную плоскость. Угол высоты Солнца  $\alpha = 90^{\circ} - \theta_z$ , поэтому  $\sin \alpha = \cos \theta_z$ . Очевидно, в полдень высота Солнца  $\alpha = 90^{\circ} - \varphi + \delta$ , но в другое время суток кажущееся положение Солнца определяется несколько труднее, т.е.

$$\sin \alpha = \cos \omega \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta. \quad (2)$$

Азимут  $\alpha_s$  Солнца — это угол в горизонтальной плоскости между проекцией солнечного луча и линией, направленной на юг. Значения азимута Солнца на территории республики вычисляются по формуле:

$$\sin \alpha_s = (\cos \delta \cdot \cos \omega) / \cos \alpha. \quad (3)$$

Азимут поверхности  $\alpha_n$  измеряется как угол между нормалью к поверхности и направлением на юг.

**Угловые соотношения.** Тепловоспринимающая поверхность принимает наибольшее количество солнечной энергии в том случае, когда она расположена перпендикулярно к падающим солнечным лучам. При отклонении поверхности на юго-запад или юго-восток не более чем на  $15^{\circ}$  получим гелиорадиации около 99%.

Для определения возможного падающего солнечного излучения на поверхность, когда она поворачивается на некоторый угол  $\beta$  относительно горизонтальной плоскости, были произведены расчеты для всех широт республики при углах  $\beta$  от  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ .

Расчеты показывают, что для получения максимальной тепловой энергии (100%) поверхность должна быть установлена под углом  $\beta$  к горизонту в диапазонах, указанных в таблице 1.

Таблица 1. Значения оптимального угла наклона поверхности к горизонту южной ориентации на территории республики Беларусь

Месяц	Ш И Р О Т А						Средний диапаз. опт. угл.	Опти- мальн. угол
	51°	52°	53°	54°	55°	56°		
1	69-75	70-76	71-77	72-78	73-79	74-80	69-80	75
2	62-66	62-68	63-69	64-70	65-71	66-72	62-72	67
3	51-56	52-57	53-58	54-59	55-60	56-61	51-61	56
4	39-44	40-45	41-46	42-47	43-48	44-49	39-49	44
5	30-35	31-36	32-37	33-38	34-39	35-40	30-40	35
6	25-31	26-32	27-33	28-34	29-35	30-36	25-36	31
7	27-32	28-33	29-34	30-35	31-36	32-37	27-37	32
8	35-40	36-41	37-42	38-43	39-44	40-45	35-45	40
9	46-51	47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	46-56	51
10	58-62	59-64	60-65	61-66	62-67	63-68	58-68	63
11	67-73	68-74	69-75	70-76	71-77	72-78	67-78	73
12	71-76	72-78	73-79	74-80	75-81	76-82	71-82	77

Если установить угол наклона поверхности на 5–10° меньше или больше указанного диапазона, то получим не менее 90% солнечной энергии.

Следовательно, при сезонном использовании (апрель – сентябрь) гелио-систем южной ориентации угол наклона поверхности β к горизонтальной плоскости должен быть 39°, для зимы (декабрь – февраль) β = 73°, для лета (июнь – август) β = 34°, при круглогодичном β = 54°.

В процессе движения Солнца по небу соответственно изменяется угол падения солнечных лучей. Наибольший эффект достигается в том случае, когда панель коллектора поворачивается за движением Солнца по азимуту и относительно горизонта, в этом случае лучи будут падать на нее перпендикулярно.

Угол падения солнечных лучей на произвольно ориентированную поверхность, имеющую азимут α<sub>Н</sub> и угол наклона к горизонту β, определяется по формуле:

$$\cos i = \sin \beta [\cos \delta (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_H \cdot \cos \omega + \sin \alpha_H \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_H] + \cos \beta [\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi]. \quad (4)$$

Угол падения лучей на горизонтально расположенную поверхность (β = 0°) вычисляется следующим образом:

$$\cos i = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi. \quad (5)$$

Угол падения лучей на вертикальную поверхность (β=90°) находим по формуле:

$$\cos i = \cos \delta (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_H \cdot \cos \omega + \sin \alpha_H \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_H. \quad (6)$$

Азимут вертикальной поверхности α<sub>Н</sub> в том случае, если она ориентирована на юг, равен 0°, на запад 90°, на восток – 90° на север – 180°. Подставляя эти значения α<sub>Н</sub>, получаем выражения для угла падения лучей на вертикальную поверхность данной ориентации.

**Составляющие прихода энергии Солнца.** При проектировании систем преобразования солнечной энергии необходимо знать не только полное излучение, но и его составляющие [1, 2]. Метод, с помощью которого измеренная полная радиация может быть разложена на прямую и рассеянную, показан ниже. Основным параметром его служит среднемесячный коэффициент ясности атмосферы.

$$K = E / E_o, \quad (7)$$

где E – среднемесячное полное излучение, пришедшее на горизонтальную поверхность, кДж/(м<sup>2</sup>.сут); E<sub>o</sub> – внеатмосферное среднемесячное суточное излучение, падающее на горизонтальную поверхность, кДж/(м<sup>2</sup>.сут) [2]. Значения коэффициента ясности атмосферы K приведены в [2]. С учетом этого коэффициента получаем выражение для величины среднемесячного рассеянного суточного излучения E<sub>d</sub>.

$$E_d = K \cdot K^1 \cdot E_o, \quad (8)$$

где K<sup>1</sup> = E<sub>d</sub>/E = 1,39 – 4,03K – 5,53 K<sup>2</sup> – 3,11 K<sup>3</sup>, если солнечная постоянная принята равной 1,353 кВт/м<sup>2</sup>. Зависимость K<sup>1</sup>

от K приведена в работе [2].

После определения рассеянной составляющей излучения можно рассчитать среднемесячную суточную прямую составляющую излучения на горизонтальную поверхность

$$E_{пр} = E - E_d. \quad (9)$$

Составляющая прямого солнечного излучения для наклонной плоскости вычисляется по формуле:

$$E_{пн} = E_{пр} (\cos i / \cos \theta_z), \quad (10)$$

где E<sub>пр</sub> – проекция текущей составляющей прямого солнечного излучения на горизонтальную поверхность; i – угол падения солнечного луча на поверхность.

Величина  $R_n = \frac{\cos i}{\cos \theta_z}$  представляет коэффициент пере-

счета прямого излучения на горизонтальную поверхность для условий, когда поверхность наклонена под углом β:

$$R_n = \frac{\sin \delta \cdot \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cdot \cos(\varphi - \beta) \cos \omega}{\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega}. \quad (11)$$

Геометрический параметр R<sub>n</sub> связывает прямое излучение на горизонтальную поверхность с прямым излучением на наклонную поверхность. Так как значение R<sub>n</sub> непрерывно изменяется, то для расчетов используют среднее значение этого параметра. Теоретически R<sub>n</sub> является функцией пропускательной способности атмосферы. Однако эту величину можно определить как отношение приходов внеатмосферной радиации на наклонную и горизонтальную поверхности.

Для ориентированных на юг поверхностей коэффициент пересчета прямого излучения R<sub>n</sub> находим из уравнения (11). Среднемесячные значения пересчета прямой солнечной радиации для оптимальных углов наклона поверхности на территории республики в зависимости от широты местности и угла наклона площадки к горизонту приведены в таблице 2. С небольшой погрешностью эти значения R<sub>n</sub> можно использовать и для поверхностей, азимут которых не превышает 15°. При больших отклонениях от южной ориентации для расчета R<sub>n</sub> использовался метод, предложенный Клейном:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cdot \cos \omega'_s + \frac{\pi}{180} \omega'_s \cdot \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega_s + \sin \varphi \cdot \sin \delta \cdot \frac{\pi}{180} \omega_s}, \quad (12)$$

где δ – склонение Солнца в средний день месяца, град; ω<sub>s</sub> и ω'<sub>s</sub> – часового угла захода Солнца на горизонтальной и наклонной поверхностях, град.

Часовой угол захода (восхода) Солнца для горизонтальной поверхности вычисляется по формуле:

$$\omega_s = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta). \quad (13)$$

**Таблица 2.** Среднемесячные значения коэффициента пересчета прямой солнечной радиации  $R_n$  для поверхности южной ориентации при оптимальных углах ее наклона к горизонту

Месяц	$\beta$ , град.	51° с.ш.	52° с.ш.	53° с.ш.	54° с.ш.	55° с.ш.	56° с.ш.
1	75	3.214	3.399	3.605	3.839	4.104	4.410
2	70	2.281	2.366	2.458	2.558	2.666	2.784
3	65	1.677	1.718	1.761	1.806	1.854	1.905
4	45	1.335	1.357	1.380	1.404	1.429	1.455
5	35	1.180	1.194	1.209	1.224	1.239	1.255
6	30	1.131	1.142	1.154	1.165	1.177	1.189
7	30	1.152	1.164	1.176	1.188	1.201	1.214
8	40	1.259	1.277	1.296	1.315	1.335	1.355
9	50	1.518	1.549	1.582	1.616	1.652	1.689
10	60	2.037	2.102	2.171	2.245	2.324	2.409
11	70	2.910	3.056	3.217	3.397	3.598	3.825
12	75	3.627	3.864	4.133	4.443	4.803	5.228

**Таблица 3.** Среднемесячные значения коэффициента пересчета суммарной солнечной радиации  $R$  для тепловоспринимающих поверхностей южной ориентации при оптимальных углах наклона к горизонту на территории республики

Месяц	ШИРОТА					
	51°	52°	53°	54°	55°	56°
1	1.449	1.431	1.554	1.505	1.549	1.600
2	1.379	1.371	1.414	1.416	1.441	1.469
3	1.314	1.318	1.363	1.355	1.373	1.390
4	1.078	1.116	1.123	1.137	1.149	1.161
5	1.013	1.054	1.056	1.072	1.081	1.091
6	0.984	1.033	1.026	1.051	1.060	1.069
7	1.002	1.047	1.041	1.065	1.074	1.084
8	1.059	1.092	1.095	1.113	1.123	1.134
9	1.183	1.200	1.219	1.229	1.245	1.261
10	1.334	1.328	1.367	1.370	1.393	1.418
11	1.413	1.598	1.455	1.688	1.742	1.802
12	1.453	1.447	1.516	1.534	1.588	1.652

Расчет часового угла захода Солнца для поверхности, имеющей наклон к горизонту и южную ориентацию, ведут следующим образом. Кроме величины  $\omega_s$ , определяют  $\omega'_s$  из выражения

$$\omega'_s = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \operatorname{tg} \delta]. \quad (14)$$

Меньшая из величин  $\omega_s$  или  $\omega'_s$  принимается за часовой угол.

Среднемесячное суточное прямое излучение на наклонную поверхность определяется следующим образом:

$$E_{\text{пр}} = R_n \cdot E_{\text{гр}}, \quad (15)$$

где  $E_{\text{гр}}$  – среднемесячное суточное прямое излучение на горизонтальную поверхность.

На наклонную поверхность кроме прямого излучения поступает рассеянное от части небесной полусферы в пределах видимости. Если предположить, что небесная полусфера – изотропный источник, то угловой коэффициент рассеянного излучения вычисляется по формуле:

$$R_d = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta). \quad (16)$$

Так как тепловоспринимающая поверхность находится вблизи Земли, то на нее могут поступать прямое и рассеянное излучение, отраженные от Земли с угловым коэффициентом

$$R_{\text{отр}} = \frac{1}{2} q_s (1 - \cos \beta), \quad (17)$$

где  $q_s$  – отражательная способность земной поверхности. Для льда и снега  $q_s = 0,7$ , для бетона  $q_s = 0,2$ , для асфальта, темной поверхности Земли и воды  $q_s = 0,1$ , для песка  $q_s = 0,4$ .

Из уравнений (11), (16) и (17) найдем суммарное среднемесячное суточное излучение  $E$  Солнца, падающее на поверхность, расположенную на Земле:

$$E = R_n E_{\text{гр}} + E_{\text{др}} (1 + \cos \beta) / 2 + (E_{\text{др}} + E_{\text{пр}}) q_s (1 - \cos \beta) / 2, \quad (18)$$

где  $E_{\text{др}}$  – среднемесячное суточное количество рассеянного излучения на горизонтальную площадку,  $\text{кДж/м}^2\text{сут}$ .

Рассеяние солнечной радиации может быть направленным (допущение для солнечных дней), тогда  $R_d = R_n$ , т.е. угловой попра-

вочный коэффициент рассеянной солнечной радиации совпадает с коэффициентом для прямой.

Среднемесячное суммарное суточное количество солнечной энергии  $E$ , поступающей на наклонную поверхность, можно определить из выражения

$$E = R \cdot E_r, \quad (19)$$

где  $E_r$  – среднемесячное суточное полное количество солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность,  $R$  – отношение среднемесячных суточных количеств солнечной радиации, поступающей на наклонную и горизонтальную поверхность.

Коэффициент пересчета количества солнечной энергии с горизонтальной поверхности на наклонную поверхность с южной ориентацией равен сумме трех составляющих, соответствующих прямому, рассеянному и отраженному солнечному излучению, поступающему на горизонтальную поверхность:

$$R = \left(1 - \frac{E_{\text{др}}}{E_r}\right) R_n + \frac{E_{\text{др}}}{E_r} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + q_s \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (20)$$

где  $R_n$  – среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность.

Среднемесячные значения коэффициента пересчета суммарной солнечной радиации  $R$  для солнечных коллекторов южной ориентации приведены в таблице 3.

Значения отражательной способности поверхности земли в условиях Республики Беларусь приведены в таблице 4.

### Заключение

1. Таким образом, при изменении угла наклона поверхности  $\beta$  от  $30^\circ$  до  $75^\circ$  в любой месяц года на территории Беларуси значения отраженной радиации увеличиваются на 1–20% (таблица 4).

При проектировании гелиосистем необходимо знать количество солнечной энергии, поступающей на наклонную поверхность. Поэтому при инженерных расчетах необходимо располагать ежечасными значениями  $R_n$ ,  $R_d$ ,  $R_{\text{отр}}$ ,  $R$  представленными в данной работе.

**Таблица 4.** Среднемесячные потоки суммарной радиации с учетом отражательного излучения для оптимальных углов наклона поверхности на территории республики, (кВт·ч)/м<sup>2</sup>

Месяцы	R <sub>отр.</sub>	ШИРОТА 51°				ШИРОТА 55°			
		E <sub>г</sub>	E <sub>отр.</sub>	Сумма за месяц	Доля E <sub>отр.</sub> , %	E <sub>г</sub>	E <sub>отр.</sub>	Сумма за месяц	Доля E <sub>отр.</sub> , %
1	0.259	18.8	4.9	23.7	20.6	14.9	3.9	18.8	20.6
2	0.202	42.1	9.7	51.8	18.7	30.1	6.9	37.0	18.7
3	0.128	90.0	13.5	105.6	14.8	80.2	13.9	94.1	14.8
4	0.029	120.3	3.6	126.9	2.8	105.0	3.1	108.1	2.8
5	0.014	169.2	2.3	171.5	1.3	152.3	2.1	154.4	1.3
6	0.011	180.9	2.1	183.0	1.1	170.8	1.9	172.7	1.1
7	0.011	175.0	2.0	177.0	1.1	163.2	1.9	165.1	1.1
8	0.020	138.4	2.8	141.2	1.9	123.7	2.5	126.2	1.9
9	0.032	92.5	3.0	95.5	3.1	82.9	2.7	85.6	3.1
10	0.125	57.3	7.2	64.5	11.1	43.3	5.4	48.7	11.1
11	0.197	22.4	4.4	26.8	16.5	20.5	4.0	24.5	16.5
12	0.259	12.9	3.3	16.2	20.6	11.2	2.9	14.1	20.6
Год	0.107	1120	58.8	1183.7	5.0	998.1	51.2	1049	4.9
За сезон	0.019	876.3	15.8	895.1	1.8	797.9	14.2	812.1	1.7

2. В результате расчетов получено, что при ориентации по азимуту, т.е. когда поверхности оптимально ориентированы по двум углам (углу наклона к горизонту и азимутальному углу), средневневной приход прямой солнечной радиации на тепловоспринимающую поверхность увеличивается на 28–30% по сравнению с приходом на горизонтальную поверхность, и на 18–20% — по сравнению с тепловоспринимающей поверхностью южной ориентации.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Внутренние санитарно-технические устройства // Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1990. – Ч. 1. – 344 с.
2. Кирюшатов, А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве. – М.: Агропромиздат, 1991. – 96 с.

Материал поступил в редакцию 10.03.09

**KUSMICH W.W. The Solar radiation receiving calculation on heliocollector surface**

Construction and regime factors of heliocollectors are shown for Belarus conditions.

УДК 636.5:658.567.1

**Кузьмич В.В., Тимошук А.Л., Тетеркин Д.А.,  
Виноградов Л.М., Мартынюк В.И.**

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Введение.** Развитие сельскохозяйственного производства и необходимость обеспечения высокого качества производимой сельхозпродукции для обеспечения ее конкурентоспособности на внешнем рынке требует совершенствования технологии производства и переработки. Для успешного распространения продукции на внешнем рынке требуется соответствие ее жестким санитарно-гигиеническим требованиям. Это особенно актуально для предприятий животноводческого комплекса. Зачастую источником распространения заболеваний, вызывающих массовую гибель животных, являются туши павших животных, которые должны быть уничтожены. Одним из наиболее распространенных способов утилизации является сжигание. Процесс сжигания органических отходов сопряжен с рядом трудностей: высокая влажность отходов, крупные фракции, неоднородность, образование при горении вредных веществ и т.п. В связи с этим, оборудование для сжигания органических отходов имеет ряд отличий от традиционного топочного оборудования. Чтобы обеспечить эффективное сжигание отходов, необходимо наличие мощного внешнего источника теплоты для разогрева и поддержания высокой температуры в камере сгорания (как правило, горелка на газообразном или жидком топливе). Необходимо предусмотреть также и возможность очистки дымовых газов от высокотоксичных веществ, образующихся при горении органики.

**Установка с пульсационной интенсификацией.** Для более ин-

тенсивного контакта с окислителем в установках для сжигания отходов применяют механическое, акустическое или иное воздействие на объект (вращающиеся камеры сгорания и т.п.). Одним из наиболее простых способов интенсивного воздействия на утилизируемый материал является организация нестационарного режима горения — так называемого пульсирующего горения. Оборудование, использующее такой принцип сжигания топлива, обладает рядом преимуществ по отношению к традиционным топочным устройствам, которые указаны в [1]. В частности таковыми являются: малая удельная материалоемкость; снижение потребления электроэнергии на собственные нужды; интенсификация горения и конвективного теплообмена; очищающее действие на поверхностях нагрева; снижение выбросов оксидов азота и сажи и т.д.

На рисунке 1 показано устройство по [2], позволяющее достичь наилучшего результата по эффективности, в котором применяется комбинированное акустическое и механическое воздействие на обрабатываемый материал. Цифрами на рисунке обозначены: 1 – корпус, 2 – лопасть, 3 – электродвигатель, 4 – бункер, 5 – воздушный короб, 6 – золошлаковый отвод, 7 – камера дожигания, 8 – люк, 9 – патрубок, 10 – камера пульсирующего горения, 11 – теплообменник, 12 – труба.

Использование механического ворошения материала в вертикальной плоскости ведет к увеличению поверхности горения, улучшает обдувание отдельных частиц, повышает равномерность горения по топочному объему. Нестационарное обдувание материала,

**Тимошук А.Л., Тетеркин Д.А., РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь.**

**Виноградов Л.М., Мартынюк В.И., ГНУ «ИМТО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси», Республика Беларусь.**

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика