

**Пашинский В.А. к.т.н., доцент, Бутько А.А.**  
**Международный государственный экологический институт**  
**им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск**

**СРЕДНЕСРОЧНЫЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**  
**СУММАРНОЙ, ПРЯМОЙ И РАССЕЯННОЙ СОЛНЕЧНОЙ**  
**РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

С учетом природных, географических и метеорологических условий Республики Беларусь, одним из направлений увеличения доли производства первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению ТЭР на 1 процент (с 5 процентов в 2015 году до 6 процентов в 2020 года), в соответствии с Государственной программы «Энергосбережение» на 2016-2020 годы (утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.03.2016 № 248), является развитие солнечной энергетики.

Среднее годовое количество суммарной солнечной радиации за период 2007–2015 г.г. по данным ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» составляет 3869,48 МДж/(м<sup>2</sup>·год) из них: на весенние месяцы приходится 1317,97 МДж/(м<sup>2</sup>·год), что составляет 34,1 %; на летние месяцы 1755,63 МДж/(м<sup>2</sup>·год) – 45,4 %; на осенние месяцы 563,63 МДж/(м<sup>2</sup>·год) – 14,6 %, на зимние месяцы 232,25 – 6,0 %. Поступление солнечной радиации имеет правильный годовой ход при котором максимальное количество солнечной радиации приходится на июнь-июль – 633,40–629,91 МДж/(м<sup>2</sup>·месяц), минимальное количество на декабрь – 39,78 МДж/(м<sup>2</sup>·месяц). Вклад рассеянной солнечной радиации в годовой сумме суммарной солнечной радиации составляет 50,1 %, что составляет 1880,8 МДж/(м<sup>2</sup>·год). На весенние месяцы доля рассеянной солнечной радиации – 48,5 %; летние месяцы – 46,5 %; осенние месяцы – 55,3 %; зимние месяцы – 72,5 %.

Средние месячные значения математического ожидания  $\bar{x}$ , минимального значения  $min$ , максимального значения  $max$ , стандартного отклонения  $s$ , среднеквадратического отклонения  $\sigma$ , коэффициенты асимметрии  $A$ , эксцесса  $K$ , вариации  $c_v$  суммарной солнечной радиации представлены в таблице 1.

Таблица 1. Статистическая обработка значений суммарной солнечной радиации

месяц	$\bar{x}$	$min$	$max$	$\sigma$	$s$	$A$	$K$	$c_v$
I	69,2	50,1	98,8	18,41	5,82	0,47	-1,49	0,27
II	123,3	94,1	176,3	26,98	8,53	0,94	-0,07	0,22
III	295,0	242,7	363,7	43,51	13,76	0,37	-0,92	0,15
IV	460,5	375,1	593,3	59,89	18,94	1,09	2,02	0,13
V	562,5	469,5	619,6	50,80	16,06	-0,72	-0,62	0,09
VI	633,4	556,1	717,2	53,01	16,76	-0,03	-0,94	0,08
VII	629,9	515,5	731,2	57,13	18,07	-0,28	1,51	0,09
VIII	492,3	344,7	603,8	78,02	24,67	-0,30	-0,04	0,16
IX	327,7	288,1	378,5	34,84	11,02	0,18	-1,80	0,11
X	173,7	126,2	241,4	39,70	12,56	0,66	-0,70	0,23
XI	62,3	48,4	84,6	12,43	3,93	0,52	-0,90	0,20
XII	39,8	20,0	58,7	11,86	3,75	-0,04	-0,64	0,30

По результатам исследования с целью определения суточных сумм рассеянной солнечной радиации получен набор следующих уравнений:

$$H_D = H_{(p)} \cdot \begin{cases} 0,999 & K_T \leq 0,17 \\ -0,5792K_T^2 - 0,9643K_T + 1,2111 & 0,17 \geq K_T > 0,75 \\ -0,0318K_T + 0,2619 & 0,75 \geq K_T > 0,8 \\ 4,4082K_T - 3,3433 & K_T \geq 0,8 \end{cases}$$

где  $H_{(p)}$  – суммарная солнечная радиация, МДж/(м<sup>2</sup>·сут.);  $H_D$  – рассеянная солнечная радиация, МДж/(м<sup>2</sup>·сут.);  $K_T = H_{(p)}/H_0$  – индекс ясности атмосферы, характеризует отношение фактической суммарной солнечной радиации поступающей на земную поверхность  $H_{(p)}$  к солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы  $H_0$ .

Достоверность аппроксимации предложенных уравнений (при количестве аргументов в выборке  $n = 2888$ ) между измеренными и рассчитанными значениями поступления рассеянной суммарной солнечной радиации составляет  $R^2 = 0,859$  (рисунок 1), значение F-статистики равна 17613 при уровне значимости  $p < 0,000$ . MAD – 0,88 МДж/(м<sup>2</sup>·сутки), MSE – 1,90 МДж/(м<sup>2</sup>·сутки); RMSE – 1,38 МДж/(м<sup>2</sup>·сутки); MAPE – 15,57 %.

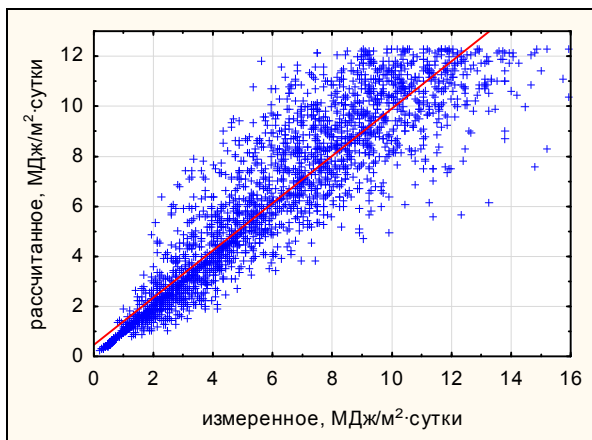


Рисунок 1. Измеренное и расчетное значение рассеянной солнечной радиации за период 2007–2015 г.г. по ОМН Минск

Предложенная статистическая модель оценки поступления суммарной, прямой и рассеянной солнечной радиации с учетом суточной изменчивости позволяет восполнить существующий пробел в содержании действующих нормативно-технических документов, и может быть востребована при решении широкого спектра практических задач.

Список использованных источников

1. Рекомендации по технико-экономическому обоснованию применения нетрадиционных солнечных и солнечно-теплососных систем теплохладоснабжения на гражданских и промышленных объектах. – М., 1987 г., 53 с.

**Русан В.И. д.т.н., профессор, Сычик В.А. д.т.н., профессор  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь  
РЕЧНАЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

Для использования энергии малых рек находят применение гидроэлектростанции [1-3], в состав которых входят плотина, обводной канал-водовод с водозаборником, где размещены турбины установленные на домкратах электрогенераторов, кинематически связанных с турбинами. Обводной канал покрыт бетонными плитами.

К недостаткам речных электростанций указанной структуры следует отнести: сложная и громоздкая конструкция, сравнительно низкий КПД и сложная система передачи вращения от гидротурбины к электрогенератору.