

**ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ СОЛНЕЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ  
СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Милованов Т.Е.**

Научный руководитель доцент И.А. Разживин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время крупные компании, такие как Газпромнефть, Лукойл, Сибур и др. не теряют фокуса на «зеленой» энергетике и имеют потребность в технологических решениях в рамках экологической повестки. Это соответствует принятой Минэкономразвития стратегии низкоуглеродного развития России до 2050 года [2]. Снизить удельное количество выбросов CO<sub>2</sub> можно в том числе за счет солнечной генерации.

Для возобновляемых источников энергии актуальная проблема точного прогнозирования объемов генерации для проведения технико-экономической оценки строительства солнечной электростанции в заданной гео-точке. Более того, в настоящее время на отечественном рынке отсутствуют расчетные программные комплексы для подобных вычислений.

В рамках формирования проекта по строительству генерирующего объекта любого масштаба необходимо иметь представление об объеме ожидаемой генерации для эффективного подбора состава оборудования и построения экономической модели. Основная проблема при этом – непредсказуемость метеоусловий.

Предложенное решение заключается в построении прогнозной модели на основе статистических данных о метеоусловиях для региона строительства и проведении оценки ожидаемой солнечной генерации.

Начальным шагом на пути к решению проблемы будет анализ одной из существующих методик расчета солнечной генерации [1].

Основным параметром, оказывающим эффект на величину генерации солнечной панели, является инсоляция поверхности, изменяющаяся от координат места расположения панели. Меньшее влияние оказывает температура окружающего воздуха. Одновременный учет этих параметров в расчетах позволяет повысить точность оценки генерации. При этом наиболее важны исходные данные: чем больший период они охватывают, тем ближе к реальности будет результат. Таким образом, для расчета генерации за год потребуются почасовые метеорологические данные за максимально возможный период. На их основе произойдет построение прогнозной модели. Для расчета метеорологических показателей в работе применялась спутниковая база данных [3].

Также для расчета необходимо знание характеристик солнечной панели. В качестве панели для расчетов использовалась модель 665BMDG китайской компании Risen Solar, характеристики которой взяты с официального сайта производителя [4]. Учитывались следующие показатели: площадь, коэффициент полезного действия, коэффициент двусторонности панели, температурные коэффициенты и коэффициент Альбеда [5].

Алгоритм расчета в программном комплексе MS Excel:

1. Получение и обработка датасета метеорологической базы данных для региона расположения электростанции.
2. Создание модели ожидаемой почасовой инсоляции и температуры для одного типового дня каждого месяца года за счет получения медианного значения параметра в отдельный час дня.
3. Расчет генерации солнечной панели на основе исходных данных и данных, полученных в предыдущем пункте.

Мощность, вырабатываемая блоком из солнечных панелей и инвертора:

$$P_{\text{выр}} = n \times G \times S \times \frac{\eta_{\text{сп}}}{100} \times (1 + k_{\text{дв}} \times k_a + \frac{k_{\text{ртемп}}}{100} (t_{\text{сп}} - 25)) \times \frac{\eta_{\text{инв}}}{100} \times k_{\text{стат}} \times k_{\text{сопр}}$$

где  $n$  - количество солнечных панелей, шт.;  $G$  - инсоляция, Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  - площадь панели, м<sup>2</sup>;  $\eta_{\text{сп}}$  - коэффициент полезного действия, %;  $k_{\text{дв}}$  - коэффициент двусторонности солнечной панели;  $k_a$  - коэффициент альбеда;  $k_{\text{ртемп}}$  - температурный коэффициент солнечной панели по мощности;  $t_{\text{сп}}$  - температура солнечной панели,  $t_{\text{сп}} \approx t_{\text{окр}} + 0,029G$ ;  $\eta_{\text{инв}}$  - КПД инвертора, %,  $k_{\text{стат}} \approx 0,85$  - коэффициент, учитывающий снижение выработки из-за статичного расположения панелей в пространстве,  $k_{\text{сопр}} \approx 0,99$  - коэффициент, учитывающий снижение выработки из-за потерь в кабелях и рядах панелей при подключении к инвертору.

Пример полученных значений для Оренбурга в июне приведен в таблице.

*Таблица*

*Ожидаемые суточные параметры для июня в Оренбурге*

Время	Инсоляция, Вт/м <sup>2</sup>	Температура, °С	Генерация солнечной панели, Вт
0:00	0	14,67	0
1:00	0	13,99	0
2:00	0	13,51	0
3:00	0	13,29	0
4:00	15,26	13,35	10,44
5:00	105,09	14,9	71,53

Продолжение таблицы

Время	Инсоляция, Вт/м <sup>2</sup>	Температура, °С	Генерация солнечной панели, Вт
6:00	238,84	16,42	161,75
7:00	393,61	19,17	264,14
8:00	542,47	21,81	360,84
9:00	660,88	22,79	438,15
10:00	669,28	23,7	442,36
11:00	723,38	24,48	476,85
12:00	750,8	25,08	493,92
13:00	721,28	25,69	473,52
14:00	680,88	26,01	446,51
15:00	570,38	25,59	374,58
16:00	437,23	25,18	287,54
17:00	309,55	24,38	204,12
18:00	200,64	23,24	132,82
19:00	75,13	21,18	50,08
20:00	10,27	18,48	6,91
21:00	0	17,15	0
22:00	0	16,15	0
23:00	0	15,47	0

График выработки электроэнергии одной панелью в июне представлен на рисунке.

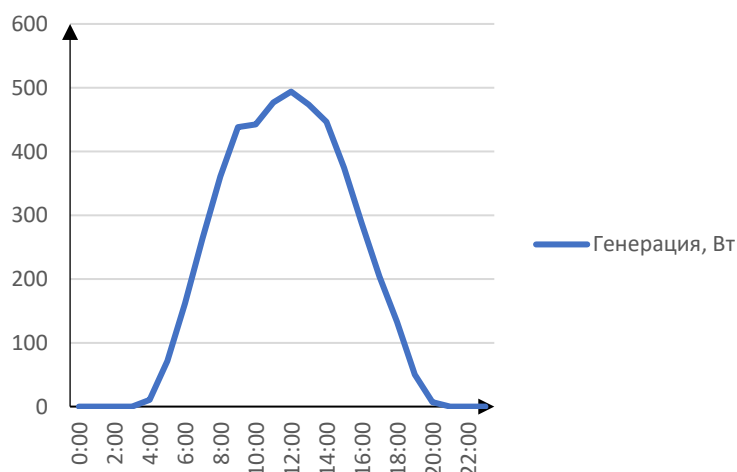


Рис. 1. Ожидаемая генерация электроэнергии солнечной панелью 665BMDG в Оренбурге в июне

Полученные данные могут быть использованы экспертами для экономической оценки целесообразности применения солнечных панелей в Оренбурге в различной комбинации. Алгоритм может быть использован для определения ожидаемой солнечной генерации в любом месте на планете, в зависимости от координат.

#### Литература

1. Обухов С. Г., Плотников И. А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – №. 6. – С. 38-51.
2. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 №3052-р. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/726639341>
3. NASA POWER: Data Access Viewer: [сайт]. – URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата обращения: 10.07.2022)
4. Risen Energy: [сайт]. – URL: [https://risenenergy.com/uploads/20220813/HSA\\_RSM132-8-640-665BMDG%20IEC1500V-35mm%202022H1-4-EN.pdf](https://risenenergy.com/uploads/20220813/HSA_RSM132-8-640-665BMDG%20IEC1500V-35mm%202022H1-4-EN.pdf) (дата обращения: 08.09.2022).
5. White Paper: Calculating the Additional Energy Yield of Bifacial Solar Modules: [сайт]. – URL: <https://solaren-power.com/pdf/Calculating-Additional-Energy-Yield-Through-Bifacial-Solar-Technology.pdf> (дата обращения: 10.11.2022)