

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОПАНЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ГРАНИЦЫ

Е. В. Кудлаева, Д. В. Балюк

Государственное учреждение образования  
«Институт пограничной службы Республики Беларусь», г. Минск

Научный руководитель Д. В. Гансецкий

*На основании практического использования солнечных фотопанелей в составе автономных систем электроснабжения технических средств охраны границы описаны факторы, оказывающие влияние на работоспособность и производительность солнечных фотопанелей, и, в частности, произведено исследование воздействия температуры окружающей среды на их энергоэффективность. В ходе проведенных исследований установлено, что при повышении температуры окружающей среды солнечная фотопанель начинает нагреваться, в результате чего ее энергоэффективность снижается.*

**Ключевые слова:** технические средства охраны границы, автоматизированный пост технического наблюдения, автономная система электроснабжения, солнечная фотопанель, температура, коэффициент полезного действия, энергоэффективность, производительность, работоспособность.

Целью исследования является воздействие температуры окружающей среды на энергоэффективность солнечных фотопанелей технических средств охраны границы (ТСОГ), в частности, автоматизированного поста технического наблюдения (АПТН).

Солнечные фотопанели в XXI в. активно вошли в повседневный быт человека. Эффект преобразования света в электричество был открыт еще в 1842 г. французским физиком Александром Эдмонтом Беккерелем, но популярность и внедрение в различные отрасли человеческой деятельности солнечной энергетики произошло в конце XX – начале XXI в. благодаря развитию информационных и полупроводниковых технологий [1].

На сегодняшний день благодаря таким преимуществам, как возобновляемость, неисчерпаемость, повсеместность применения, автономность и экологичность солнечная энергетика продолжает развиваться и внедряться в различные технологические процессы и области человеческой деятельности. Не стало исключением и применение солнечных фотопанелей в органах пограничной службы Республики Беларусь (ОПС РБ) в качестве основного источника электроснабжения некоторых ТСОГ, которые находятся на значительном удалении от промышленных сетей электроснабжения и коммуникаций. Примером может служить АПТН, оснащенный автономной системой электроснабжения (АСЭ) [2].

Конструктивно АПТН может состоять из оптико-электронного, тепловизионного и радиолокационного модулей с антеннами беспроводной передачи данных. Для обеспечения круглосуточного электроснабжения АПТН обычно проектируется и устанавливается АСЭ, основными компонентами которой являются ветрогенератор и солнечные фотопанели, их контроллеры, утилизатор нагрузки, блок аккумуляторных батарей (АКБ) и инвертор (рис. 1).

Вместе с тем, несмотря на все положительные стороны солнечных фотопанелей, имеется и ряд недостатков, которые оказывают существенное влияние на их энергоэффективность (производительность) и работоспособность всей АСЭ АПТН в целом.

Факторами, оказывающими влияние на энергоэффективность солнечных фотопанелей будут являться: технология и материал, из которого они изготовлены; время

суток (день либо ночь) и время года (лето или зима); погодные и климатические условия (дождь, снег, туман, смог и т. п.); неравномерность солнечного освещения (угол падения солнечных лучей на поверхность солнечной фотопанели) и затенение посторонними предметами (деревья, строения и элементы строительных конструкций и т. д.); загрязнение поверхности солнечных фотопанелей (осевшая пыль, налипшая грязь, дождевые осадки, снег, оледенение и т. п.); рост температуры окружающей среды и, как следствие, – повышение температуры на поверхности самих солнечных фотопанелей.

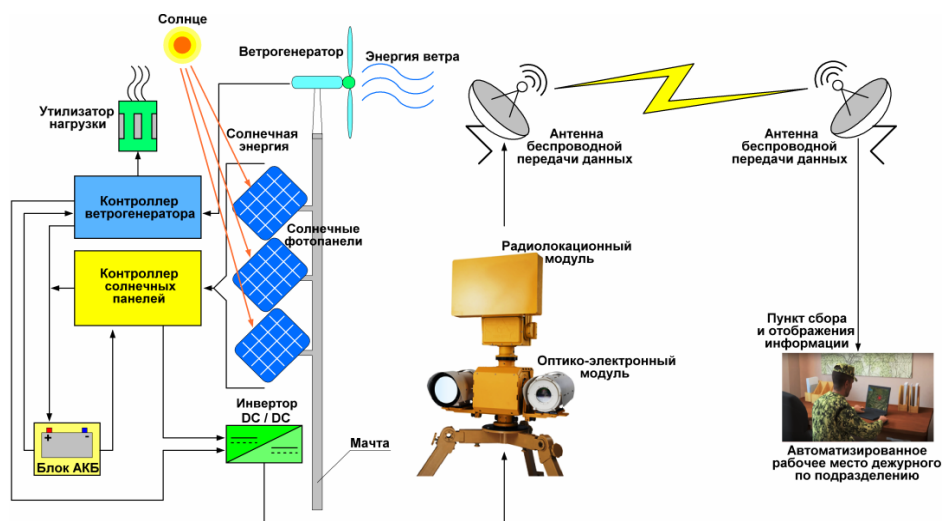


Рис. 1. Структурная схема АПТН с АСЭ

Рост температуры солнечной фотопанели негативно влияет на ее производительность и работоспособность, особенно данный фактор актуален для летнего периода.

Исходя из вышеизложенного методом математических вычислений произведем исследование данного фактора и отразим полученные результаты на графике.

Зависимость температуры поверхности солнечной панели от температуры окружающей среды можно рассчитать по следующей формуле:

$$T_{pi} = T_{\text{возд}} + \frac{E_i}{800} (T_{\text{н.экс}} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (1)$$

где  $T_{pi}$  – температура поверхности солнечной фотопанели,  $^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{возд}}$  – температура окружающей среды в расчетной точке,  $^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{н.экс}}$  – нормальная температура эксплуатации солнечной фотопанели,  $^\circ\text{C}$  (обычно в технических характеристиках солнечной фотопанели принимается  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ );  $E_i$  – интенсивность солнечного излучения в расчетной точке,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  [3].

Коэффициент полезного действия (КПД) солнечной фотопанели рассчитываем по следующей формуле:

$$\eta_{pi} = \eta_0 (1 - 0,0045 (T_{pi} - 25)), \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – температура поверхности солнечной фотопанели, °С;  $\eta_0$  – КПД солнечной панели при температуре 25 °С, % [3].

По формулам (1) и (2) произведем расчет зависимости КПД солнечной фотопанели от температуры ее поверхности для июля месяца в течение суток, и полученные данные сведем в таблицу.

По полученным данным построим график зависимости КПД солнечной фотопанели  $\eta_{pi}$  от температуры ее поверхности  $T_{pi}$  в течение времени суток  $t$  для июля месяца (рис. 2).

**Зависимость КПД солнечной фотопанели  $\eta_{pi}$  от температуры ее поверхности  $T_{pi}$  в течение времени суток  $t$  для июля месяца**

$t, \text{ч}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{\text{возд.}}, \text{°C}$	17	17	16	16	16	17	19	22	24	27	30
$E_i, \text{Вт/м}^2$	0	0	0	0	200	300	400	500	600	700	800
$T_{pi}, \text{°C}$	17	17	16	16	17,25	18,875	21,5	25,125	27,75	31,375	35
$\eta_{pi}, \%$	17,612	17,612	17,6885	17,6885	17,59288	17,46856	17,26775	16,99044	16,78963	16,51231	16,235

*Продолжение*

$t, \text{ч}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$T_{\text{возд.}}, \text{°C}$	34	34	32	30	29	28	27	25	24	23	22	20
$E_i, \text{Вт/м}^2$	1000	1100	1200	1300	1300	1200	1000	800	600	400	200	100
$T_{pi}, \text{°C}$	40,25	40,875	39,5	38,125	37,125	35,5	33,25	30	27,75	25,5	23,25	20,625
$\eta_{pi}, \%$	15,83338	15,78556	15,89075	15,99594	16,07244	16,19675	16,36888	16,6175	16,789	16,961	17,134	17,335

Исходя из полученных расчетов следует, что в результате увеличения температуры окружающей среды  $T_{\text{возд}}$  в течение времени суток  $t$  увеличивается и температура поверхности солнечной фотопанели  $T_{pi}$ , в результате чего ее КПД  $\eta_{pi}$  начинает уменьшаться (на 2–3 %), что свидетельствует о снижении ее энергоэффективности. Данное выражение подтверждается графиком на рис. 2.

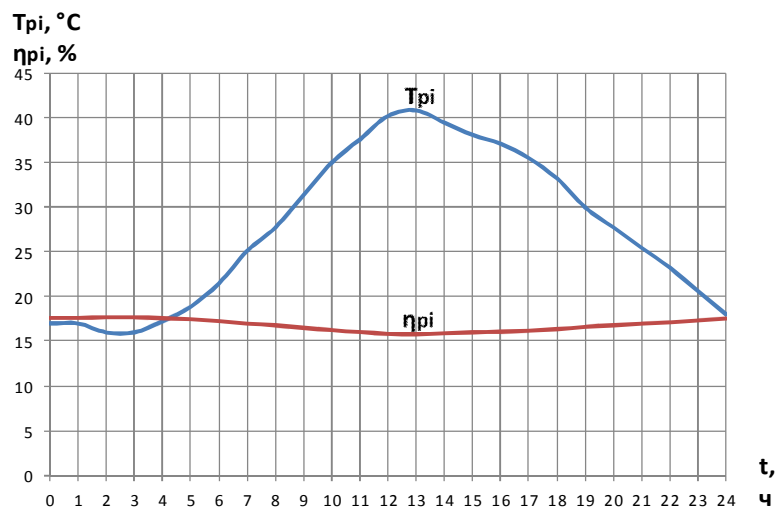


Рис. 2. Зависимость КПД солнечной фотопанели  $\eta_{pi}$  от температуры ее поверхности  $T_{pi}$  в течение времени суток  $t$

Перспективы применения солнечных фотопанелей в ОПС РБ для электроснабжения ТСОГ – инновационный и неотъемлемый процесс, которому способствует удаленность подразделений границы и рубежей охраны от промышленных сетей электроснабжения и коммуникаций. Вместе с тем при проектировании и монтаже АСЭ ТСОГ следует учитывать ряд вышеуказанных факторов, которые в последующем могут оказывать негативное влияние на работоспособность всей АСЭ и производительность солнечных фотопанелей – в частности. Одним из таких негативных факторов является воздействие температуры окружающей среды на энергоэффективность солнечной фотопанели, что и было подтверждено в ходе проведенного исследования.

#### Л и т е р а т у р а

1. Солнечная батарея.. – 2023. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_батарея](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея). – Дата доступа: 15.03.2023.
2. Пост технического наблюдения с автономной системой электропитания : рук. по эксплуатации / Производств. част. унитар. предприятие «ЛЕАРА». – Минск, 2020. – 8 с.
3. Головки, С. В. Анализ влияния климатических факторов на выбор типа солнечной панели / С. В. Головки, Д. А. Задоркин / Вестн. Астрах. гос. техн. ун-та. – 2020. – № 2 (70). – С. 21–26.

### СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ ПО ХРОМОТОГРАФИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ

Е. А. Жук

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Грунтович

*Рассмотрены различные методы анализа результатов хроматографии трансформаторного масла, а также представлены результаты исследований.*

**Ключевые слова:** хроматографический анализ, трансформатор, методика Дорненбурга, методика согласно ИЕС 60599, методика согласно СТП 33243.20.366–16.

Сегодня можно наблюдать, что проводится реконструкция и строительство новых трансформаторных подстанций. Выполнить замену такого дорогостоящего и важного элемента электрической сети не всегда представляется возможным. По этой причине в соответствии с нормами проводятся периодические испытания трансформаторов. Для выявления дефектов трансформатора выполняются различные испытания. Одним из таких испытаний является хроматографический анализ трансформаторного масла.

При выполнении анализа по соотношению различных газов выявляются различного рода дефекты, такие, как частичные разряды с низкой плотностью энергии; частичные разряды с высокой плотностью энергии; электрические разряды малой мощности; электрические разряды большой мощности; термический дефект низкой температуры ( $< 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); термический дефект в диапазоне низких температур ( $150\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); термический дефект в диапазоне средних температур ( $300\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); термический дефект высокой температуры ( $> 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); разрядный и термический дефект.

В Республике Беларусь при выполнении хроматографического анализа опираются на рекомендации, описанные в СТП 33243.20.366–16. В Российской Федерации