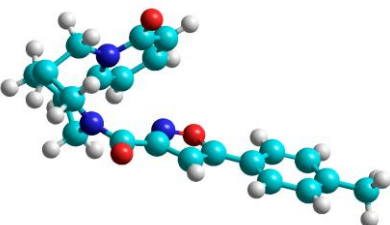
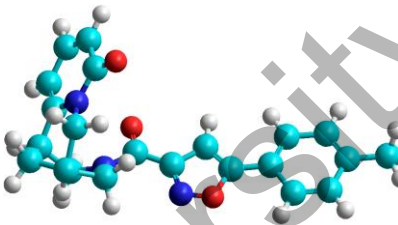

3-1	3-2
-1194.5402013015 а.е. 4.12 D	-1194.5402363646 а.е. 3.30 D
$\Delta H = 0.0000350631$ а.е. = 0.09 кДж/моль $\approx 0$ кДж/моль	
$\Delta E_{Int.(Амид)} = [E_{(Амид)} + E_{(су)}] - [E_{(Цитизин-2)} + E_{(Фенилсуксазол\ комиркыш.)}]$	
КН-6-1: -0.0020646507 а.е. = -5.42 кДж/моль	
КН-6-2: -0.0020997138 а.е. = -5.51 кДж/моль	
	
2-1	2-2
-1233.6283876889 а.е. 4.07 D	-1233.6283950807 а.е. 3.20 D
$\Delta H = 0.0000073918$ а.е. = 0.02 кДж/моль $\approx 0$ кДж/моль	
$\Delta E_{Int.(Амид)} = [E_{(Амид)} + E_{(су)}] - [E_{(Цитизин-2)} + E_{(p-Толлидсуксазол\ комиркыш.)}]$	
КН-5-1: -0.0020574579 а.е. = -5.40 кДж/моль	
КН-5-2: -0.0020648497 а.е. = -5.42 кДж/моль	

Бөлініп алынған алкалоидтың және синтезделген жаңа қосылыстардың биологиялық белсенділіктері зерттелініп, нәтижесінде синтезделген молекулалардың құрылысы мен биологиялық белсенділігінің арасындағы өзара байланысы анықталынды.

1. Добренъков А.Г., Тиялбаев З., Далимов Д.Н., Абдувахабов А.А. Производные анабазина и цитизина - обратимые ингибиторы холинэстераз // Химия природ, соед. - 1988. - №1. - С. 97-100.

2. Victoria A. Fedorova, Renata A. Kadyrova, Alexander V. Slita, Anna A. Muryleva, Polina R. Petrova, Alena V. Kovalskaya, Alexander N. Lobov, Zulfiya R. Zileeva, Dmiry O. Tsypyshev, Sophia S. Borisevich, Inna P. Tsypysheva, Julia V. Vakhitova & Vladimir V. Zarubaev: // Antiviral activity of amides and carboxamides of quinolizidine alkaloid (-)-cytisine against human influenza virus A (H1N1) and parainfluenza virus type 3, Natural Product Research, Volume 35, Issue 22, 2021, P.4256-4264.

**Потапова А.А.**, Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, физико-технический факультет, гр. ТЭ-311р-21, студент

(Научный руководитель – Танашева Н.К. доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры инженерной теплофизики имени профессора Ж. С. Акылбаева Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВЫХОДНУЮ МОЩНОСТЬ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Солнце – источник неиссякаемой энергии. Благодаря удачному географическому положению Казахстана ресурсы солнечной энергии в республике стабильны. По данным экспертов, общее ежедневное излучение варьируется в пределах от 3,5 до 4,6 киловатт-часов на квадратный метр, и это один из самых высоких показателей в мире [1, с. 12-13].

Однако экспериментальные исследования показали, что при эксплуатации солнечных модулей в летнее время, при ясном небе и интенсивном солнечном излучении, они неизбежно подвергаются нагреву в течение дня. Это температурное воздействие может не только влиять на эффективность преобразования светового потока, но и приводить к ускорению деградации модуля, что в конечном итоге может вести к снижению характеристик [2, с. 10-16].

Более того, широко известно, что эффективность фотоэлектрического преобразования строго связана с рабочей температурой элементов [3, с. 614-624].

Например, в [4, с. 555-560] было обнаружено, что КПД снижается на 0,38-0,42% (т.е. в относительном проценте), а в [5], что электрическая мощность падает на 0,4-0,5% на каждый 1 градус повышения температуры в кремниевых элементах. Обычное упрощение заключается в рассмотрении линейного снижения эффективности панели на 1% (т.е. в абсолютном проценте) каждые 10 градусов [6, с. 21-26]. Отсюда следует, что даже незначительные изменения температуры (<4-5 °С) могут явно повлиять на общую производительность. Поэтому, ожидается, что в регионах с жарким климатом вырабатываемая солнечным модулем мощность будет существенно ниже, чем мощность, указанная производителем.

### 1. Оборудование и программное обеспечение

В качестве виртуальной среды для моделирования использовано программное обеспечение ANSYS — универсальная программная система анализа методом конечных элементов (МКЭ), широко используется в сфере автоматизированных инженерных расчётов и решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, оптики, а также механики связанных полей.

В качестве исследуемой модели была выбрана поликристаллическая солнечная панель KZPV 220 M60 (рис. 1):

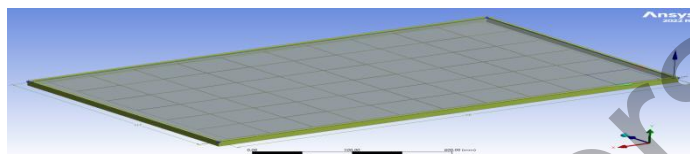


Рисунок 1. Поликристаллическая солнечная панель KZPV 220 M60

Основные характеристики солнечного модуля:

- Номинальная максимальная мощность – 220 Вт,
- Напряжение холостого хода – 36,80 В;
- Напряжение при максимальной мощности - 29,40 В,
- Сила тока при максимальной мощности – 7,5 А,
- Ток короткого замыкания – 8,3 А,
- Максимальное напряжение– 1000 В,
- Установленная мощность - 220--240 Вт
- Фотоэлементы – 60 поликристаллических ячеек,
- Размер ячеек - 156x156 мм;
- Размеры - 1,649x992x40 мм;
- Масса – 19, 5 кг;
- Коэффициент полезного действия – 17%.

### 2. Методика

Первый этап – моделирование в программном обеспечении ANSYS (создание 3д модели солнечного модуля, задание материалов и их характеристик, создание соединений и сетки, внесение граничных условий, запуск решения), второй этап – анализ результатов моделирования и влияния температуры на КПД и мощность солнечной панели.

Коэффициент полезного действия (КПД) солнечной панели рассчитывается по формуле [26]:

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

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

### 3. Результаты и анализ

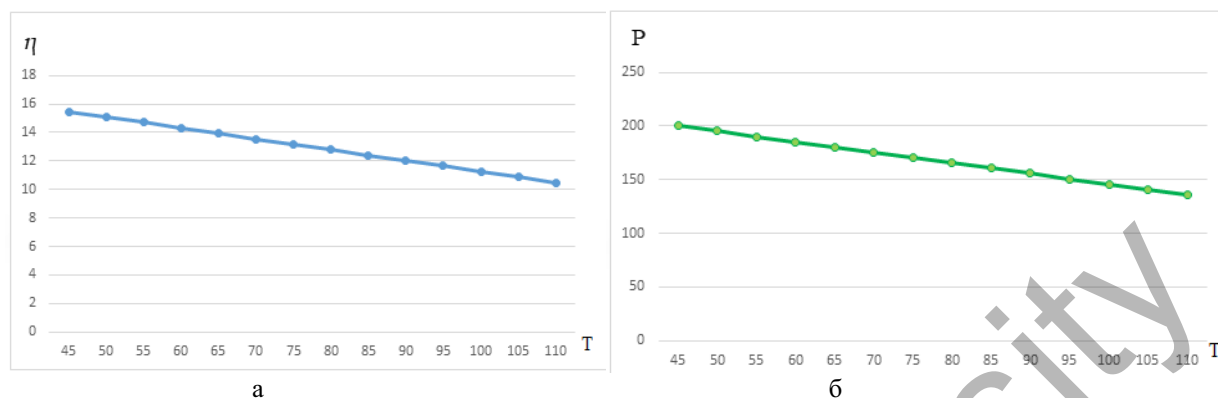
После завершения решения для каждого слоя солнечного модуля были получены значения температур, достигаемых при его нагреве (таблица 1).

Таблица 1. Полученные в результате моделирования значения температур

Название слоя	$T_{min}, ^\circ C$	$T_{max}, ^\circ C$	$T_{cp}, ^\circ C$
Стекло (Glass)	48,7	105,8	96
Ламинирующая плёнка (EVA_1)	49,3	108,29	99,8
Фотоэлементы (Silicon cells)	75,2	108,3	105
Ламинирующая плёнка (EVA_2)	51,2	108,29	100,2
Подложка (PET)	51,2	106,05	98,6

В результате моделирования было выяснено, что температура поверхности панели имеет минимальное значение 48,7 °С и максимальное – 105,8°С, в то время как для фотоэлементов минимум – 75,2°С, а максимум – 108,3°С.

После проведения расчётов значений КПД и мощности при увеличении температуры были построены графики характеризующие эти зависимости (рис. 2):



$\eta$  - коэффициент полезного действия панели, %;  $P$  – мощность, генерируемая солнечной батареей, Вт;  $T$  – температура панели, °С

Рисунок 2. Графики зависимости КПД и мощности от температуры солнечной панели

По графику на рисунке 2а отчётливо видно, что при увеличении температуры на каждые пять градусов КПД уменьшается приблизительно на 2,5-3% от предыдущего значения. Таким образом, мы имеем линейную зависимость, чем больше температура поверхности, тем меньше коэффициент полезного действия солнечной панели. Точно такая же динамика прослеживается при определении значений мощности (рис. 2б).

При достижении максимальной температуры нагрева панели 105,8-108,3°С значение КПД составляет 10,7%, что почти на 7% меньше КПД при стандартных условиях. При этом мощность достигает 140 Вт при 105,8°С и 137,5 при 108,3°С, что в 1,5 раза меньше номинального максимального значения. В результате, в летний период при температуре окружающей среды 26°С, уровне солнечной инсоляции 4250 Вт\*ч/м<sup>2</sup> в день и скорости ветра 4,1 м/с, потеря мощности, вырабатываемой поликристаллической солнечной панелью, составляет приблизительно 37%.

#### Заключение

Таким образом, в летний период, при температуре 26 °С, минимальная температура солнечных ячеек составляет 75,2 °С, а максимальная – 108,3 градуса, при этом КПД снижается почти на 7%, а потери мощности составляют около 37%. Наименьшие значения температуры оставшихся слоёв наблюдаются в небольших областях с отсутствием слоя фотоэлемента, и наоборот, при его наличии, температура близка к максимальной температуре слоя из поликристаллического кремния. Также можно отметить, что максимум температуры для ламинирующих плёнок больше, чем максимумы стекла и подложки, поскольку они непосредственно прилегают к фотоэлементам.

1. Толегенов К.К. Перспективы развития солнечной энергетики в южных регионах Казахстана. –М: мультидисциплинарный научный журнал «Проблемы науки», 2020 -№3 –65с.
2. Гульков В. Н., Колесниченко И. Д., Коротков К. Е. Исследование влияния нагрева солнечных модулей на эффективность преобразования излучения – СПб.: Ежемесячный журнал “Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»”, 2019- №1 –85с.
3. Skoplaki, E., Palyvos, J., On the Temperature Dependence of Photovoltaic Module Electrical Performance: A Review of Efficiency/ Power Correlations, Solar Energy, 83, 2009, 614-624.
4. Evans, D. L., Simplified method for predicting photovoltaic array output, Solar Energy, 27(6), 1981, 555–560.
5. Green, M. A., Solar cells: Operating principles, technology, and system applications, Englewood Cliffs, 1982.
6. Incropera P.F., De Witt P.D., Fundamentals of heat and mass transfer (5th edition), John Wiley and Sons, 2002, ISBN 0-471-38650-2, p.944.
7. Головки С. В., Задоркин Д. А., Анализ влияния климатических факторов на выбор типа солнечной панели. - Астрахань: Журнал «Вестник Астраханского государственного технического университета» - 2020 - № 2 - 21–26с.