

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Гончар Инна Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рубан Олег Игоревич

студент факультета ракетно-космической техники ХАИ  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»  
Украина

**Аннотация.** Предметом изучения в статье являются риски, возникающие при реализации проекта автономной солнечной энергетической установки (СЭУ) малой мощности. Целью является изучение и анализ рисков, возникающих при проектировании СЭУ, выбор оптимального подхода для уменьшения вероятности возникновения рисков. Задачи: провести анализ возможных рисков при проектировании СЭУ малой мощности, оценить каждый из них по международной шкале, проверить риски, на которые можно повлиять, минимизировать вероятность возникновения каждого из них, оценить рентабельность реализации проекта СЭУ малой мощности. В качестве метода в данной статье использовался аналитический способ определения вероятности возникновения рисков. Получены следующие результаты: реализация проекта автономной СЭУ мощностью 13,5 кВт на территории Украины является рентабельной. Это подтверждается тем, что методика расчётов для каждого из регионов страны является универсальной. Анализ полученных данных подтверждён рядом расчётов по оценке каждого из возможных рисков, возникающих при реализации проекта: социальные, экономические, технологические и научно-технические. При оценке учтены расходы на каждый из этапов проектирования, монтажа и эксплуатации автономной СЭУ. Установлено, что общая стоимость составит \$11000 и каждый из этапов реализации проекта имеет определённый весовой коэффициент. Он также был учтён при управлении рисками в реализации проекта автономной СЭУ. Выводы: научная новизна заключается в том, что энергетический рынок Украины на данный момент находится в кризисном состоянии, а потребители электроэнергии недостаточно владеют данными о возможных рисках при приобретении и эксплуатации автономной СЭУ малой мощности. В связи со стремительным ростом стоимости электроэнергии всё больше пользователей переходят на нетрадиционную энергетику, и модель минимизации рисков может стать универсальной для установок большой мощности, что в дальнейшем позволит жителям Украины сократить затраты на оплату электроэнергии.

**Ключевые слова:** автономная СЭУ, управление рисками, нетрадиционные источники энергии, электроэнергия.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ.

Развитие солнечной энергетики является неотъемлемой составляющей потенциала украинской экономики. Преобразование нетрадиционной энергии в электрическую позволяет населению сэкономить на оплате коммунальных услуг и перманентно пользоваться электричеством в быту. Именно поэтому оценка вероятности возникновения рисков внедрения системы является важной задачей при управлении проектом по созданию и эксплуатации в дальнейшем солнечных энергоустановок (СЭУ).

### АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ.

За основу была взята конфигурация автономной СЭУ мощностью 13,85 кВт для дачного дома, расположенного по координатам: 49° с.ш. и 38° в.д.[1]. Во время анализа технических особенностей и конструкции в целом использовались наработки Губина С.В. и Безручко К.В.[2], работе которых было уделено особое внимание в ходе выбора солнечных панелей и схемы подключения. Однако методика расчётов универсальна для всех регионов Украины. В рамках проектирования и экономического расчёта установлено, что общая стоимость закупки солнечных панелей (84 модуля по 36 фотоэлементов CSG PVtech) [3], коммутации (проводов MC4)[4], рам (длина 3 м, ширина 0,68 м) для размещения панелей, инвертора, 10 аккумуляторов Delta DTM 12250[5], контроллера Victron BlueSolar MPPT 150/70[6], распределительного и предохранительного щита составила порядка 11000 долларов США, что по среднему курсу на ноябрь 2018 года составляет 305 800 грн. Стоит учитывать, что данный тип конструкции крепится на крышу дачного дома на участке площадью в 84 м<sup>2</sup>. Энергопотребитель может использовать электроэнергию для бытовых нужд. С учётом особенностей конструкции автономной установки, для запитывания энергией выбраны

аккумуляторы Delta DTM 12250, которые позволили снизить расход на приобретение комплектующего и повысить надёжность проекта в целом. Но стоимость топлива, электроэнергии, «зелёного тарифа», комплектующего, политическая, техническая, научно-технологическая и социальные обстановки в Украине с каждым годом меняются. Из-за этого задача анализа рисков приобретает всё больший смысл.

### ЦЕЛЬ СТАТЬИ.

Уменьшение вероятности возникновения риска позволяет в дальнейшем корректно использовать СЭУ и получать от них максимальный КПД без существенных затрат на дальнейшую амортизацию в ходе ремонта. Для этого необходимо проанализировать факторы, которые приводят к увеличению рисков в ходе монтажа и эксплуатации автономной СЭУ малой мощности.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

Прежде чем это сделать, в каждом проекте используют классификацию, основанную на реальной практике проектной деятельности. Каждая из составляющих учитывает ряд следующих типичных, наиболее часто встречающихся рисков, с которыми сталкиваются участники проекта:

- 1) риск, связанный с нестабильностью экономического законодательства и текущей экономической ситуации, условий инвестирования и использования прибыли;
- 2) внешнеэкономический риск (возможность введения ограничений на торговлю или поставки);
- 3) риск неблагоприятных социально-политических изменений в стране и регионе, связанный с неопределённостью политической ситуации;
- 4) риск, связанный с неполнотой или неточностью информации о динамике технико-экономических показателей, параметрах новой техники и технологии;

- 5) риск, основанный на колебаниях рыночной конъюнктуры, цен, валютных курсов, прочее;
- 6) риск, имеющий связь с неопределенностью природно-климатических условий, возможностью стихийных бедствий;
- 7) производственно-технологический риск (аварии и отказы оборудования, производственный брак и прочее);
- 8) риск, связанный с неопределенностью целей, интересов и поведения участников;
- 9) риск, согласно которому возникает неполнота или неточность информации о финансовом положении и репутации предприятий-участников.

Для этого необходимо провести оценку каждого из параметров, ведь учёт рисков даёт возможность избежать опасных факторов, негативно отражающихся на внедрении в жизнь проекта. Величину риска можно определить следующим выражением (1):

$$R = b_i * w_i \quad (1)$$

где  $R$  – риск;  
 $b_i$  – оценка важности события;  
 $w_i$  – весовой коэффициент.

Для того, чтобы осуществить дальнейший анализ, распределена оценка вероятности наступления рисков по шкале от 0 до 100 процентов. Где 0 – риск не наступит, 25 – вероятность наступления риска мала, 50 – ситуация неопределённости, 75 – скорее всего наступит, 100 – наступит точно. Согласно формуле (1), вводится весовой коэффициент ( $w_i$ ), благодаря которому осуществляется оценка важности события ( $b_i$ ) по 10-бальной шкале. Оценка производится по критериям СНиПов конфигурации автономной СЭУ, устанавливаемой на крыше дачного дома на Востоке Украины.

Во время проектирования, монтажа и реализации проекта менеджер, берёт на себя ответственность за возникновение рисков на каждом из этапов. В целом, их можно поделить на социальные, экономические, технологические, научно-технические. Риски при разработке и внедрении в эксплуатацию наукоёмкой продукции являются наиболее неопределёнными и весомыми для поставщиков и клиентов. Это связано

с тем, что приходится решать слабо прогнозируемую ограниченную комплексную задачу.

*Методы решения проблемы.* Для наиболее точного определения рисков внедрения проекта разработки солнечных батарей класса Grade A (Моно BST) [7] с классом защиты IP67 был проведён расчёт на надёжность и прочность конструкции. Расчёты на прочность проведены в программном пакете SolidWorks, в результате чего было подтверждено, что установка способна функционировать в рамках заданной точности в условиях климатических особенностей региона Украины, а на надёжность проведён анализ с помощью формул 2-3 [8]:

$$P_{фэн} = e^{-\lambda\tau} \quad (2)$$

где  $P_{фэн}$  – надёжность фотозлектропреобразователя (ФЭП);  
 $\lambda$  – интенсивность отказа ФЭП ( $\lambda=10^{-7}1/ч$ );  
 $\tau$  – время эксплуатации СЭУ ( $\tau=30 лет=262800 часов$ ).

Надёжность модуля определяется по формуле:

$$P_M = \left[ 1 - (1 - P_{фэн})^{m_{эл}} \right]^{N_{эл}} \quad (3)$$

где  $P_M$  – надёжность одного модуля;  
 $P_{фэн}$  – надёжность ФЭП;  
 $m_{эл}$  – число параллельно соединённых элементов в модуле ( $m_{эл}=2$ );  
 $N_{эл}$  – число последовательно соединённых элементов ( $N_{эл}=42$ ).

$$P_M = \left[ 1 - (1 - P_{фэн})^{m_{эл}} \right]^{N_{эл}} =$$

$$= \left[ 1 - (1 - 0,9741)^2 \right]^{42} = 0,9722$$

Таким образом, показатель надёжности конструкции, автономной СЭУ малой мощности для дачного дома является вполне адекватным, удовлетворяющим все нормы СНиП и эксплуатации электрических установок. При анализе рисков в технических отраслях разработки детали или же конструкции следует учитывать не только вероятность отказа, но и прочность установки. Для анализа была взята схема нагрузки солнечной панели под действием сил ветра, снега и гололёда. Результаты показаны ниже (рис. 1).

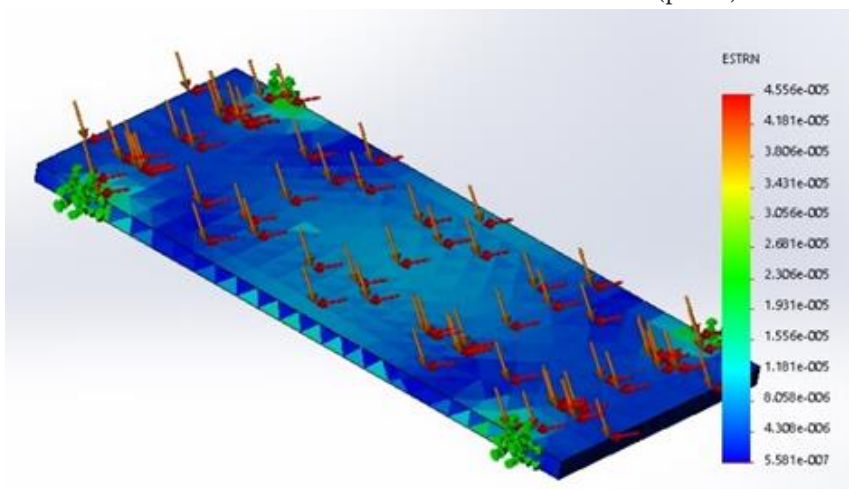


Рис. 1. Нагрузка на модуль автономной СЭУ под действием сил ветра, снега, гололёда.

На рисунке 1 можно заметить, что коэффициент прочности при деформации составляет всего 4,55, что полностью удовлетворяет все нормы, прописанные в [8].

*Идентификация рисков и оценка вероятности их возникновения.* Для того, чтобы идентифицировать риски в рамках проектирования и эксплуатации СЭУ малой мощности, можно использовать несколько

методик:

- анализ зависимостей;
- анализ заинтересованных кругов;
- контрольные таблицы;
- анализ предположений.

В ходе дальнейшего анализа вероятности возникновения рисков был использован метод анализа по контрольным таблицам, а также анализ зависимостей. Контрольные таблицы были использованы как некий инструмент для поиска возможного риска, характерного в данном проекте. Анализ зависимостей позволил определить, насколько каждый из этапов реализации проекта автономной СЭУ влиял на все последующие. Преимущество использования контрольных таблиц

на практике заключается в том, что с ними легко работать и простота необходима для структурной и практически полной проверки проблемного участка или же проекта в целом.

В результате, была составлена таблица зависимостей и оценки возникновения рисков. Она показывает, насколько сильно каждый из типов рисков оказывает влияние на развитие проекта и какие весовые коэффициенты используются для анализа. В связи с тем, что произведена разработка СЭУ малой мощности, то использовать стандартизированные таблицы, как при работе с электростанциями, нельзя, поэтому составлен индивидуальный анализ под данный проект. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Оценка вероятности возникновения рисков

Тип рисков	№	Риск	Pi	bi	wi	Pi*wi
Социальные (k=0,35)	1	Низкая квалификация персонала	25	4	0,1	2,5
	2	Непросвещённость заказчика о данном методе	0	5	0,07	0
	3	Несоблюдение техники безопасности	25	8	0,09	2,25
	4	Повышение нагрузки на персонал	25	3	0,09	2,25
Сумма				20	0,35	7
Технологические (k=0,2)	1	Возможность поломки солнечных панелей	50	8	0,11	5,5
	2	Низкое качество продукции	25	5	0,09	2,25
Сумма				13	0,2	7,75
Научно-технические (k=0,25)	1	Конкуренция на рынке, создание в дальнейшем аналогичных систем	50	7	0,1	3
	2	Отсутствие результата в установленные сроки	50	5	0,09	4,5
	3	Несвоевременное патентирование	25	3	0,06	1,5
Сумма				15	0,25	9
Экономические (k=0,2)	1	Инфляция	100	7	0,04	4
	2	Экономический кризис	75	8	0,05	3,75
	3	Непредвиденные расходы в ходе монтажа СЭУ	75	5	0,06	4,5
	4	Сложности выхода на мировой рынок	50	6	0,05	2,5
Сумма				26	0,2	14,75

В рамках осуществления проекта больших масштабов, к социальным рискам относят также религию, наличие семьи, род. К экономическим – информационные и компенсационные, научно-техническому – введение новых законопроектов о защите окружающей среды. Однако, в организациях с количеством сотрудников менее 100 человек, данные критерии оценки упускаются. Стоит отметить, что в таблице 1 оценочные параметры были установлены на основе знаний о проектировании солнечных батарей, их тестирования, монтажа и эксплуатации, а также работы в коллективе во время каждого из этапов и управления проектами. ФЭП для СЭУ, коммутация и устройства для подачи и обеспечения бесперебойного питания закупались в Китае в связи с дороговизной продукции на рынке Украины. В связи с этим, возникает большой риск колебания валюты, который был учтён в пункте «непредвиденные расходы в ходе монтажа СЭУ».

В общей сложности, все результаты можно свести поэтапно, чтобы определить, имеет ли проект право на дальнейшее существование. Кроме того, каждый из типов оценки рисков относится к одной из категорий:

1. На которые человек может повлиять полностью;
2. На которые человек может повлиять частично;
3. Невозможно повлиять.

Как результат исследования, данные были сведены в таблицу 2.

Таблица 2  
Обобщённая оценка вероятности возникновения рисков

№	Тип риска	bi	wi	bi*wi
1	Социальные	20	0,35	7
2	Технологические	13	0,2	2,6
3	Научно-технические	15	0,25	4,5
4	Экономические	26	0,2	5,2

#### ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Таким образом, возвращаясь к формуле (1), можно сделать следующий вывод: модель управления рисками в реализации проекта разработки автономной СЭУ является рентабельной, потому что:

$$R = \sum b_i * w_i = 19,3$$

Это означает, что вероятность возникновения риска для проекта реализации автономной СЭУ мощностью 13,85 кВт составляет 19,3%. По нормам пособия РМВОК [9] это вполне допустимый результат (для проекта подобного масштаба допускается значение от 30 до 40%). С точки зрения аспектов менеджмента по итогам проделанной работы и анализа оценки возникновения рисков можно утверждать, что затраты в размере \$11000 будут оправданными. Это подтверждает и график окупаемости установки автономной СЭУ мощностью 13,85 кВт без системы ориентации, изображённый на рисунке 2.

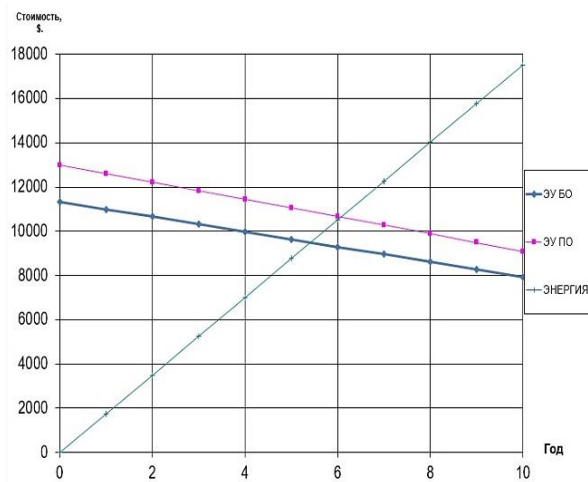


Рис. 2. График окупаемости установки без ориентации и с системой простой ориентации, ЭУ БО – энергоустановка без ориентации, ЭУ ПО – с простой ориентацией

На графике видно, что при стоимости в \$11000 СЭУ без системы ориентации окупаемость составит порядка 5,8 лет с учётом всех расходов на проектирование, монтаж, эксплуатацию и колебаний стоимости электроэнергии. Линия «энергия» показывает, сколько денег ушло бы на покупку электроэнергии из сети за 10 лет (заложено в период эксплуатации) и таким образом, что точка пересечения – срок окупаемости установки. В результате, все рассмотренные риски в рамках управления проектом по реализации автономной СЭУ малой мощности являются оправданными, а сам проект – рентабельным.

**Список используемых источников:**

1. NASA Surface meteorology and Solar Energy: Surface meteorology and Solar Energy. – URL: [https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=217142&lat=51&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid\\_id&p=swv\\_dwn&p=exp\\_dif&step=2&lon=36](https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=217142&lat=51&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=swv_dwn&p=exp_dif&step=2&lon=36) (дата обращения: 28.12.2018)
2. Безручко К. В., Губин С. В. Автономные наземные энергетические установки на возобновляемых источниках энергии. Учебное пособие. Харьков: Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт», 2007. – 310 с.
3. Solar panel of the China. URL: <https://www.enfsolar.com/directory/panel/2747/csg-pvtech>
4. MC-4 коннекторы для солнечных панелей. URL: <https://ru.alternative-energy.com.ua/vocabulary/mc-4-коннекторы/>
5. Аккумулятор герметичный свинцово-кислотный. URL: <https://www.tinko.ru/catalog/product/237683/>
6. Контроллер для солнечных панелей Blue Solar MPPT. URL: <http://www.solnechnye.ru/controllery-zaryada/Victron-BlueSolar-MPPT-150-70-70A-12-24-48V.htm>
7. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. - МПСУ. 2004. 174 с
8. Гордеев С. В., Микитаренко М. О. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів ДБН В.1.2-2:2006. 2007. 62с.
9. Библиографическая запись Библиотеки Конгресса США: Руководство к своду знаний по управлению проектом (РМВОК) / Институт управления проектами 2017. 453с.

**RISK MANAGEMENT IN THE IMPLEMENTATION OF THE AUTONOMOUS SOLAR POWER PLANT**

Gonchar I., Ruban O.

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»  
Ukraine

**Abstract.** The subject of study in the article are the risks arising from the implementation of the project of autonomous solar power plant (SPP) of low power. The aim is to study and analyze the risks arising in the design of sea, the choice of the optimal approach to reduce the likelihood of risks. Objectives: to analyze the possible risks in the design of low-power SPP, to evaluate each of them on an international scale, to check the risks that can be affected, to minimize the probability of each of them, to assess the profitability of the project of low-power SPP. As a method in this article we used an analytical method for determining the probability of risks. The following results were obtained: the implementation of the autonomous SPP project with a capacity of 13.5 kW on the territory of Ukraine is cost-effective. This is confirmed by the fact that the method of calculation for each of the regions of the country is universal. The analysis of the data obtained is confirmed by a number of calculations to assess each of the possible risks arising from the project: social, economic, technological and scientific-technical. The assessment takes into account the costs of each of the stages of design, installation and operation of an autonomous SPP. It is established that the total cost will be \$11,000 and each of the stages of the project has a certain weight factor. It was also taken into account in risk management in the implementation of the autonomous sea project. Summary: the scientific novelty lies in the fact that the energy market of Ukraine is currently in crisis, and electricity consumers do not have enough data on the possible risks in the acquisition and operation of an autonomous low-power SPP. Due to the rapid increase in the cost of electricity, more and more users are switching to non-traditional energy, and the risk minimization model can become universal for high-power plants, which in the future will allow residents of Ukraine to reduce the cost of electricity.

**Keywords:** autonomous SPP, risk management, alternative energy sources, electricity.