

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА
ВНЕДРЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ЗДАНИЙ АДМИНИСТРАТИВНОГО КВАРТАЛА В
МУНИЦИПАЛИТЕТЕ ПЛАТО (КОТ Д'ИВУАР)**

Горбунова М.Л., Куасси Яо Донатьен

**ESTIMATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF AN INVESTMENT PROJECT FOR THE
INTRODUCTION OF SOLAR PANELS IN BUILDINGS OF AN ADMINISTRATIVE QUARTER IN
THE MUNICIPALITY OF PLATEAU (CÔTE D'IVOIRE)**

M.L. Gorbunova, Kouassi Yao Donatien

Аннотация. Использование возобновляемых источников энергии актуальным направлением развития энергетической отрасли в современном мире. Однако при инвестициях, выбор оптимальной стратегии является необходимым для снижения расходов. Цель-оценка эффективности использования параллельно работающих с электрической сетью солнечных батарей для муниципалитета плато, республики Кот д'Ивуар. Задачами исследования в этой связи являются определение стратегии в наибольшей мере, влияющей на снижение стоимости инвестиции при внедрении проекта солнечных батарей, расчёт экономических показателей позволяющих оценить риски при принятых решений реализации инвестиции. Для оценки, представлена методика отличающаяся от существующих комплексным учетом специфических показателей (среднегодовая инсоляция, КПД солнечных батарей, температурный коэффициент, цена 1 М² солнечных батарей, затрат на транспортировку, стоимость монтажных работ, амортизационный период, затрат на обслуживание, налог на имущество, затрат на подготовку работников. Методика включает авторские рекомендации, учитывающие специфические особенности определения показателей годового экономического эффекта, NPV, IRR, DPP для проекта солнечных батарей. Выполнен сравнительный анализ автономной СЭС и параллельно работающей с электрической сетью. Выводы: СЭС параллельно работающих с сетью солнечных электростанций снижает стоимость инвестиции проекта, а также уменьшает срок окупаемости проекта. Таким образом. Применение целесообразно СЭС параллельно работающих с сетью солнечных электростанций.

Abstract. The use of renewable energy sources is a topical direction in the development of the energy industry in the modern world. However, when investing, choosing the optimal strategy is essential to keep costs down. The goal is to evaluate the efficiency of using solar panels parallel to the electric grid for the plateau municipality, the Republic of Cote d'Ivoire. The objectives of the study in this regard are to determine the strategy to the greatest extent, affecting the reduction of the investment cost when introducing a solar battery project, the calculation of economic indicators that allow us to assess the risks when making decisions to implement the investment. For the assessment, a technique is presented that differs from the existing complex taking into account specific indicators (average annual insolation, efficiency of solar panels, temperature coefficient, price of 1 M² solar panels, transportation costs, cost of installation work, depreciation period, maintenance costs, property tax, the cost of training employees. The methodology includes the author's recommendations, taking into account the specific features of determining the indicators of the annual economic effect, NPV, IRR, DPP for a solar battery project. A comparative analysis of an autonomous SES and operating in parallel with the electric grid. Conclusions: SES in parallel with a network of solar power plants. reduces the cost of the project investment, and also hinders the payback period of the project.

Ключевые слова: солнечные батареи, электростанция, возобновляемые источники энергии, административные здания, энергетический баланс, муниципалитет, экономические показатели, экономические эффективности, энергосберегающие мероприятия.

Key words: solar panels, power plant, renewable energy sources, office buildings, energy balance, municipality, economic indicators, economic efficiency, energy saving measures.

Затраты на электроэнергию входят в структуру общих расходов предприятий, организаций и государств, они могут составлять значительную часть в себестоимости продукции. В условиях рыночной экономики тарифы на электроэнергию имеют тенденцию к росту. Повышение тарифов негативно сказывается на предприятиях и организациях, ведущих расчеты по расценкам розничного рынка для электроэнергии и мощности, которые значительно выше тарифов оптового рынка.

Таким образом, становится актуальным проведение мероприятий по снижению затрат на электроэнергию. Следует отметить, что наряду с общеизвестными энергосберегающими мероприятиями, способствующими снижению затрат на электроэнергию, могут использоваться альтернативные источники энергии, такие как солнечные электростанции (СЭС), установленные параллельно с электрической сетью. [8].

Применение параллельно работающих с сетью СЭС является наиболее распространенным способом их использования в мировой практике [1,3,4]. Такая система помогает организации покрывать часть своего дневного графика электропотребления за счёт СЭС, снижая потребление из централизованной электрической сети.

в Кот-д'Ивуаре, счет за электроэнергию, связанный с эксплуатацией административных зданий, значительно увеличивался из года в год. Большая часть этого счета связана с потерями энергии из-за низкой осведомленности пользователей об энергосбережении. В результате счет за электричество для административных зданий, особенно в Абиджане, чрезмерно превышает государственные ресурсы, которые можно было бы использовать для удовлетворения других приоритетов развития, в частности, для создания инфраструктуры, такие как школы, дороги и больницы.

В рамках программы по сокращению расходов на электроэнергию, воду и телефонную связь в административных зданиях правительство Кот-д'Ивуара приняло ряд мер по ограничению своих расходов на энергию. Таким образом, эти инициированные программы энергосбережения позволили сократить общие счета за электроэнергию примерно на 15%, в частности, в административных зданиях в муниципалитете плато. Не недооценивая достигнутый прогресс, авторы считают, что наиболее эффективное направление энергосберегающего мероприятия, способствующим снижению затрат на электроэнергию для муниципалитета плато, а также для других муниципалитетов является развитием солнечных батарей параллельно работающих с сетью

В данной работе поставлена цель:

- Разработка методики и оценка эффективности внедрения проекта солнечных батарей параллельно работающих с сетью для администрации муниципалитета плато.

общие характеристики и энергетический баланс административного квартала муниципалитета плато

Муниципалитет плато, является административным и деловым центром Абиджана, столица Кот д'Ивуара. Административный квартал плато включает в себя 5 высоких зданий представлены в таблице 1. Нужно отметить министерства находятся в этих в зданий. здания имеют 18, 18, 24, 30, 24 этажа соответственно, которые были введены в эксплуатацию в период с 1976 по 1984 год., они здания состоят из неизолированных 35-сантиметровых железобетонных стен и сплошной плиточной крыши.

Таблица.1.

Здания административного квартала муниципалитета плато Республики Кот д'Ивуар

Обозначение	Функция	Количество этажей	Площадь (м ²)
Здание –А	Офисы	18	16 500
Здание –Б	Офисы	18	16 500
Здание –С	Офисы	24	19 000
Здание –Д	Офисы	30	24 000
Здание –Е	Офисы	24	19 000

Источник: Отчет Esonoler-bnetd, 2012. Министерство горнодобывающей промышленности, нефти и энергетики Кот д'Ивуар/ аудит систем освещения и кондиционирования воздуха в административных зданиях.

В Кот д'Ивуаре потребление электроэнергии государственными зданиями составляет 30% от всего потребления электроэнергии [7].

Таблица.2.

Распределение потребности электроэнергии зданий административного квартала плато

Типы потребности	Потребность в МВтч	В %
Освещение	4886	23,6
кондиционирование воздуха	13150	63,4
Оборудования офисов	955	4,6
Первичный двигатель	1030	5
Форум (офисы и столовые)	709	3,4
Итого		100

Источник: Отчет Esonoler-bnetd, 2012. Министерство горнодобывающей промышленности, нефти и энергетики Кот д'Ивуар/ аудит систем освещения и кондиционирования воздуха в административных зданиях.

кондиционер представляет собой наиболее важную долю потребления энергии, это связано с тем, что Кот-д'Ивуар является тропической страной. Потребление электроэнергии и ценообразование делятся на три сегмента: ночной, пиковый и дневной. ночь охватывает с полуночи до 7:30 утра (0,0740 евро/Квтч), пик с 19:30 до 23:00 (0,121 евро/Квтч) и днем с 7:30 до 19:30 и с 23:00 до полуночи (0,089 евро/Квтч). Реализация проекта позволит правительству снизить потребление от традиционных источников , а также сэкономить.

Таким образом, чтобы снизить расходы на электроэнергию правительство должно создать политику для разработки возобновляемых источников энергии. Инновационно-инвестиционного проекта будут рассчитывать для возможности замещения 15 % (таблица.1) традиционных источников энергии солнечными батареями для административных зданий муниципалитета плато Республики Кот д'Ивуар. Серьезным препятствием для большего использования различных видов ВИЭ являются высокие начальные инвестиционные расходы, но тенденцией последних лет является то, что стоимость технологий ВИЭ значительно понижается. В связи с этим многие виды технологий возобновляемой энергетики при определенных условиях становятся экономически выгодными [11]. В области солнечной энергетики говорят о стабильном ежегодном снижении как стоимости самых солнечных модулей, так и, соответственно, стоимости электроэнергии, стоимости электроэнергии, ими вырабатываемой. Наряду с уменьшением стоимости солнечных модулей год от года их эффективность увеличивается. Стоит также отметить, что при увеличении срока службы солнечных модулей количество выработанной электроэнергии увеличивается, что положительно скажется на инвестиционной привлекательности таких проектов [11]. На счёт КПД солнечных модулей, новые технологии в производстве солнечных батарей могут значительно увеличить их коэффициент полезного действия (кпд), соответственно, снизить стоимость энергетического ресурса.

Новые технологии в производстве солнечных батарей могут значительно увеличить их КПД, соответственно, снизить стоимость энергетического ресурса. Будущее увеличение КПД солнечных батарей возможно за счет совершенствования материалов и процессов преобразования энергии, а также повышение срока службы модуля. На сегодняшний день имеются промышленные образцы солнечных батарей с КПД более 40 % (производитель компания «Sharp» совместно с сотрудниками Токийского университета, компания «Spectrolab». Например, соответственно работами [12,13,6], стационарные солнечные модули характеризуются увеличенным сроком номинальной мощности до 40-50 лет, возможностью получения электрического КПД до 28%. Стационарные солнечные модули характеризуются увеличенным сроком номинальной мощности до 40 – 50 лет, возможностью получения электрического КПД до 28 %. [10].

Таблица.3.

Потребность административных зданий муниципалитета плато республики Кот д'Ивуар в месячном за 2012.

Месяц	Потребность, кВт*ч
Январь	1 708 500
Февраль	1 738 500
Март	1 859 625
Апрель	1 737 375
Май	1 744 125
Июнь	1 700 625
Июль	1 713 375
Август	1 624 500
Сентябрь	1 577 625
Октябрь	1 698 875
Ноябрь	1 869 000
Декабрь	1 766 250
Всего за год	20 738 375
15 % от общей энергопотребности, кВт*ч	3 110 756,25

Источник: Отчет Ecopoler-bnetd, 2012. Министерство горнодобывающей промышленности, нефти и энергетики Кот д'Ивуар/ аудит систем освещения и кондиционирования воздуха в административных зданиях.

Из таблицы.2. следует, что мощность солнечных батарей должна быть 3 110 756,25 кВт*ч

Экономической эффективности солнечных батарей зависит от количества вырабатываемой энергии, что, в свою очередь, зависит от климатических условий конкретного региона. Так как электрические характеристики солнечных батарей, прописанные в техническом паспорте, измерены при стандартных условиях 1000 Вт/М², 25 °С., то значение по областям или регионам может значительно отличаться от стандартных условий. Например, инсоляция округа Саванна составляет 2191 Вт/М². На основании произведенного расчета среднегодовая инсоляция по Саваннскому округу представлена в таблице 3.1.

Таблица.3.1.

Среднегодовое значение изоляции города Абиджана

Округ	параметры	Я	Ф	М	А	М	Ин	ИЛ	А	С	О	Н	Д	год
Лагуны (Абиджан)	T	26,6	26,5	32,9	33,8	32,8	25,1	24,2	23,6	24,4	24,8	25,1	25,7	27,125

)	Инсоляци я	212	206	218	216	202	130	133	110	134	197	221	207	2191
---	---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Источник:

ASSOCIATION

INFOCLIMAT

<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/abidjan/valeurs/65578.html>

Потенциально выбрасываемое значение энергии в кВт за год для города Абиджана 2191 кВт/М²/год. То есть значение фактической инсоляции отличается от инсоляции в стандартных условиях на 2191 кВт/М²/год. В Абиджане. Среднее количество часов солнечного света в день выглядит следующим образом:

Таблица. 3.

Средняя инсоляции на севере Кот д'Ивуара кВт/М²/год.

Месяц	Я	Ф	М	А	М	Ию	ИЛ	А	С	О	Н	Д	Среднегодовое значение, кВт/М ² /год.
Солнце (часы)	6	8	7	7	6	4	4	4	5	7	8	7	6,08

Источник: Climats et voyages.Climats du monde. URL: <https://www.climatsetvoyages.com/climat/cote-d-ivoire>

Материалы и методы

Исходя из вышеизложенного, нами сформулирован исследовательский вопрос: «Какие эффекты от внедрения проекта солнечных батарей параллельно работающих с сетью на сумму инвестиции и срок окупаемости проекта». В данной методике комплексно учитываются специфические особенности по оценке годового экономического эффекта инновационно-инвестиционных проектов внедрения солнечных батарей (формула 1), такие как среднегодовая инсоляция, затраты на обслуживание солнечных батарей и т.д. Для осуществления комплексной оценки экономической эффективности внедрения солнечных батарей наряду с расчетом годового экономического эффекта авторы учитывали дополнительных показателей международной практики оценки эффективности инвестиции. В процессе выполнения работы были разработаны следующие показатели для оценки экономической эффективности внедрения солнечных батарей:

- чистый дисконтированный доход (NPV)
- внутренняя норма доходности (IRR)
- дисконтированный срок окупаемости инвестиции (DPP)

В качестве объекта применения методики инновационно-инвестиционного проекта солнечных батарей рассмотрены административные здания муниципалитета плато Республики Кот д'Ивуар.

Результаты

Для расчёта электрической мощности солнечной батареи нужно воспользоваться следующей формулы:

Площадь батарей*эффективность преобразования*солнечная радиация

Солнечные батареи, на которых указана мощность в 250 Вт, будут выдавать 250 Вт солнечной энергии при радиации 1000 Вт/М². Естественно, что такие идеальные показатели можно достичь только при чистом небе и ярком солнечном свете. КПД солнечных батарей, имеющихся на рынке, составляет от 7 % до 20 %. В зависимости от типа модулей, преобразующих. И так подсчитаем:

$$1000 \text{ Вт/М}^2 * 0,15 * 1,62 = 243 \text{ Вт/час.}$$

В условиях города Абиджана в среднем (включая пасмурные дни) указанную мощность солнечные батареи будут выдавать в течении 6,08 часов ежедневно (т.е. $240 * 6,08 * 365 / 1000 \text{ Вт/М}^2 = 539,265 \text{ Вт/М}^2/\text{год}$). На сайте Технолайн “Решения для автономного и резервного электроснабжения”, стоимость солнечной батареи мощностью 250 Вт (площадь 1,62 М²) составляет: 8168 руб¹. Помимо солнечной батарей в состав полной стоимости также входят: Инверторы (для преобразования постоянного тока в переменный); Системы крепления (опорные конструкции для солнечной батареи); Электротехническая обвязка (кабели, коммутационные коробки, трансформаторы для солнечных парков); Стоимость установки (включая стоимость земли и технологического подключения к сетям, услуги по проектированию).

Для сокращения стоимости инвестиции, проект рассматривается составом СЭС из солнечных батарей, сетевого инвертора и не содержат аккумуляторных батарей, опорных конструкций. По сравнению с СЭС, использующей аккумуляторы, рассматриваемый тип СЭС имеет ряд преимуществ: более низкую стоимость из-за отсутствия аккумуляторов и контроллеров заряда, высокую надёжность, большой срок службы [9]. Аккумуляторы имеет период эксплуатации не более 10 лет, а солнечные батареи 15-30 лет. Таким образом, за время эксплуатации СЭС с аккумуляторами придётся несколько раз производить замену АКБ, что увеличивает эксплуатационные затраты.

Затраты, связанные с реализацией большинства инвестиционных проектов делятся на капитальные и текущие. Капиталовложения для установки солнечных батарей определим по формуле 1:

¹Технолайн “Решения для автономного и резервного электроснабжения” <https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-batareya-silasolar-250vt-5bb/>

$$Z_{\text{КАП СВ}} = \frac{N \cdot I_{\text{НС}} \cdot \text{см.л.} \cdot \Pi \cdot M^2}{I_{\text{НС}} \cdot \phi \cdot N \cdot M^2} + Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{МР}} \quad (1)$$

Где:

N - требуемая мощность солнечных батарей, Вт;

Ins_{ϕ} – инсоляция для исследуемого региона Вт/М²;

ΠM^2 – цена 1 М² солнечных батарей, руб.;

$N M^2$ - мощность солнечных батарей с 1,62 М², Вт/М² /год;

$Ins_{ст.у}$ - инсоляция для стандартных условий, Вт/М²;

$Z_{тр}$ - затраты на транспортировку солнечных батарей, руб.;

$Z_{Мр}$ - стоимость монтажных работ по установке солнечных батарей, руб.;

Представим расчёт капитальных затрат в таблице .4.

Таблица.4.

Расчёт капитальных затрат инвестиционного проекта внедрения солнечной энергии

№	Показатель	Значение
1	Требуемая мощность СБ., кВт/ч/год	3 110 756,25
2	Инсоляция для исследуемого Саваннского округа Вт/М ² /год	2191
3	Инсоляция для стандартных условий, Вт/М ² /год	1000
4	Мощность солнечных батарей с 1,62 М ² , Вт/М ²	539,265
5	Цена с 1,62 М ² солнечных батарей, руб.	8168
6	Затраты на транспортировку, руб. (Санкт-Петербург-Абиджан	3 500 000 (8 500 000)
9	Электротехническая обвязка (кабели, коммутационные коробки, трансформаторы (для «солнечных парков») и проч.)	3 000 000
10	Таможенная пошлина (9 %)	9 336 040,738
11	стоимость монтажных работ, руб.)	2 000 000
12	$Z_{КАП СБ}$ руб.	125 069 826,476

Годовые текущие затраты, связанные с внедрением солнечных батарей, оценим по формуле 2:

$$Z_{тек} = \frac{N \cdot Ins_{ст.у} \cdot \Pi M^2}{Ins_{\phi} \cdot N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр} + Z_{обс} + N_{им} + Z_{пс} \quad (2)$$

где T_a - Амортизационный период, годы;

$Z_{обс}$ – затраты на обслуживание (протирка пыли, ремонт оборудования и т.д), руб;

$N_{им}$ – налог на имущество, руб;

$Z_{пс}$ – затраты на обучение персоналов, руб.

$$A_r = \frac{N \cdot Ins_{ст.у} \cdot \Pi M^2}{Ins_{\phi} \cdot N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр} \quad (3)$$

A_r – сумма начисленной амортизации за год.

Амортизационный период определяется согласно классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы. Ведущие эксперты отрасли сходятся во мнении, что срок службы солнечных батарей на сегодня может достигать 20, 35 или даже 50 лет[5].

Для целей расчета показателя удельных приведенных затрат на производство электроэнергии срок службы солнечных батарей по всем типам оценивается в 25 лет. Такие показатели многие производители солнечных батарей включают в свои гарантийные обязательства[2].

По результатам расчета амортизационные отчисления составляет:

$$\frac{125\,069\,826,476}{20} = 6\,253\,491,323 \text{ руб./год}$$

Налог на имущество юридических лиц рассчитаем по формуле 4:

$$N_{им} = w_{ср} \cdot n_{ст} \quad (4)$$

$n_{ст}$ = ставка налога, % (в Кот д'Ивуаре налог на имущество юридических лиц для солнечных батарей составляет 1,5 %)

По результатам произведенного расчета налог на имущество юридических лиц для проекта внедрения солнечных батарей составит:

$$H_{им} = (125\ 069\ 826,476) * 0,015 = 1\ 876\ 047,397 \text{ руб}$$

Солнечные батареи, как правило, не требуют никакого обслуживания. Почти во всех климатических условиях панели самоочищаются в случае установки их на угол не менее 15° к горизонтالي. Кроме того, необходимо оценить затраты на обучение и подготовку персонала. Представим расчет текущих затрат в таблице.3.4.

Таблица.5.

Расчёт текущих затрат проекта внедрения солнечных батарей

№ п/п	Показатель	Значение
1	Амортизационные отчисления, руб./год	6 253 491,323
2	Затраты на обслуживание, руб./год	0
3	Налог на имущество, руб./год	1 876 047,397
4	Затраты на обучение и подготовку, руб.	500 000
5	$Z_{тек}$ руб./год	8 629 538,720

Источники: составлено автором.

Согласно проведенным исследованиям приведенные затраты для проекта внедрения солнечных батарей определяются по формуле 5:

$$Z_{прив\ СБ} = \left(\frac{N * Ins_{см.у} * Ц M^2}{Ins_{ф} * N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр} \right) * \frac{r}{100} + \frac{\frac{N * Ins_{см.у} * Ц M^2}{Ins_{ф} * N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр}}{T_a} + Z_{обс} + H_{им} + Z_{ПС} \quad (5)$$

Где r- норма доходности, %

$$Z_{прив\ СБ} = (125\ 069\ 826,476 * 0,1) + 8\ 629\ 538,720 = 30\ 830\ 557,315 \text{ руб.}$$

Для определения экономического эффекта внедрения солнечных батарей необходимо сравнить приведенные затраты базового варианта энергоснабжения и предлагаемого варианта. Для этой цели используется показатель годового экономического эффекта.

Годовой экономический эффект от проекта внедрения солнечных батарей определяется по формуле 5:

$$Э_{СБ} = Z_{прив\ баз} - \left(\frac{N * Ins_{см.у} * Ц M^2}{Ins_{ф} * N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр} \right) * \frac{r}{100} - \frac{\frac{N * Ins_{см.у} * Ц M^2}{Ins_{ф} * N M^2} + Z_{тр} + Z_{Мр}}{T_a} - Z_{обс} - H_{им} - Z_{ПС} \quad (6)$$

Где $Z_{прив\ баз}$ **затраты при использовании традиционных источников энергии, руб.,**

Затраты по традиционным источникам энергии будем оценивать за 1 кВт/ч с учетом затрат на содержание и амортизацию сетей, умноженный на количество требуемой (в Кот д'Ивуаре для предприятий за 1 кВт/ч составляет 7,61 руб/кВт*ч; прочие 1,63 руб/кВт*ч)

$$Z_{ПРИВ\ БАЗ} = 3\ 110\ 756,25 * 9,24 = 28\ 743\ 387,75 \text{ руб/год}$$

Согласно расчётам, проведенным по данной методике на проекта внедрения солнечных батарей, величина годового экономического эффекта проекта составляет: -2 087 169,565 руб./год.

Разработанная методика позволяет решать задачу оценки годового экономического эффекта от реализации проекта внедрения солнечных батарей, как в современных условиях, так и для будущих периодов. Для осуществления комплексной оценки экономической эффективности внедрения солнечных батарей наряду с расчетом годового экономического эффекта необходимо использовать дополнительные показатели.

В процессе выполнения работы были разработаны следующие показатели для оценки экономической эффективности внедрения солнечных батарей:

- Чистый дисконтированный доход (NPV);
- Внутренняя норма доходности (IRR);

- Дисконтированный срок окупаемости инвестиции (DPP).
1. Чистый дисконтированный доход внедрения солнечных батарей (NPV) определяется по формуле (7):

$$NPV_{CB} = -\left(\frac{N \cdot Ins_{cm,y} + \Delta M^2}{Ins_{\phi} + N M^2} + Z_{тр} + Z_{Mp}\right) + \frac{Z_{тек.сущ.i} + \frac{N \cdot Ins_{cm,y} + \Delta M^2}{Ins_{\phi} + N M^2} + Z_{тр} + Z_{Mp}}{(1+r)^i} - Z_{обс} - H_{им} - Z_{IK} \quad (7)$$

Где $Z_{тек.сущ.i}$ - текущие затраты по существующему варианту энергопотребления, руб.;

m - суммарное число периодов $i = 0, 1, 2, \dots, m$.

Внутренняя норма доходности инвестиционного проекта солнечных батарей (IRR) определяется исходя следующего уравнения

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Инвестиция, руб	125 069 826,4																				
Ставка дисконтирования	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Коэффициент нарастания стоимости электроэнергии	1	1,12	1,2544	1,40492	1,573519	1,762342	1,973823	2,210681	2,47563	2,773079	3,105848	3,47855	3,895976	4,3634	4,88712	5,47356	6,13034	6,88694	7,7691	8,6966	
Коэффициент дисконтирования $(1+r)^{-i}$	1,1	1,21	1,331	1,4641	1,610	1,771	1,948	2,143	2,357	2,593	2,853	3,138	3,452	3,797	4,177	4,594	5,054	5,559	6,115	6,727	
Затраты по текущему варианту энергоснабжения	28 743 387,75	321 925 94,28	360 557 05,593	403 822 116 0,317	452 282 66,749	506 556 79,454	567 343 59,838	635 424 61,174	711 675 64,563	797 076 84,958	892 772 59,335	999 853 11,457	111 983 548,833	140 472 155,194	157 230 88,913	177 622 99,802	199 977 117,77	229 923 138,87	263 977 188,77	305 333 258,52	359 995 358,52
Амортизационное отчисление	5 684 992,111	469 834 0,5876	352 993 2,823	240 999 1,1474	149 751 0,3197	845 573,3030	434 072,537	202 553,680	85 993 7,227	331 41,9486	116 6,5259	370 1,8884	107 2,3894	67,6156	14,7182	21,9120	29,9120	40,528	50,8566	0	
Налог на имущество	1876047,397	155 045 2,394	116 487 7,831	76 223 3330	494 178,405	279 039,190	143 243,937	668 42,7146	283 59,2340	109 36,8430	383 3,4535	122 1,6231	353,8885	22,31376	48,5702	0,9610	0,1728	0,228	0,282	0	
Затраты на обучение и подготовку	454 545,454																				
Чистый денежный поток	32097787,01	353 404 82,4736	384 207 60,585	41 998,69	462 315 98,6637	512 222 13,567	570 251 88,438	636 781 72,1394	711 222 90,0636	797 298 90,2636	899 922 91,7223	999 877 91,7223	111 984 267,333	140 472 200,497	157 230 200,497	177 622 200,497	199 977 200,497	229 923 200,497	263 977 200,497	305 333 200,497	359 995 200,497

				7 5 2 4, 6 9 8 7					5 1 4 2, 4 0 1 7		0 3 7 6, 4 2 2 4			2 1 7 6 0 , 4 7 2		2 8 8 3 9, 7 7 4	0 8 2 9 3 7 5 3	5 3 2 7 9, 1 2 1	5 3 2 7 9, 1 7 9	7,7 64
Дисконтированный денежный поток	-92972038,99	-57 631 556, 516 4	-19 210 795, 931 4	2 2 7 8 6 7 2 8, 7 6 7 3	690 183 27,4 31	120 240 540, 998	177 265 729, 436	240 943 901, 575	6 9 0 4 3, 9 7 7	391 898 934, 041	7 9 3 1 0, 4 6 3	581 167 102, 185	693 151 369, 518	959 045 330, 487	1 1 6 7 4 1 7 4 0, 2 6	1 2 9 2 5 8 2 4 6 4 3 0 1	1 4 8 9 9 3 5 7 4 2 3 1	1 6 8 7 2 8 9 0 2 2 3 1	19 34 84 89 80, 07	

$$-\left(\frac{N \cdot \text{Ins}_{\text{см.у}} \cdot \text{Ц} \cdot M^2}{\text{Ins}_{\text{ф}} \cdot N \cdot M^2} + 3_{\text{тр}} + 3_{\text{Мр}}\right) + \frac{3_{\text{тек.сущ.}} \cdot i + \frac{N \cdot \text{Ins}_{\text{см.у}} \cdot \text{Ц} \cdot M^2}{\text{Ins}_{\text{ф}} \cdot N \cdot M^2} + 3_{\text{тр}} + 3_{\text{Мр}}}{T_2} - 3_{\text{обс}} - N_{\text{ин}} - 3_{\text{ПС}}}{(1+IRR)^i} = 0 \quad (8)$$

Внутренняя норма доходности составляет 35 %.

3. Дисконтированный срок окупаемости инвестиций (DPP), вложенных в проекте внедрения солнечных батарей, определяются исходя из уравнения:

$$PP_{\text{ростой}} = T_1 + \frac{\text{Остаток невозмещенных инвестиций}}{\text{Чистый доход } t\text{-ого года (т шага)}} \quad (9)$$

после возмещения инвестиций целым числом лет

Сумма доходов с первого года до четвертого года, равна 147 856 554,768.руб, что больше размера инвестиции 125 069 826,476. Руб. Это значит, что возмещение первоначальных расходов произойдет через 9 лет.

$$PP_{\text{ростой}} = 4,15 \text{ лет}$$

Проект окупается через 4,15 лет

на основе этих показателей, реализация проекта внедрения солнечных батарей целесообразна для повышения надежности и инновации энергетического сектора Код д'Ивуара.

Обсуждение

По итогам расчёта показателей оценки экономической проекту внедрения солнечных батарей, NPV за 20 лет составляет 1934848980,07 руб., больше нуля. Индекс доходности 1,18, то есть больше одного, дисконтированный периода окупаемости 4,15 лет, это меньше расчетного периода проекта. ВНД составляет 35 %. Анализ полученных данных, что, внедрением проекта солнечных батарей параллельно работающих с сетью является наилучшее направление для инвестиционных проектов солнечных батарей. Нужно отметить, что, в составе солнечной батарей входят: Инверторы (для преобразования постоянного тока в переменный); Системы крепления (опорные конструкции для солнечной батареи); Электротехническая обвязка (кабели, коммутационные коробки, трансформаторы для солнечных парков). Реализация проекта параллельно работающих с сетью позволит администрации муниципалитета плато сократить капитальные затраты. Применение этого метода может позволить снизить нагрузку на бюджеты разного уровня. Применение этого метода может позволить снизить нагрузку на бюджеты разного уровня. Получаемая в результате внедрения параллельно работающих с электрической сетью СЭС экономия на оплате за электроэнергию для администрация плато и стоимость инвестиции. На сайте "технолайн" стоимость сетевого инвертора мощностью 1 кВт составляет 13 888 тыс. руб. Таким образом, при установке автономного СЭС, затраты на инверторы составляют 4 320 218 266,12 руб., то есть стоимость инвертора больше, чем суммы инвестиции в 34 раз при установке СЭС с электрической сетью. По мимо этого при автономной установке СЭС необходимо использовать аккумуляторные батареи, работающих в циклическом режиме

аккумуляторных батарей, работающих в циклическом режиме, что требует их частной замены, а также значительного увеличения финансовых вложений на строительство СЭС.

По итогам расчёта показателей оценки экономической проекту внедрения солнечных батарей при автономной СЭС, NPV за 20 лет отрицательный, нуля. ВНД составляет - 5 %. Значит проект не эффективен при автономной установке, но при увеличении нормы дисконта и объёма инвестиционных затрат показатели отрицательные. На основе этих показателей, реализация проекта не целесообразна.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Инвес тиция руб	44 45 28 80 92, 59 6																			
Ста вка дис кон тир ова ния	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Коэ фф ици ент нар аст ани я сто им ост и эле ктр оэн ерг ии	1	1,1 2	1,2 54 4	1,4 04 92	1,5 73 5 19	1,7 62 3 42	1,9 73 82 3	2,2 10 68 1	2,4 75 96 3	2,7 73 0 79	3,1 05 8 48	3,4 78 55	3,8 95 9 76	4,3 63 4 93	4,8 87 1 12	5,4 73 5 66	6,1 30 3 94	6,8 66 0 41	7,6 89 9 66	8,6 12 7 62
Коэ фф ици ент дис кон тир ова ния ($(1+r)^i$)	1,1	1,2 1	1,3 31	1,4 64 1	1,6 10	1,7 71	1,9 48	2,1 43	2,3 57	2,5 93	2,8 53	3,1 38	3,4 52	3,7 97	4,1 77	4,5 94	5,0 54	5,5 59	6,1 15	6,7 27
Зат рат ы по тек ущ ему вар иан	28 74 3 38 7,7 5	32 19 25 94, 28	36 05 57 05, 59 3	40 38 21 60, 31 7	45 22 82 66, 74 9	50 65 56 79, 45 4	56 73 43 59, 83 8	63 54 24 61, 17 4	71 16 75 64, 56 3	79 70 76 84, 95 8	89 27 25 93, 35	99 98 53 11, 45 7	11 19 83 54 8,8 33	12 54 21 57 1,2 43	14 04 72 15 5,1 94	15 73 28 82 9,9 13	17 62 08 29 1,8 02	19 73 53 27 8,7 7	22 10 35 67 4,5 22	24 75 59 95 7,7 64

ту эне рго сна бже ния																				
Ам орт иза цио нно е отч исл ени е	20 20 58 54 9.6 6	16 83 82 12 4,7 17	12 65 07 98 2,5 07	86 40 66 54, 29, 35 26 34	53 66 87 29, 35 61	30 30 41 95, 00 63	15 55 65 68, 27 84	72 59 24 7,9 13 39	30 79 86 7,5 91 6	11 87 76 2,2 79 83	41 63 20, 46 26 81 11	13 26 70, 63 81 81	38 43 2,9 77 4	10 12 1,9 32 4	24 23, 25 41	52 7,4 82 3	10 4,3 69	18, 77 4	3,0 70	0
На лог на им ущ ест во	60 61 75 64, 89 09	50 09 71 61, 06	37 63 87 38, 59 2	25 70 77 64, 90 18	15 96 75 55, 83 96	90 16 12 4,1 33	46 28 40 0,4 78	21 59 77 6,2 37 98	91 63 24, 24 18 24	35 33 83, 81 86 54.	12 38 63, 93 92 48	39 47 2,2 55 9	11 43 4,6 04 85	30 11, 48 4	72 0,9 68 1	15 6,9 36 9	31, 05 20	5,5 85 9	0,9 13 4	0
Зат рат ы на обу чен ие и под гот овк у	45 45 45, 45 4																			
Чис тый ден еж ны й пот ок	16 97 29 82 7,0 65 1	15 04 77 55 7,9 37	12 49 24 94 9,5 08	10 10 81 04 40, 26 78	82 92 94 40, 50, 32 26 73	71 94 37 50, 32 63 84 94	67 66 64 27, 32, 84 94	68 64 19 32, 07, 84 91 28	73 33 11 07, 06 91 3,4 19	80 54 2 89 13, 50 54 88 9,8 7,2 1,6 7,4 8	89 68 89 13, 50 54 88 9,8 7,2 1,6 7,4 8	10 00 78 10 54 54 68 85 20 36 29 1,9 76 64	11 20 10 54 54 68 85 20 36 29 1,9 76 64	12 54 28 73 68 85 20 36 29 1,9 76 64	14 04 73 29 08 36 29 1,9 76 64	15 73 29 08 36 29 1,9 76 64	17 62 08 36 29 08 36 29 1,9 76 64	19 73 53 29 1,9 76 64	22 10 35 67 76 6	24 75 59 95 7,7 64
Ди ско нти ров анн ый ден еж ны й пот ок	-4 27 55 58 26 5,5 3	-4 12 50 80 70 7,5 9	-4 00 01 55 75 8,0 8	-3 89 90 74 70 8,4	-3 81 61 45 26 8,1 3	-3 74 42 01 51 7,8	-3 67 65 38 99 0,1 6	-3 60 78 97 05 7,3 1	-3 53 45 65 94 9,4	-3 45 40 23 88 5,9 8	-3 36 43 34 97 2,1	-3 26 42 56 46 2,2 6	-3 15 22 45 91 5,0 6	-3 02 68 17 23 3,3 7	-2 88 63 43 37 5,8 9	-2 72 90 14 17 5,4 3	-2 55 28 05 81 0,3 1	-2 53 34 52 51 8,4 1	-2 31 24 16 84 0,8 1	-2 06 48 56 88 3,0 5

заключение

Преимуществами муниципалитету плато при внедрении СЭС параллельно с сетью, являются: отсутствие аккумуляторов и контроллера заряда, повышенный коэффициент полезного действия, сниженная стоимость, надёжность, больший срок службы, ускоренная окупаемость. С помощью параллельной работы с централизованной электрической сетью удаётся избавиться от прямой зависимости выработки электроэнергии от солнечной инсоляции. СЭС параллельно с сетью является перспективным направлением для руководства администрации муниципалитета в качестве энергосберегающего мероприятия, а также будет примером для других глав муниципалитетов Кот д'Ивуара.

Список литературы

1. Allouhi A., Saadani R., Kousksou T., Saidur R., Jamil A., Rahmoune M. Grid-Connected PV Systems Installed on Institutional Buildings: Technology Comparison, Energy Analysis and Economic Performance. *Energy and Buildings*, 2016, vol. 130, pp. 188–201.
2. Bearley D. c-Si Photovoltaic Trends: Design, Purchasing and 2009 Specs // *Solar Pro Magazine*. June-July 2009. pp. 49-74.
3. Dabou R., Bouhafaa F., Arab A.H., Bouraiou A., Draou M.D., Neçaibia A., Mostefaoui M. Monitoring and performance analysis of grid connected photovoltaic under different climatic conditions in south Algeria. *Energy Convers and Management*, 2016, vol. 130, pp. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.058>
4. Eltawil M. A., Zhao Z. Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, vol. 14(1), pp. 112–129
5. Skoczek A., Sample T., Dunlop E.D. The Results of Performance Measurements of Field-aged Crystalline Silicon Photovoltaic Modules // *Progress in Photovoltaics: Resources and Applications*. 2009. No. 17. pp. 227-240.
6. Valeriy Kharchenko, Vladimir Panchenko, Pavel V. Tikhonov, Pandian Vasant. Cogenerative PV Thermal Modules of Different Design for Autonomous Heat and Electricity Supply // *Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development*, 2018, pages 86 – 119, DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch004.
7. А.Ю. Костерин., Куасси Я.Д. Энергетический аудит административных зданий в квартале плато (кот д'ивуар). экономические аспекты развития энергетики.2016.с 15
8. Байшев А.В., Торопов А.С. Параллельная работа с сетью солнечных электро-станций частных жилых домов // *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2017. № 19. С. 8–9.
9. Байшев А.В., Торопов А.С. Эффективность использования солнечных батарей с целью снижения затрат на потребляемую электроэнергию. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2019;23(4):764–774. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-4-764-774
10. В.А. Панченко.,К.С. Дегтярёв. оценка экономической эффективности использования солнечных модулей фгбну фнац вим в системах автономного и параллельного с сетью электроснабжения.2018.С 925-929
11. М.С.СЫСОЕВА, М.А. ПАХОМОВ. методические указания по технико-экономическому обоснованию использования возобновляемых источников энергии. социально-экономические явления и процессы.2011. С270-274
12. Панченко В.А., Стребков Д.С., Персиц И.С. Разработка солнечных модулей с увеличенным сроком номинальной работы // *Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики Сборник трудов III всероссийской научной конференции 19-20 июня 2015 г., Чебоксары*. С. 91 – 94.
13. Панченко В.А., Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д. Высоковольтные солнечные модули с напряжением 1000 В // *Альтернативная энергетика и экология*, 2015, № 19 (183), С. 76 – 81

Evaluation of the economic efficiency of an investment project for the introduction of solar panels in buildings of an administrative block in the municipality of plateau (Cote d'Ivoire)

References

1. Allouhi A., Saadani R., Kousksou T., Saidur R., Jamil A., Rahmoune M. Grid-Connected PV Systems Installed on Institutional Buildings: Technology Comparison, Energy Analysis and Economic Performance. *Energy and Buildings*, 2016, vol. 130, pp. 188–201.
2. Bearley D. c-Si Photovoltaic Trends: Design, Purchasing and 2009 Specs // *Solar Pro Magazine*. June-July 2009. pp. 49-74.
3. Dabou R., Bouhafaa F., Arab A.H., Bouraiou A., Draou M.D., Neçaibia A., Mostefaoui M. Monitoring and performance analysis of grid connected photovoltaic under different climatic conditions in south Algeria. *Energy Convers and Management*, 2016, vol. 130, pp. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.058>
4. Eltawil M. A., Zhao Z. Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, vol. 14(1), pp. 112–129
5. Skoczek A., Sample T., Dunlop E.D. The Results of Performance Measurements of Field-aged Crystalline Silicon Photovoltaic Modules // *Progress in Photovoltaics: Resources and Applications*. 2009. No. 17. pp. 227-240.

6. Valeriy Kharchenko, Vladimir Panchenko, Pavel V. Tikhonov, Pandian Vasant. Cogenerative PV Thermal Modules of Different Design for Autonomous Heat and Electricity Supply // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development, 2018, pages 86 – 119, DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch004.
7. Allouhi A., Saadani R., Kousksou T., Saidur R., Jamil A., Rahmoune M. Grid-Connected PV Systems Installed on Institutional Buildings: Technology Comparison, Energy Analysis and Economic Performance. Energy and Buildings, 2016, vol. 130, pp. 188–201.
8. Bearley D. c-Si Photovoltaic Trends: Design, Purchasing and 2009 Specs // Solar Pro Magazine. June-July 2009. pp. 49-74.
9. Dabou R., Bouchafaa F., Arab A.H., Bouraiou A., Draou M.D., Neçaibia A., Mostefaoui M. Monitoring and performance analysis of grid connected photovoltaic under different climatic conditions in south Algeria. Energy Convers and Management, 2016, vol. 130, pp. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.058>
10. Eltawil M. A., Zhao Z. Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems–A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, vol. 14(1), pp. 112–129
11. Skoczek A., Sample T., Dunlop E.D. The Results of Performance Measurements of Field-aged Crystalline Silicon Photovoltaic Modules // Progress in Photovoltaics: Resources and Applications. 2009. No. 17. pp. 227-240.
12. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Persits I.S. Development of solar modules with an increased nominal life // Nanostructured materials and converting devices for solar energy Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference June 19-20, 2015, Cheboksary. S. 91 - 94.
13. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Polyakov V.I., Arbuzov Yu.D. High-voltage solar modules with a voltage of 1000 V // Alternative energy and ecology, 2015, No. 19 (183), pp. 76 – 81

Горбунова Мария Лавровна — доктор экономических наук, заведующая кафедрой экономики предприятий и организаций Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Яо Донатьен Куасси — аспирант кафедры экономики предприятий и организаций Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Gorbunova Mariya L. — Dr. Sci. (Economic), Head of Economics of Enterprises and Organizations Dept., Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Yao Donatien Kouassi — Ph.D.-student of Economics of Enterprises and Organizations Dept., Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod