

А.Д.Мехтиев, В.В.Югай, В.И.Эйрих, Ю.В.Ким, М.Б.Суиндигов

Казахандинский государственный технический университет (E-mail: barton.kz@mail.ru)

Внедрение солнечных модулей для энергообеспечения систем телекоммуникации

На сегодняшний день стоят острые проблемы экономичного и экологически чистого получения энергии без истощения энергетических ресурсов. В данной статье рассмотрены способы получения энергоресурсов из неисчерпаемого источника (Солнца) путем преобразования светового потока в электрическую энергию. Показана возможность питания удаленных базовых станций устройств связи без привязи их к сети энергоснабжения. Также были рассмотрены различные устройства солнечных батарей, технические характеристики. Авторы предложили методику установки солнечных модулей с учетом климатических условий Республики Казахстан.

Ключевые слова: солнечная энергетика, телекоммуникация, энергообеспечение, солнечный модуль, повышение надежности.

Каждый день на земную поверхность поступает огромное количество энергии, неисчерпаемым источником которой является солнце. Природа научилась использовать солнечную энергию. Энергия Солнца является источником жизни на нашей планете. Солнце нагревает атмосферу и поверхность Земли. Благодаря солнечной энергии дуют ветры, осуществляется круговорот воды в природе, нагреваются моря и океаны, развиваются растения, имеют корм животные. Именно благодаря солнечному излучению на Земле существуют ископаемые виды топлива. Выработка электроэнергии при помощи электростанций на солнечных элементах применяется сегодня практически во всем мире. Объемы использования солнечных батарей постоянно растут. Этому способствует множество факторов, основные из которых — использование альтернативных источников энергии, в последнее время приобретающих все большую актуальность. Получение энергии посредством традиционных источников сегодня становится всё более дорогим удовольствием и серьезно бьёт как по карману простых потребителей, так и по бюджетам многих государств. Солнечная энергия доступна и бесплатна, ее использование послужит надежной защитой от постоянного роста цен на электроэнергию. Запасы нефти, угля и газа очень скоро закончатся, а Солнце, как уверяют учёные, будет светить ещё очень долго.

Преимуществом солнечных батарей является отсутствие в них подвижных частей, их большая надежность и стабильность. Срок эксплуатации современных солнечных батарей приближается к отметке 25–30 лет. Модульность компонентов позволяет создавать солнечные установки любой мощности и делает их весьма перспективными. Фотоэлектричество сможет составить конкуренцию традиционным видам производства электроэнергии уже в следующем десятилетии, при соответствующей общественной и финансовой поддержке. До недавнего времени солнечные батареи использовались в основном в космосе, но всё чаще в последние годы они проникают в нашу жизнь. То тут, то там услышишь новость из области фотоэлектричества — ученые провели испытания солнечного автомобиля, повысили КПД фотоэлементов, получены новые технологии переработки «солнечного» кремния, построена крупнейшая солнечная электростанция, снижена стоимость производства солнечных элементов, на орбитальном комплексе произведена замена солнечных батарей, городские власти оснащают солнечными батареями автобусные остановки, дачник Сиабучев с успехом использует солнечные батареи на своем приусадебном участке и т.д., и т.п. Интерес к этому источнику энергии растет ежегодно. Солнечные батареи обеспечивают большую автономность и независимость от линий электропередач. Солнечное электричество имеет много преимуществ — это чистый, тихий и надежный источник энергии, особенно в удаленных районах, где нет централизованного электроснабжения. Количество солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, изменяется из-за движения Земли вокруг своей оси и Солнца. Эти изменения зависят от времени суток и времени года. Обычно в полдень на Землю попадает наибольшее количество солнечной радиации, чем рано утром или поздно вечером. В полдень Солнце находится в зените, и длина пути прохождения лучей Солнца через атмосферу Земли сокращается. Вследствие этого меньшее количество солнечных лучей преломляется и отражается, а значит, больше солнечной радиации достигает поверхности земли. Количество энергии, падающей на единицу площади в единицу времени, зависит от ряда факторов:

– широты;

- местного климата;
- сезона года;
- угла наклона поверхности по отношению к Солнцу.

Количество солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, отличается от среднегодового значения: в зимнее время — менее чем на $0,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в день на Севере Европы и более чем на $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в день в летнее время в этом же регионе. Различие уменьшается по мере приближения к экватору. Количество солнечной энергии зависит и от географического месторасположения объекта: чем ближе к экватору, тем оно больше. Например, среднегодовое суммарное солнечное излучение, падающее на горизонтальную поверхность, составляет: в Центральной Европе, Средней Азии и Центральном регионе России приблизительно $1000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$; в Средиземноморье — приблизительно $1500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$; в большинстве пустынных регионов Африки, Ближнего Востока и Австралии — приблизительно $2200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Таким образом, количество солнечной радиации существенно различается в зависимости от времени года и географического положения. Этот фактор играет важнейшую роль при расчете эффективности использования электростанций, в которых используются солнечные батареи.

На основании исследований, проведенных мировыми учеными, и полученных ими данных установлено распределение солнечной радиации на поверхности земли, что наглядно показано на рисунке 1 [1].

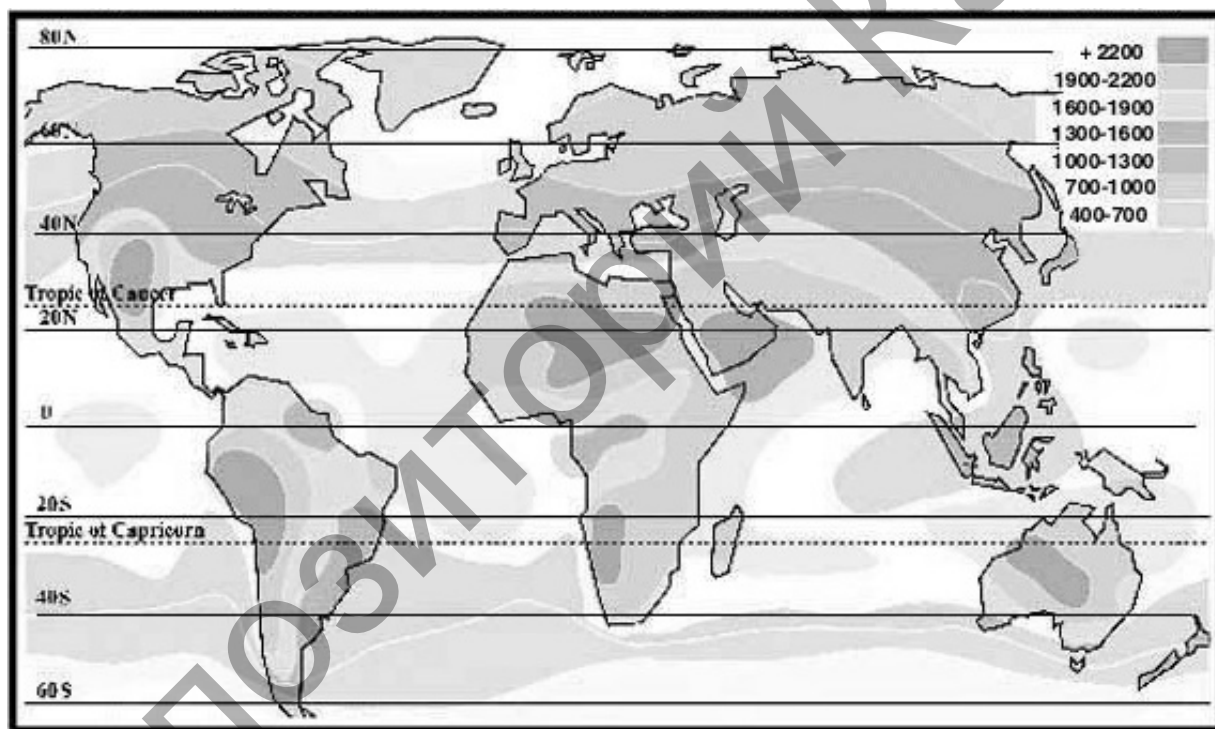


Рисунок 1. Распределение солнечной радиации на поверхности земли ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$)

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (т.е. вне атмосферы Земли), равен $1367 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (солнечная постоянная). Из-за поглощения атмосферой Земли максимальный поток солнечного излучения на уровне моря $1020 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную площадку, как минимум, в три раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше. Это количество энергии с единицы площади определяет возможности солнечной энергетики. Существует несколько используемых способов эффективного получения электроэнергии путем преобразования солнечного излучения:

- 1) с помощью фотоэлементов;
- 2) гелиотермальная энергетика.

Получение электроэнергии с помощью фотоэлементов (солнечные батареи). Фотоэлемент представляет собой полупроводниковый прибор, который преобразует энергию солнечного света (фотонов) в электрическую энергию. Принцип работы солнечных фотоэлементов в том, что когда на солнечный элемент попадает солнечный свет, материал солнечного элемента поглощает часть фотонов. Каждый фотон имеет малое количество энергии. Когда фотон поглощается, он инициирует процесс освобождения электронов в солнечном элементе. Вследствие того, что обе стороны фотоэлектрического элемента имеют токоотводы, в цепи возникает ток, когда фотон поглощается. Солнечный элемент генерирует электричество, которое может быть использовано сразу или сохранено в аккумуляторной батарее. Солнечный фотоэлемент изготавливается на основе пластины, выполненной из полупроводникового материала. Основным материалом для получения солнечных элементов является кремний [1].

Существует такое понятие, как «Фотоэлементы первого поколения», т.е. фотоэлементы на основе кристаллического кремния. Наиболее распространенными из них являются фотоэлементы на основе монокристаллического кремния. Это самый эффективный и распространенный вид элемента. Их получают литьем кристаллов кремния высокой частоты. В процессе охлаждения кремний постепенно застывает в форме цилиндрической отливки монокристалла диаметром 13–20 см, а длина достигает 200 см. Получаемый слиток нарезается тонким слоем (250–300 мкм), выглядит как однотонная поверхность темно-синего или почти черного цвета. Такие элементы имеют более высокую эффективность, высокий уровень КПД (до 19 %), а также очень долгий срок службы — 40–50 лет. Основным недостатком подобных фотоэлементов является цена. Кроме того, влияют еще и погодные условия: при облачности или затмении КПД значительно уменьшается [1].

Основная идея данной работы заключается в использовании солнечных батарей для электропитания удаленных базовых станций сотовой связи. В качестве источника электрической энергии используется солнечный модуль, накопитель, инвертор, интегрированное устройство оптимизации рабочих режимов ФЭК, обеспечивающее стабильную зарядку аккумуляторов при наименьшей интенсивности солнечного излучения, а также стабилизации генерируемого напряжения. Это позволит, в конечном итоге, повысить технический уровень установки и продлить срок эксплуатации аккумуляторных батарей, обеспечить возможность бесперебойного электроснабжения удаленных базовых станций устройств связи и телекоммуникации без их привязки к электроподстанциям, разработать конструкторско-техническую документацию и технологию производства ФЭК.

Новизна данной идеи состоит в том, что:

- ранее она не была адаптирована для питания удаленных телекоммуникационных устройств;
- применяется принципиально новая система стабилизации генерируемого напряжения и зарядки аккумуляторных батарей, позволяющей значительно улучшить технические параметры модулей и продлить срок эксплуатации данных батарей;
- используются направляющие отражательные устройства с интеллектуальной системой управления для преломления и концентрации солнечной энергии на модуле, что позволяет повысить КПД установки;
- система имеет высокие технико-экономические показатели при низкой себестоимости по сравнению с существующими аналогами;
- система будет адаптирована к климатическим условиям Республики Казахстан и иметь оригинальную систему самоочистки, что значительно сократит эксплуатационные расходы.

Нами поставлены следующие задачи научного и прикладного характера:

- 1) выполнить исследования для установления оптимальных параметров работы ФЭК с целью достижения наивысших технических показателей и наибольшей экономической эффективности;
- 2) разработать схемные решения по конфигурации ФЭК (отдельных элементов и устройства в целом);
- 3) разработать рекомендации по использованию ФЭК для электроснабжения удаленных устройств связи и телекоммуникаций.

В попытке решения этих проблем были созданы поликристаллические фотоэлементы. Здесь используется менее чистый и более дешевый кремний. Внешне это уже не однотонная поверхность, а узор из границ множества кристаллов. Такие элементы характеризуются более низким КПД, порядка 11 %, и меньшим сроком службы, до 10 лет. Однако они имеют меньшую стоимость и меньше зависят от затмения.

Как уже было отмечено, фотоэлементы на основе кремния достаточно дороги. Чтобы решить эту проблему, многие фирмы и исследовательские команды принялись искать альтернативу и нашли ее в виде тонкопленочной технологии. Отличие от предыдущих видов фотоэлементов — тонкопленочные элементы могут вырабатывать энергию в пасмурную погоду и даже во время дождя. Особенностью элементов такого рода является минимальный процент кристаллического кремния, что значительно снижает стоимость продукта. Основным материалом тонкопленочных элементов является аморфный кремний. Такие элементы — это различного рода пленки, на которые нанесен слой рабочего кремния толщиной 0,5–1,0 мкм (в противовес 300 мкм в кристаллических, разница — в 300 раз). Кроме этого, аморфный кремний, в отличие от кристаллического, можно наносить на самые разные поверхности, которые, ко всему прочему, можно гнуть (аморфный материал, в отличие от кристаллического, не ломается). Но нельзя не отметить недостатки аморфных фотоэлементов:

- значительно низкий КПД 6–7 %;
- долговечность гораздо ниже, чем у кристаллических элементов до 7 лет.

Из указанных выше данных можно построить сравнительный график различных видов фотоэлементов (рис. 2).

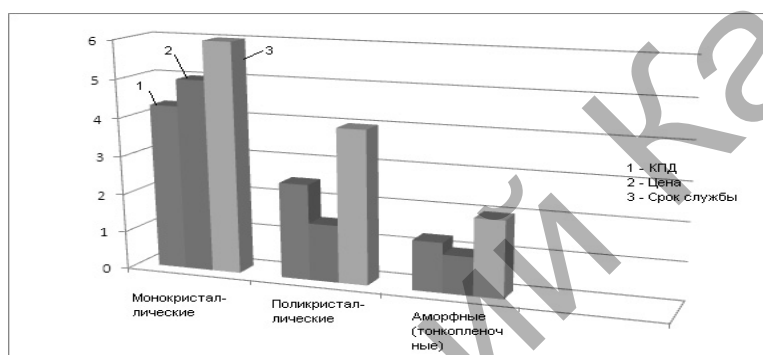


Рисунок 2. Сравнительные характеристики различных типов фотоэлементов

Еще один наиболее распространенный способ получения энергии из солнечного излучения — гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой для последующего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах). В гелиотермальной энергетике основным элементом отопления и горячего водоснабжения в системе, построенной по такому принципу, является солнечный коллектор. Солнечный коллектор — устройство, предназначенное для поглощения солнечной энергии, которая переносится видимым и ближним инфракрасным излучением для последующего ее превращения в тепловую энергию. Обычно солнечные коллекторы устанавливаются неподвижно, а угол наклона выбирают в зависимости от основного назначения устройства. При установке коллектор стараются расположить в сторону юга, но обязательно ориентируясь на рельеф местности. Рекомендуется отклоняться от ориентации на юг не более чем на тридцать градусов, тогда и тепло будет вырабатываться в пределах нормы. Они бывают плоские и трубчатые (вакуумные) и различаются эффективностью и стоимостью (плоские значительно дешевле, но менее эффективны). Однако поступающая на землю солнечная энергия нестабильна и зависит от многих факторов, таких как время года и время суток, высота солнца над горизонтом и степень ясности дня, температура воздуха и влажность, плотность облачности и глобальное затемнение атмосферы. Учитывая климатические условия нашей страны (резко континентальный климат) и дорогую стоимость солнечных коллекторов, эксплуатация солнечных коллекторов в Казахстане не так актуальна, как солнечных батарей.

Казахстан, а именно Карагандинская область, тоже обладает достаточным потенциалом в развитии солнечной электроэнергетики. Примером является Карагандинский государственный технический университет, где был разработан и собран экспериментальный солнечный модуль, представленный на рисунке 3.



Рисунок 3. Солнечный модуль

Данная модель является действующим образцом солнечного фотоэлектропитающего комплекса, где наглядно показано, из каких элементов она должна состоять и как они должны быть подключены.

Основными элементами солнечного модуля являются:

- 1) закаленное стекло, предотвращающее повреждение солнечных элементов в процессе транспортировки, монтажа и эксплуатации солнечного модуля;
- 2) монокристаллические/поликристаллические солнечные элементы, преобразующие солнечный свет в электрическую энергию;
- 3) ламинирующая пленка герметизирует солнечный модуль и обеспечивает долгий срок службы;
- 4) тыльная пленка защищает тыльную сторону от повреждений и обеспечивает дополнительную герметизацию солнечного модуля;
- 5) распределительная коробка с диодами обеспечивает выход контактов и минимизирует потери мощности при затенении солнечных элементов модуля;
- 6) анодированный профиль создает дополнительные прочностные характеристики и имеет посадочные места для удобства монтажа солнечного модуля.

Основные необратимые потери энергии в ФЭК связаны с:

- отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя;
- прохождением части излучения через ФЭК без поглощения в нём;
- рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов;
- рекомбинацией образовавшихся фотопар на поверхностях и в объёме ФЭК;
- внутренним сопротивлением преобразователя;
- некоторыми другими физическими процессами.

На основании проведенных прикладных исследований данного модуля были получены экспериментальные данные по установлению зависимости выходного тока от освещенности фотоэлемента, результаты представлены графиком на рисунке 4.

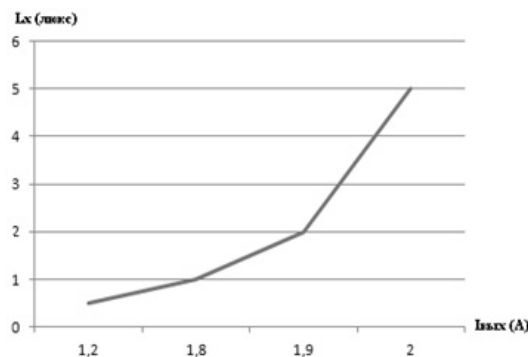


Рисунок 4. Зависимость выходного тока от освещенности

Нельзя не отметить экономическую эффективность солнечных элементов. Расчет эффективности дает возможность понять, во сколько раз выгоднее использовать альтернативные источники питания

по сравнению с традиционными (нефть, уголь, газ), также позволяет выявлять видимые достоинства и недостатки, к которым можно отнести:

- достоинства альтернативных источников питания:
 - относительно невысокая стоимость;
 - возможность модернизации системы без существенной замены основных компонентов;
 - не требует топлива и расходных материалов, для генерации энергии используется только солнечный свет;
 - система работает в режиме полной автономии, не требуется контроль за процессами генерации и накопления;
 - ток с сигналом «чистая синусоида» позволит подключать любые электроприборы;
 - высокая эффективность использования сгенерированной энергии;
 - надежные и долговечные компоненты системы;
 - экологически чистый и высокотехнологичный источник энергии;
 - не создает дискомфорта;
 - не требует регулярного сервисного обслуживания (раз в 5–7 лет);
- недостатки:
 - требуется квалифицированный персонал для проведения монтажа;
 - в зависимости от ситуации могут потребоваться дополнительные меры против вандалов и воров;
 - прямая зависимость от погодных условий и времени года (в зависимости от географического положения).

Но, в данном проекте мы предлагаем меры по борьбе с такими проблемами, как:

- замена персонала на техническое обслуживание;
- охрана территории, на которой используется данная установка;
- дополнительные устройства — очистители, — которые дадут возможность регулировать вред, нанесенный природными условиями.

На рисунке 5 представлен график, отображающий сравнение эксплуатационных затрат в период времени 10 лет.

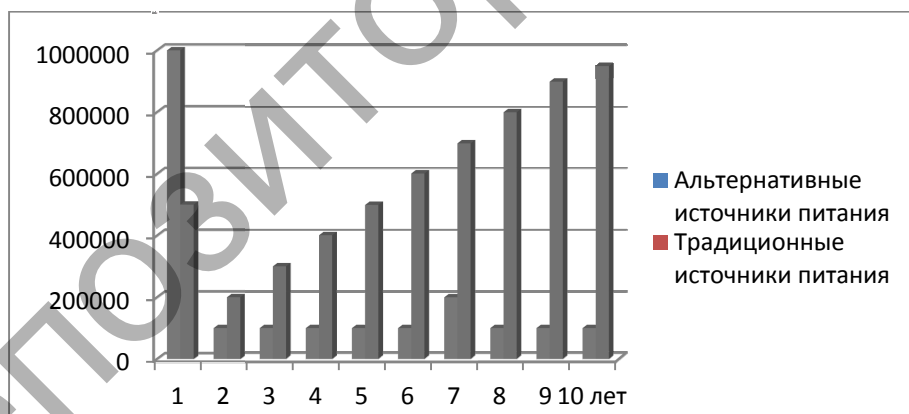


Рисунок 5. Сравнение годовых эксплуатационных затрат

На основании изложенного выше приходим к выводу, что при использовании в Казахстане солнечных батарей, учитывая географическое положение и климат, целесообразно будет разместить солнечные электростанции в открытых местностях, где нет возможности протянуть высоковольтные линии по следующим причинам:

- место расположения не позволяет провести высоковольтные линии (ВЛ), так как есть риск их быстрого выхода из строя (плохие климатические условия, постоянное выветривание поверхности земли, где закреплено основание ВЛ);
- слишком затратный процесс, если стоимость длины линий и количества планируемых ВЛ не соизмеримо с получаемой прибылью. При расчете суммарного количества потребляемой энергии необходимо учесть, что часть электрического тока уходит на нагревание проводов и потери иного рода.

При оценке возможности использования солнечных батарей в Казахстане можно прийти к выводу, что солнечные электростанции значительно сократят затраты на добычу других энергетических ресурсов, с экологической точки зрения уменьшат выброс в атмосферу вредных веществ. Уменьшение выбросов вредных веществ положительно отразится на флоре и фауне близлежащих районов, сократится количество заболеваний среди населения. С экономической точки зрения можно с уверенностью сказать, что размещение солнечных электростанций приведет к увеличению рабочих мест, так как для размещения таких электростанций потребуется немалый объем территории, также есть возможность сэкономить истощаемые ресурсы. Учитывая большую незаселенную территорию страны и сравнительно небольшой объем населения, свободную территорию необходимо использовать для размещения солнечных электростанций. Если сравнить с другими электростанциями, то данный вид добычи можно считать наиболее безопасным и более экономным по следующим причинам:

- преимущество солнечных электростанций перед тепловыми в том, что они не зависят от оборудования по добыче и транспортировке. Нет необходимости тратить дополнительные средства для их заправки и технического обслуживания в случае их неисправности. Не стоит также забывать, что энергия, получаемая от угля, нефти и природного газа, зависит от химических процессов, происходящих в недрах Земли под действием солнечных лучей. Рациональней будет использование солнечной энергии напрямую, нежели использование «вторичного» источника энергии. Для подачи электроэнергии в отдаленные районы, где нет доступа к электросетям, нет необходимости постройки высоковольтных линий, достаточно лишь поставить поблизости солнечную электростанцию, что уменьшит затраты на постройку высоковольтных линий и подводящих проводов;

- преимущество перед гидроэлектростанциями — нет необходимости постройки дамб, увеличивающих риск затопления;

- преимущество перед атомными электростанциями — нет риска заражения радиацией, как на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1, также нет проблем с утилизацией радиоактивных отходов;

- как на примере с теплоэлектростанцией, энергия, получаемая от ветра, также зависит от солнечных лучей. Как известно, ветер — процесс столкновения потоков воздуха с различным уровнем температур, а разность температур — результат воздействия солнечных лучей.

References

- 1 *Kashkarov A.P.* Wind turbines, solar panels and other useful design. — Moscow: DMK Press, 2010.

А.Д.Мехтиев, В.В.Югай, В.И.Эйрих, Ю.В.Ким, М.Б.Суиндиков

Телекоммуникация жүйелерін энергиямен қамтамасыз ету үшін күн модульдерін енгізу

Бүгінгі таңда энергетикалық ресурстардың сарқылуынсыз экономикалық және экологиялық таза энергияны алудың қиын мәселелері бар. Мақалада жарық ағынының электрлік энергияға алмастыру жолымен, сарқылмайтын көзден («Күн») энергоресурстарды алу әдістерін құрастырады және сипаттайды. Энергия қамтамасыздандыру жүйесіне қосылуынсыз байланыс құрылғысының жойылған базалық станцияларын қоректендіру мүмкіндігі қарастырылып жатыр. Сонымен қатар басқа да түрлі күн батареялары, олардың құрылымы және де техникалық сипаттамалары қарастырылады. Сондай-ақ Қазақстан Республикасының климаттық жағдайын есепке ала отырып, күн модульдерін орналастыру әдістері зерттелуде.

A.D.Mekhtiyev, V.V.Yugai, V.I.Eirikh, Y.V.Kim, M.B.Suindikov

The introduction of solar modules for power supply telecommunications systems

Nowadays there are many important problems of economy and green way of energy production without depleting the energy resources. This article is devoted the way of energy production from never-ending resource («The Sun») by means of transformation of light flow to electrical power. The possibility of power remote base station communication devices without the tether them to the network supply. It is also considered a variety of solar devices, their design and technical characteristics. The paper also considers methods of installation of solar modules, taking into account climatic conditions of the Republic of Kazakhstan.