

УДК 621.311.4.031

**АНАЛИЗ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****И. О. Синчук, А. Н. Яловая**Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»  
ул. XXII Партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: speet@ukr.net**С. Н. Бойко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: bsn1987@i.ua

Приведена характеристика программных комплексов для моделирования и расчетов систем на базе возобновляемых источников энергии. В результате анализа выделены и предложены для научно-исследовательских целей группы программ Sim и Dim, поскольку они являются наиболее доступными широкому кругу пользователей без специальных знаний программирования, имеют удобный и легкий в использовании интерфейс и распространяются научно-исследовательскими центрами бесплатно. В программном пакете Homer energy исследована система электроснабжения участка осветительной сети на базе возобновляемых источников энергии подземной выработки железорудной шахты. Результаты проектирования ветроэнергетической установки подтвердили теоретические и практические результаты. Предложено использовать программный пакет Homer energy для исследования электроэнергетических сетей, определения их оптимальных составных элементов и технико-экономической оценки, а также для реализации мероприятий по повышению электроэнергоэффективности железорудных предприятий.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, Homer energy.**АНАЛІЗ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З МЕТОЮ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ****І. О. Синчук, О. М. Яловая**Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»  
вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: speet@ukr.net**С. М. Бойко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: bsn1987@i.ua

Приведена характеристика програмних комплексів для моделювання й розрахунків систем на базі поновлюваних джерел енергії. У результаті аналізу виділено й запропоновано для науково-дослідних цілей групи програм Sim і Dim, оскільки вони є найбільш доступними широкому колу користувачів без спеціальних знань програмування, мають зручний і легкий у використанні інтерфейс та розповсюджуються науково-дослідними центрами безкоштовно. Досліджено в програмному пакеті Homer energy систему електропостачання ділянки освітлювальної мережі на базі поновлюваних джерел енергії для умов підземних виробок залізорудних шахт. Результати проектування вітроенергетичної установки підтвердили теоретичні й практичні результати. Запропоновано використовувати програмний пакет Homer energy для дослідження електроенергетичних мереж, визначення їх оптимальних складових елементів і техніко-економічної оцінки, а також для реалізації заходів щодо підвищення електроенергоефективності залізорудних підприємств.

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, Homer energy.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Железорудная промышленность потребляет более 20 % электрической энергии (ЭЭ), производимой в Украине, и нуждается в ее альтернативных источниках. Одними из таковых могут быть автономные электростанции, использующие энергию ветра, которые могут функционировать как в подземных выработках шахт, та и в условиях ландшафта (отвалах и т.д.) [1].

Целью данной работы является анализ возможности использования программного обеспечения для реализации мероприятий по повышению электроэнергетической эффективности железорудных предприятий.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Рациональное и эффективное, с экономической точ-

ки зрения, внедрение альтернативных источников энергии, в том числе на предприятиях горнорудной отрасли, нуждается в детальном предварительном анализе, который осуществляется с помощью специализированных программных пакетов (например, Homer Energy, Hybrid2, RETScreen и т.п.). Программные пакеты, к сожалению, не способны учесть все аспекты, которые могут привести к неэффективной работе рассредоточенных систем энергоснабжения, однако они могут помочь в выполнении огромного объема работы и в некоторых случаях вообще способны устранить необходимость проведения детального анализа.

Модели рассредоточенных систем генерации энергии дают возможность пользователю легко про-

считать большое количество конфигураций системы и выбрать, руководствуясь собственными потребностями и пожеланиями, наиболее рациональную.

Приведем характеристику программных комплексов, которые целесообразно использовать для моделирования и расчетов систем на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ): Homer Energy, Hybrid2, RETScreen [2].

Программное обеспечение в соответствии с функциональным назначением условно можно разделить на четыре группы.

Группа 1. Расчетные инструменты Dim (Dimensioning tools). Применяются для вычисления параметров системы на основе исходных данных (тип нагрузки, климатические данные, компоненты системы). С помощью этих программ можно подобрать оптимальное энергетическое оборудование для покрытия потребностей в энергии. Разные инструменты используются для достижения различных целей. Некоторые из них минимизируют стоимость жизненного цикла системы, другие подбирают параметры оборудования для эффективного функционирования системы. Большинство расчетных инструментов предоставляют детальную информацию относительно потоков энергии между компонентами системы и их сезонными колебаниями на протяжении года. Такие программы, как правило, являются небольшими пакетами программного обеспечения и имеют удобный и легкий в использовании интерфейс [2].

Группа 2. Инструменты моделирования Sim (Simulation tools). Используют входные данные для моделирования поведения системы в течение определенного периода времени. В отличие от расчетных инструментов, пользователю нужно указать технические характеристики каждого компонента системы. Потом инструмент моделирования предоставляет детальный анализ поведения системы. Временные интервалы моделирования зависят от заданного пользователем уровня детализации и наличия выходных данных (например, данные о климатических условиях). Почасовое моделирование системы является самым распространенным и используется для проверки пригодности к использованию оборудования, исследования влияния будущих изменений в нагрузке, наблюдения за производительностью системы при нетипичных условиях (например, плохая погода), анализа возможных повреждений компонентов системы. С помощью инструментов моделирования можно получить информацию о финансовых и экологических характеристиках системы, такие как жизненный цикл расходов. Обычно это сложные программные пакеты, которые распространяются научно-исследовательскими центрами и специализированными компаниями [3].

Группа 3. Исследовательские инструменты Res (Research tools). Имеют высокую степень гибкости и широкие возможности настройки. Эти программы дополняют моделирование разных систем для исследовательских целей. Традиционные инструменты

моделирования предлагают широкий анализ чувствительности, однако они, как правило, не позволяют пользователю изменять алгоритмы программы, согласно которым определяются поведение системы и взаимодействие отдельных ее компонентов. Для этого нужна открытая архитектура: программное обеспечение состоит из выбора «процедуры», которая описывает компоненты, а также платформы для объединения этих подпрограмм в одно целое. Пользователь может изменять процедуры или добавлять абсолютно новые. Эти исследовательские инструменты могут быть написаны на таких языках, как Fortran, C++ или Pascal.

Группа 4. Инструменты проектирования электрических сетей Des(Mini-Grid Design tools). Дают возможность пользователю определить, что является квазиоптимальным решением для электроснабжения некоторого объекта: автономная установка или подключение к централизованной сети. С их помощью можно минимизировать потери мощности в распределительных сетях за счет правильного выбора уровня напряжения и площади перереза кабелей [3].

Таким образом, поскольку группы программ Sim и Dim являются наиболее доступными широкому кругу пользователей без специальных знаний программирования, имеют удобный и легкий в использовании интерфейс и распространяются научно-исследовательскими центрами, то в дальнейшем будем рассматривать программное обеспечение именно этих групп (табл. 1).

Таблица 1 – Инструменты разного программного обеспечения

Название программы	Существующие инструменты
RETScreen	Dim
Homer energy (HOMER)	Sim/Dim
Hybrid2	Sim

Рассмотрим наиболее широко употребляемый программный продукт, программу RETScreen, который дает возможность инженерам, архитекторам, специалистам из финансового планирования осуществлять моделирование и анализ любого проекта с использованием экологически чистой энергии. Программа предоставляет руководителям информацию, необходимую для принятия решений, благодаря выполнению стандартного анализа из пяти этапов: энергоанализа, анализа себестоимости, анализа эмиссии парниковых газов, финансового анализа, анализа рисков, анализа чувствительности системы.

Базовые модули и направления проектов, которые охватывает программа, – это технологии, включенные к моделям проектов RETScreen и охватывающие традиционные и нетрадиционные источники экологически чистой энергии, а также общепринятые традиционные источники энергии и технологии. Примерами таких проектных моделей могут быть [4]:

- проекты рационального использования энергии, т.е. проекты по энергоэффективности (от промышленных предприятий к отдельным зданиям);
- проекты по отоплению и охлаждению (например, с использованием биомассы, тепловых насосов, солнечной энергии для воздушного и водяного отопления);
- проекты по генерации электроэнергии, включительно с возобновляемыми источниками энергии, а именно: солнечной, ветровой, энергии волн, гидро- и геотермальной энергии, а также общепринятыми технологиями, такими как газ и паровые турбины, поршневые двигатели;
- проекты комбинированного производства тепловой и электрической энергии (когенерации).

Основным недостатком программы RETScreen, в сравнении с программным пакетом Homer energy, является отсутствие функции моделирования разных вариантов структур системы, для сравнения, которое базируется на их технических и экономических характеристиках в реальном времени или требуется их последовательное введение.

Таблица 2 – Перечень начальных данных для работы программы Hybrid2

Входящие данные	Исходящие данные
1. Тип нагрузки, подключения к переменному или постоянному току.	1. Потребление энергии каждым компонентом системы для каждого произвольного часового интервала.
2. Климатические условия: скорость ветра, инсоляция, температура окружающей среды, высота над уровнем моря, географические координаты.	2. Результаты оптимизации: солнечный и ветровой потенциал, емкость аккумуляторной батареи, мощность генераторных установок, жизненный цикл проекта, анализ расходов.
3. Параметры системы: конфигурация, технические данные оборудования.	
4. Экономика: стоимость оборудования, затраты на обслуживание, финансовые показатели.	

Также одной из распространенных программ для исследования энергетического потенциала является программа Hybrid2. Это вероятностная компьютерная модель, которая использует следующие входные данные: нагрузку, скорость ветра, солнечную инсоляцию, температуру и мощность системы, избранные пользователем, чтобы спрогнозировать производительность гибридной энергетической системы. Изменения скорости ветра и нагрузки в каждый момент времени учитываются при прогнозировании производительности.

Прорабатывая большие объемы информации о ВИЭ, программа Hybrid2 дает возможность найти

оптимальный вариант построения системы электропитания с точки зрения технических и экономических аспектов. Перечень начальных данных для работы программы и результаты приведен в табл. 2. Главными недостатками Hybrid2 являются отсутствие интеграции с базами данных NASA, сложный интерфейс, отсутствие расчетных инструментов Dim и более сложный алгоритм работы (работа с программой нуждается в аппаратном обеспечении высокого уровня).

Более детально остановимся на использовании программного комплекса Homer energy, поскольку он является наиболее актуальным на сегодня для широкого использования. Этот программный комплекс создан для предоставления помощи в разработке систем рассредоточенной генерации и для облегчения сравнения технологий производства электроэнергии в широком диапазоне использования. Эта разработка осуществлена Национальной лабораторией возобновляемой энергии США (NREL). В результате исследования была разработана компьютерная оптимизационная модель энергосистемы, которая получила название Homer energy [3].

Homer energy – одна из программ, которая выполняет моделирование часовых рядов, чем и отличается от статистических моделей, таких как RETScreen. Из перечня этих моделей Homer energy является наиболее гибкой с точки зрения разнообразия систем, которые она может моделировать.

Homer energy при моделировании сама избирает оптимальную комбинацию необходимого сочетания заданных технологий. Также Homer energy оказывает помощь в понимании и количественной оценке эффекта при переменных исходных данных (Sensitivity analysis), что отсутствует в RETScreen.

Использование Homer energy дает возможность моделировать много разнообразных вариантов структур системы электроснабжения для сравнения, как физических, так и экономических характеристик системы, что помогает при анализе и количественной оценке эффекта при переменных исходных данных (Sensitivity analysis).

Homer energy может моделировать широкий спектр конфигураций систем рассредоточенной генерации, которая включает любую комбинацию из массива фотоэлементов, одной или нескольких ветровых турбин, гидротурбин, дизель-генераторов, аккумуляторных батарей, AC–DC и DC–AC преобразователей, технологических систем, например, систем на основе электролизера и бака для хранения водорода. Энергетическая система может быть подключена к централизованной сети или быть автономной, может покрывать нагрузку постоянного и переменного тока, а также тепловую нагрузку [4].

В Homer energy возможно смоделировать отдельные функционально-структурные схемы таких энергетических систем, как:

- электрическая нагрузка переменного тока, которая питается от дизельного генератора;

– электрическая нагрузка постоянного тока, электропитание которой обеспечивается системой с фотоэлементами;

– гибридная гидро-ветро-дизельная система с резервной батареей и выпрямителем;

– ветродизельная система, которая питает электрическую и тепловую нагрузку с двумя генераторами, аккумуляторными батареями, бойлером и сбросной нагрузкой, что позволяет поставлять тепловую энергию путем передачи избыточной мощности ветровой турбины через резистивный нагреватель;

– фотоводородная система, в которой электролизер превращает избыточную мощность фотоэлемента в водород, который хранится в водородном баке и используется в топливных элементах во время недостатка мощности от фотоэлемента;

– системы с ветрогенераторами и использованием аккумуляторных батарей и водорода для аккумуляции энергии, где водород является топливом для генератора;

– электрическая система, подключенная к системе фотоэлементов;

– энергетическая система, подключенная к когенерационной установке, в которой микротурбина производит электроэнергию и тепло;

– энергетическая система, подключенная к когенерационной установке, в которой топливный элемент обеспечивает систему электроэнергией и теплом.

Анализ и проектирование систем рассредоточенной генерации усложняется из-за возможного большого количества комбинаций относительно использования альтернативных источников энергии. Это существенно усложняет построение, в частности, из-за недостаточной исходной мощности или ее непостоянства, сезонности, отсутствия диспетчеризации. Такие трудности вместе с высокой ценой ставили под сомнение использование возобновляемых источников энергии. Пакет Homer energy и был разработан для преодоления этих проблем.

Homer energy обеспечивает выполнение трех основных задач: моделирование; оптимизация; анализ чувствительности.

В случае реализации задачи моделирования программой Homer energy моделируется построение заданной системы и осуществляется оценка возможности ее функционирования, что дает возможность проверить ее техническую валидность и стоимость эксплуатации.

При оптимизации осуществляется моделирование большого количества системных конфигураций, построенных для разных вариантов применения элементов, заданных на первом этапе. Во время выполнения этого этапа осуществляется поиск такой конфигурации системы, которая бы по своим технико-экономическим показателям и своему жизненному циклу была наиболее приемлемой.

При осуществлении анализа чувствительности Homer energy выполняет многократную оптимиза-

цию в диапазоне, заданном при введении начальных данных (ограничений). Такая процедура дает возможность оценить «ценность» переменных на начальном этапе, которые присутствуют на каждом элементе данных. Также анализ чувствительности помогает оценить эффекты постоянства или вариативности переменных, на которые мы не можем влиять, например, скорость ветра, цена на горючее и т.п.

В программе есть графическое отражение схемы компонентов, которые будут промоделированы. Это дает возможность быстро получить доступ к техническим и экономическим данным каждого компонента простым нажатием на отдельный элемент на функциональной схеме.

В окнах «Нагрузки, компоненты и ресурсы» (Load, Component and Resource) есть возможность самостоятельно вводить данные, импортировать их или синтезировать информацию о потребности в электроэнергии, составляющих мощности и расходов, а также наличие ее запасов.

Окна «Оптимизация и чувствительность» (Optimization and Sensitivity) дают возможность вводить значение, когда вы хотите использовать в Homer energy для оптимизации системы, создания ее по произвольным начальным условиям, например, минимального жизненного цикла, при минимальной стоимости или когда вы хотите выполнить анализ чувствительности к изменению начальных.

В ряде работ [7–9] рассматривается возможность использования энергии потоков атмосферного воздуха на отвалах карьеров, между отвалами карьеров и в условиях подземных выработок железорудных шахт (ЖРШ).

Состав воздуха в условиях железорудных шахт имеет свои физико-химические особенности, которые необходимо учитывать во время внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ) в состав электроэнергетического комплекса шахты. Режимы электроснабжения железорудной шахты имеют важное значение для определения режимов работы ВЭУ в комплексе с электрохозяйством шахты. Использование сгенерированной ВЭУ электрической энергии должно обеспечивать оптимальные условия работы всего комплекса энергоснабжения железорудной шахты [5].

Анализ условий генерирования и передачи ЭЭ от ВЭУ к электропотребителям ЖРШ должен проводиться с учетом функционирования всего комплекса шахты, кроме того, с учетом детального изучения влияния работы ВЭУ на организацию работы ЖРШ и состояние окружающей среды [6].

В основу исследований должно быть взято использование современного математического аппарата и вычислительной техники для анализа процессов и физически обоснованных явлений, связанных с внедрением ВЭУ, их работой, экономического анализа и целесообразности эксплуатации ВЭУ в условиях ЖРШ [7].

ВЭУ целесообразно размещать на участке сопряжения двух квершлагов (рис. 1).

Особенность работы ВЭУ заключается в том, что она является нелинейным нестационарным объектом управления и находится под воздействием динамических ветровых нагрузок, энергия которых имеет стохастическую природу [1].

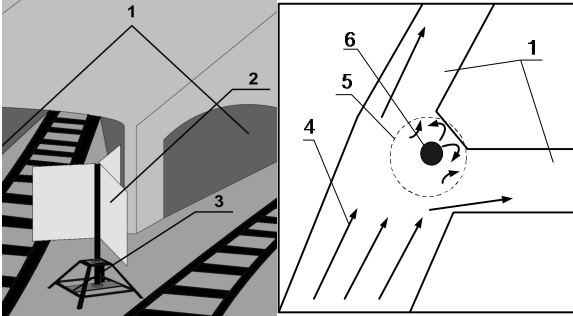


Рисунок 1 – Место расположения ветроэнергетической установки: 1 – квершлаг; 2 – лопасти ВК; 3 – генератор; 4 – направления движения вентиляционного потока; 5 – зона турбулентных завихрений на сопряжении квершлагов; 6 – место установки ветроэнергетических установок

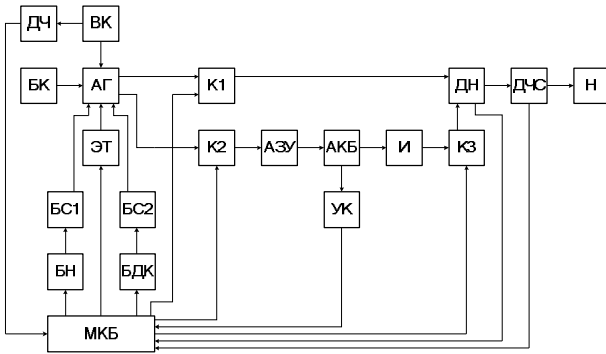


Рисунок 2 – Структурная схема автоматизированной системы управления асинхронным генератором в составе ветроэнергетической установки:  
 ВК – ветровое колесо; АГ – асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором; БК – батарея возбуждающих конденсаторов; ЭТ – электромагнитный тормоз; ДН – датчик напряжения; ДЧ – датчик частоты вращения ВК; ДЧС – датчик частоты напряжения сети; АЗУ – автоматическое зарядное устройство; АКБ – аккумуляторная батарея; УК – устройство контроля состояния АКБ; И – инвертор; БДК – батарея дополнительных конденсаторов; БН – балластная нагрузка; БС1, БС2 – блок симисторов; МКБ – микропроцессорный блок; К1-К3 – управляемые коммутаторы; Н – нагрузка

В результате была разработана структура электромеханической части ВЭУ (рис. 2), основу которой составляет асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором. С помощью регулирования частоты и выходного напряжения асинхронного

генератора стабилизируется уровень электропотребления подключенных к нему потребителей. Большое значение для обеспечения бесперебойности электроснабжения потребителей при аварийных режимах работы и при выдаче генератором ВЭУ ненормального уровня напряжения и частоты имеет аккумуляторная батарея (АКБ).

Принимая во внимание полученные ранее результаты [5] исследований, можно сделать вывод о возможности использования ВЭУ на отвалах карьеров железорудных предприятий для освещения карьера и для передачи остаточной сгенерированной мощности в сеть.

В результате исследования аэродинамических характеристик воздушных потоков промышленных предприятий горно-добывающего комплекса (ГДК) был сделан вывод о том, что применение ВЭУ, которые используются как автономно, так и в составе системы электроснабжения, является целесообразным и достаточно рентабельным [8].

Таким образом, в среде программы Homer energy была смоделирована ранее предложенная система автономного электроснабжения на базе ВЭУ (рис. 3–9).

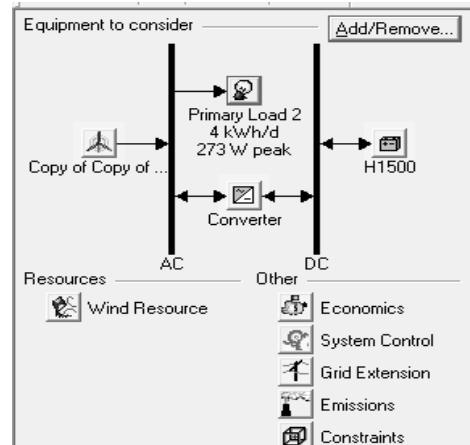


Рисунок 3 – Схема электроснабжения в программе Homer energy

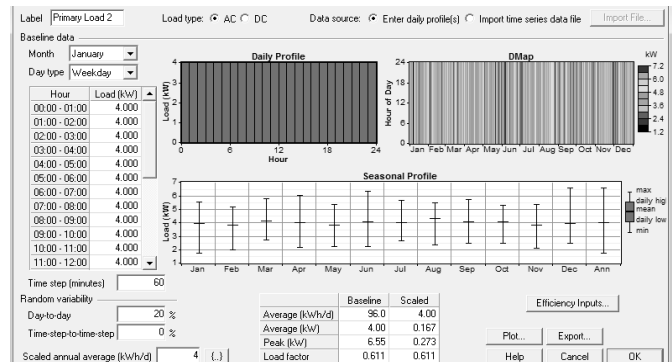


Рисунок 4 – Графики нагрузки автономной энергетической системы в программе Homer energy

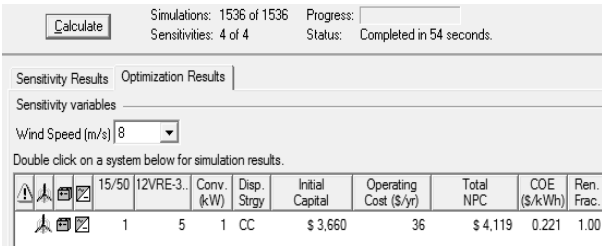


Рисунок 5 – Оптимальное технико-экономическое решение элементной базы автономной энергетической системы в программе HOMER energy

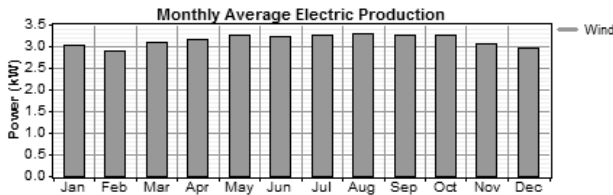


Рисунок 6 – Среднемесячный объем сгенерированной энергетической энергии ветроэнергетической установкой, рассчитанной в программе HOMER energy

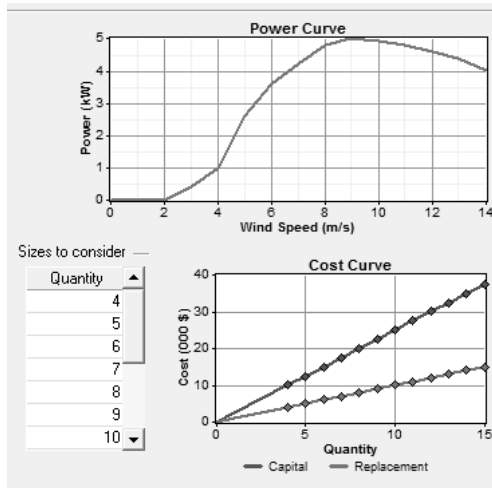


Рисунок 7 – Окно параметров характеристик ветроэнергетического комплекса в программе HOMER energy

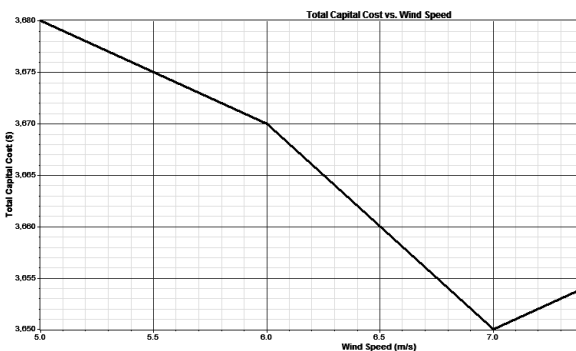


Рисунок 8 – График себестоимости ветроэнергетической системы в программе HOMER energy

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	12,9	kWh
Usable nominal capacity	10,3	kWh
Autonomy	61,9	hr
Lifetime throughput	17,750	kWh

Рисунок 9 – Данные отчёта в программе HOMER energy относительно объемов выработанной электрической энергии в реальных режимах работы

**ВЫВОДЫ.** Принимая во внимание приведенные выше результаты исследований и результаты, полученные ранее [4–11], можно сделать вывод о том, что использование ВЭУ в условиях железорудных добывающих комплексов является реальным. Для оценки энергетического потенциала возобновляемых источников энергии целесообразно использовать программный пакет HOMER energy, позволяющий осуществить исследования электроэнергетических сетей, определения их оптимальных составных элементов и технико-экономической оценки, а также для реализации мероприятий по повышению электро-энергоэффективности железорудных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азарян А.А., Вілкул Ю.Г. та ін. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
2. Сайт DIgSILENT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://support.homerenergy.com>
3. Сайт DMCC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.homerenergy.com/training.html>
4. Мокін Б.І., Мокін О.Б., Жуков О.А. До питання вибору вітрових двигунів і електричних генераторів вітрових електричних станцій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – Вип. 6. – С. 52–62.
5. Гурін А.О., Бересневич П.В., Немченко А.А., Ошманський І.Б. Аерологія гірничих підприємств. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2007. – 262 с.
6. Денисюк С.П., Рибіна О.Б., Негодуйко В.О. Перші кроки до створення дієвих механізмів стимулювання розвитку альтернативної енергетики в Україні // Праці Інституту електродинаміки НАН України: збірник наукових праць. – Київ. – 2011. – Вип. 30. – С. 5–14.
7. Сінчук О.М., Бойко С.М. Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки для використання в підземних виробках залізрудних шахт // Восточно-європейський журнал передових технологій. – Харков, 2013. – Вип. 1/8 (67). – С. 13–21.
8. Сінчук І.О., Бойко С.М., Мельник О.Є. Відновлювані та альтернативні джерела енергії: навчальний посібник. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2015. – 270 с.

9. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.

10. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Кулик В.В. Особливості роботи відновлюваних джерел енергії в локальній електричній системі // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим. – 2011. – С. 42–46.

11. Денисюк С.П., Тарасевич П.Й., Сподинський О.В., Дерев'яно Д.Г. Забезпечення надійності функціонування та стійкої роботи інтелектуальних енергетичних систем // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. – Київ. – 2010. – Вип. 27. – С. 27–33.

## THE ANALYSIS OF THE SPECIAL SOFTWARE FOR MODELING OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE PURPOSE OF IMPLEMENTATION OF THE MEASURES TO IMPROVE ELECTRICAL ENERGY EFFICIENCY OF IRON ORE MINES

**I. Sinchuk, A. Yalovaya**

State Institution of Higher Education «Kryvyi Rih National University»  
ул. XXII Partysyezda, 11, Kryvoy Rog, 50027, Ukraine. E-mail: speet@ukr.net

**S. Boyko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: bsn1987@i.ua

The article provides the characteristics of the software for modeling and calculation of the systems based on renewable energy. As a result of analysis there were selected and proposed for the researches aims the groups of the programs of Sim and Dim, as they are most accessible to the wide circle of users without the special knowledge of programming, they have comfortable and easy to use interface, and are distributed by research centers free of charge. The Homer energy software package investigated the system of power supply for lightning network on the base of renewable energy sources of the closed iron-ore mining. It is proposed to use the software package of Homer energy for research of electric power networks, to determine their optimum constituent elements and feasibility evaluation, and also to implement measures for increase of electric efficiency of iron-ore enterprises.

**Key words:** renewable energy sources, Homer energy.

### REFERENCES

1. Azaryan, A.A., Vilkul, Yu.G. et al. (2006), *Kompleks resurso- i energozberigayuchih geotekhnologij vidobutku ta pererobki mineralnoi sirovini, tehnicnih zasobiv ih monitoringu iz sistemoyu upravlinnya i optimizatsii girnichorudnih virobnitstv* [The complex resource and energy-saving technologies of production and processing of mineral raw materials, technical means for their monitoring system for control and optimization of mining operations], Mineral, Krivoy Rog. (in Ukrainian)

2. The website DIGSILENT [an electronic resource], available at: <http://support.homerenergy.com>

3. The website DMCC [an electronic resource], available at: <http://www.homerenergy.com/training.html>.

4. Mokin, B.I., Mokin, O.B. and Zhukov, O.A. (2007), "Do pitannya viboru vitrovih dviguniv i elektrichnih generatoriv vitrovih elektrichnih stantsiy", *Visnik Vinnitskogo politechnogo institutu*, Vol. 6, pp. 52–62. (in Ukrainian)

5. Gurin, A.O., Beresnevich, P.V., Nemchenko, A.A. and Oshmanskiy, I.B. (2007), *Aerologiya girnichih pidpriemstv* [Aerology mining companies], Kriviy Rig. (in Ukrainian)

6. Denisyuk, S.P., Ribina, O.B. and Negoduyko, V.O. (2011), "Pershi kroki do stvorennya dievih mehanizmiv stimulyuvannya rozvitku alternativnoyi energetiki v Ukraini", *Pratsi institutu elektrodinamiki NAN Ukraini. Zbirnik naukovih prats*, Vol. 30, pp. 5–14. (in Ukrainian)

7. Sinchuk, O.M. and Boyko, S.M. (2013), "Elektromehanichniy kompleks vitroenergetichnoi ustanovki dlya vikoristannya v pidzemnih virobkah zalizorudnih shaht", *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy*, no. 67, pp. 13–21. (in Ukrainian)

8. Sinchuk, I.O., Boyko, S.M. and Melnik, O.E. (2015), *Vidnovlyuvani ta alternativni dzhherela energii* [Renewable and alternative energy sources], Publisher PE Shcherbatiykh, O.V., Kremenchuk. (in Ukrainian)

9. Shefter, Ya.I. (1983), *Ispolzovanie energii vetra* [The use of wind energy], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)

10. Lezhnyuk, P.D., Kovalchuk, O.A. and Kulik, V.V. (2011), "Features of renewable energy sources in the local electrical system", *Vidnovlyuvana energetika XXI stolittya: XII mizhнарод. nauk.-prakt. konf.: materialy konferentsiyi* [Renewable Energy XXI century: XXII International Scientific-practical Conference: Materials of the Conference], pp. 42–46. (in Ukrainian)

11. Denisyuk, S.P., Tarasevich, P.Y., Spodinskiy, O.V. and Derevyanko, D.G. (2010), "Zabezpechennya nadiynosti funktsionuvannya ta stiykoyi roboti intelektualnih energetichnih sistem", *Pratsi institutu elektrodinamiki NAN Ukraini. Zbirnik naukovih prats*, no. 27, pp. 27–33. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 25.08.2015.