

УДК 621.37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ДОМА

Ачитаев А.А., Пустовая А.С., Удалов С.Н.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в малоэтажном строительстве является весьма актуальной задачей, решение которой связано с разрешением многих проблем на законодательном уровне, техническом, экономическом и даже психологическом. В отдельных территориальных образованиях эти проблемы частично решаются, но отсутствует централизованное управление этими процессами.

В каждой конкретной местности перед принятием решения об использовании ВИЭ необходимо оценить располагаемые ресурсы. Основой для оценки ресурсов ВИЭ служит ретроспективная информация длительных наблюдений за возобновляемыми видами энергии, такими как солнечная и ветровая энергии.

Определить потенциал ветровой энергии можно с помощью централизованного закона распределения скоростей ветра в безразмерных координатах или путём использования универсального закона распределения Вейбулла [1]:

$$f(u_0) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{u_i}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{u_i}{c}\right)^k}, \quad (1)$$

где k – коэффициент формы; c – коэффициент единиц измерения; u_i – текущее значение скорости ветра.

Значения коэффициентов k и c в большинстве случаев для большинства территорий неизвестно. Точность определения этих коэффициентов, в конечном итоге, сказывается на потенциале ветровой энергии. В связи с изменением теплового баланса нашей планеты меняются розы ветров и скоростной режим потоков воздушных масс. Для уточнения коэффициентов k и c рекомендуется использовать программный комплекс HOMER.

HOMER это компьютерная модель, которая упрощает задачу проектирования гибридных возобновляемых энергетических систем. Оптимизационные и точные алгоритмы HOMER позволяют оценить экономическую и техническую возможность большого количества технологических вариантов и учитывать изменения технологических затрат и наличия энергоресурсов. Первоначально комплекс был разработан Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии в США в рамках программы развития электроснабжения небольших поселений и отдельных малоэтажных объектов.

HOMER обеспечивает детальность и строгость моделирования и оптимизацию системы электроснабжения. Этот программный комплекс (рис. 1) является относительно простым в использовании. Благодаря этому программа адаптируется к широкому спектру применений. HOMER моделирует как экономические, так и технические аспекты проекта внедрения возобновляемой энергетики. Обеспечивает подробный анализ стоимости различных вариантов установки генерирующего оборудования и их конфигураций. Программа доступна для широкого круга пользователей [2]. Хронологический метод моделирования имеет важное значение при моделировании переменного поступления ресурсов, таких как солнечная и ветровая энергия, а также для комбинированного производства тепла и электроэнергии, где

тепловая нагрузка является также переменной. Точный анализ программы помогает определить потенциальное воздействие неопределенных факторов, таких как цены на топливо или скорости ветра в данной местности, с течением времени. Базовые компоненты изображены на рисунках 2 и 3.

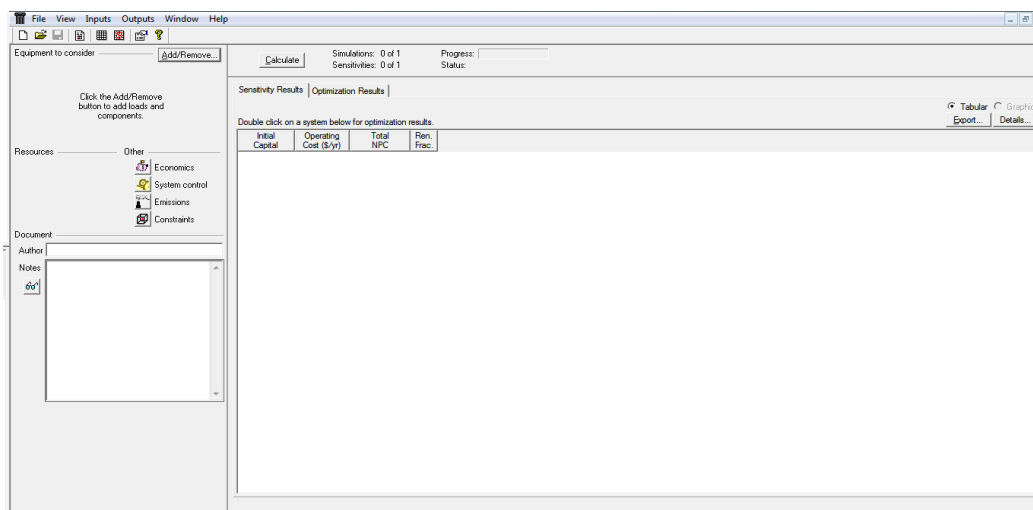


Рис. 1. Интерфейс программы HOMER

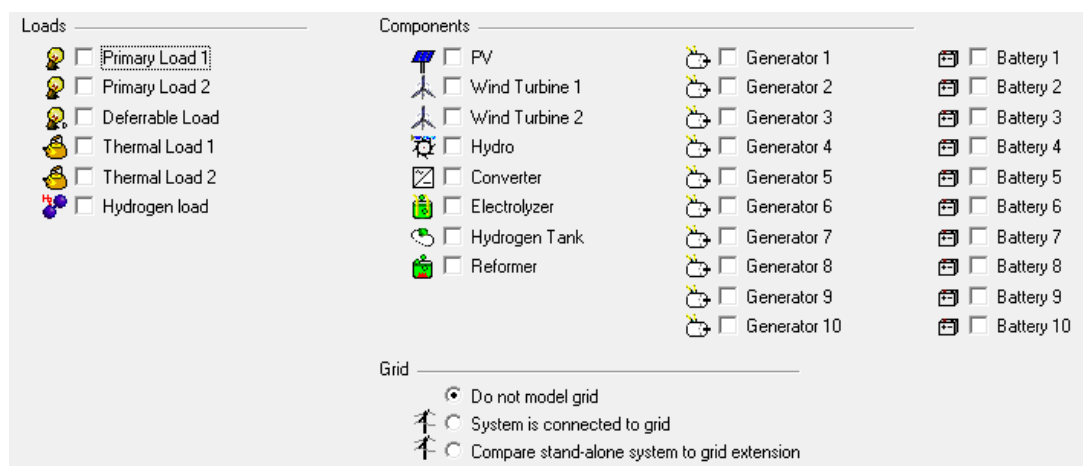


Рис. 2. Базовые компоненты системы энергоснабжения и возможный состав нагрузок

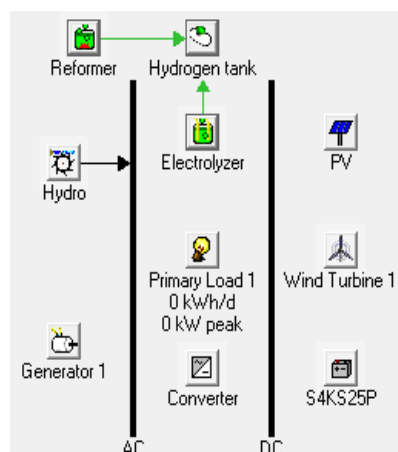


Рис. 3. Состав гибридной системы электроснабжения локального объекта

Задавая технические и ценовые параметры по ресурсам ветра, солнца, тепла, углеводородного топлива, а также доступности централизованной электросети, формируется энергетическая сеть локальной системы электроснабжения.

Например, для анализа энергетического потенциала ветровой энергии применяется распределение Вейбулла (рис. 4.б). Программа определяет значения коэффициентов k и c , и строит распределение Вейбулла на основании исходной первичной информации о ежемесячной скорости ветра. Каждая ВЭУ имеет энергетическую характеристику $P_{ВЭУ} = f(u_0)$, которая совместно с распределением Вейбулла позволит определить возможный потенциал ветровой энергии.

Расчётная экстремальная скорость ветра - U_{ref} является основным параметром при определении класса ВЭУ и выполнении прочностных расчётов фундамента, башни и ветротурбины. ВЭУ при U_{ref} должна выдерживать нагрузки без разрушения, при этом экстремальная скорость ветра при 10 минутном осреднении за период 50 лет на высоте оси ветроколеса должна быть ниже или равна U_{ref} . Для оценки U_{ref} на конкретной местности требуются многолетние данные.

Экстремальная скорость ветра за 50 лет рассчитывается по двум различным методикам. Общее у методик то, что для моделирования вероятности экстремальной скорости ветра используется распределение Гамбела.

Распределение Вейбулла задается коэффициентами масштаба и формы (соответственно, C , k). На основании распределения повторяемости скоростей ветра на высоте оси ветроколеса экстремальная скорость:

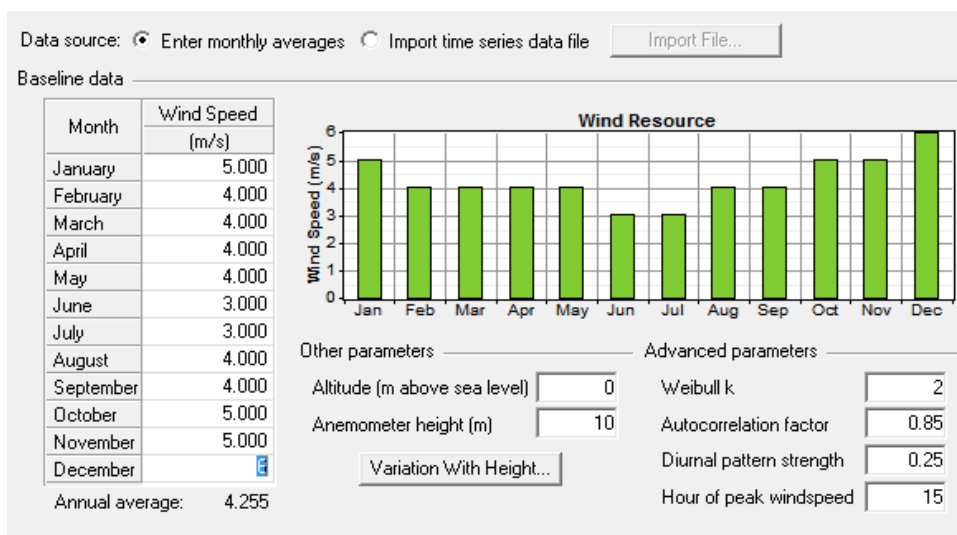
$$U_{ref} = 5 \times U_{mean},$$

где U_{mean} – среднегодовое значение скорости ветра, или с помощью распределения Гамбела. Распределение крайних (наибольших) членов выборки, предложенное Е. Дж. Гамбелом в 1945 г., для оценки вероятности экстремальных расходов основано на двойном показательном законе. Это распределение более приспособлено для расчета экстремумов элементов гидрометеорологических явлений. Прогрессивным в методе Гамбела является замена непрерывно возрастающей теоретической кривой распределения ступенчатой функцией, которая учитывает несовпадение эмпирических и теоретических значений статистических моментов, а также введение доверительных интервалов. Последнее позволяет условно оценивать точность статистического метода.

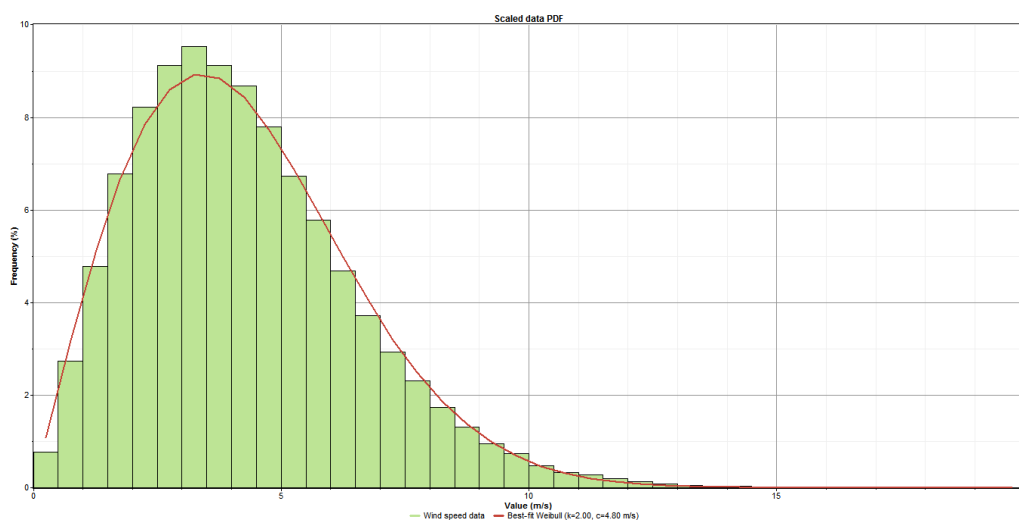
Если коэффициент формы $k < 1,77$, то экстремальная скорость будет рассчитываться на основе уравнения, приведенного ниже, во всех остальных случаях используется первое уравнение. Этот подход является надежным, так как распределение Гамбела обычно имеет тенденцию недооценивать экстремальную скорость при более высоких значениях коэффициента k .

$$\frac{U_{ref}}{U_{mean}} = \frac{1}{\Gamma(1+1/k)} \left[-\ln \left\{ 1 - \exp \left(\frac{(1-1/T_{ref})}{n} \right) \right\} \right]^{\frac{1}{k}},$$

где U_{mean} - многолетняя средняя скорость на высоте оси ветроколеса; k – коэффициент формы теоретического распределения Вейбулла; T_{ref} - период повторяемости в 50 лет; $n=23037$ (определено по EWTS II-Part 1 – SubC/ 1.4).



a)



b)

Рис. 4. Пример задания скоростного режима ветра и построение распределения скоростей ветра на годовом интервале: а) метеоданные по скорости ветра; б) распределение Вейбулла

Результаты расчета экстремальной скорости не должны быть интерпретированы как окончательный вывод о невозможности использования на площадке ВЭС ветроустановок определённого класса или необходимости изменения компоновки. Расчет экстремальной скорости должен быть уточнен порезультатам ветромониторинга в районе ВЭС. Решение о возможности использования выбранной модели ВЭУ в конкретных условиях площадки должно быть принято во взаимодействии с производителями, которые имеют возможность на основании результатов измерений провести дополнительные расчеты по нагрузке на элементы и узлы ВЭУ.

В целях применения технологий на базе фотоэлектрических преобразователей вводятся данные по инсоляции объекта в заданных координатах местности, затем из сервера NASA получают необходимую информацию, которая обрабатывается (Рис. 5).

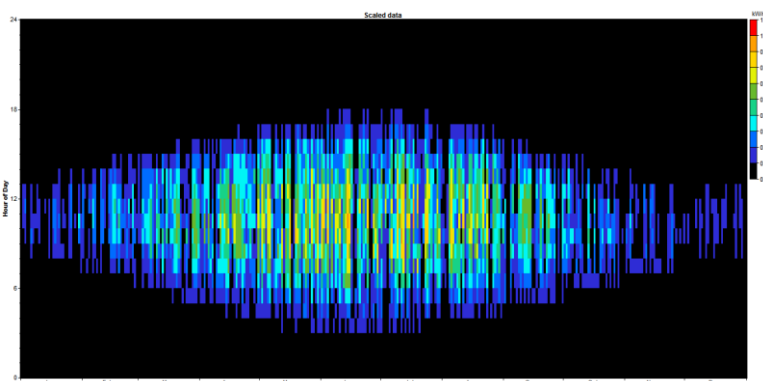
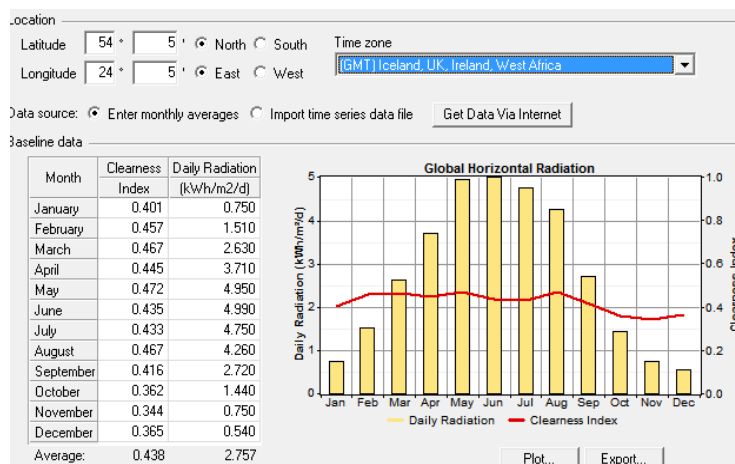


Рис. 5. Формирование данных солнечной активности и расчет солнечных дней в году

Возможно введение других источников энергии, таких как гидроэнергетические, а также водородные топливные элементы с целью дальнейшего анализа и применения их с точки зрения экономической целесообразности (рис.6). Программный комплекс позволяет решать оптимизационные задачи по формированию системы электроснабжения локального объекта в зависимости от ценовой политики на рынке.

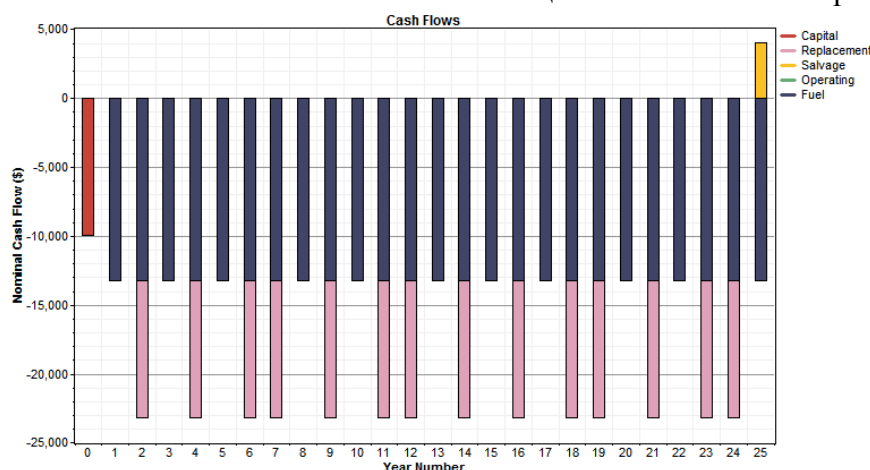


Рис. 6. Определение срока окупаемости

Литература

1. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии: Учебник/С.Н. Удалов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 458 с.
2. Программный комплекс HOMER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.homerenergy.com/index.html>. – Загл. с экрана.