

УДК 621.311

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ПРИМЕРЕ  
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
ENERGY EFFICIENCY USING A WIND TURBINE**

А.Д. Бобко, Е.О Лугавцов.

Научный руководитель – Н.А. Лозовская, ассистент  
Белорусский национальный технический университет? г. Минск

A. Babko, E. Lugavtsov

Supervisor –N. Lozovskaya, Assistant

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Проект, описанный в тексте, касается энергетической эффективности и выбора ветроэнергетических установок. Он включает в себя выбор местности установки ВЭУ, выбор самой ВЭУ и расчёт энергопотребления и выработки электроэнергии. Внедрение проекта обеспечит более эффективное использование электроэнергии, повысит надежность и экономичность электроснабжения, улучшит управление и контроль потребления электроэнергии, а также сократит трудозатраты на использования оборудования.

**Abstract:** The project described in the text concerns energy efficiency and selection of wind turbines. It includes selection of the wind turbine installation site, selection of the wind turbine itself, and calculation of energy consumption and electricity generation. Implementation of the project will ensure more efficient use of electricity, increase the reliability and cost-effectiveness of electricity supply, improve management and control of electricity consumption, and reduce labor costs for using the equipment.

**Ключевые слова:** ВЭУ, энергетическая эффективность, генератор, технические характеристики, электроэнергия.

**Keywords:** WPP, energy efficiency, generator, technical characteristics, electric power.

**Введение**

Раздел «Энергетическая эффективность» разработан в соответствии с ТКП 45-1.02-295-2014 [1]. В данном разделе указываются технические решения проектируемых объектов, связанные со свойствами здания (зданий, комплекса зданий, топливно-энергетических объектов) и его инженерных систем, позволяющие при существующем потреблении энергии увеличить производительность (площадь, объём или вместимость) для запроектированного объекта или при текущей производительности (площади, объёме или вместимости) данного объекта необходимо снизить потребление энергии.

**Основная часть**

Энергетическая эффективность – это соотношение между полезным результатом, полученным от использования энергии, и затраченными на это энергоресурсами. Повышение энергетической эффективности предприятия заключается в оптимизации использования энергии для достижения максимального результата при минимальных затратах.

Энергоэффективность встречается в современном мире повсеместно. Мы можем видеть класс энергетической эффективности товаров различных сфер применения на умном доме, лапочках, морозильных установках, электроприборах и т.д. (рис. 1).

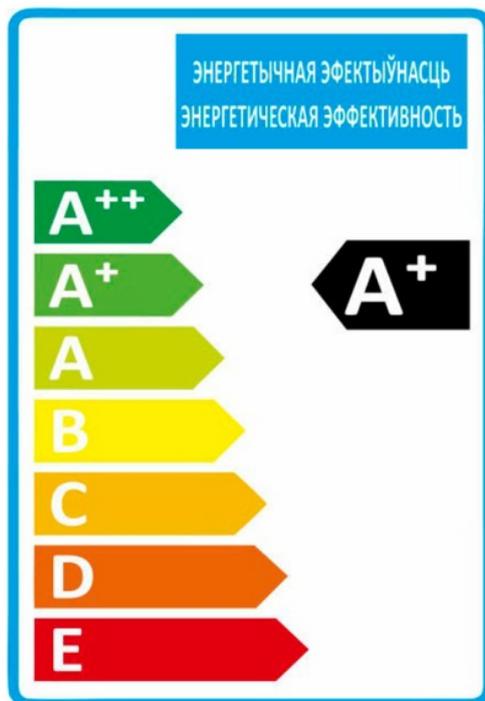


Рисунок 1 – Класс энергетической эффективности

Рассмотрим энергоэффективность на примере ветроэнергетической установки.

В Республике Беларусь наиболее эффективным местом для размещения ветроустановок является территория Могилёвского района.

Регион расположения данного объекта по климатическим условиям согласно СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология», относится к нормально-влажному климатическому району [2].

Климат Могилева умеренно-континентальный.

По данным областного центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды неблагоприятные метеорологические условия, характеризующиеся наличием штилей, для данной местности крайне редки. Господствующее направление ветров в теплый период года – западное и северо-западное, в холодный период года – южное, юго-западное и западное.

Рельеф региона в основном равнинный.

Инвестиционный климат в области и ее инвестиционную привлекательность можно охарактеризовать как благоприятные [3].

В целях эффективного использования существующей инфраструктуры в части передачи электрической энергии потребителям и с целью снижения технических потерь энергии в электрических сетях, а также принимая во внимание фактическое энергопотребление предприятия, рассмотрим возможность применения единичной мощности одной установки до 1 МВт.

Анализируя технические характеристики различных ветрогенераторов, приходим к выводу, что генераторы единичной мощностью до 8 МВт имеют высокие стартовую (свыше 5 м/с) и номинальную (свыше 10,5 м/с) скорости ветра.

Исходя из:

- сравнения технических характеристик: номинальной мощности одной установки, номинальной скорости ветра, стартовой скорости ветра;
- технической возможности присоединения к существующей электрической сети с эффективным использованием сетевой инфраструктуры;
- возможностей предоставления земельных участков, не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот;
- условий согласования строительства высотных сооружений высотой, к примеру, свыше 100 м в приаэродромных зонах Генеральным штабом Министерства обороны и Комитетом по авиации Министерства транспорта Республики Беларусь, а также учитывая значительный опыт производства ветрогенераторов, рассматривается создание ветроэлектростанции из  $n$  количества ветроэнергетических установок.

Например:

- а) модель ХХ мощностью 1500 кВт;
- б) установка YY мощностью 1000 кВт.

Ветроэнергетическая установка состоит из четырех основных элементов:

- генератор с лопастями – расположен сверху ветроустановки и производит энергию, когда дует ветер;
- башня – удерживает турбину на соответствующей высоте;
- контроллер – контролирует скорость и направление ветра, автоматически регулирует положение турбины так, чтобы наилучшим образом использовать атмосферные условия, преобразует энергию от генератора в ток, необходимый для зарядки аккумуляторов или питания инвертора.
- инвертор – преобразует постоянный ток в переменный ток, подходящий для питания бытовой техники;

Энергия, производимая в данный момент, вся передается в энергосистему. Чем быстрее дует ветер, тем больше энергии вырабатывается. Контроллер ветроэлектростанции отключает ветроустановку, когда ветер становится слишком сильным и представляет опасность для оборудования ВЭУ.

Перед установкой ветрогенератора важно выяснить, будет ли его использование экономически оправданным в данной местности. Для оценки эффективности работы ветрогенераторов в предполагаемом месте установки ветроэлектростанций необходимо учитывать следующие показатели:

- среднегодовая скорость ветра на уровне ступицы ветроколеса,
- среднегодовая номинальная загрузка мощностей.

Ветроэнергоустановки предполагается использовать в качестве источника электроэнергии.

Эксплуатация проектируемой ВЭУ будет осуществляться без постоянного присутствия эксплуатирующего персонала, поэтому обеспечение объекта действующими системами водоснабжения и канализации не требуется.

Проектные решения по разработанному проекту всегда обуславливаются заданием на проектирование, архитектурно-планировочным заданием, техническими условиями на проектирование, выполненным в ходе разработки с учётом всех возможных оптимальных вариантов в части энергоэффективности.

Для светового ограждения ветроэлектростанций и обеспечения безопасности воздушного движения, при разработке проекта, предусматривается применение заградительных огней, которые являются практичными, надёжными и полностью адаптированными к любым погодным условиям светосигнальными приборами. Эти огни обычно имеют статус "необслуживаемые", что дает возможность свести процесс технического обслуживания системы светового ограждения на огнях к визуальному осмотру и протирке плафонов огней (при необходимости), не отвлекая собственный персонал и не привлекая сторонние организации для выполнения трудоемких мероприятий на высоте.

От ВЭУ до точки подключения предусматривается строительство кабельных линий.

В настоящее время проектами предусматривается применение микропроцессорных терминалов защит и автоматики взамен защит и автоматики на электромеханической элементной базе. При этом потребляемая мощность панелей защит и автоматики с микропроцессорными терминалами в 4-5 раз меньше панелей защит на электромеханической элементной базе.

Оптимальные решения по автоматизации обеспечиваются за счёт расширения существующей системы АСКУЭ с помощью установки счётчика электрической энергии, которая позволяет осуществить различные учёты.

Экономический расчёт один из важнейших критериев энергетической эффективности. Ниже приведены формулы для расчёта основных показателей, таких как количества электроэнергии, отпущенной ВЭС, Необходимое количество электроэнергии, отпущенной с шин, с учётом потерь в электрических сетях и экономия топлива от строительства ВЭС.

Определение количества электроэнергии, отпущенной ВЭС:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ВЭС}} = \mathcal{E}^{\text{ВЭС}} \cdot (1 - \alpha_{\text{сн}}^{\text{ээ}}), \quad (1)$$

где  $\alpha_{\text{сн}}^{\text{ээ}}$  – коэффициент потребления электроэнергии на собственные нужды ВЭС (на электрическое оборудование), принимается равным в диапазоне (0,2 %-1 %);

$\mathcal{E}^{\text{ВЭС}}$  – экономия от внедрения мероприятия.

Необходимое количество электроэнергии, отпущенной с шин, с учётом потерь в электрических сетях:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ЭС}} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ВЭС}} \cdot (1 + \Delta\mathcal{E}_{\text{пот}}), \quad (2)$$

где  $\Delta\mathcal{E}_{\text{пот}}$  – коэффициент потерь в электрических сетях на транспортировку электроэнергии.

Экономия топлива от строительства ВЭС:

$$\Delta B^{ВЭС} = \varepsilon_{отп}^{ЭС} \cdot b_{ээ}^{ср} \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где  $b_{ээ}^{ср}$  – удельный расход топлива на отдачу электроэнергии, который считается фактическим расходом топлива на замыкающей станции в энергосистеме.

### **Заключение**

В заключении выполненной работы, стоит заметить важность энергетической эффективности во всей структуре энергосистемы. В данном случае, энергетическая эффективность рассмотрена на примере ВЭУ: выбор площадки для установки ВЭУ, выбор самой установки ВЭУ, экономический расчет показателей энергосистемы на примере ВЭУ и др. Энергетическая эффективность имеет место для дальнейшего развития и её усовершенствования, так как касается каждого из нас и энергосистемы в целом.

### **Литература**

1. ТКП 45-1.02-295-2014 «Энергетическая эффективность».
2. СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология».
3. Исследование эффективности использования энергии ветра на территории брестской области Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rep.bstu.by/> – Дата доступа: 20.10.2024