

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

по учебной и воспитательной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

И. Э. Бученков

«11» ноября 2021 г.

Регистрационный № УД- 1038-24 /уч.

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1 – 43 01 06 Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта (ОСВО) 1–43 01 06-2013 от 30.08.2013 и учебных планов рег.№ 42-14/уч. от 01.09.2014г. и рег.№62-16/уч.инт.з. от 30.12.2016 по специальности 1–43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент»

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

С. В. Артемчук, доцент кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 15 от 18.06.2021 г.);

Советом факультета МОС Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 24.06.2021г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Углубление электрификации отраслей экономики объективно для всех стран и сохранится в XXI веке. Валовый внутренний продукт и комфортность жизни корреляционно определяются электропотреблением, производительность труда – электровооруженностью. Рациональное увеличение потребления электроэнергии на душу населения актуально для Республики Беларусь, где годовое электропотребление вдвое ниже, чем в США.

Уровень же удельных и общих расходов электроэнергии недопустимо высок практически на все виды выпускаемой продукции (ВВП). Энергоемкость национального дохода в 2–2,5 раза выше, чем в развитых странах. За последние 15 лет энергоемкость ВВП в РБ уменьшилась на 55– 60 %.

Эффективность использования электроэнергии – важнейшая часть обеспечения энергетической безопасности страны. Энергетической стратегией Республики Беларусь на период до 2020 г. предусмотрено инновационное и опережающее развитие отраслей ТЭК, обеспечивающее производство конкурентоспособной продукции на уровне мировых стандартов при безусловном надежном и эффективном энергообеспечении всех отраслей экономики и населения.

Одной из важнейших задач ближайшего периода является создание новых организационных основ для эффективного развития и функционирования энергетики в условиях рыночных отношений. При этом снижение удельного расхода топлива на производство электроэнергии должно составить 25–30 г у.т./кВт·ч.

Дисциплина «Ветроэнергетика» является неотъемлемым звеном подготовки специалистов в области энергоэффективных технологий. Полученные знания в дальнейшем используются при выполнении дипломного проекта и решении проблем энергоэффективности систем электроснабжения предприятий на производстве.

**Цель дисциплины** – формирование у студентов системы знаний, умений, навыков и профессиональных компетенций в области использования энергии воздушных потоков ветроэнергетическими установками, приобретение студентами системы знаний в областях проектирования, монтажа, наладки, ремонта, технического обслуживания ветроэнергетических установок, рационального природопользования, экологической безопасности и энергоэффективности.

### **Задачи дисциплины:**

- подготовка инженеров широкого профиля, обладающих навыками самостоятельной творческой инженерной и исследовательской работы по использованию ветровой энергии и ветроэнергетическим установкам, технико-экономическому обоснованию развития ветроэнергетики в комплексе с другими направлениями использования ветровых ресурсов и с учетом охраны окружающей среды.

- рациональное сочетание профессионального и образовательного компонентов подготовки, развитие у студентов представлений о ветроэнергетике в окружающей их повседневной жизни, расширение их мировоззрения, ознакомление с научными проблемами ветроэнергетики.

Для формирования современных и социально-профессиональных компетенций будущего специалиста в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики и технологии активного обучения, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач.

Методики и технологии активного обучения включают самостоятельную работу студентов (СРС), проблемные лекции с применением мультимедийного комплекса, проведение тестирования по отдельным разделам и дисциплине в целом, письменные контрольные работы, устный опрос во время лабораторных и практических занятий, написание рефератов по отдельным разделам дисциплины, выступления студентов на семинарских и практических занятиях.

По дисциплине разрабатывается учебно-методический комплекс (УМК) с материалами, помогающими студенту в организации самостоятельной работы, включающий:

- учебную программу дисциплины;
- учебную литературу (учебник, учебное пособие, курс лекций, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ и справочник);
- задания для самостоятельной работы студентов, тренажеры;
- методические указания по самостоятельной работе.

Для оценки качества самостоятельной работы студентов осуществляется контроль за ее выполнением. Формы контроля самостоятельной работы студентов могут быть в виде собеседования, проверки и защиты индивидуальных расчетно-графических заданий, коллоквиумы, контрольные работы, тестирование, принятие зачетов, устный или письменный экзамены, и т.д.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- основные этапы развития ветроэнергетики;
- ветер как явление природы и особенности использования ветра, как источника энергии,
- методики оценки ветроэнергетического потенциала территорий и построения атласа ветров;
- классификацию и типовые конструкции ВЭУ различной мощности, включая элементы конструкций) и особенности их применения;
- методики анализа аэродинамики ВЭУ;
- основы проектирования ветропарков с учетом вопросов охраны окружающей среды, электромагнитной совместимости;
- методы испытаний и контроля ВЭУ;
- особенности эксплуатации и обслуживания ВЭУ;
- методики анализа экономической эффективности ветроэнергетики;
- перспективы дальнейшего развития ветроэнергетики в мире и нашей стране.

**уметь:**

- оценивать ветроэнергетический потенциал территорий;
- проводить расчеты и осуществлять обоснованный выбор ветроэнергетических установок различной мощности;
- проектировать размещение ВЭУ в составе ветропарков, их подключение к энергосетям;
- осуществлять оценку влияния ВЭУ на окружающую среду, их размещения с учетом экологических и других требований и ограничений;
- осуществлять оценку экономической эффективности практического применения ВЭУ;

**владеть:**

- методами анализа ветропотенциала территорий;
- методиками анализа аэродинамики ВЭУ;

- методиками проектирования ветропарков;
- методами оценки влияния ВЭУ на окружающую среду, их размещения с учетом экологических и других требований и ограничений;
- методами оценки эффективности практического использования ВЭУ;

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Физика», «Энергопреобразующие машины», «Механика жидкостей и газов» и др.

В соответствии с учебным планом дисциплина "Ветроэнергетика" изучается в объеме 260 часа, в т. ч. 120 аудиторных часов – очная форма обучения и 28 аудиторных часов – заочная форма обучения. Из них для очной формы обучения 68 часов лекций, 34 часа практических занятий и 18 часа лабораторных занятий, для заочной формы обучения 14 часов лекций, 6 часов практических занятий и 8 часов лабораторных занятий.

Форма текущей аттестации – экзамен в 5 семестре для очной формы получения высшего образования и в 3 семестре для заочной формы получения высшего образования.

Форма получения высшего образования – очная и заочная.

## **Содержание учебного материала**

### **1. Введение**

Предмет и задачи дисциплины. Рекомендуемая литература. Ветроэнергетика как отрасль энергетики и техническая наука. История развития ветроэнергетики. Современное состояние ветроэнергетической отрасли в мире. Потенциал, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики в Беларуси. Законодательство Республики Беларусь в области ветроэнергетики.

### **2. Ветер как источник энергии**

Ветер как явление природы и энергетический ресурс. Формирование ветра, законы атмосферной циркуляции.

*Основные гидрометеорологические и энергетических параметры ветра.* Среднегодовая и максимальная скорость ветра; годовой и суточный ход скорости ветра. Повторяемость скоростей и направлений ветра. Интегральная и дифференциальная повторяемость, распределение Вейбулла. Удельная мощность и удельная энергия ветра. Построение атласа ветров.

*Фоновая скорость ветра.* Класс открытости метеостанции. Классификация Милевского. Методика определения шероховатости подстилающей поверхности. Изменение скорости ветра с высотой.

*Оценка ветроэнергетического потенциала территории.* Порядок оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь. Порядок проведения измерений параметров ветра и использования полученных данных при планировании размещения ветроэнергетических установок.

*Определение годовой выработки ВЭУ*

### **3. Теоретические основы ветроэнергетики**

Основные законы аэродинамики. Аэродинамические параметры обтекаемых воздушным потоком тел и характеристики крыльев различных профилей.

Принцип работы крыльчатого ветродвигателя. Теория идеального ветродвигателя. Коэффициент использования энергии ветра. Критерий Бетца.

Аэродинамические характеристики ветродвигателей. Лобовое давление на ветроколесо. Крутящий момент. Сила лобового сопротивления. Быстроходность.

#### **4. Классификация и типовые конструкции ВЭУ и их элементы**

*Классификация ВЭУ.* ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Преимущества и недостатки ветротурбин с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Ветроустановки на эффекте Магнуса.

*Конструкции современных ВЭУ с горизонтальной осью вращения.* Требования к конструкциям ВЭУ. Технические характеристики современных ВЭУ и горизонтальной осью вращения.

*Конструкции ВЭУ с вертикальной осью вращения.* Роторы Дарье, Савониуса, Giromill, Мак-Гроув, геликоидный. Особенности аэродинамики ветроустановок с вертикальной осью вращения.

*Генераторы для ВЭУ.* Асинхронные генераторы. Синхронные генераторы.

*Конструктивная компоновка гондолы ВЭУ.* Базовая компоновка гондолы и ее разновидности (Klatt-генератор, Heller-De Julio-генератор, система Гендерсона). Упрощенная базовая компоновка гондолы. Простейшая конструкция гондолы на базе генератора с постоянными магнитами. ВЭУ с прямым приводом. Мульти генераторная компоновка гондолы ВЭУ на базе синхронного генератора с постоянными магнитами. Мульти генераторная компоновка гондолы на базе асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором (Удалов).

*Фундаменты ветроустановок.*

#### **5. Режимы работы ветроэнергетических установок**

*Режимы работы ветроколеса.* Использование ветроколесом энергии ветра. Связь режимов работы ветроколеса и генератора ВЭУ. Области контроля скорости и мощности ВЭУ. Методы контроля скорости ветроколеса и выходной мощности генератора (управление углом атаки лопастей, использование лопастей со срывом воздушного потока).

*Скоростной режим генератора.* Вращение с одной фиксированной скоростью. Вращение с двумя фиксированными скоростями. Использование силовой электроники совместно с генератором, работающим с переменной скоростью. Система на базе асинхронизованного генератора, работающего с переменной скоростью. Система прямого привода, работающего с переменной скоростью. Выбор скорости остановки ВЭУ.

*Согласование режима работы ВЭУ с электрической нагрузкой.* Режимы с постоянной и переменной скоростью.

*Контроль и управление ВЭУ.* Области контроля скорости турбины. Схема регулирования скорости ротора с постоянным значением быстроходности. Схема поддержания пиковой мощности на выходе генератора. Схема поддержания частоты на выходе генератора. Регулирование мощности, отдаваемых в нагрузку, с помощью балластных резисторов.

#### **6. Ветроэнергетические системы**

*Классификация ветроэнергетических систем.* Автономные ветроэнергетические системы. Гибридные (ветродизельные) системы. Системы с подключением ветроустановок к мощным энергосистемам.

*Автономные ВЭУ и их применение.* Типовые конструкции автономных ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью вращения.

Методы накопления энергии. Электрохимическая батарея. Маховое колесо. Сжатый воздух. Суперпроводящая катушка. Гидроаккумулирование.

*Гибридные ветроэнергетические станции.* Децентрализованные системы электроснабжения с использованием ветродизельных комплексов.

*Ветроэнергетические станции большой мощности (ветропарки).* Основы проектирования ветропарков. Выбор площадок для размещения ветропарков, экологические ограничения по размещению в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Получение разрешений на строительство и техническое обеспечения строительства. Ветропарки, устанавливаемые на морском шельфе.

#### **7. Эксплуатация и техническое обслуживание ВЭУ и ВЭС**

Основные принципы организации безопасной эксплуатации и технического обслуживания ВЭУ и ВЭС. Работа с персоналом. Технический контроль и технологический надзор за организацией эксплуатации. Техническое обслуживание, ремонт и модернизация. Техническая документация. Системы управления и защиты ВЭУ. Требования безопасности к механическому оборудованию ВЭУ и ВЭС.

Требования безопасности к гидравлической и пневматической системам, к масляному хозяйству.

Требования безопасности к электрическому оборудованию ВЭУ и ВЭС  
Требования безопасности к распределительным устройствам, силовым кабельным линиям, релейной защите и электроавтоматике.

Требования безопасности к системе заземления и молниезащите ВЭУ.

Планирование режима работы ВЭУ и ВЭС Предупреждение и ликвидация технологических нарушений.

Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) ВЭУ и ВЭС.

#### **8. Разработка и реализация ветроэнергетического проекта**

Основные этапы разработки и реализации проекта в области ветроэнергетики.

Современное программное обеспечение, использующееся при реализации проектов в области ветроэнергетики.

Расчет основных параметров, характеризующих экономическую эффективность вложения средств в ветроэнергетические проекты в Республике Беларусь.

### **Практические занятия, их содержание и объем в часах**

| №<br>п/п | Наименование тем                                     | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Объем, ч |         |
|----------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|
|          |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | очная    | заочная |
| 1        | Определение характеристик скорости ветра             | Систематизация данных о характеристиках ветра<br>Определение характеристик скорости (среднемесячная, сезонная, среднегодовая и средняя многолетняя скорость, повторяемость направлений), на основе многолетних данных метеорологических измерений для различных территорий РБ. Расчет основных параметров распределения Вейбулла для скорости ветра                  | 6        | —       |
| 2        | Распределение фоновых скоростей ветра по территориям | Приведение фактических средних скоростей ветра к фоновым. Фоновое районирование по климатическим территориальным особенностям ветра. Зональное распределение на территории фоновых скоростей ветра. Оценка скорости ветра в зависимости от рельефа и шероховатости местности и других местных условий. Оценка скорости ветра на высотах размещения ветрогенераторов. | 6        | 2       |
| 3        | Расчет энергетических характеристик ветрового потока | Расчет удельной мощности, удельной энергии и валового потенциала ветровой энергии. Технический и экономический потенциал ветровой энергии                                                                                                                                                                                                                            | 4        | 2       |

|   |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 4 | Определение мощности и энергии, вырабатываемой ветроустановкой                          | Расчет мощности и энергии, вырабатываемой ветроустановками различного типа. Определение среднегодовой выработки энергии                                                                                                                                                                  | 4  | 2 |
| 5 | Расчет аэродинамических параметров лопастей ветродвигателей с лопастями различной формы | Определение силы сопротивления воздушному потоку, подъемной силы и силы сопротивления плоскости поверхности лопасти. Расчет лобового сопротивления ветроколеса                                                                                                                           | 8  | – |
| 6 | Технико-экономическое обоснование проекта в области ветроэнергетики                     | Расчет основных параметров, характеризующих эффективность вложения средств в ветроэнергетическое оборудование в Республике Беларусь как пример энергосберегающего мероприятия. Простой срок окупаемости. Динамический срок окупаемости. Внутренняя норма доходности. Индекс прибыльности | 6  |   |
|   |                                                                                         | И Т О Г О                                                                                                                                                                                                                                                                                | 34 | 6 |

### Лабораторные занятия, их содержание и объем в часах

| № п/п | Наименование тем                                                                                                             | Содержание                                                                                                                                                                                              | Объем, ч |         |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|
|       |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         | очная    | заочная |
| 1     | Измерение скорости и направления ветра на различной высоте.                                                                  | Изучение принципа действия анемометра. Измерение скорости и направления ветра на трех высотах. Прогнозирование по результатам измерений скорости ветра на высоте 100 м                                  | 4        | 2       |
| 2     | Изучение конструкции и измерение основных характеристики ВЭУ малой мощности с горизонтальной осью вращения                   | Изучение принципа действия и конструкции ВЭУ-6 и лабораторного стенда. Измерение технических характеристик установки в реальных условиях эксплуатации                                                   | 6        | 2       |
| 3     | Изучение конструкции и измерение основных характеристики ВЭУ малой мощности с вертикальной осью вращения (геликоидного типа) | Изучение конструкции и принципа действия VK-58 и лабораторного стенда. Измерение технических характеристик установки в реальных условиях эксплуатации                                                   | 4        | 2       |
| 4     | Изучение конструкции и измерение основных характеристики ВЭУ средней мощности с горизонтальной осью на эффекте Магнуса       | Изучение конструкции и принципа действия ВЭУ-250 роторного типа. Изучение компьютерной системы измерения основных технических характеристик и. проведение их измерений в реальных условиях эксплуатации | 4        | 2       |
|       |                                                                                                                              | И Т О Г О                                                                                                                                                                                               | 18       | 8       |



# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для очной формы получения высшего образования

| Номер модуля, занятия | Наименование модуля, занятия;<br>перечень основных (базовых)<br>вопросов | Количество аудиторных часов |                         |                         |                                                    |                      | Форма контроля<br>знаний                                 |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
|                       |                                                                          | Лекции                      | Лабораторные<br>занятия | Практические<br>занятия | Управляемая<br>самостоятельная<br>работа студентов | Литература           |                                                          |
| 1                     | 2                                                                        | 3                           | 4                       | 5                       | 6                                                  | 7                    | 8                                                        |
| 1                     | Введение                                                                 | 4                           |                         |                         |                                                    | [1-3,<br>12–14]      | —                                                        |
| 2                     | Ветер как источник энергии                                               | 10                          | 8                       | 6                       |                                                    | [1-3,<br>5–7]        | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
| 3                     | Теоретические основы<br>ветроэнергетики                                  | 8                           | 6                       | 6                       |                                                    | [1,2,4]              | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
| 4                     | Классификация и типовые<br>конструкции ВЭУ и их элементы                 | 14                          |                         | 4                       |                                                    | [1,2,4,5<br>]        | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
| 5                     | Режимы работы<br>ветроэнергетических установок                           | 8                           |                         | 4                       |                                                    | [4]                  | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
| 6                     | Ветроэнергетические системы                                              | 12                          |                         | 8                       |                                                    | [4,5,<br>12–15]      | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
| 7                     | Эксплуатация и техническое<br>обслуживание ВЭУ и ВЭС                     | 4                           |                         |                         |                                                    | [8]                  |                                                          |
| 8                     | Разработка и реализация<br>ветроэнергетического проекта                  | 8                           | 4                       | 6                       |                                                    | [7,<br>11,16,<br>17] | Заслушивание<br>докладов,<br>демонстрация<br>презентаций |
|                       | <b>И Т О Г О</b>                                                         | 68                          | 18                      | 34                      |                                                    |                      |                                                          |

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для заочной формы получения высшего образования

| Номер модуля, занятия | Наименование модуля, занятия;<br>перечень основных (базовых)<br>вопросов | Количество аудиторных часов |                                    |                      |                                              | Литература     | Форма контроля знаний                           |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|
|                       |                                                                          | Лекции                      | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные занятия | Управляемая самостоятельная работа студентов |                |                                                 |
| 1                     | 2                                                                        | 3                           | 4                                  | 5                    | 6                                            | 7              | 8                                               |
| 1                     | Введение                                                                 | 1                           |                                    |                      |                                              | [1-3, 12-14]   |                                                 |
| 2                     | Ветер как источник энергии                                               | 1                           | 2                                  |                      |                                              | [1-3, 5-7]     | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
| 3                     | Теоретические основы ветроэнергетики                                     | 2                           | 2                                  |                      |                                              | [1,2,4]        | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
| 4                     | Классификация и типовые конструкции ВЭУ и их элементы                    | 2                           | 2                                  | 8                    |                                              | [1,2,4, 5]     | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
| 5                     | Режимы работы ветроэнергетических установок                              | 2                           |                                    |                      |                                              | [4]            | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
| 6                     | Ветроэнергетические системы                                              | 2                           |                                    |                      |                                              | [4,5, 12-15]   | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
| 7                     | Эксплуатация и техническое обслуживание ВЭУ и ВЭС                        | 2                           |                                    |                      |                                              | [8]            |                                                 |
| 8                     | Разработка и реализация ветроэнергетического проекта                     | 2                           |                                    |                      |                                              | [7, 11,16, 17] | Заслушивание докладов, демонстрация презентаций |
|                       | <b>И Т О Г О</b>                                                         | 14                          | 6                                  | 8                    |                                              |                |                                                 |

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЛИТЕРАТУРА**

### **Инновационные подходы и методы преподавания дисциплины**

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческий подход, реализуемые, на практических и лабораторных занятиях.

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. Баран, А. Н. Проектирование объектов возобновляемой энергетики: учеб. пособие / А. Н. Баран [и др.]. – Минск: РИВШ, 2020. – 440 с.
2. Безруких, П. П. Ветроэнергетика: справочно-методическое издание / под общ. ред. П. П. Безруких М.: «Интехэнерго- Издат», «Теплоэнергетик», 2014. — 304 с.
3. Лаврентьев, Н. А. Ветроресурсы и условия возведения ветроэнергетических установок на территории Восточной Прибалтийско-Черноморской зоны Европы / Н. А. Лаврентьев., Г. В. Волобуева, А. И. Гноевой, Г. Г. Камлюк, В. И. Евчук. – Минск: Право и экономика, 2010. – 465 с.
4. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии:[учебник]/С. Н. Удалов Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009.
5. Возобновляемые источники энергии/ С. П. Кундас, С. С Позняк, Л. В. Шенец. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009г. – 390 с.
6. Елистратов, В. В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч.1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона: учебн. пособие/ В. В. Елистратов, М. В. Кузнецов. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 59 с.
7. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учеб. пособие / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, А.А. Бурмистров – М.: МЭИ, 2009.
8. ГОСТ Р 54433-2011 Возобновляемая энергетика. Ветроэлектростанции. Требования безопасности при эксплуатации
9. Харитонов, В. П. Основы ветроэнергетики/ В.П. Харитонов. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. –340 с.

#### **Дополнительная**

10. Hau, E. Windkraftanlagen. Grundlagen. Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. 3. Auflage / E. Hau – Berlin. Springer, 2003. 791 S.
11. Инструкция по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий // Постановление Министерства экономики Республики Беларусь, Министерства энергетики Республики Беларусь и Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2003 г. № 252/45/7.

12. ТКП 17.02-02-2010 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок
13. ТКП 17.10-33-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Порядок проведения измерений параметров ветра и использования полученных данных при планировании размещения ветроэнергетических установок
14. ТКП 17.10-39-2012 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь
15. Бобров, А. В. Ветро дизельные комплексы в децентрализованном электроснабжении: монография: монография / А. В. Бобров, В. А. Тремясов. — Красноярск: СФУ, 2012. — 214 с.
16. Wizelius, T. Design and Implementation of a Wind Power Project // Comprehensive Renewable Energy, Volume 2: Wind Energy. – Elsevier, 2012
17. M. B. Zaaijer. Integrated offshore wind farm planning and design // Wind Energy Systems. Optimising Design and Construction for Safe and Reliable Operation. – Woodhead Publishing, 2010
18. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы/ В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев, Харьков: ХАИ, 2003.
19. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика/ В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. Кн. 2 – Харьков: ХАИ, 2004.
20. Ветроэнергетика. (Электронные ресурсы): ЭУМК / С.В. Артемчук. – Минск: МГЭИ им. А. Д. Сахарова, 2020. – 98 с.
21. Елистратов, В. В., Основное и вспомогательное оборудование установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэнергетические установки: учеб. пособие/В. В. Елистратов, М. В. Кузнецов., С. Е. Лыков. – СПб.: Изд-во СПб ГПУ, 2008. – 100 с.

### **Средства обеспечения освоения дисциплины**

1. Учебные кинофильмы.
2. Профессиональные компьютерные программы, например: WindPro, Windfarm, Wind Farmer, WindSim, RET Screen, ANSYS.
3. Презентации.
4. Учебно-методические пособия.
5. Учебные кинофильмы.

### **Общие требования к контролю качества и средствам диагностики**

В вузовской системе управления качеством образования (системе менеджмента качества по СТБ ИСО 9001:2001) осуществляется мониторинг, измерения, контроль качества.

Для аттестации студентов и выпускников на соответствие их персональных знаний и умений поэтапным или конечным требованиям стандарта создаются фонды оценочных средств и технологий, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и др.

Оценка знаний студента на курсовых экзаменах, при защите лабораторных и практических работ производится по 10-балльной шкале. Для оценки знаний и компетентности студентов используются критерии, утвержденные Министерством образования Республики Беларусь.

Для контроля качества образования, в том числе применения компьютерного тестирования используются следующие средства диагностики:

- типовые задания;
- тесты по отдельным разделам и дисциплине в целом;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос во время лабораторных и практических занятий;
- составление рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- выступления студентов на практических занятиях;
- письменный экзамен, устный экзамен.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название Кафедры                     | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Математика                                                    | Кафедра физики и математики          | нет                                                                                                           |                                                             |
| Физика                                                        | Кафедра физики и математики          | нет                                                                                                           |                                                             |
| Механика жидкости и газа                                      | Кафедра энергоэффективных технологий | нет                                                                                                           |                                                             |
| Энергопреобразующие машины                                    | Кафедра энергоэффективных технологий | нет                                                                                                           |                                                             |

*Согласовано:*

Зав. кафедрой энергоэффективных технологий

Л.А. Липницкий

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО  
на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

| №<br>п/п | Дополнения и изменения | Основание |
|----------|------------------------|-----------|
|          |                        |           |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_ г.)  
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)