

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Циберкин Кирилл Борисович**

Рабочая программа дисциплины

**BASICS OF WIND POWER**

Код УМК 95060

Утверждено  
Протокол №6  
от «04» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Basics of wind power

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **05.03.06** Экология и природопользование  
направленность Экологическая инженерия и новая энергетика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Basics of wind power** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**05.03.06** Экология и природопользование (направленность : Экологическая инженерия и новая энергетика)

**ПК.1** Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок

#### **Индикаторы**

**ПК.1.1** Постановка, планирование и решение научно-исследовательских задач по закрепленной тематике

**ПК.1.2** Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования

**ПК.10** Способен разрабатывать и внедрять мероприятия, направленные на выполнение требований в области охраны окружающей среды, внедрению системы экологического менеджмента, разработке и функционировании системы экологического мониторинга, предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

#### **Индикаторы**

**ПК.10.1** Разрабатывает план мероприятий по управлению и усовершенствованию природопользования, направленных на выполнение требований нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды с учетом передового опыта отечественных и зарубежных компаний по повышению экологической безопасности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	05.03.06 Экология и природопользование (направленность: Экологическая инженерия и новая энергетика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	4
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (4 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Basics of wind power (1st term)

#### **Historical overview. Recent advances in wind power.**

History of wind power. Sailing. Wind mill and wind pump.

XIXth century: development of electric technologies. First electric wind generators.

Reasons of modern interest to wind power: fuel price, fuel depletion, global warming. Modern wind farms.

#### **Modern wind turbine design**

Main features of modern wind turbine. Main design specifications. Limit regimes.

Rotor. Nacelle. Transmission. Gearbox. Gearless turbines.

Electric generator and control system.

Turbine tower.

Vertical turbines. Advantages.

Microgeneration. Small-scale turbines.

#### **Mathematical model. Efficiency. Optimal regimes**

Model of wind energy extraction.

Betz's law. Theoretical limit of power coefficient. Estimates and simulations.

Rotor calculations. Blade element momentum theory.

Optimal number of blades and rotor velocity.

Numerical simulation methods.

#### **Economic efficiency. Problem of energy storage.**

Building and exploitation costs. Cost of electric power. Climate limits.

Efficiency of wind farms and microgeneration.

Problem and methods of energy storage.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Sathyajith Mathew. Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics / Sathyajith Mathew // Publisher Name: Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. — 246 p. — ISBN 978-3-540-30906-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система SpringerLink : [сайт]. <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-30906-3>
2. Hermann-Josef Wagner. Introduction to Wind Energy Systems. Basics, Technology and Operation / Hermann-Josef Wagner, Jyotirmay Mathur // Publisher Name: Springer, Cham, 2018. — 105 p. — ISBN 978-3-319-68804-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система SpringerLink : [сайт]. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-68804-6>

### Дополнительная:

1. V.I. Osipov, Biosphere and Environmental Safety / V.I. Osipov // Publisher Name: Springer, Cham, 2019. — 53 p. — ISBN 978-3-319-91259-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система SpringerLink : [сайт]. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91259-2>
2. Benenson W. Handbook of Physics / Benenson W. Harris J.W. Stocker H. Lutz H. // Publisher Name: Springer, New York, NY, 2002. — 1186 p. — ISBN 978-0-387-21632-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система SpringerLink : [сайт]. <https://link.springer.com/referencework/10.1007/0-387-21632-4>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://library.psu.ru/node/738> PSU Library resources

<https://elis.psu.ru/> ELiS electronic library

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Basics of wind power** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- Online Electronic Library System of University;
- Electronic Informational and educational environment of University;
- Web-services: databases, search engines, email etc.

Software:

- PDF-viewer;
- LibreOffice software.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Lectures, problem classes, group (individual) consultations, current control:

An auditorium must have the presentation equipment (projector, screen, computer / laptop) with the appropriate software, chalk or marker board.

Free work:

An auditorium for free work, equipped with computer equipment with the ability to connect with the Internet, provided with access to the electronic information and educational environment of the university. There must be an access to the Scientific Library of the PSU.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.



6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Basics of wind power**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования</p>	<p>The students must be able to estimate the local wind potential, and to know basic concept of meteorological data analysis.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> The student does not know the basic concept of meteorological data analysis. The student does not know the methods of the local wind potential calculation.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> The student partially knows the basic concept of meteorological data analysis. The student is able partially to use the methods of the local wind potential calculation.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> The student knows the basic concept of meteorological data analysis. The student is partially able to use the methods of the local wind potential calculation.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> The student knows the basic concept of meteorological data analysis. The student is able to skillfully use the methods of the local wind potential calculation.</p>
<p><b>ПК.1.1</b> Постановка, планирование и решение научно-исследовательских задач по закрепленной тематике</p>	<p>The students must be able to estimate the turbine properties and efficiency, and to know basic concept of wind turbine and wind farm building.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> The student does not know the basic concept of wind turbine and wind farm building. The student does not know the methods of the turbine properties and efficiency calculation.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> The student partially knows the basic concept of wind turbine and wind farm building. The student is able partially to use the methods of the turbine properties and efficiency calculation.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> The student knows the basic concept of wind turbine and wind farm building. The student is partially able to use the methods of the turbine properties and efficiency</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>calculation.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>The student knows the basic concept of wind turbine and wind farm building. The student is able to skillfully use the methods of the turbine properties and efficiency calculation.</p>

### ПК.10

**Способен разрабатывать и внедрять мероприятия, направленные на выполнение требований в области охраны окружающей среды, внедрению системы экологического менеджмента, разработке и функционировании системы экологического мониторинга, предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.10.1</b> Разрабатывает план мероприятий по управлению и усовершенствованию природопользования, направленных на выполнение требований нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды с учетом передового опыта отечественных и зарубежных компаний по повышению экологической безопасности</p>	<p>The students must be able to estimate the economics efficiency of wind farms, and to know basic history of wind power usage and recent advances in this area.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>The student does not know the basic history of wind power usage and recent advances in this area. The student does not know the methods of the economics efficiency estimate of wind farms.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>The student partially knows the basic history of wind power usage and recent advances in this area. The student is able partially to use the methods of the economics efficiency estimate of wind farms.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>The student knows the basic history of wind power usage and recent advances in this area. The student is partially able to use the methods of the economics efficiency estimate of wind farms.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>The student knows the basic history of wind power usage and recent advances in this area. The student is able to skillfully use the methods of the economics efficiency estimate of wind farms.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Historical overview. Recent advances in wind power. <b>Входное тестирование</b>	Basics knowledges about flows and fluid dynamics
<b>ПК.1.1</b> Постановка, планирование и решение научно-исследовательских задач по закреплённой тематике	Modern wind turbine design <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Development of wind energy. Main elements and features of modern wind turbine. Unconventional systems.
<b>ПК.1.2</b> Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования	Mathematical model. Efficiency. Optimal regimes <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Evaluation of turbine efficiency. Optimal and critical regimes.
<b>ПК.10.1</b> Разрабатывает план мероприятий по управлению и усовершенствованию природопользования, направленных на выполнение требований нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды с учетом передового опыта отечественных и зарубежных компаний по повышению экологической безопасности	Economic efficiency. Problem of energy storage. <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Wind farm efficiency estimate. Energy storage problem.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

### **Historical overview. Recent advances in wind power.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Kinetic energy of flow.	3
Flux calculation.	3
Compressible and incompressible media. Laminar and turbulent flows	2
Flow velocity.	2

### **Modern wind turbine design**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Properties of turbine rotor and electric generator.	9
Alternative wind turbines. Large scale systems and microgenerators.	8
Main construction elements and features of typical wind turbine. Limit regimes.	7
Historical usage and development of wind power.	6

### **Mathematical model. Efficiency. Optimal regimes**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Rotor calculation methods	9
Betz' law	8
Numerical simulation approaches.	7
Critical rotor speed and wind load.	6

### **Economic efficiency. Problem of energy storage.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Economics efficiency of large and small wind farms.	13

Energy storage. Short-term and long-term.	10
Main components of wind farm and its energy cost.	9
Wind map. Climate limitations	8