

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»



**Интерактивное моделирование процессов
в ветроэнергетике с применением
программного комплекса «WIND TURBINE»
в инженерном образовании**

Игнатьев Евгений Витальевич
к.т.н., доцент каф. ГВИЭ НИУ «МЭИ»

E-mail: jeniya_ig@mail.ru
IgnatyevYV@mpei.ru

Тел.: +7 (917) 568-48-05

Москва, 2025 г.

Актуальность внедрения программного комплекса в образовательный процесс

Требования к современному инженерному образованию:

- Практико-ориентированность, связь с реальными задачами энергетики;
- Освоение инструментов моделирования, расчёта и оценки эффективности;
- Формирование цифровых и аналитических компетенций.

Проблемы существующих решений:

- Популярны программные продукты (WindPRO, WindSim и др.) являются платными;
- Высокая стоимость лицензий ограничивает доступ студентов;
- Отсутствие адаптации под российские условия и учебные цели.

Необходимость внедрения отечественных решений:

- Создание доступной, открытой и локализованной альтернативы;
- Возможность интеграции в учебные планы без затрат;
- Поддержка импортонезависимости в образовательной среде.

Цель и задачи внедрения технологии



Цель и задачи внедрения программного комплекса «Wind Turbine»

Цель проекта: Повышение качества подготовки инженеров-энергетиков за счёт внедрения в учебный процесс отечественного программного комплекса для моделирования процессов в ветроэнергетике.

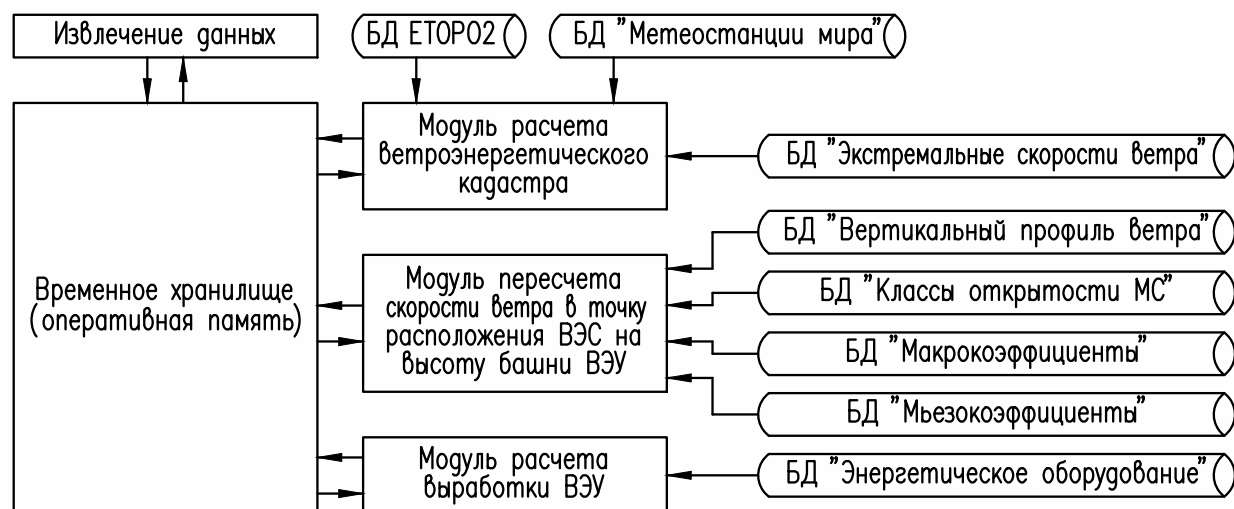
Ключевые задачи:

- Оснастить студентов инструментом для расчётов в сфере ветроэнергетики;
- Сформировать практические навыки обработки метеоданных, построения ветроэнергетического кадастра, оценки выработки ВЭУ;
- Обеспечить доступ к цифровой инженерной среде без лицензионных барьеров;
- Вовлечь студентов в решение прикладных задач в рамках НИР, КП и ВКР.

Результат внедрения:

- Интеграция в дисциплины по ВИЭ («Физические основы использования ВИЭ», «Проектирование и эксплуатация ВЭС» и др.);
- Поддержка проектного подхода;
- Рост мотивации и компетенций обучающихся.

Структура программного комплекса «Wind Turbine»



Модуль 1. Ветроэнергетический кадастр:

- Импорт и очистка метеоданных
- Моделирование временных рядов
- Расчёт кадастра ветровых ресурсов

Модуль 2. Пересчёт скорости ветра

- Перенос данных из точки наблюдения на площадку ВЭС
- Учёт высоты башни и типа рельефа

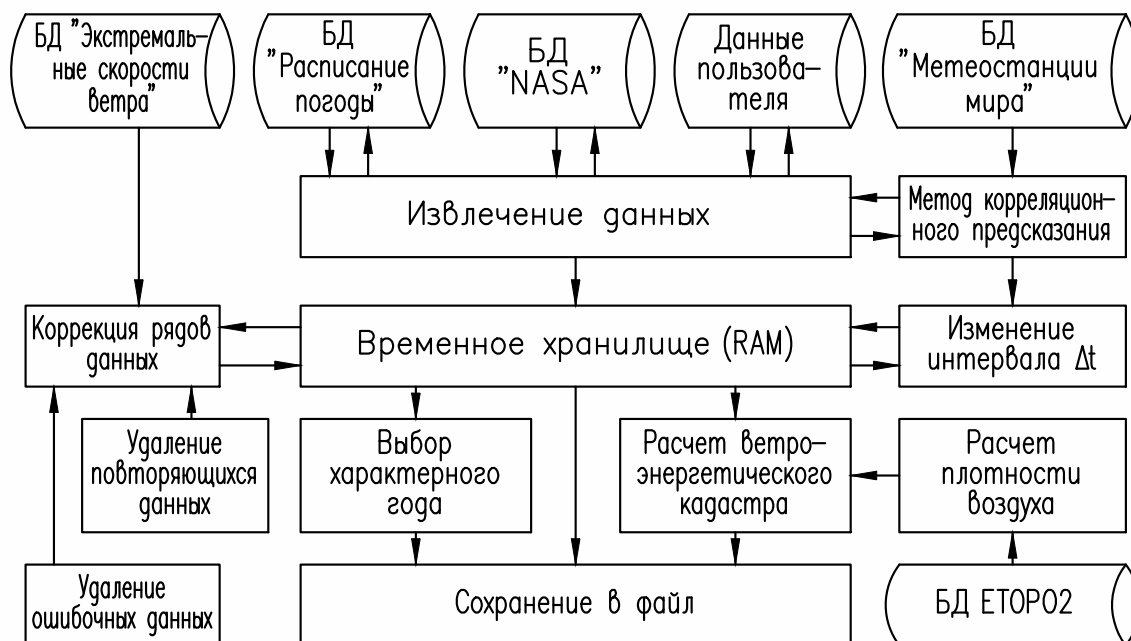
Модуль 3. Расчёт выработки ВЭУ

- Построение мощностной характеристики
- Расчёт годовой выработки и коэффициента использования мощности
- Кривая обеспеченности

Планы развития:

- Модуль 4: расчёт ВЭС в целом и суточный прогноз выработки
- Веб-интерфейс, англоязычная версия, сертификация

Функциональность: ветроэнергетический кадастр



Назначение модуля:

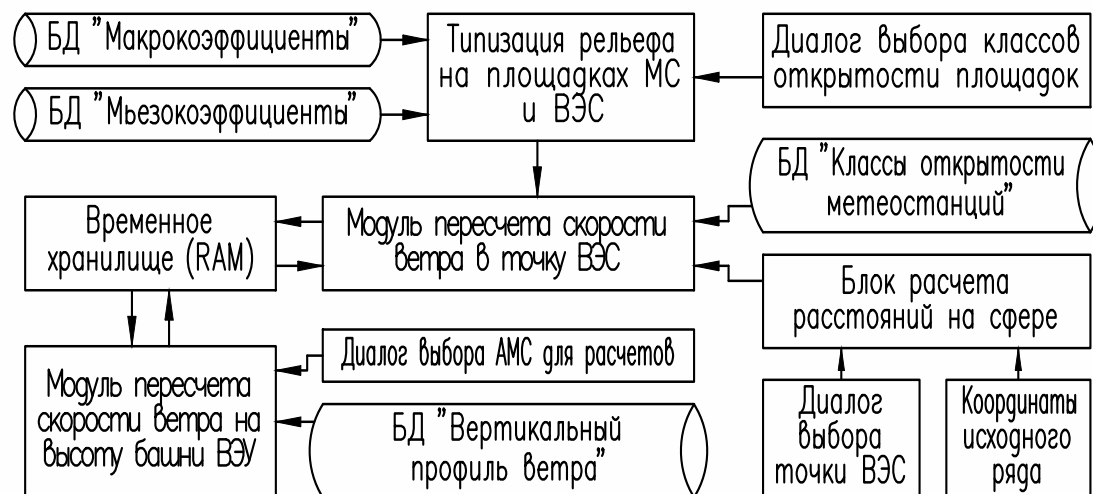
Оценка ветрового потенциала на заданной площадке для выбора характеристического года и последующего расчёта выработки ВЭУ.

Ключевые функции:

- Импорт данных из открытых источников (МС, NASA и др.)
- Очистка рядов: удаление повторов, устранение ошибок
- Восстановление пропущенных данных
- Моделирование ряда с заданной дискретностью
- Выбор расчётного (характерного) года
- Расчёт энергетического кадастра в табличной и графической форме

Результат: Формирование достоверной базы ветровых условий для дальнейших расчётов и проектных решений.

Функциональность: пересчёт скорости ветра



Цель модуля:

Перенос данных ветровой скорости с метеостанции на реальную площадку ВЭС с учётом высоты и рельефа.

Учёт особенностей ландшафта:

- Тип 1: равнинные участки с препятствиями до 100 м
- Тип 2: холмистые и низкогорные местности

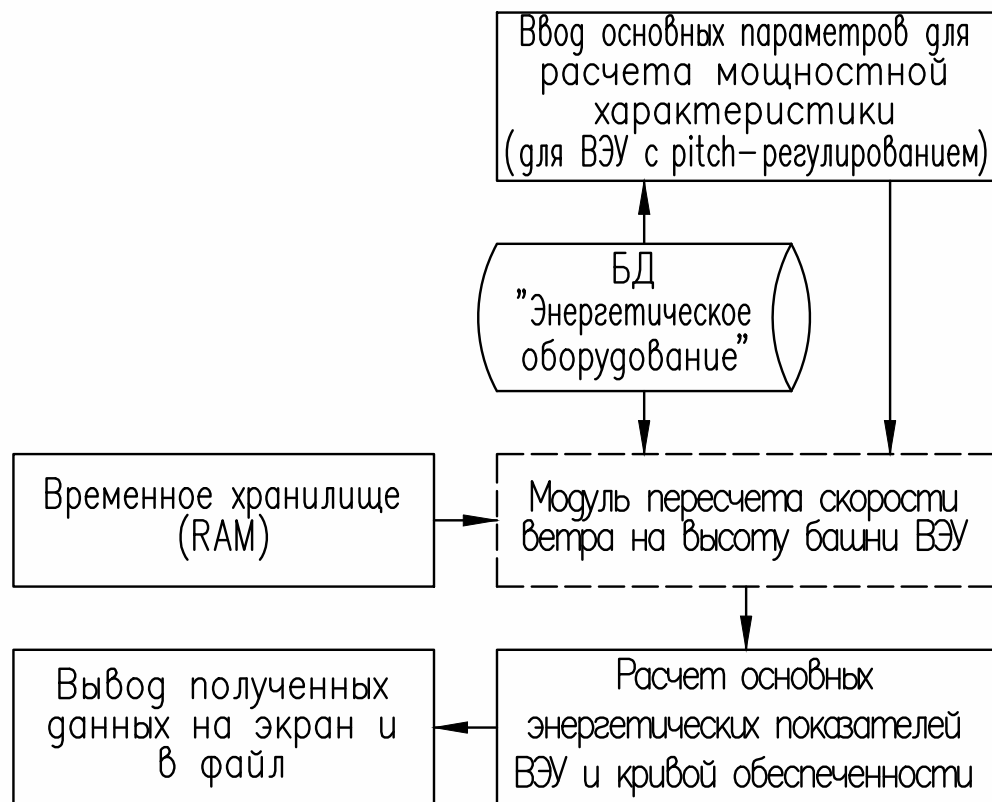
Методика пересчёта:

- Использование коэффициентов шероховатости
- Применение формул из методики ГГО им. Воейкова
- Пересчёт по высоте башни ВЭУ

Гибкость и настройка:

- * Выбор станции наблюдений
- * Указание высоты, координат и типа местности
- * Визуальный интерфейс с интерактивной картой

Функциональность: расчёт выработки ВЭУ



Назначение модуля:

Определение годовой выработки электроэнергии одиночной ВЭУ и расчёт надёжности обеспеченности.

Основные расчёты:

- Генерация мощностной характеристики (для pitch-регулируемых ВЭУ)
- Расчёт годовой выработки на основе ряда скоростей
- Определение коэффициента использования установленной мощности (ИУМ)
- Построение кривой обеспеченности

Практические возможности:

- Учёт погодных условий и температурных зависимостей
- Сравнение паспортных и эмпирических характеристик
- Оценка точности расчётов по фактическим данным

Сравнение с «WindPRO»



Функция	WindPRO	Wind Turbine
Ветровой кадастр	+	+
Пересчет скорости	+	+
Расчет выработки ВЭУ	+	+
Моделирование выработки ВЭС	+	В разработке
Лицензия	проприетарная	GNU GPL
Язык	английский	русский

Применение в образовательном процессе



Применение комплекса в образовательном процессе

Направления подготовки:

13.03.02 — «Электроэнергетика и электротехника» (бакалавриат)

13.04.02 — «Электроэнергетика и электротехника» (магистратура)

Формы использования:

- Курсовое проектирование (КП по дисциплине «Проектирование и эксплуатация ВЭС»)
- Выпускные квалификационные работы (бакалавриат и магистратура)
- Научно-исследовательская работа студентов (НИР)

Образовательная интеграция:

- Комплекс применяется в рамках дисциплин кафедры ГВИЭ
- Используется как альтернатива дорогостоящему ПО (WindPRO, WAsP и др.)
- Имеется методическая поддержка: практикумы, пособия, примеры расчётов

Эффект:

- Повышение производительности
- Развитие инженерных и цифровых компетенций
- Реализация проектного подхода в обучении

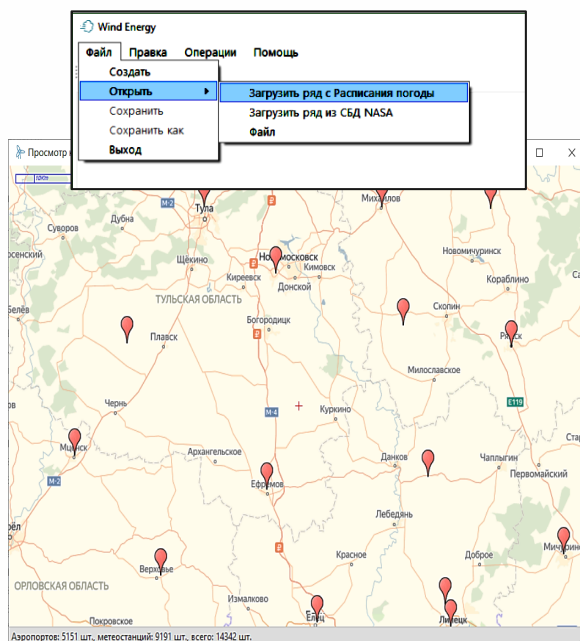
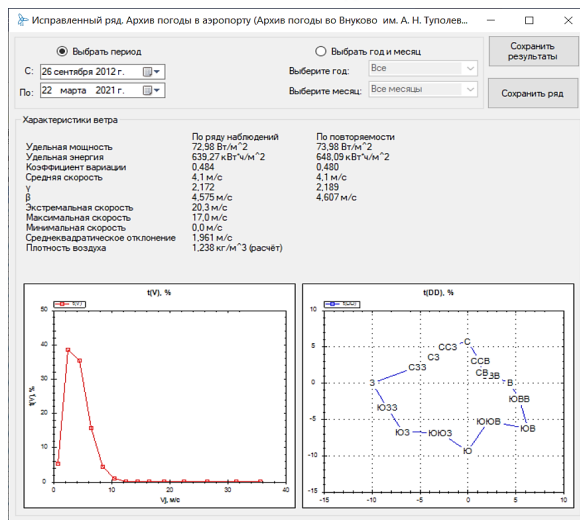
Опубликованные материалы:

1. Г.В. Дерюгина, Е.В. Игнатьев. Техничко-экономическое обоснование ветровой электростанции в составе объединенной энергосистемы: практикум / Г.В. Дерюгина, Е.В. Игнатьев. - М.: Издательство МЭИ, 2023. – 116 с.
— Расчёт кадастра, выработки, технико-экономических показателей.
2. Г.В. Дерюгина, Е.В. Игнатьев. Ветро дизельные энергокомплексы: учеб. пособие / Г.В. Дерюгина, Е.В. Игнатьев. - М.: Издательство МЭИ, 2022. – 60 с.
— Расчёт смешанных схем автономного энергоснабжения.
3. А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, Н.К. Малинин, Р.В. Пугачев Ветроэнергетика: уч. пособие / М.: Издательский дом МЭИ, 2016. - 420 с.
— Фундаментальные принципы, физика и экономика ВЭС.
4. А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, Н.К. Малинин, Р.В. Пугачев Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: уч. пособие / М.: Издательский дом МЭИ, 2012. - 257 с.
— Подробная методика оценки ветрового потенциала.

Роль в обучении:

- Методическая опора для внедрения программного комплекса
- Связь между теорией и практикой
- Используются при выполнении КП, НИР и ВКР

Педагогическая ценность технологии



Развитие ключевых компетенций:

- Обработка метеоданных и статистический анализ
- Работа с реальными цифровыми моделями
- Применение инженерных расчётов в прикладных задачах

Интерактивность и вовлечённость:

- Студенты работают с собственными проектами
- Используются реальные данные и открытые источники
- Наглядный интерфейс и визуализация повышают интерес

Проектный и исследовательский подход:

- Формирование индивидуальных и групповых кейсов
- Поддержка самостоятельной исследовательской работы
- Возможность выхода на научные публикации

Интеграция с цифровой образовательной средой:

- Открытый код, адаптация под нужды кафедр
- Перспектива внедрения в другие вузы

Перспективы развития комплекса



Функциональное расширение:

- **Разработка модуля «Расчёт выработки ВЭС»:**
 - учёт потерь внутри парка;
 - сравнение башен разной высоты;
 - расчёт паттернов выработки и статистики режима.
- **Прогнозирование выработки:**
 - Модуль суточного прогноза (на 36 ч)
 - Интерполяция прогноза по пространству и высоте
 - Учёт температурных зависимостей
- **Цифровая экосистема:**
 - Web-интерфейс для образовательных платформ
 - Англоязычная локализация
 - Интеграция с открытыми СБД (NASA, NOAA, «Погода») и ГИС
- **Сертификация:** Подготовка к оценке по ISO/IEC 25001:2014 (SQaRE)

Программный комплекс «Wind Turbine»



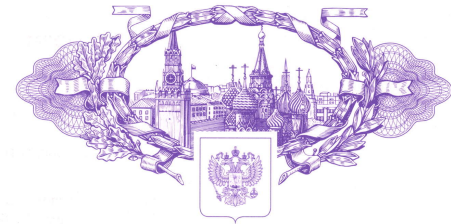
Применение программного комплекса

Рабочая версия программного комплекса в данный момент используется студентами направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» при выполнении НИР, курсового проектирования, выпускных квалификационных работ.

Свидетельство о государственной регистрации:

Дерюгина Г.В., Игнатьев Е.В. Метт В.Д.
Программный комплекс для проведения ветроэнергетических расчетов «Wind Turbine». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021661441, 12 июля 2021 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2021661441

Программный комплекс для проведения ветроэнергетических расчетов «Wind Turbine»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ») (RU)*

Авторы: *Дерюгина Галина Владимировна (RU), Игнатьев Евгений Витальевич (RU), Метт Василий Дмитриевич (RU)*

Заявка № 2021660272
Дата поступления 29 июня 2021 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12 июля 2021 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Г.П. Ивлиев

Выводы



Программный комплекс «Wind Turbine»:

- Создан на базе МЭИ для нужд инженерного образования
- Предоставляет весь цикл: от оценки ветра до расчёта выработки
- Успешно апробирован в учебном процессе с 2022 года

Образовательная ценность:

- Формирует ключевые инженерные навыки
- Повышает качество, вовлечённость и цифровую грамотность студентов
- Ориентирован на практические задачи отрасли

Готов к масштабированию:

- Применим в других вузах
- Использует открытые стандарты и лицензии
- Снижает зависимость от зарубежного ПО

Контакты



Игнатьев Евгений Витальевич

кандидат технических наук, доцент
кафедра Гидроэнергетики и
возобновляемых источников
энергии НИУ «МЭИ»

jeniya_ig@mail.ru

IgnatyevYV@mpei.ru

+7 (917) 568-48-05