

VI региональная открытая конференция по научно-техническому твор-
честву школьников «Лабиринты науки»
секция Техника

**Разработка и компьютерное моделирование системы
освещения загородных трасс с использованием
комбинированных источников энергии**

Работа выполнена – ученицей 11 класса
МОУ Образовательного комплекса «Взлёт»
Центра образования №30

Ярославской области города Рыбинска
Бардиновой Алиной Романовной

Научные руководители

- Гурьянов Александр Игоревич, профессор
кафедры общей и технической физики
РГАТУ, доктор технических наук
- учитель физики Центра образования № 30 г.
Рыбинска
Большакова Любовь Александровна

г. Рыбинск

2025 г.

Содержание

Введение3

1. Теоретическая часть3

1.1. Комбинированные источники энергии3

1.2. Ветровая энергия и ее использование на дорогах4

1.3. Компоненты ветроэлектростанции5

1.4. Среднегодовая скорость ветра в Ярославской области5

1.5. Магистральные светодиодные уличные светильники6

2. Практическая часть проекта6

2.1. Материалы и методы6

2.2. Создание модели автомобиля6

2.2.1. Построение кузова6

2.2.1. Построение колеса7

2.2.3. Сборка7

2.3. Создание модели системы освещения7

2.4. Реализация модели системы освещения в трёхмерном пространстве8

2.4.1. Работа в Ansys Discovery8

2.4.2. Моделирование в интерактивной среде8

Заключение8

Источники информации9

Приложение 19

Приложение 29

Приложение 310

Приложение 410

Приложение 510

Приложение 610

Приложение 711

Введение

В настоящее время в Российской Федерации ведутся масштабные работы по развитию сети автомобильных дорог. Особое внимание при их проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте уделяется вопросам обеспечения безопасности движения. Одним из важных элементов безопасного движения является освещенность трассы, особенно на опасных участках эксплуатируемых дорог. По данным Росавтодора за 2014 год 37 % аварий произошло из-за плохой освещенности дорог.

Цель: разработка и моделирование системы освещения загородных трасс с использованием комбинированных источников энергии.

Гипотеза: с помощью компьютерных программ можно создать модель системы освещения, в которой энергия турбулентных потоков воздуха преобразуется в электрическую.

Задачи:

1. познакомиться с интерфейсом и функциями программы КОМПАС 3D;
2. собрать информацию о комбинированных источниках энергии;
3. изучить принципы работы ветрогенератора;
4. выяснить значение среднегодовой скорости ветра в Ярославской области;
5. создать модель системы освещения загородных трасс в программе КОМПАС 3D;
6. реализовать модель в интерактивной среде Ansys Discovery;

Методы:

- Синтез и анализ литературы
- Моделирование
- Визуализация данных

Актуальность работы: проблема освещённости дорог связана с необходимостью обеспечения безопасности, энергоэффективности и внедрения современных технологий в сферу освещения дорог. Электрическую энергию, выработанную способом получения электроэнергии от ветра проезжающих транспортных средств, можно использовать для освещения автомобильных дорог и остановок.

1. Теоретическая часть

1.1. Комбинированные источники энергии

Комбинированные источники энергии — это системы, объединяющие в себе разные виды источников для обеспечения стабильного и устойчивого энергоснабжения.

Некоторые компоненты таких систем:

Солнечные панели. Солнце — неиссякаемый источник энергии. Современные фотоэлементы способны преобразовывать солнечный свет в электроэнергию с КПД до 20%.

Ветровые турбины. Ветер — ещё один мощный и экологически чистый источник энергии. Средняя ветровая турбина мощностью 1 МВт может обеспечить электроэнергией около 300 домохозяйств в течение года.

Тепловые и гидроэлектростанции. Традиционные источники энергии, такие как тепловые электростанции, обеспечивают необходимую стабилизацию в гибридной системе. Гидроэлектростанции, в свою очередь, предлагают не только генерацию, но и возможность аккумулирования излишков энергии.

Доказанным уравнением турбулентного движения является система усредненных уравнений Навье-Стокса, которая доказывает, что для описания осредненного потока необходимо учитывать напряжения Рейнольдса, возникающие из-за пульсаций. Для ее решения требуется модель турбулентности, которая приближенно связывает напряжения Рейнольдса с осредненными величинами.

1.2. Ветровая энергия и ее использование на дорогах

Ветровая энергия — один из возобновляемых источников энергии. Она может использоваться для энергоснабжения дорог. Для использования ветровой энергии на дорогах применяют специальные устройства, например вертикальные ветровые турбины, которые работают от воздушных потоков, создаваемых быстро движущимися автомобилями. Средняя скорость автомобиля на трассе может составлять примерно 100 км/ч.

Основные нормы освещения загородных трасс регламентируются ГОСТ Р 58107.1-2018 «Требования к искусственному освещению автомобильных дорог общего пользования».

Некоторые требования:

Расстояние между опорами освещения должно обеспечивать равномерное освещение всей дорожной полосы и прилегающей территории. Для автомагистралей и дорог первой категории это расстояние обычно составляет от 35 до 45 метров, в зависимости от класса освещения и ширины проезжей части.

Высота установки светильников может варьироваться от 8 до 15 метров и зависит от типа дороги и необходимого уровня освещённости. Например, для освещения скоростных трасс используются более высокие опоры, что позволяет уменьшить количество опор и снизить затраты на их установку и обслуживание.

Расстояние от опор освещения до края дороги должно быть достаточным для обеспечения безопасности дорожного движения и исключения возможности столкновения транспортных средств с опорами. Обычно это расстояние варьируется от 0,5 до 2 метров от края обочины.

Процесс преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию ветрогенераторами начинается с того, что лопасти ветрогенератора начинают вращаться под воздействием ветра. Вращение лопастей передает механическую энергию на генератор, который преобразует ее в

электрическую энергию. Система управления же позволяет максимально эффективно использовать энергию ветра и обеспечить безопасную эксплуатацию.

Важно отметить, что система управления ветрогенератора играет ключевую роль в обеспечении максимальной эффективности преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Она контролирует скорость ветра и управляет углом поворота лопастей для оптимального использования энергии ветра. Кроме того, система управления обеспечивает безопасность и защиту ветрогенератора от перегрузок и других аварийных ситуаций.

1.3. Компоненты ветроэлектростанции

Основные компоненты типичной ветряной электростанции:

- ротор с лопастями, которые имеют аэродинамическую форму
- редуктор или коробка передач, которые согласует скорость вращения между ротором и генератором. Маленькие ветряки (до 10 кВт) обычно не имеют редуктора
- защитный кожух, который защищает от внешних воздействий редуктор, генератор, электронику и другие компоненты ветрогенератора
- хвост ветряка - необходим для его поворота по ветру

Для ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения необходима мачта (вертикальные ветряки обычно устанавливаются прямо на земле).

Очень важным фактором является высота мачты. Энергия ветра пропорциональна скорости ветра в третьей степени (в кубе). Т.е. если скорость ветра удвоилась, то энергия ветра возрастет в 8 раз ($2 \times 2 \times 2 = 8$). Скорость ветра увеличивается с высотой, т.е. увеличивая высоту мачты можно сильно увеличить энергоэффективность ветряка.

Для электробезопасности необходимо использовать разъединители и автоматические выключатели. Они также обеспечат безопасный доступ к ветряку для его обслуживания и модернизации.

1.4. Среднегодовая скорость ветра в Ярославской области

Среднегодовая скорость ветра в Ярославской области составляет 1,3–2,2 м/с.

- Ярославль — 2,0 м/с (зима), 2,3 м/с (весна), 2,1 м/с (лето), 1,6 м/с (осень);
- Переславль-Залесский — 2,0 м/с (зима), 2,0 м/с (весна), 2,1 м/с (лето), 1,6 м/с (осень);
- Рыбинск — 2,9 м/с (зима), 3,0 м/с (весна), 2,8 м/с (лето), 2,6 м/с (осень);
- Тутаев — 2,4 м/с (зима), 2,6 м/с (весна), 2,4 м/с (лето), 1,9 м/с (осень);
- Углич — 2,4 м/с (зима), 2,7 м/с (весна), 2,2 м/с (лето), 1,8 м/с (осень).

Ветер влияет на вращение лопастей будущей системы освещения: чем больше скорость - тем быстрее происходит вращение.

1.5. Магистральные светодиодные уличные светильники

Магистральные светодиодные уличные светильники — это приборы, которые предназначены для освещения дорог, трасс, улиц, площадей, мостов и других объектов. Лампы таких светильников излучают свет, близкий к дневному, который не ослепляет водителей.

Преимущества светодиодного светильника:

1. Эффективность. Соотношение эффективности современных устройств может достигать 130 люмен на 1 ватт потреблённой электроэнергии.
2. Срок службы. Может составлять до 100 тысяч часов, при этом светильник не теряет своих эксплуатационных характеристик.
3. Герметичность. Большинство производителей изготавливает светодиодные светильники для дорог в герметичном варианте.
4. Диапазон рабочих температур.
5. Отсутствие задержек при включении.

2. Практическая часть проекта

2.1. Материалы и методы

Модели автомобиля и лампы спроектированы в такой программе, как КОМПАС-3D. «Компас» — универсальная система автоматизированного проектирования, позволяющая в оперативном режиме выпускать чертежи изделий, схемы, спецификации, таблицы, инструкции, расчётно-пояснительные записки и прочие документы. Программа разработана российской компанией «Аскон». Название линейки является акронимом от фразы «комплекс автоматизированных систем». В торговых марках используется написание заглавными буквами: «КОМПАС». Первый выпуск «Компаса» (версия 1.0) состоялся в 1989 году. Первая версия под Windows — «Компас 5.0» — вышла в 1997 году.

2.2. Создание модели автомобиля

2.2.1. Построение кузова

Запускаем систему «КОМПАС-3D» и открываем чертёж. Создаём новый файл трёхмерной детали Файл-Создать-Деталь по чертежу или нажимаем на панели управления кнопку Создать деталь. Выбираем в Дереве построения узел горизонтальная плоскость. Нажимаем кнопку новый эскиз на Панели управления. По чертежу (приложение 1) создаём эскиз контура.

Усечение ненужных линий с помощью операции «Усечь кривую». Придание толщины с помощью операции «Элемент выдавливания». Создание эскиза днища автомобиля с помощью прямоугольника. Придание толщины с помощью операции «Элемент выдавливания» во внутрь корпуса. Создание эскиза окружности для осей колеса. Придание толщины с

помощью операции «Элемент выдавливания». Создайте эскиз наклона верхней части кузова. Вырезание на глубину с помощью операции «Вырезать выдавливанием».

Создание эскиза фар, решётки, радиатора и бампера на передней части автомобиля. Придание толщины с помощью операции «Элемент выдавливания». Создание эскиза углубления для номера. Вырезание на глубину с помощью операции «Вырезать выдавливанием». Создайте эскиз зеркал и примените операцию «Элемент выдавливания». Закругление деталей с помощью операции «Скругление». Создание зеркального массива по средней плоскости. Модель корпуса (приложение 2).

2.2.1. Построение колеса

Выбираем команду Новый эскиз. Задаём диаметр окружности на панели управления и устанавливаем окружность на рабочем поле. Для завершения работы с эскизом нажимаем на кнопку команды Закончить редактирование на Панели управления. После завершения работы в Эскизе Панель инструментов Геометрия автоматически переключилась на Панель инструментов построения детали.

Для создания объема нужно "вытянуть" или "выдавить" отрезок "на себя" или "от себя". С этой целью используется операция «Выдавливание». Устанавливаем расстояние выдавливания и нажимаем кнопку ввод (зеленая) цилиндр готов. В результате получилась компьютерная трехмерная модель. С помощью операций Выдавливание делаем углубления. Скругление детали выполним с помощью операции Скругление. Модель колеса (приложение 3).

2.2.3. Сборка

Сборка кузова автомобиля с колёсами. Открываем операцию «Добавить компонент из файла». Выбираем колесо автомобиля и вставляем. Нажимаем кнопку «Создать». Затем выбираем операцию «Совпадение». Выбираем торец оси и край цилиндра колеса. Место сборки выделяется оранжевым цветом. Также выполняем сборку и других колес. Модель автомобиля (приложение 4).

2.3. Создание модели системы освещения

Выбираем оси координат и задаем параметры окружности. Для завершения работы с эскизом нажимаем на кнопку команды Закончить редактирование на Панели управления. Для построения вытянутой формы используем операцию твердотельного моделирования «Выдавливание». Получаем высокий цилиндр.

Затем создаем место свечения. Выбираем плоскость и с помощью линий создаем нужную форму. Операцией «Выдавливание» задаем объём. Скругление детали выполним с помощью операции Скругление. К детали цилиндра прикрепляем созданное с помощью операции «Добавить компоненту из файла».

Лопасты представляют собой крылья, которые при движении воздуха начинают вращаться. Создаем лопасти. Задаем плоскость и выбираем

«Спираль», вводим необходимо параметры. Затем с помощью окружности и операции «Выдавливание» делаем спираль объёмной. Окрасим деталь в ярко-зелёный цвет.

В сборке соединяем все получившие детали и получаем модель системы освещения. Полученная модель (приложение 5).

2.4. Реализация модели системы освещения в трёхмерном пространстве

2.4.1. Работа в Ansys Discovery

Ansys Discovery — это интерактивная среда для 3D-моделирования и эффективной экспресс-оценки инженерных решений и концепций.

Некоторые возможности Ansys Discovery: прочностные расчёты течений жидкости и газа, топологическая оптимизация, расчёты теплопроводности, геометрическое моделирование.

2.4.2. Моделирование в интерактивной среде

Для того, чтобы подтвердить возможность реализации, выполним в интерактивной среде 3D-моделирование, на котором видно, как и где образуются турбулентные вихри при движении машины по дороге.

Сформируем расчётную область и задаем поверхность, на которой стоит объект. Меняем воду, установленную по умолчанию, на воздух. Гравитацию не учитываем, так как при такой скорости и среде она не влияет. Выбираем направление воздуха. Нестационарный расчёт подразумевает то, что мы посекундно моделируем эту ситуацию. Результат заданных параметров (приложение 6).

С учётом граничных условий, таких как средняя скорость, возьмём 100 км/ч, смоделируем и покажем ключевой параметр - интенсивность турбулентности (меру пульсации в данной точке потока). Она определяется как среднеквадратичное значение пульсационной скорости, то есть осреднение мгновенных пульсационных скоростей по абсолютной величине во всех направлениях.

На высоких скоростях, особенно при движении по шоссе или во время обгонов, воздушный поток вокруг кузова может становиться турбулентным, создавая вихри и участки с резкими изменениями давления. Эти вихри и есть та движущая сила, которая будет вращать турбину (приложение 7).

Заключение

Компьютерное моделирование приобрело общенаучный характер и применяется в исследованиях живой и неживой природы, в науках о человеке и обществе. С помощью компьютерного моделирования создают сложные технические разработки и научные исследования.

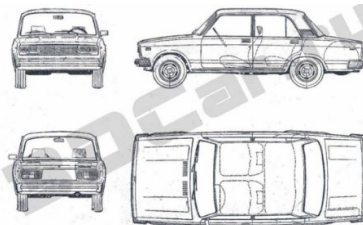
В ходе проделанного исследования были изучены теоретические материалы и выполнены модели деталей различного уровня сложности. Показано, как работает система освещения и подтверждена возможность реализации, а с помощью 3D-моделирования в интерактивной среде, видно,

как и где образуются турбулентные вихри при движении машины по дороге. Таким образом, цели и задачи работы были выполнены. Следовательно, гипотеза, выдвинутая в начале проекта, доказана.

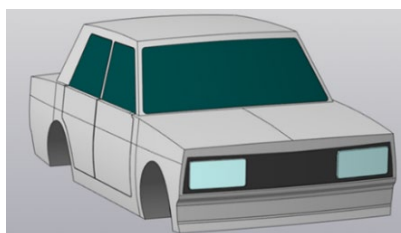
Источники информации

1. Ветреная энергия и ее использование на дорогах. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vetroehnergetika/> (Дата обращения: 12.11.2024).
2. Комбинированные источники энергии. [Электронный ресурс]. URL: <https://energy-systems.ru/> (Дата обращения: 12.11.2024).
3. Освещение загородных трасс. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ledsvet.ru/> (Дата обращения: 12.11.2024).
4. Программа “Компас 3D”: обзор, модули, функционал и возможности. [Электронный ресурс]. URL: <https://multiurok.ru/files/programma-kompas-3d-obzor-moduli-funktsional-i-voz.html> (Дата обращения: 30.10.2024).
5. Уроки черчения возвращаются с программой КОМПАС-3D. [Электронный ресурс]. URL: <https://cr-obr.ru/methodical/uroki-cherchenia-vosvrashautsya> (Дата обращения: 04.11.2024).

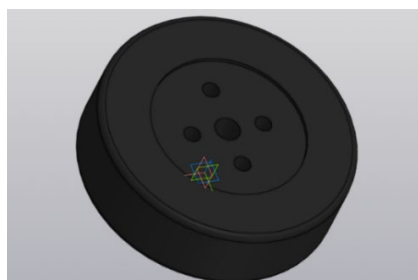
Приложение 1



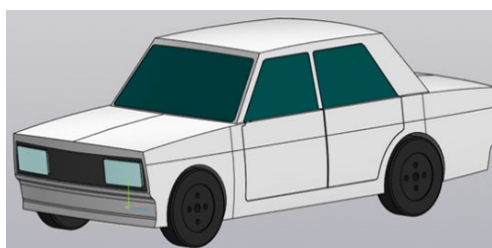
Приложение 2



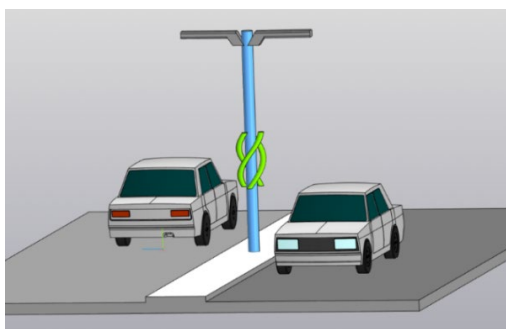
Приложение 3



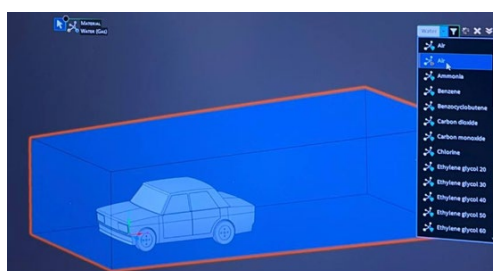
Приложение 4



Приложение 5



Приложение 6



Приложение 7

