

Slide 1: Title Slide

- **Content:** Title ("Мотоциклист в сфере"), Subtitle ("Математические модели..."), Team Names, Background Image.
- **Text Block:** "Добрый день, уважаемые слушатели! Мы представляем вашему вниманию проект под названием 'Мотоциклист в сфере'. Наша работа посвящена применению математических моделей для решения классической физической задачи, известной многим по цирковым представлениям. Мы стремились не просто найти ответ, но и создать инструмент для исследования этой задачи. Проект выполнен командой в составе: Кривошеин Алексей, Сулимов Андрей и Юдинцев Степан. В ходе презентации мы расскажем о поставленных целях, использованных методах, разработанной модели и полученных результатах."

Slide 2: Goal Slide

- **Content:** Main goal (minimum speed for equator ride after bottom removal), Key tasks (min speed determination, detachment conditions, user interaction/visualization).
- **Text Block:** "Основная цель нашего проекта – это анализ известного циркового трюка 'Шар смелости'. Конкретно, мы хотели определить минимальную скорость, которую должен набрать мотоциклист, двигаясь по внутренней поверхности сферы, чтобы он мог безопасно продолжать движение точно по экватору сферы даже после того, как нижняя половина конструкции будет убрана. Для достижения этой главной цели мы разбили работу на несколько ключевых задач:
 1. **Определение минимальной скорости:** Нам нужно было теоретически и с помощью моделирования рассчитать критическую скорость для устойчивого горизонтального движения на экваторе.
 2. **Исследование условий отрыва:** Важно было понять условия, при которых мотоциклист не потеряет контакт с поверхностью, особенно в момент 'исчезновения' нижней опоры. Это включает анализ сил, действующих на мотоциклиста.
 3. **Интерактивная визуализация:** Мы хотели создать программный продукт, который не просто выдает число, а позволяет пользователю самому задавать параметры системы – такие как масса мотоциклиста и мотоцикла, радиус сферы, коэффициент трения – и наглядно увидеть в 3D, как эти параметры влияют на траекторию движения."

Slide 3: Roles in Team Slide

- **Content:** Lists each member and their specific contributions.
- **Text Block:** "Работа над проектом была четко распределена в соответствии с компетенциями каждого участника команды.
 - **Кривошеин Алексей** взял на себя ключевую роль по интеграции разработанной математической модели с графическим интерфейсом. Он также отвечал за подготовку отчетной документации по проекту и, что очень важно, за тестирование всей системы и верификацию получаемых результатов на соответствие физическим законам и теоретическим расчетам.
 - **Сулимов Андрей** (это я) сосредоточился на разработке графического интерфейса пользователя (GUI) с использованием библиотеки PyQt5. Моей задачей было создание удобного и интуитивно понятного интерфейса, включая реализацию 3D-визуализации движения мотоциклиста. Я также реализовал элементы управления параметрами симуляции и отображение результатов, и провел начальный анализ литературы.
 - **Юдинцев Степан** отвечал за самую наукоемкую часть – разработку динамической модели движения. Он использовал Python и численные методы для описания физики процесса. В его задачи входила реализация алгоритмов расчета действующих сил (тяжести, реакции опоры, трения, тяги), условий отрыва от поверхности и механизмов коррекции траектории для удержания мотоциклиста на сфере."

Slide 4: Literature Analysis Slide

- **Content:** Key sources (Landau/Lifshitz, Goldstein, McDonald/Abramowicz articles, Kvant journal) and their impact.
- **Text Block:** "Прежде чем приступить к разработке собственной модели, мы провели анализ существующей литературы. Мы опирались на:
 - **Фундаментальные труды:** Классические учебники по теоретической механике, такие как 'Механика' Ландау и Лифшица и 'Classical Mechanics' Голдштейна, послужили основой для понимания базовых принципов динамики твердого тела и движения в поле тяжести с ограничениями.
 - **Специализированные статьи:** Мы изучили работы, более близкие к нашей задаче, например, статьи К.Т. Макдональда (K.T. McDonald) и М.А. Абрамовича (M.A. Abramowicz), которые рассматривали различные аспекты движения тел внутри сферических или цилиндрических поверхностей.
 - **Научно-популярные источники:** Журнал 'Квант' также предоставил полезные примеры и аналогичные задачи, разобранные на доступном уровне.
 - **Влияние литературы на работу:** Анализ источников был крайне важен. Во-первых, он подтвердил корректность основной формулы для расчета минимальной скорости на экваторе (\sqrt{gR} в простейшем случае). Во-вторых, он указал на критическую роль силы трения, особенно если рассматривать движение не строго по экватору, а с возможностью подъема выше – трение здесь может противодействовать сползанию вниз. В-третьих, изучение существующих подходов и сложностей подтолкнуло нас к решению реализовать именно динамическую модель, а не ограничиваться статическим анализом, чтобы иметь возможность исследовать весь процесс движения, а не только конечное состояние."

Slide 5: Section Break (Mathematical Model)

- **Content:** Simple text divider.
- **Text Block:** "Теперь давайте перейдем к сердцу нашего проекта – к математической модели, которая описывает движение мотоциклиста."

Slide 6: Algorithms and Methods Selection Slide

- **Content:** Lists chosen methods (Newtonian, Lagrangian, Semi-implicit Euler, PyQt5) and justifies each choice.
- **Text Block:** "Для построения нашей модели и ее реализации мы выбрали следующие подходы и инструменты:
 - **Ньютоновская механика:** В качестве основной физической базы мы использовали второй закон Ньютона. Этот подход наиболее нагляден, позволяет легко идентифицировать и учитывать все действующие силы (гравитация, реакция опоры, трение, тяга двигателя). Он хорошо подходит для численного моделирования.
 - **Лагранжев формализм:** Мы также использовали формализм Лагранжа. Он особенно удобен при работе с системами с геометрическими

связями (как наша – движение по сфере). Мы использовали его на этапе верификации для проверки корректности уравнений движения, полученных ньютоновским методом.

- **Численный метод (Semi-implicit Euler):** Для решения полученных дифференциальных уравнений движения мы выбрали численный метод. Был выбран полуневявный (Semi-implicit) метод Эйлера. Он обеспечивает лучшую устойчивость по сравнению с простым явным методом Эйлера, особенно в задачах с сохранением энергии или связями, и при этом остается относительно простым в реализации. Он позволяет нам пошагово рассчитывать траекторию и скорость мотоциклиста.
- **PyQt5 для GUI:** Для создания пользовательского интерфейса, включая 3D-визуализацию, мы выбрали библиотеку PyQt5 для Python. Она предоставляет мощные инструменты для разработки десктопных приложений с графикой и обеспечивает необходимую интерактивность для управления параметрами и наблюдения за симуляцией."

Slide 7: Input Data Slide

- **Content:** Lists input parameters (R , m , F_{drive} , T_{sim} , r_0 , v_0) with an illustrative image.
- **Text Block:** "Для проведения симуляции наша модель требует задания ряда входных параметров. Эти параметры определяют конкретный сценарий движения:
 - **Геометрия:** Радиус сферы R (в метрах). Это основной геометрический параметр системы.
 - **Масса:** Общая масса мотоциклиста и мотоцикла m (в килограммах).
 - **Двигатель:** Максимальная сила тяги двигателя F_{drive} (в Ньютонах). Этот параметр определяет, как быстро мотоциклист может разогнаться.
 - **Время:** Общее время симуляции T_{sim} (в секундах), на протяжении которого будет рассчитываться движение.
 - **Начальные условия:** Необходимо задать начальное положение мотоциклиста на внутренней поверхности сферы вектором $\mathbf{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ и его начальную скорость вектором $\mathbf{v}_0 = (v_{x0}, v_{y0}, v_{z0})$. Эти условия определяют старт движения."

Slide 8: Output Data Slide

- **Content:** Lists outputs (Trajectory $\mathbf{r}(t)$, velocity $\mathbf{v}(t)$, scalar speed $v(t)$, critical speed v_{crit}) with an illustrative image.
- **Text Block:** "В результате работы симуляции наша программа генерирует следующие выходные данные:
 - **Траектория движения:** Это основной результат – зависимость положения мотоциклиста от времени, функция $\mathbf{r}(t)$. В нашем интерфейсе она представлена в виде 3D-графика, показывающего путь мотоциклиста внутри сферы.
 - **Скорость:** Модель также рассчитывает вектор скорости $\mathbf{v}(t)$ в каждый момент времени. Дополнительно выводится скалярная скорость $v(t) = |\mathbf{v}(t)|$, то есть модуль вектора скорости, который часто является интересующей величиной.
 - **Критическая скорость:** Для специфического случая движения по экватору, модель может рассчитать и вывести теоретическое значение минимальной критической скорости v_{crit} , необходимой для устойчивого движения без нижней поддержки (обычно $v_{\text{crit}} = \sqrt{gR}$).

Slide 9: Mathematical Model (Equations) Slide

- **Content:** Core equations (Newton's 2nd Law, Normal force, Friction, Critical speed), mention of numerical methods.
- **Text Block:** "Давайте чуть подробнее рассмотрим математическую основу модели.
 - **Уравнение движения:** Мы исходим из второго закона Ньютона: $m \ddot{\mathbf{r}} = \sum \mathbf{F}$. Сумма сил $\sum \mathbf{F}$ включает:
 - \mathbf{F}_g : Сила тяжести, направленная вертикально вниз (mg).
 - $\mathbf{F}_{\text{drive}}$: Сила тяги двигателя, направленная по касательной к траектории.
 - \mathbf{F}_f : Сила трения, направленная против относительной скорости или предотвращающая скольжение.
 - \mathbf{F}_{drag} : Сила сопротивления воздуха (мы можем включить ее или пренебречь для упрощения).
 - \mathbf{F}_N : Сила нормальной реакции опоры, направленная от поверхности сферы к центру.
 - **Сила нормальной реакции:** Величина силы \mathbf{F}_N определяется условием удержания тела на сфере. Она зависит от скорости v и угла ϕ (угол с вертикалью, $\phi = 90^\circ$ на экваторе). Как показано, $N = m \frac{v^2}{R} + mg \cos \phi$. Положительное значение N означает контакт с поверхностью.
 - **Сила трения:** Сила трения скольжения \mathbf{F}_f ограничена максимальным значением μN , где μ – коэффициент трения. Сила трения покоя может принимать значения до μN для предотвращения проскальзывания.
 - **Критическая скорость:** Формула $v_{\text{min}} = \sqrt{gR/\mu}$, представленная здесь, вероятно, относится к специфическому случаю удержания на наклонной или вертикальной поверхности за счет трения, противодействующего гравитации. Для чистого движения по экватору без нижней опоры, минимальная скорость определяется из условия $N \geq 0$, что при $\phi = 90^\circ$ ($\cos \phi = 0$) и $N = mv^2/R - mg$ дает $v_{\text{min}} = \sqrt{gR}$. В нашей модели мы используем полный расчет сил.
 - **Метод решения:** Эту систему уравнений мы решаем численно, используя методы Эйлера или Рунге-Кутты для пошагового вычисления $\mathbf{r}(t)$ и $\mathbf{v}(t)$."

Slide 10: Comparison Slide (Static vs. Dynamic)

- **Content:** Split slide with video/image, comparing static and dynamic models.
- **Text Block:** "При анализе подобных задач можно использовать два основных подхода: статический и динамический. Важно понимать их различия.
 - **Статическая модель:** Рассматривает состояние равновесия или стационарного движения. Все силы скомпенсированы, ускорений нет. Этот подход позволяет легко найти условия равновесия, например, минимальную скорость на экваторе. Однако он не описывает, как система приходит в это состояние, как происходит разгон, и что будет при отклонениях от равновесия. Он не показывает сам процесс.
 - **Динамическая модель:** Описывает эволюцию системы во времени. Она решает дифференциальные уравнения движения $\mathbf{r}(t)$, $\mathbf{v}(t)$. Этот подход учитывает инерцию, позволяет моделировать разгон, торможение, переходные процессы, возможный отрыв от поверхности, влияние начальных условий. Динамическая модель показывает реальную, физически осуществимую траекторию. *[Если видео слева показывает динамику]:* Как вы можете видеть на примере слева, динамическая модель позволяет наблюдать весь процесс движения.
 - **Вывод:** Хотя статический анализ полезен для оценок, динамическая модель дает гораздо более полное и реалистичное описание системы. Она применима к любому моменту времени и любым условиям, поэтому для нашей задачи симуляции и визуализации мы выбрали именно динамический подход."

Slide 11: Result Slide (Video)

- **Content:** Video showing the simulation output.
 - **Text Block:** "Здесь вы видите демонстрацию работы нашего программного продукта. Это видеозапись симуляции, выполненной с помощью разработанного нами приложения. Мы можем наблюдать 3D-модель сферы и траекторию движения мотоциклиста внутри нее. Показан процесс движения, рассчитанный нашей динамической моделью на основе заданных параметров (масса, радиус, начальные условия, сила тяги). Видно, как меняется положение и, неявно, скорость объекта со временем. Эта визуализация является одним из ключевых результатов нашего проекта, делая анализ задачи наглядным и интерактивным."
-

Slide 12: Difficulties and Solutions Slide

- **Content:** Discusses problems encountered (numerical drift, detachment physics, GUI integration) and their solutions.
 - **Text Block:** "В ходе разработки мы столкнулись с несколькими ожидаемыми и не очень трудностями:
 - **Проблема численного дрейфа:** При использовании численных методов интегрирования, особенно простых как метод Эйлера, накапливаются ошибки, которые могут приводить к тому, что расчетная точка 'уходит' с поверхности сферы.
 - **Решение:** Мы внедрили шаг коррекции после каждого шага интегрирования: мы принудительно проецировали рассчитанную точку обратно на поверхность сферы, сохраняя ее направление скорости, чтобы минимизировать этот дрейф.
 - **Проблема условий отрыва:** Физически отрыв происходит, когда сила нормальной реакции N обращается в ноль. Однако при численном моделировании N может колебаться около нуля. Нужно было надежно определить момент отрыва.
 - **Решение:** Мы ввели небольшой 'порог' или 'запас прочности'. Например, считали отрыв произошедшим, если N становилось меньше некоторого малого положительного значения ϵ , или использовали множитель (как условный $\times 1.05$ в проверках устойчивости), чтобы избежать ложных срабатываний из-за численного шума перед фактическим отрывом.
 - **Проблема интеграции логики и GUI:** Соединение сложной физической модели с большим количеством параметров и интерактивным графическим интерфейсом потребовало тщательного проектирования архитектуры программы.
 - **Решение:** Мы применили итеративный подход: начинали с простой модели и базового интерфейса, затем постепенно усложняли физику и добавляли функционал в GUI, тщательно тестируя взаимодействие компонентов на каждом этапе."
-

Slide 13: Results Slide (Image + Text)

- **Content:** Summary of achievements (working model/GUI, agreement with theory, useful tool) alongside a static image.
 - **Text Block:** "Подводя итог нашей работы, мы можем выделить следующие ключевые результаты:
 1. **Создана рабочая модель и GUI:** Мы успешно разработали и реализовали динамическую модель движения мотоциклиста в сфере, а также создали интерактивный графический интерфейс пользователя, который позволяет управлять параметрами симуляции и наглядно визуализировать ее результаты в 3D.
 2. **Результаты согласуются с теорией:** Проведенные симуляции и расчеты показали хорошее согласие с теоретическими предсказаниями классической механики, в частности, в отношении минимально необходимой скорости для движения по экватору и общего характера траекторий.
 3. **Разработан полезный инструмент:** Наш проект представляет собой не просто решение конкретной задачи, а удобный программный инструмент. Он может быть использован для дальнейшего, более глубокого анализа этой физической системы, а также как наглядное пособие в образовательных целях для демонстрации законов механики."
-

Slide 14: Thank You Slide

- **Content:** "Спасибо за внимание!", "Готовы ответить на ваши вопросы".
 - **Text Block:** "На этом мы завершаем нашу презентацию. Благодарим вас за внимание! Мы готовы ответить на любые ваши вопросы по нашему проекту."
-

Используйте эти блоки как основу для своего выступления. Не бойтесь добавлять свои слова, примеры или небольшие отступления, чтобы сделать рассказ более живым и естественным. Удачи на презентации!