Бюджетное образовательное учреждение дополнительного образования города Омска «Центр творчества «Созвездие»

«Air Prosso», 3D авиасимулятор

*Выполнил:*

ученик 9 класса

Курочкин Александр Денисович

*Научный руководитель:*

Морозов Антон Дмитриевич

***Оглавление***

[Введение 3](#_Toc67267278)

[Глава I. Анализ аналогов 5](#_Toc67267279)

[1.1 Аналогичные продукты, существующие на рынке приложений 5](#_Toc67267280)

[Глава II. Анализ структуры проекта 7](#_Toc67267281)

[2.1 Структура пользовательского интерфейса и взаимодействие пользователя с приложением 7](#_Toc67267282)

[2.2 Определение понятий и условностей в реализации продукта 7](#_Toc67267283)

[2.3 Структура функциональной части продукта 8](#_Toc67267284)

[2.4 Трёхмерные модели, использованные в проекте 11](#_Toc67267285)

[Заключение 12](#_Toc67267286)

[Список информационных источников 13](#_Toc67267287)

[Приложение 14](#_Toc67267288)

[Иллюстрации 17](#_Toc67267289)

# Введение

Компьютерная симуляция - процесс вычисления компьютерной модели (иначе численной модели) на одном или нескольких вычислительных узлах. Реализует представление объекта, системы, понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию. Включает набор данных, характеризующих свойства системы и динамику их изменения со временем. Компьютерные симуляции применяются для визуализации каких-либо процессов, связанных с реальным миром и рассчитываемых без непосредственного произведения действий в нём. Они очень полезны для изучения работы механизмов, природных явлений и даже биохимических реакций. На данный момент существует большое множество видов симуляций, которые выполняются в одноимённых программах - симуляторах.

Авиасимуляторы, как один из видов компьютерных симуляций, очень полезный инструмент. Авиасимулятор - жанр видеоигр, моделирующий в той или иной степени какой-либо летательный аппарат и управление им. Симуляторы, предназначенные для профессиональной подготовки лётчиков, называются авиационными тренажёрами.

Мне нравятся различные симуляции и игры, в которых существует хоть какое-то подобие реалистичной физики. Помимо симуляторов, я с детства заинтересован авиатехникой, но не имею возможности напрямую управлять летательным аппаратом. Я испытал множество вариантов исполнения авиации в симуляторах и решил создать свой собственный.

**Цель проектной деятельности:** разработать симулятор, способный иллюстрировать аэродинамические явления и демонстрировать модель полёта воздушного судна.

**Задачи, поставленные для разработки проекта:**

1. Определить направленность реалистичности моделирования физических явлений.
2. Определить математическую и физическую базу для разработки симуляций.
3. Разработать трёхмерные модели для проекта, чтобы не использовать модели сторонних разработчиков.
4. Разработать физические модели различных аэродинамических и физических явлений и эффектов пространства, оказываемых на самолёт.
5. Отладить алгоритмы и модели, созданные для проекта.

Предметная область проекта – аэродинамика и физические явления, совершаемые средой и летательным аппаратом при его полёте в воздушном пространстве.

Как источник информации, использовались множественные интернет-ресурсы с информацией по теме аэродинамики, учебники школьного курса физики и математических наук для определения качественных характеристик объектов, с которыми взаимодействует летательный аппарат в симуляции, и явлений, происходящих с ним.

Большинство формул, которые применяются для просчёта симуляций взяты из основного курса по аэродинамике.

Основой работы стали работы швейцарского физика Даниила Бернулли, отечественного учёного-механика Николая Егоровича Жуковского, Джорджа Габриеля Стокса, Клода Луи Мари Анри Навье и других учёных, работавших над разработкой законов и формул аэродинамики.

# **Глава I. Анализ аналогов**

## **1.1 Аналогичные продукты, существующие на рынке приложений**

На данный момент на рынке можно найти симуляторы, в которых есть авиатехника:

Microsoft Flight Simulator – компьютерная игра в жанре авиасимулятора, разработанная компанией Asobo Studios. В симуляторе представлена вся поверхность планеты Земля, включая все страны мира, города и аэропорты — для этого используются текстуры и топографические данные с карт Bing Maps. 3D-объекты будут отображаться с использованием технологии Microsoft Azure. Для фотореалистичного и достоверного воссоздания и размещения на нужных местах трёхмерных зданий, деревьев, объектов рельефа и тому подобного используются технологии процедурной генерации, фотограмметрии и машинного обучения. В симуляторе будут представлены 37 тысяч аэропортов, 80 из которых получат высококачественную обработку.

Симулятор имеет очень проработанный дизайн кабин самолётов, их моделей и систем, таких как: обратная связь с ботом-диспетчером. Из этого проекта в свой я вынес работу с ботом-диспетчером и возможность взаимодействовать с кабиной пилота и всеми, находящимися внутри, приборами.

*X-Plane 11* – авиасимулятор, разработанный для Mac OS X (но также доступный для Windows, Linux) компанией Laminar Research. В состав X-Plane входят несколько коммерческих, военных и других самолётов, а также глобальный пейзаж, который охватывает большую часть Земли. Также в поставку авиасимулятора входит программное обеспечение для создания и настройки моделей самолётов. X-Plane имеет систему плагинов, позволяющую пользователям расширять функциональность симулятора и создавать свои собственные миры или копии реальной местности.

X-Plane создан с хорошей проработкой аэродинамики летательного аппарата, эта реализация физики - то, что я хотел получить в результате работы - хорошо проработанную физику полёта летательного аппарата.

*War Thunder* – компьютерная многопользовательская онлайн-игра с элементами симулятора, посвящённая боевой авиации, боевым вертолётам, бронетехнике и флоту довоенного периода, а также Второй мировой войны и послевоенного периода. Проект разрабатывается и издаётся компанией Gaijin Entertainment.

War Thunder - аркадный симулятор, который не содержит в себе ни проработанной физики, ни полезных для обычного пилота механик, но обладает невероятной динамичностью, завлекающей всё новых и новых пользователей.

Все перечисленные симуляторы в списке - игры, разработанные под определённые задачи, и выполняют их в полной мере, поэтому мой проект также является игровым симулятором.

# **Глава II. Анализ структуры проекта**

## **2.1 Структура пользовательского интерфейса и взаимодействие пользователя с приложением**

Вначале, при старте приложения, пользователь попадает в главное меню игры. В меню пользователь может выбрать несколько действий:

* Начать новую игру
* Продолжить с последней контрольной точки
* Настройки
* Выход

При активации первой кнопки в списке, происходит запуск игрового мира. Игровой мир представлен множеством островов, не соединённых между собой наземными транспортными путями.

Пользовательский интерфейс, представляется приборной панелью, с которой пользователь может взаимодействовать.

Первый самолёт, который доступен при загрузке мира: Voisin L, количество приборов навигации и отслеживания характеристик летательного аппарата ограничено.

В кабине пилота можно обнаружить следующие элементы управления: руль высоты и крена, который позволяет изменять тангаж и крен самолёта, педали руля горизонтального управления, изменяющие рысканье летательного аппарата.

Общие черты сюжета: Мир поделён на острова – земли, заняты людьми. Пилот самолёта должен доставлять грузы и людей между островами, попутно борясь с погодой и её суровыми условиями.

## 

## 2.2 Определение понятий и условностей в реализации продукта

Для моделирования процессов и их визуализации был выбран Unity1 - межплатформенная среда разработки компьютерных игр. Вся работа производилась с использованием языка программирования C#2.

Для создания трёхмерных объектов был выбран редактор трёхмерных объектов Autodesk 3ds Max6, а также для разработки текстур и других двумерных изображений Adobe Photoshop7.

Компьютерный симулятор, предполагая под своей основой визуализатор процессов, которые происходят в реальном мире, является инструментом для реализации каких-либо процессов, рассчитываемых на информационно-вычислительном аппарате.

Для решения поставленной цели был выбран именно Unity1 из-за того, что данный набор инструментов в полной мере восполняет необходимость создания среды для обработки и взаимодействия объектов разных видов и назначений. Unity1 включает в себя: редактор пространства и объектов в нём, встроенный набор аддонов для IDE3, свою система отрисовки пространства, инструменты для работы с шейдерами4 и материалами5.

Воздушное пространство и законы, которым оно подчиняется, производится по средствам внутренней среды Unity1. Само пространство является некой областью, где объекты взаимодействуют друг с другом.

Для реализации взаимодействия крыла летательного объекта или любой другой поверхности, которая может оказывать сопротивление воздуху, или создавать подъёмную силу, применяющуюся к этой поверхности, использованы общие формулы их нахождения.

## 2.3 Структура функциональной части продукта

Далее и крылья, и поверхности, на которые могут быть оказаны силы будут описаны, как *поверхности*.

Большую роль в симуляциях аэродинамических явлений играют именно поверхности, поэтому большое внимание уделено описанию их физической модели.

Каждая поверхность обладает коэффициентом, влияющим на то, как расположен центр масс. Обладает переменной, отвечающей за площадь поверхности, и рядом других переменных, которые используются в симуляции моделей.

Далее основные формулы, использованные для просчёта сил, оказываемых на поверхности:

Формула для определения подъёмной силы поверхности:

Также одной из основных формул является формула для нахождения силы лобового сопротивления воздуха, оказываемая на крыло:

В обоих формулах используются одни и те же аббревиатуры, за исключением безразмерных величин, определяемых для каждой формуле по-особому и обозначений сил:

* Y – подъёмная сила (Н)
* Z – сила лобового сопротивления воздуха (H)
* Cy – безразмерный коэффициент подъёмной силы, зависящий от угла атаки, получается опытным путём для разных профилей крыла
* Cx – безразмерный аэродинамический коэффициент сопротивления, получается из критериев подобия, например, чисел Рейнольдса и Фруда в аэродинамике
* ρ – плотность воздуха на высоте полёта (кг/м³)
* V – скорость набегающего потока (м/с)
* S – характерная площадь (м²)

Для определения площади поверхности (S) зачастую используются значения площади поверхности в плане.

Скорость набегающего потока воздуха (V) в симуляциях определена, как обратная величина к скорости летательного аппарата сложенная со скоростью ветра на высоте, на которой находится аппарат.

Чрезвычайно важным критерием при работе с силами является угол атаки (α), который влияет почти на все безразмерные коэффициенты в уравнениях. Для определения угла атаки между хордой крыла и вектором набегающего потока воздуха используется формула для нахождения косинуса угла между двумя векторами в трёхмерном пространстве (использование обуславливается выполнением проекта в трёхмерной среде):

И далее находится угол:

*Для реализации турбулентности были реализованы несколько функций.*

Генерация карт положения зон турбулентности, основанные на сгенерированных картах направлений и силы ветра, и погоды. Карты нужны для того, чтобы определить, когда вызывать функции случайного движения воздушных масс для создания псевдо-турбулентности. Это сделано из-за того, что до сих пор не до конца изучено понятие турбулентности и реализовать её какими-либо формулами, которые бы не ухудшали быстродействие симуляции, невозможно.

Функция для определения случайного направления движения воздушных масс была реализована через генерацию псевдослучайных чисел, которые заносятся в поля x, y, z трёхмерного вектора Vector3(x, y, z), указывающего на направление движения воздуха.

Сама турбулентность вызывается в том случае, если характеристики текущих условий вокруг летательного аппарата соответствует средним требованиям для её возникновения.

*Итого были реализованы функции:*

* Применения подъёмной силы, силы лобового сопротивления воздуха, силы индуктивного сопротивления воздуха.
* Явление турбулентности на основе генерации направления воздуха функциями псевдослучайной генерации чисел.
* Генерация карты погоды, которая несёт информацию о скорости ветра в конкретной точке и на определённой высоте игровой области.

Были запрограммированы и другие, менее значительные функции, которые частично влияют на геймплей11 продукта.

Структура кода выполнена по современным критериям программирования и следует основным парадигмам. Код в скриптах8 был выполнен в виде отдельных функций, которые вызываются в подходящий для этого момент и используют общую структуру, чтобы была возможность применять их из других скриптов8. Код по возможности был закомментирован, так как это увеличивает его читаемость и дальнейший анализ.

## 2.4 Трёхмерные модели, использованные в проекте

Модели были выполнены в High-Poly9 версиях и могут быть минимизированы, что позволит использовать систему LOD10 в дальнейшем, чтобы снизить нагрузку на GPU и CPU при просчёте модели и её последующем отображении в пространстве.

Единственный наиболее правильный с моей точки зрения способ решения поставленной цели – создание программы, способной симулировать и среду, в которой находится летательный аппарат, и сам аппарат, подчиняющийся законам окружающего его пространства.

Трёхмерные модели были разработаны в редакторе трёхмерных моделей Autodesk 3ds Max.

Все модели, разработанные для симулятора, были выполнены по реальным чертежам (см. рис. 1), существующих летательных аппаратов, в соответствии с моими требованиями: крылья разделены на составляющие: элероны, рули высоты и прочие атрибуты, которые нужны для правильной реализации отображения поверхностей.

# Заключение

В результате в среде разработки Unity с использованием языка С# и графических компонентов (в том числе и авторских 3D моделей объектов) был создан авиасимулятор «Air Prosso». Проект продолжит развиваться, будут добавляться новые локации, объекты и модели самолетов.

Весь исходный код можно найти на GitHub ([https://github.com/explosivebarrel/prosso-airfreight](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fgithub.com%2Fexplosivebarrel%2Fprosso-airfreight&cc_key=)).

# Список информационных источников

* Основной курс физики за 8 класс 1985 г. издательства «Просвещение»
* <https://ru.wikipedia.org> (множество формул, применяемых в задачах по просчёту поведения физической модели)
* <https://habr.com> (статьи о правильной реализации векторных нормалей в трёхмерном пространстве)
* <http://www.airwar.ru/enc/bww1/voisinl.html> (основные характеристики и чертежи летательного аппарата «Voisin L»)

# Приложение

В настоящей проектной работе ученика применены следующие термины и сокращения:

Unity1 – комплекс решений, сосредоточенный в одной программе для реализации различных задач связанных с разработкой программного обеспечения. Программы создаваемые в Unity, внутри среды разработки называются проектами, они выполнены на базе языка программирования C#2 (C Sharp) или других языках, поддерживаемых плагинами, доступными в магазине расширений.

C#2 *(произносится си шарп)* – объектно-ориентированный язык программирования. Разработан в 1998—2001 годах группой инженеров компании Microsoft под руководством Андерса Хейлсберга и Скотта Вильтаумота, как язык разработки приложений для платформы Microsoft .NET Framework. Впоследствии был стандартизирован как ECMA-334 и ISO/IEC 23270. C# относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, переменные, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML.

IDE3 (англ. Integrated Development Environment, рус. Интегрированная среда разработки) – система программных средств, используемая программистами для разработки программного обеспечения.

Шейдер4 (англ. shader «затеняющий») — компьютерная программа, предназначенная для исполнения процессорами видеокарты (GPU). Шейдеры составляются на одном из специализированных языков программирования и компилируются в инструкции для ЦП, используют шейдеры для определения параметров геометрических объектов или изображения, для изменения изображения (для создания эффектов сдвига, отражения, преломления, затемнения с учётом заданных параметров поглощения и рассеяния света, для наложения текстур на геометрические объекты и др.).

Материал5 (в игровом редакторе) – обычно, материал определяется, как набор карт (двумерных текстур [картинок] квадратной формы), которые носят какую-либо информацию о свойствах материала из которого изготовлена поверхность, как пример можно выделить несколько карт: карта-нормаль (карта, указывающая, куда направлены нормали поверхности в определённой точке текстуры), карта-альбедо (карта, носящая информацию о окрасе каждого пикселя материала, наложенного на поверхность), карта отражений (карта, указывающая, какая точка на поверхности с какой силой отражает свет от себя).

Autodesk 3ds Max6 (ранее 3DStudio MAX) – профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании. В настоящее время разрабатывается и издается компанией Autodesk.

Adobe Photoshop7 (транск. Эдо́уби Фотошо́п, рус. интернет-сленг Адо́б Фотошо́п) – многофункциональный графический редактор, разрабатываемый и распространяемый компанией Adobe Systems. В основном работает с растровыми изображениями, однако имеет некоторые векторные инструменты. Хотя изначально программа была разработана как редактор изображений для полиграфии, в данное время она широко используется и в веб-дизайне.

Скрипт8 (или сценарий) – это последовательность действий, описанных с помощью скриптового языка программирования (JavaScript, PHP, Perl, Python, CSharp и др.) для автоматического выполнения определенных задач. Часто термин используется в совмещении с понятием объектно-ориентированного программирование, методом программирования, где всё – объекты, взаимодействующие друг с другом.

High-Poly9 модель – высоко полигональная модель, которая в последствии может быть преобразована в низко полигональную модель (Low-Poly). Такие модели выполняются непосредственно по чертежам или эскизам, используя высоко детализированные примитивы и функции с многократной итерацией сглаживания и тесселяции.

LOD10 (англ. Levels Of Detail, рус. Уровни детализации) – приём в программировании трёхмерной графики, заключающийся в создании нескольких вариантов одного объекта с различными степенями детализации, которые переключаются в зависимости от удаления объекта от виртуальной камеры. Другой метод заключается в использовании одной основной, «грубо приближенной», модели и нескольких внешних надстроек к ней. Каждая последующая надстройка к основной модели дополняется элементами детализации пропорционально номеру надстройки. То есть на самом большом расстоянии будет отображаться единственная главная модель объекта. С приближением же последнего к камере игрока к конвейеру отрисовки будут последовательно подключаться последующие надстройки деталей.

Геймплей11 (англ. Gameplay) – компонент игры, отвечающий за интерактивное взаимодействие игры и игрока. Геймплей описывает, как игрок взаимодействует с игровым миром, как игровой мир реагирует на действия игрока и как определяется набор действий, который предлагает игроку игра. Термин чаще употребляется в контексте компьютерных игр. Геймплей определённо не относится к таким компонентам игры, как графика и звуковое сопровождение. Он представляет собой паттерн взаимодействия игрока с игрой на основании её правил, определяет связь между игроком и игрой, предлагаемый игровой вызов и способы его преодоления, сюжет как участие в нём игрока. Термины игровой процесс и геймплей могут использоваться как синонимы и являются взаимозаменяемыми. Мерой качества игрового процесса является играбельность или возможность игры предоставлять удобный и интуитивный функционал в сочетании с приемлемой производительностью.

## Иллюстрации

Рисунок 1 - **Безразмерные чертежи «Voisin L»**