**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук

Образовательная программа «Программная инженерия»

СОГЛАСОВАНО

Совладелец и продуктовый директор студий Винторог и Contrast Games, преподаватель департамента программной инженерииУТВЕРЖДАЮ

Академический руководитель образовательной программы

«Программная инженерия», старший преподаватель департамента программной инженерии

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г.

Д. А. Поздняков

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г.

Н.А. Павлочев

**Выпускная квалификационная работа**

(проектно-исследовательская) на тему:

**Мобильное приложение для симуляции работы авиадиспетчера**

по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

ВЫПОЛНИЛ

студент группы БПИ213 образовательной программы

09.03.04 «Программная инженерия»

Т. П. Тихонов

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г.

**Москва – 2025**

# Реферат

Данная работа представляет собой мобильное приложение – симулятор работы авиадиспетчера, по сути, игру для мобильных устройств с элементами симуляции реальных процессов.

Симулятор работы авиадиспетчера в данном случае упрощенная симуляция программного терминала авиадиспетчера, повторяющая основные механики. Приложение предоставляет возможности для развития микро-менеджмента, авиационных знаний и развлечения в местах без интернета.

Работа направлена на реализацию мобильного приложения, где пользователи могут без подключения к интернету почувствовать процессы, связанные с управлением программного терминала полетного диспетчера – разведение бортов, управление трафиком и решение экстренных ситуаций.

**Работа содержит**: 22 страницы, 3 главы, 3 иллюстрации и 15 источников.

**Ключевые слова**: симуляция, терминал авиадиспетчера, мобильная игра, микро-менеджмент.

# Abstract

Current work is a mobile application that simulates the processes of an air traffic controller, in fact, a game for mobile devices with elements of simulation of real processes.

An air traffic controller simulator in this case is a simplified simulation of an air traffic controller's software terminal, repeating the basic mechanics. The application provides opportunities for the development of micro-management, aviation knowledge and entertainment in places without internet.

The work is aimed at implementing a mobile application where users can feel the processes associated with controlling the flight controller's software terminal without an Internet connection – flight separation, traffic management and emergency management.

**The work contains:** 22 pages, 3 chapters, 2 illustrations and 0 sources.

**Keywords:** simulation, air traffic controller terminal.

# Основные определения, термины и сокращения

1. **Авиадиспетчер** – специалист, который отвечает за управление воздушным движением в аэропортах и контролирует перемещение самолетов в воздушном пространстве и на земле.
2. **Взлетно-посадочная полоса (ВПП)**– участок аэродрома, предназначенный для взлета и посадки самолетов. ВПП может иметь различные длины и покрытие, которое должно соответствовать типу самолета.
3. **Эшелон полета** – установленная высота, на которой осуществляется полет самолета. Эшелоны разделяются для безопасного передвижения самолетов в воздушном пространстве.
4. **Сценарий** – заранее продуманная последовательность событий в игровом уровне, моделирующая реальную ситуацию для достижения образовательных или развлекательных целей.
5. **Режим «Песочница»** – режим игры, в котором игрок может самостоятельно настраивать параметры игрового процесса, такие как аэропорты, погодные условия, количество самолетов и т. д.
6. **Воздушное пространство** – зона над земной поверхностью, в которой осуществляется управление и контроль воздушного движения. Включает в себя различные эшелоны для полетов.
7. **Коммуникация** – процесс обмена информацией между диспетчером и пилотом, который происходит для обеспечения безопасности полетов и своевременного выполнения команд.
8. **Инцидент** – происшествие в авиации, которое связано с нарушением безопасности полетов, но не обязательно приводит к аварии или катастрофе.
9. **Маршрут** – запланированная траектория полета самолета, которая определяет его движение из одной точки в другую с учетом эшелонов и разрешенных воздушных коридоров.
10. **Руление** – движение самолета по земле между стоянкой, терминалом и взлетно-посадочной полосой, включая выруливание на полосу перед взлетом или после посадки.
11. **Управление воздушным движением (УВД)** – процесс обеспечения безопасного, эффективного и упорядоченного движения воздушМОБ
12. **Фреймворк** – программная платформа, предоставляющая инструменты и библиотеки для разработки приложений. Ускоряет разработку за счет готовых компонентов.
13. **Игровой движок** – программное обеспечение для разработки видеоигр, которое предоставляет инструменты для создания графики, физики, звука и логики игры.
14. **Flutter** – кроссплатформенный фреймворк для разработки мобильных приложений, который позволяет создавать программы для iOS и Android из одного кода на языке Dart.
15. **Flame** – игровой движок для разработки 2D-игр на языке Dart, интегрированный с Flutter. Позволяет легко разрабатывать мобильные игры с минимальными затратами ресурсов.

# Содержание

[Реферат 2](#_Toc193144407)

[Abstract 3](#_Toc193144408)

[Основные определения, термины и сокращения 4](#_Toc193144409)

[Содержание 6](#_Toc193144410)

[Введение 7](#_Toc193144411)

[1. Глава 1. Предметная область и существующие решения 8](#_Toc193144412)

[1.1. Описание предметной области 8](#_Toc193144413)

[1.2. Описание существующих решений 9](#_Toc193144414)

[1.2.1. Описание симулятора «towerSimulator3» 9](#_Toc193144415)

[1.2.2. Описание веб-симулятора «atc-sim.om» 11](#_Toc193144416)

[1.2.3. Описание мобильного симулятора «ATC 4.0» 12](#_Toc193144417)

[1.3. Описание разрабатываемого решения «TouchDispatch» 12](#_Toc193144418)

[1.4. Анализ существующих решений 13](#_Toc193144419)

[Выводы по главе 15](#_Toc193144420)

[2. Глава 2. Проектирование приложения 16](#_Toc193144421)

[2.1. Пользовательские сценарии 16](#_Toc193144422)

[2.2. Архитектура приложения 17](#_Toc193144423)

[2.3. Выбор методов и средств реализации 18](#_Toc193144424)

[2.3.1. Мобильное приложение 18](#_Toc193144425)

[2.3.2. Распространение мобильного приложения 19](#_Toc193144426)

[Проект будет распространяться на площадках GooglePlay, Rustore и AppStore. 19](#_Toc193144427)

[2.3.3. Среды для разработки 19](#_Toc193144428)

[Выводы по главе 19](#_Toc193144429)

[3. Глава 3. Программная реализация 20](#_Toc193144430)

[3.1. Структура проекта 20](#_Toc193144431)

[3.2. Основные программные компоненты 20](#_Toc193144432)

[Выводы по главе 21](#_Toc193144433)

[Заключение 22](#_Toc193144434)

[Список используемой литературы 23](#_Toc193144435)

# Введение

Мобильные игры с элементами микро-менеджмента и симуляции достаточно часто привлекают взор геймеров. По данным площадки VK Play [1] – 81% предпочитают мобильные игры, а популярность жанра «Симулятор» около 50%.

Одним из сложных и интересных процессов доступных к симуляции – управление воздушным пространством (УВД). Это представляет собой сложный и ответственный процесс, который требует высокой степени концентрации, анализа и быстрого принятия решений. Симуляторы УВД предоставляют уникальную возможность игрокам погрузиться в эту захватывающую сферу, позволяя им стать авиадиспетчерами и управлять движением самолетов в реальном времени (в вымышленном мире).

Игроки учатся анализировать ситуации, принимать решения под давлением и управлять многими задачами одновременно. Это создает интересный игровой процесс, который сочетает в себе элементы стратегии и тактики, а также микро-менеджмента.

Кроме того, такие игры способствуют развитию навыков планирования и управления ресурсами. Они позволяют игрокам взаимодействовать с различными сценариями, включая изменения погодных условий и непредвиденные ситуации, что делает игру более реалистичной и увлекательной. В результате мобильные симуляторы УВД становятся не только развлечением, но и полезным инструментом для тренировки аналитических и организационных способностей. Целью данной работы является разработка мобильного приложения – игры-симулятора программного терминала авиадиспетчера.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Анализ существующих решений;
2. Формирование требований к механикам симулятора;
3. Выбор методов и средств разработки;
4. Проектирование архитектуры;
5. Программная реализация программы (мобильного приложения);
6. Тестирование мобильного приложения на разных платформах;
7. Разработка технической документации;
   1. Глава 1. Предметная область и существующие решения

## Описание предметной области

Управление воздушным движением (УВД) представляет собой сложный и многогранный процесс, который включает в себя множество компонентов и этапов. Основная задача УВД заключается в обеспечении безопасного и эффективного перемещения воздушных судов (ВС) через контролируемые зоны, предотвращении столкновений и оптимизации потоков движения.

Основные процессы управления воздушным движением

1. **Мониторинг воздушной обстановки**: Диспетчеры УВД используют радиотехнические средства для отслеживания местоположения ВС, их высоты, скорости и направления движения. Это осуществляется с помощью радаров и других систем навигации, которые предоставляют актуальную информацию о состоянии воздушного пространства.
2. **Планирование траекторий**: на основе полученных данных диспетчеры разрабатывают оптимальные маршруты для каждого ВС. Это включает в себя определение высот полета, временных интервалов для перехода между секторами и планирование подхода к аэродромам. Важно учитывать не только текущую обстановку, но и прогнозируемые изменения, такие как погодные условия или изменения в расписании рейсов.
3. **Координация действий**: Диспетчеры должны взаимодействовать не только с экипажами ВС, но и с другими диспетчерами, работающими в смежных зонах. Это требует высокой степени координации и обмена информацией для обеспечения плавного перехода ВС из одной зоны ответственности в другую.
4. **Управление конфликтами**: В процессе управления могут возникать ситуации, когда два или более ВС находятся на потенциально конфликтующих траекториях. Диспетчеры должны быстро оценивать ситуацию и принимать решения для разрешения конфликтов, что может включать изменение высоты или курса одного из ВС.
5. **Обеспечение безопасности**: Безопасность является приоритетом в УВД. Диспетчеры следят за соблюдением норм эшелонирования и принимают меры для предотвращения опасного сближения ВС как по горизонтали, так и по вертикали. Также они предоставляют экипажам информацию о метеорологических условиях и других факторах, которые могут повлиять на безопасность полета.

Все это с разной степенью детализации процессов можно повторить в мобильном приложении, сохранив при этом увлекательность игры. Разработка мобильного симулятора авиадиспетчера позволит пользователям погрузиться в этот увлекательный мир, испытать на себе все аспекты управления воздушным движением и развить навыки критического мышления и принятия решений в стрессовых ситуациях. И конечно развлечь себя, находясь в аэропорту без интернета.

## Описание существующих решений

В основном симуляторы отличаются платформами и степенью казуальности (простоты), то есть точностью повторений механик реального программного терминала. Есть сложные дорогие 3D-симуляторы для персональных компьютеров с полным копированием функционала текущих терминалов авиадиспетчеров. (Прим. «Airpalette»[2], «towerSimulator3»[3])

Есть открытые проекты, разработанные энтузиастами для WEB. (openscope.io[4], atc-sim.com[5]) Есть казуальные игры для мобильных устройств, простые и неинтересные для взрослых энтузиастов, нету одного четкого представителя этих игр, так как создатели очень часто перевыпускают их под новым названием, удаляя старый экземпляр. В качестве примера для сравнительного анализа из мобильных симуляторов давайте возьмем «ATC 4.0»[5].

Для сравнения в качестве профессионального симулятора под Windows будем рассматривать «towerSimulator3», в качестве Web-решения рассмотрим atc-sim.com.

## Описание симулятора «towerSimulator3»

towerSimulator3— это профессиональный симулятор управления воздушным движением, разработанный компанией «FeelThere». Игра предназначена для платформы **ПК** и доступна через сервис Steam. Она сочетает в себе элементы стратегии и симуляции, предоставляя пользователям возможность погрузиться в реалистичную среду авиадиспетчерской работы. Стоимость игры варьируется время от времени от 30 до 60 долларов США. Это полноценный и профессиональный симулятор, на который можно равняться при разработке.

Основные функции и особенности:

* **Реалистичная симуляция УВД**: Управление воздушным движением с использованием инструментов и технологий, применяемых в реальной практике.
* **Современное распознавание голоса**: Возможность общения с виртуальными пилотами через голосовые команды.
* **Детализированные аэропорты**: В базовой версии доступно 9 аэропортов, включая KLAX (Лос-Анджелес), VIDP (Дели) и VRMM (Мале). Дополнительные аэропорты доступны в виде платных DLC.
* **Интуитивный 2D интерфейс**: Удобная навигация и управление воздушным движением через обновленный графический интерфейс, внутри 3D-мира.
* **Динамическое освещение**: Система освещения, адаптирующаяся к времени суток и погодным условиям, разработанная с использованием технологий из киноиндустрии.
* **3D вид из башни**: полностью смоделированная башня управления для наблюдения за взлетами и посадками самолетов.
* **Поддержка модификаций**: Возможность настройки цифровых полос, ливрей авиакомпаний, терминальных назначений и других параметров.
* **Использование в профессиональной подготовке**: Симулятор применяется для обучения реальных авиадиспетчеров.

**Платформа:**

* **ПК (Windows)**. Игра доступна исключительно через платформу Steam.

**Системные требования:**

Для комфортной работы требуется:

* Процессор: 3.5 GHz
* Оперативная память: 16 GB
* Видеокарта: 4 GB VRAM
* Широкополосное подключение к интернету
* Место на диске: ~20 GB

Tower! Simulator 3 это дорогое решение для качественного отдыха и тренировок. В нем реализованы все возможные механики УВД, в том числе радиообмен с участниками УВД.

## Описание веб-симулятора «atc-sim.om»

**ATC-Sim** — это один из самых реалистичных симуляторов терминала управления воздушным движением, доступный в обычном браузере на базе Chromium. Главный принцип управления в этом симуляторе "векторение", интерфейс примитивный, однако повторяет черты реальных терминалов . Симулятор требует от игроков умения быстро и эффективно принимать решения в условиях динамичного воздушного пространства.

Основные функции и особенности:

* **Интерактивный интерфейс**: Игра использует метки для отображения информации о каждом рейсе, включая номер рейса, высоту и скорость. Это позволяет игрокам быстро ориентироваться в воздушной обстановке.
* **Командная система**: В правой части экрана находится поле для ввода команд, которые адресуются конкретным рейсам. Команды включают:
  + Изменение высоты (например, SWR333 C 2 для установки высоты 2000 футов).
  + Указание магнитного курса (например, SWR333 C 090 для задания курса 90 градусов).
  + Направление на навигационную точку (например, SWR333 C WATFO).
  + Команды на посадку (SWR333 L 27R) и взлет (SWR333 T).
  + Установка скорости полета (например, SWR333 S 200 для установки скорости 200 миль в час).
* **Соблюдение правил эшелонирования**: Игроки должны следить за высотой и расстоянием между самолетами, чтобы избежать конфликтов. При нарушении этих правил метки на локаторе становятся красными, что требует немедленного вмешательства.
* **Список рейсов**: В правой части экрана отображается линейка с рейсами, находящимися под контролем игрока. Желтым цветом обозначены вылетающие рейсы, бежевым — прибывающие. Для каждого рейса указаны ключевые параметры, такие как высота и курс.
* **Учет ветра**: Игроки должны учитывать направление ветра при управлении взлетами и посадками; самолеты должны взлетать и садиться против ветра.

Платформы:

* **Веб-браузер (ПК)**. Игра доступна для игры прямо в браузере без необходимости установки дополнительных программ.

ATC-Sim предоставляет пользователям возможность погрузиться в мир управления воздушным движением с высокой степенью реализма. Игра подходит как для начинающих диспетчеров, так и для опытных пользователей, желающих улучшить свои навыки в управлении воздушным пространством. Игра бесплатна, с ограниченным набором аэропортов.

## Описание мобильного симулятора «ATC 4.0»

ATC 4.0 – платный казуальный игровой симулятор управления воздушным пространством посредством «векторения» воздушных судов траекторией заданной пальцем. Игра очень проста в освоении – главной ее целью является избежание конфликтных ситуаций и «векторение» по маршруту.

Игра не имеет реальных сходств с профессиональными программами и представялет собой лишь простой досуг. От названных выше аналогов ее отличает простота и динамика геймплея, но реалистичность и симуляция процесса крайне сомнительны. Эта игра крайне проста и во многом повторяет аналоги на мобильных маркетплейсах.

## Описание разрабатываемого решения «TouchDispatch»

Данный раздел представляет собой функциональные требования к разрабатываемому приложению-симулятору.

Игра разработана с учетом современных технологий и предоставляет два интерфейса: игровой и вне игровой, что обеспечивает удобство и доступность для пользователей.

Основные функции и особенности:

* **Два интерфейса**: Игра включает в себя интуитивно понятный игровой интерфейс и внеигровое меню, где пользователи могут выбирать уровни и настраивать параметры игры. Внеигровое меню также предоставляет доступ к учебному уровню, который знакомит игроков с основными правилами воздушного движения и инструкциями по взаимодействию с элементами игры.
* **Сценарные уровни**: Подготовленные разработчиком уровни игры, для отработки разных авиационных инцидентов и обучения в игре.
* **Настройка уровня «Песочница»**: Игроки могут настроить сложность, реалистичность и другие параметры в режиме «Песочница». Это позволяет адаптировать игру под собственные предпочтения и уровень навыков.
* **Интуитивный игровой интерфейс**: Интерфейс адаптирован для сенсорного управления на устройствах с диагональю экрана более 8 дюймов. Основные элементы управления представлены в виде кнопок и иконок, обеспечивая мгновенный отклик на действия пользователя. Управление в игре представлено механикой «векторение», а также выбором точек к которым должен лететь самолет.
* **Карта воздушного пространства**: Важным элементом игрового интерфейса является карта с трассами, точками и впп, и воздушным пространством, позволяющая игрокам отслеживать положение самолетов и управлять их движением.
* **Панель управления самолетами**: Игроки могут легко управлять основными командами, такими как взлет, посадка и маневры, через специализированную панель управления самолетами.
* **Сервисная панель**: вне игрового интерфейса предусмотрена сервисная панель для выхода из игры с сохранением прогресса, а также для настройки параметров игры, таких как яркость и громкость звука.
* **Объяснительный текст**: По нажатию на клавишу в отдельном окне выводится текст, объясняющий контекст игры и предоставляющий инструкции по использованию вне игрового интерфейса. Это делает игру более доступной для новых пользователей.

Платформы:

* **Мобильные устройства (iOS и Android)**. Игра оптимизирована для сенсорного управления на планшетах и смартфонах на обоих платформах.

TouchDispatch предлагает игрокам увлекательный и реалистичный опыт управления воздушным движением в комбинации с захватывающим несложным геймплеем. С возможностью настройки уровней сложности и интуитивно понятным интерфейсом игра подходит как для новичков, так и для опытных пользователей, стремящихся улучшить свои навыки в управлении воздушным пространством и развлечься. Игра должна быть некоторым промежуточным звеном между полной и сложной симуляцией и казуальными играми на мобильные устройства, которые есть сейчас.

## Анализ существующих решений

В Таблице 1 предоставлено сравнение существующих решений и разрабатываемого мобильного приложения.

*Таблица 1 – Сравнение существующих и разрабатываемого решений.*

| **Название** | **Уровни** | **Аэропорты** | **Реалистичность** | **Графика** | **Платформы** | **Цена** | ***Целевая аудитория*** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tower Simulator 3** | Реальные сценарии | Ограниченный набор реальных аэропортов | Высокая | 3D | ПК | $59.99 | *Профессионалы, хардкорные симуляторы* |
| **ATC-Sim.com** | Простые сценарии | Ограниченный набор реальных аэропортов | Выше среднего | 2D | Только Веб | Бесплатно | *Казуальные игроки, любители авиации* |
| **Казуальные мобильные игры(ATC 4.0)** | Простые уровни | Очень ограниченный, выдуманные аэропорты | Низкая | Простая 2D | Мобильные устройства | Бесплатно/дешево | *Казуальные игроки, мобильные пользователи* |
| **Touch Dispatch** | Реальные сценарии, песочница | Ограниченный набор сценариев с открытым кодом конструктора новых аэропорта | Выше среднего | 2D-реализм | Мобильные устройства | Бесплатно | *Энтузиасты, любители симуляторов, взрослые игроки* |

## Выводы по главе

В данной главе рассматривается предметная область и описываются проблемы игр-симуляторов УВД. Также производится обзор существующих решений и их функционала, а затем – обзор разрабатываемого решения в виде функциональных требований и сравнительный анализ между ними.

Далее дается описание архитектуры разрабатываемого приложения.

* 1. Глава 2. Проектирование приложения

Пользовательские сценарии

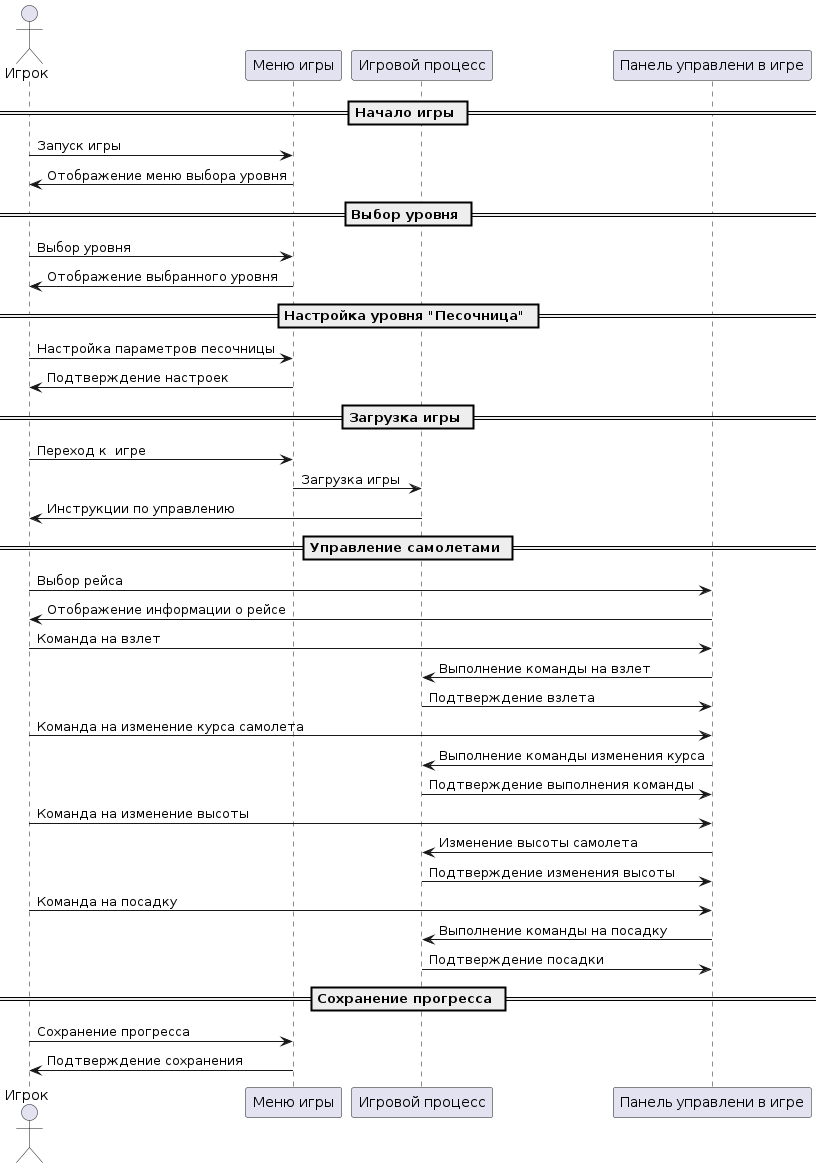
В текущем разделе представлен пользовательский сценарий разрабатываемого приложения, которые описывают взаимодействие между игрой и пользователем. Для удобства восприятия они изображены с помощью диаграммы прецедентов и языка моделирования UML [8].

Рисунок 1

На рисунке 1 показаны все сценарии взаимодействия пользователя с игрой.

## Архитектура приложения

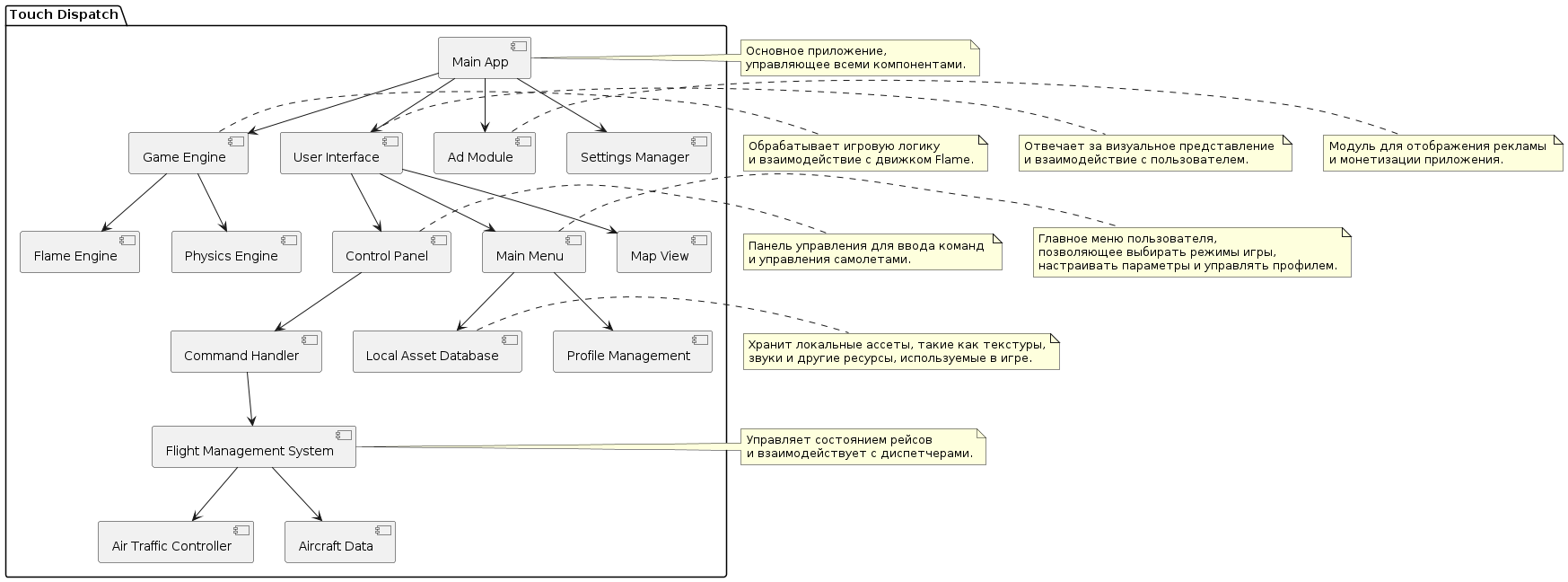


Рисунок 2

Описание диаграммы:

* **Основные компоненты**:
  + **Main App**: Основное приложение, управляющее всеми компонентами. Контроллер
  + **Game Engine**: Обрабатывает игровую логику и взаимодействие с движком Flame.
  + **User Interface**: Отвечает за визуальное представление и взаимодействие с пользователем.
  + **Settings Manager**: Управляет настройками приложения, яркость, звуки, соотношение сторон и разрешение экрана.
  + **Ad Module (Рекламный модуль)**: Сущность, отвечающая за интеграцию рекламы в приложение. Этот модуль может отображать баннеры или видеорекламу для монетизации игры. Также это модуль собирающий аналитику и отправляющий ее в Supabase.
  + **Main Menu (Главное меню пользователя)**: При входе в игру пользователю будет предложено главное меню, где он сможет:
    - **Выбрать режим игры**: Включает одиночный режим, многопользовательский режим и режим «Песочница».
    - **Настроить параметры**: Настройки звука, яркости, управления и других параметров игры.
    - **Управлять профилем**: Создание нового профиля, редактирование существующего или просмотр статистики.
  + **Local Asset Database (Локальная база данных ассетов)**: Хранит все необходимые ресурсы для игры, такие как текстуры, звуковые файлы и другие ассеты. Это позволяет быстро загружать ресурсы во время игры без необходимости постоянного обращения к удаленным серверам. В том числе играть без доступа к интернету
* **Подкомпоненты**:
  + **Flame Engine**: Движок, обеспечивающий графику и анимацию.
  + **Physics Engine**: Обрабатывает физику объектов в игре.
  + **Control Panel**: Панель для ввода команд и управления самолетами.
  + **Map View**: Отображает карту воздушного пространства.
  + **Command Handler**: Обрабатывает команды от игрока.
  + **Flight Management System**: Управляет состоянием рейсов и взаимодействует с диспетчерами.
  + **Air Traffic Controller**: Логика управления воздушным движением.
  + **Aircraft Data**: Данные о самолетах.

## Выбор методов и средств реализации

## Мобильное приложение

Разработка кроссплатформенной игры позволит снизить затраты на создание отдельных версий для различных мобильных платформ. Адаптация игры для широкого круга пользователей (Android, iOS) увеличит потенциальную аудиторию и возможности монетизации через внутриигровые покупки и рекламу.

Поэтому исходный код игры должен быть написан на языке Dart, с использованием фреймворка Flutter для кроссплатформенной разработки, в качестве основного пакета для разработки игры будет использоваться движок Flame.

Для разработки игры будут использоваться следующие программные средства:

* Dart SDK — основная среда разработки.
* Flutter — фреймворк для создания пользовательских интерфейсов.
* Flame — движок для создания 2D-игр.
* Supabase — для аналитики и хранения данных о пользователе.
* Git — для контроля версий.

## Распространение мобильного приложения

## Проект будет распространяться на площадках GooglePlay, Rustore и AppStore.

## Среды для разработки

В качестве интегрированной среды разработки программы должна быть использована среда Xcode вместе с «Android Studio» или Microsoft «Visual Studio Code».

## Выводы по главе

Данная глава содержит пользовательские сценарии симулятора, а также описывает архитектуру всего приложения.

# Глава 3. Программная реализация

В данной главе представлено описание программной реализации.

* + 1. **Структура проекта**

Проект реализован как кроссплатформенное игровое приложение с использованием следующего технологического стека:

* Фреймворк Flutter для создания пользовательского интерфейса
* Игровой движок Flame для реализации игровой механики
* Язык программирования Dart

Структура проекта организована следующим образом:

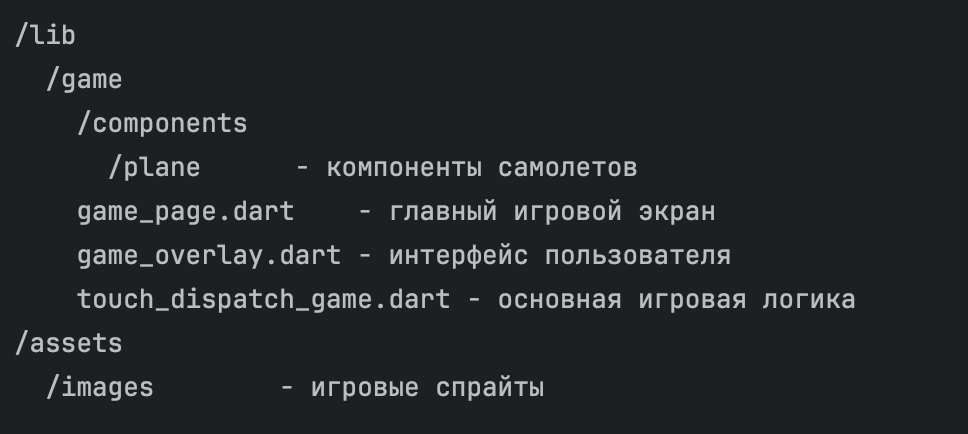


Рисунок 3

* + 1. Основные программные компоненты
* **TouchDispatchGame - центральный класс игры, наследующий FlameGame:** 
  + Управляет жизненным циклом игры
  + Отвечает за создание и удаление самолетов
  + Обрабатывает столкновения с взлетно-посадочной полосой
  + Реализует паузу/возобновление игры
* **GamePage - виджет Flutter, отвечающий за отображение игры:** 
  + Интегрирует игровой холст Flame
  + Добавляет пользовательский интерфейс поверх игры
* **GameOverlay - пользовательский интерфейс:** 
  + Отображает информацию о полетах
  + Содержит кнопку паузы
  + Обновляется при изменении состояния самолетов
* **PlaneEntity - компонент самолета:** 
  + Реализует физику движения самолета
  + Реализует физику управления полетом – скорость инерцию и векторение
  + Реализует контроль столкновений - CollisionRectangle
  + Управляет высотой полета в том числе с инерцией движения
  + Отображает номер рейса и текущую высоту

## Выводы по главе

В данной главе описана программная реализация системы управления воздушным движением. Разработанное решение полностью реализует поставленные требования:

Создание и управление самолетами

Отслеживание параметров полета

Пользовательский интерфейс для контроля воздушного движения

Система паузы/возобновления работы

Архитектура проекта обеспечивает хорошую масштабируемость и возможность дальнейшего расширения функционала.

# Заключение

В ходе выполнения дипломной работы была разработана мобильная игра, симулирующая работу авиадиспетчера, что позволило реализовать основные аспекты проектирования и разработки мобильных приложений на базе игрового движка Flame. Основное внимание было уделено созданию интуитивно понятного интерфейса, который легко воспринимается пользователем и соответствует современным требованиям к функциональности и надежности. Были рассмотрены и реализованы важные игровые механики, включая выбор уровня, настройки, процесс симуляции, и проверка их влияния на игровой процесс.

Одним из самых сложных аспектов разработки было использование движка Flame, который на данный момент всё еще находится на стадии активного развития и обладает ограниченным набором встроенных возможностей. Создание физики движений, анимаций и взаимодействий на базе данного движка потребовало разработки множества уникальных решений, так как стандартные библиотеки и модули Flame оказались недостаточными для реализации сложных механик, таких как drag-поведение (перетаскивание) и более реалистичная физика движений. Это значительно увеличило время разработки и добавило сложности, так как пришлось разрабатывать собственные алгоритмы, адаптировать существующие решения и тщательно тестировать каждый элемент для достижения стабильности и плавности взаимодействий.

Тем не менее, в результате проделанной работы была достигнута цель: разработан функциональный прототип игры с уникальными игровыми механиками, которые обеспечивают пользователям возможность погружения в процесс управления воздушным движением. Опыт разработки на Flame дал ценное понимание работы с новыми и нестабильными технологиями, что в будущем позволит эффективно разрабатывать и адаптировать подобные проекты под нужды мобильных игр и приложений.

Таким образом, проект демонстрирует, что, несмотря на ограничения движка и сложности, связанные с созданием новых механик, мобильные игры могут быть успешно разработаны на основе современных кроссплатформенных инструментов.

# Список используемой литературы

[1] А. Михеев, "Статистика VK Play: более 37 миллионов учетных записей игроков и 120 миллионов рублей инвестиций в разработчиков," WNHub, 29 декабря 2023 г. [Online]. Доступно: <https://wnhub.io/news/other/item-42686>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[2] «Airpalette,» [Online]. Доступно: <https://www.airpalette.com>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[3] "towerSimulator3," [Online]. Доступно: <https://www.towersimulator3.com>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[4] "openscope.io," [Online]. Доступно: <https://openscope.io>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[5] "atc-sim.com," [Online]. Доступно: <https://atc-sim.com>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[6] "ATC 4.0," [Online]. Доступно: <https://www.atc4.com>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[7] Scand, "Полное руководство по кроссплатформенной разработке игр в 2025 году," 5 февраля 2025 г. [Online]. Доступно: <https://scand.com/company/blog/cross-platform-game-development/>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[8] GameLight, "Важность кроссплатформенной совместимости для мобильных игр," 20 сентября 2024 г. [Online]. Доступно: <https://www.gamelight.io/post/the-importance-of-cross-platform-compatibility-for-mobile-games>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[9] FinClip, "Кроссплатформенная разработка мобильных игр: разблокировка универсальных игровых впечатлений," 16 августа 2024 г. [Online]. Доступно: <https://en.finclip.com/news/cross-platform-mobile-game-development-unlocking-universal-gaming-experiences.html>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[10] ALLSTARSIT, "Будущее кроссплатформенной разработки игр," 1 января 2024 г. [Online]. Доступно: <https://www.allstarsit.com/blog/the-future-of-cross-platform-game-development>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[11] «Обзор архитектуры Flutter," Flutter Documentation, 12 февраля 2025 г. [Online]. Доступно: <https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[12] «Flame Engine," Flame Engine, [Online]. Доступно: <https://flame-engine.org>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[13] «Flame | Flutter Package," pub.dev, 13 февраля 2025 г. [Online]. Доступно: <https://pub.dev/packages/flame>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[14] «Dart SDK," Dart SDK Documentation, [Online]. Доступно: <https://dart.dev/get-dart>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].

[15] «Supabase,» Supabase Documentation, [Online]. Доступно: <https://supabase.com/docs>. [Дата обращения: 19 февраля 2025 г.].