минобрнауки россии

федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий |
| наименование института (факультета) |
| Кафедра математического и программного обеспечения ЭВМ |
| наименование кафедры |

ОТЧЕТ

по Производственной практике (Научно-исследовательской работе)

Листов \_26\_

Студента Микуцких Г.А.,

группы 1ПИб-02-1оп-22

Место прохождения практики

Кафедра математического и программного обеспечения ЭВМ

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

|  |  |
| --- | --- |
| Руководитель практики от кафедры | МПО ЭВМ |
| Сальникова О.С., к.филол.н., доцент | |
| Руководитель практики от предприятия, организации, учреждения  (Ф.И.О., должность) | |
| Сальникова О.С., к.филол.н., доцент | |

2024 г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc183461275)

[Анализ предметной области, постановка задачи 5](#_Toc183461276)

[1. Изучение предметной области. 5](#_Toc183461277)

[2. Планирование работ по проекту. 8](#_Toc183461278)

[3. Выбор технологии и инструментальных средств реализации проекта. 9](#_Toc183461279)

[4. Анализ существующих технических решений. 13](#_Toc183461280)

[5. Подбор математического аппарата для реализации проекта. 15](#_Toc183461281)

[Заключение 21](#_Toc183461282)

[Список литературы 22](#_Toc183461283)

# Введение

1. Актуальность темы.

По надежности работы человек формально в значительной степени уступает другим звеньям цепи управления. Он быстро утомляется, качество его работы существенно зависит от большого числа внешних, в том числе психологических факторов. В среднем по статистическим оценкам вероятность отказов человека-оператора составляет половину вероятности отказов сложной системы в целом.

Проблема надежности действий человека изучена недостаточно, так как она зависит не только от индивидуальных особенностей и уровня его подготовки, но и от условий и методов работы, состояния нервной системы, особенно при воздействии стрессовых факторов. Однако при благоприятных условиях работы, благодаря ряду существенных преимуществ перед техническими средствами (возможность контроля обстановки всеми органами чувств, широкие ассоциации, предугадывание событий, способность к обучению, приспособление к изменению условий и т.д.), работа человека в системе управления может коренным образом улучшить ее качественные характеристики и надежность. Подобное улучшение достигается путём специальной подготовки операторов, обеспечением оптимальных условий труда, освобождением оператора от второстепенных операций и передачи их техническим средствам[2].

Обучение операторов АСУТП вкратце можно описать так: совмещение рабочего процесса с чтением теоретических материалов под присмотром наставника, а после – сдача экзамена у инструктора и технолога. Подобный подход является устаревшим, ведь появилось множество технологий, которые могут не только повысить качество обучения, но и ускорить его.

1. Проблема исследования.

В современном производственном процессе, особенно в контексте систем автоматизации технологических процессов, операторы сталкиваются с необходимостью быстрого и эффективного реагирования на критические ситуации. Традиционные методы обучения не всегда способны дать нужный опыт обучающемуся, что может снижать эффективность подготовки и повышать риски в производственном процессе. Необходимо создать систему, которая позволит эффективно подготовить будущих операторов разных направлений АСУТП к производству.

1. Цель исследования.

Целью исследования является изучение влияния VR-технологий на скорость и качество обучения операторов АСУТП.

1. Практическая значимость.

Многопользовательские виртуальные тренажёры позволят стажёрам отрабатывать взаимодействие с другими операторами и аппаратчиками под руководством инструктора. Адаптивное обучение с интеллектуальными учебниками обеспечивает индивидуальный подход, анализируя прогресс и меняя тип симуляций под уровень знаний обучающихся.

# Анализ предметной области, постановка задачи

# Изучение предметной области.

Тема ВКР: Использование VR-технологий в комплексе подготовки операторов АСУТП для повышения качества и скорости обучения.

Объектом исследования является комплекс (система) подготовки операторов АСУТП. Предметом исследования являются методы адаптивного обучения с использованием VR-технологий.

В настоящее время развитие технического, экономического, социального и других направлений невозможно представить без автоматизации тех или иных процессов. Их автоматизация строится на базе автоматизированных систем управления, сочетающих в себе различные датчики, приборы, исполнительные механизмы, агрегаты, микропроцессорные устройства и т. д.

Автоматизированная система управления (АСУ) – это комплекс программно-аппаратных средств, обеспечивающий автоматизированный сбор информации, ее обработку, передачу и хранение, необходимой для оптимизации управления в различных областях жизнедеятельности человека согласно принятым критериям. Сегодня АСУ применяются в различных сферах жизнедеятельности человека: в энергетике, транспорте, промышленности и т. п. Термин «автоматизированная» означает использование человеческого ресурса в такой системе. Другими словами, часть функций управления тем или иным процессом возлагается на человека [3].

Согласно ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабаты-вающих производств» стр. 7, пункт 2.12,

«Для приобретения практических навыков безопасного выполнения работ, предупреждения аварий и ликвидации их последствий на технологических объектах с блоками I и II категории взрывоопасности все рабочие и инженерно-технические работники, непосредственно занятые ведением технологического процесса и эксплуатацией оборудования на этих объектах, проходят курс подготовки с использованием современных технических средств обучения и отработки навыков (тренажеров, учебно-тренировочных полигонов и т.д.)».

И далее:

«С этой целью указанные организации должны иметь компьютерные тренажеры, включающие максимально приближенные к реальным динамические модели процессов и реальные средства управления (функциональные клавиатуры, графические экранные формы и т.д.).

Обучение и отработка практических навыков на компьютерных тренажерах должны обеспечивать освоение технологического процесса и системы управления, пуска, плановой и аварийной остановки в типовых и специфических нештатных и аварийных ситуациях» [4].

Специалист должен уметь решать вопросы в области построения АСУ ТП, как классификация и их виды, предъявляемые к ним требования согласно стандартам, разновидности их возможной архитектуры построения, ПЛК, предназначенные для автоматизации технологических процессов, ПО для ПЛК и рабочих мест операторов, управляющих различными процессами [3].

Виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR) и смешанная реальность (MR) — это мощные технологии, которые позволяют заменить реальную жизнь на восприятие виртуальной жизни, искусственным образом стимулируя наши чувства и обманывая наше тело в принятии другой версии реальности. Виртуальная реальность способна воздействовать на все органы чувств и тем самым сделать восприятие виртуального мира максимально естественным. Однако, максимальный объем информации, воспринимаемый человеком (от 80% до 90%), поступает от органов зрения, и поэтому основная задача систем виртуальной, дополненной и смешанной реальностей это формирование естественного изображения виртуального мира на сетчатке глаза человека [28].

Применения VR охватывают широкий спектр сфер. В области развлечений и игр пользователи могут стать частью захватывающих приключений, где они могут исследовать виртуальные миры и взаимодействовать с другими игроками. Такой уровень вовлеченности и реализма открывает новые горизонты для игровой индустрии и предоставляет игрокам невероятные возможности для развлечения.

Однако VR также находит применение в образовании и тренировках. С помощью виртуальных симуляций можно создавать сценарии для обучения, позволяя людям погружаться в реалистичные ситуации и развивать навыки в безопасной и контролируемой среде. Это особенно полезно в областях, где доступ к реальным тренировочным средам может быть ограничен или опасен [7].

Неоднозначность появления VR-технологий в нашей жизни хорошо описывает Джонатан Старк, эксперт в области мобильных технологий:

*Ставит ли виртуальная реальность под сомнение пребывание человека в определенном месте?*

*До появления сотовых телефонов звонящему не имело смысла спрашивать собеседника: «Эй, где ты?». Вы точно знали, где находится абонент: ведь вы звонили ему домой.*

*Но теперь, когда сотовые телефоны вошли в обиход, вы нередко отвечаете: «Здравствуйте. Извините, я в Старбаксе!», потому что звонящий далеко не всегда знает, где вы находитесь. Ведь вы уже не привязаны к своему дому в момент разговора.*

*Поэтому, когда я увидел демонстрацию виртуальной реальности, то представил себе, как я прихожу домой и вижу: моя жена, уложив детей, решила отдохнуть, села на диван и надела очки. Я подхожу к ней, трогаю за плечо и спрашиваю: «Эй, ты где?»*

*С виду это очень странно. Человек сидит прямо перед вами, но вы даже не догадываетесь, где он сейчас* [30].

# Планирование работ по проекту.

Этапы и их время разработки отображены на диаграмме Ганта на рис. 1.

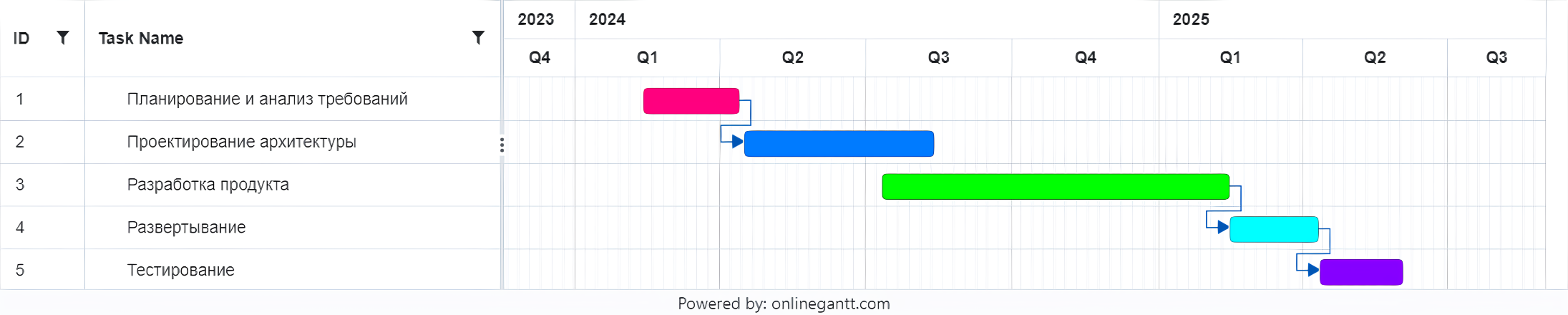


Рис. 1. Время разработки проекта

Общее время разработки: 16 месяцев (475 дней).

# Выбор технологии и инструментальных средств реализации проекта.

Для создания симуляций в VR-среде понадобятся инструменты, позволяющие создавать модели и взаимодействовать с ними в компьютерном пространстве, программировать поведение объектов и платформа, на которой будет обрабатываться симуляция.

Для создания и анимирования моделей можно использовать следующее:

* Unity Asset Store – магазин в котором можно приобрести ассеты для Unity, такие как 3D модели, звуки/музыка, наборы UI, шейдеры/частицы, наборы спрайтов, а так же инструменты [16];
* Blender – профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком [11];
* Maya – программа для трехмерного компьютерного моделирования, визуализации, моушн-графики, анимаций и виртуальной реальности [17];
* Mixamo – это онлайн-сервис от Adobe, который предоставляет инструменты для автоматического риггинга 3D-моделей и анимации персонажей, в том числе есть библиотека бесплатных готовых анимаций, которые подстроятся под разные модели [19];
* Recap360 – облачный сервис, позволяющий формировать 3D-модели по наборам фотографических снимков [20];
* Cascadeur — это автономное программное обеспечение для 3D-моделирования, которое позволяет создавать анимацию с ключевыми кадрами, а также очищать и редактировать импортированные файлы. Благодаря инструментам с поддержкой искусственного интеллекта и физике можно значительно ускорить процесс анимации и получить высококачественные результаты. Работает с файлами «.FBX», «.DAE» и «.USD», что упрощает интеграцию в любой рабочий процесс анимации [14].

В написании программ разработчики используют языки программирования, наиболее популярными из которых считаются:

* Python – применяют в области машинного обучения и искусственного интеллекта, в разработке веб-приложений, аналитике данных, программировании игр [10];
* С/C++ – подходят для разработки высоконагруженного программного обеспечения, игр, программ для роботов, обеспечивают высокую производительность благодаря низкоуровневым возможностям, оптимизированным компиляторам и доступу к аппаратным ресурсам [9, 13];
* C# – создан для разработки приложений под платформу .NET, используется для разработки корпоративных веб-сервисов, программ под Windows, нейросетей и виртуальной реальности [18].
* Kotlin – мультиплатформенный язык общего назначения, на котором можно писать нативные приложения для macOS, Windows и iOS, приложения на Java­Script и, конечно, приложения для Android [15].

Для создания симуляций в виртуальной среде наиболее популярными движками являются:

* Unity – кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр, позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие [21];
* Unreal Engine – набор инструментов для разработки игр (движок), имеющий широкие возможности: от создания двухмерных игр на мобильные устройства до AAA-проектов для консолей, подходит и для производства неигровых проектов в области архитектуры, строительства, автомобильной промышленности, медицины, кинематографа, анимации и других сфер [22-23];
* Flax Engine – высококачественный современный игровой движок для 3D-игр, написанный на C++ и C#, разработан для быстрого создания игр и содержит множество готовых к использованию функций [24];
* CryEngine – мощный игровой движок, поддерживающий Oculus Rift, Linux, HTC Vive, Windows PC, OSVR, PSVR, Xbox One и PlayStation 4. Ведётся работа по интеграции поддержки мобильных платформ [12];
* Godot – открытый кроссплатформенный 2D- и 3D-игровой движок, среда разработки которой запускается на Android, HTML5, Linux, macOS, Windows, BSD и Haiku и может экспортировать игровые проекты на ПК, консоли, мобильные и веб-платформы [25];
* SteamVR – платформа виртуальной реальности, предназначенная для обеспечения погружения в виртуальную реальность на широком спектре совместимого оборудования, а также обеспечивает гибкую среду как для разработчиков, так и для геймеров [26].

Данные игровые движки имеют схожий функционал и интерфейс. Они используют в основном языки программирования C# и C++. Платформы разработки включают персональные компьютеры, мобильные устройства на базе Android/IOS, а также целевые для нас VR-платформы.

Для запуска созданных симуляций существуют такие платформы:

* HTC Vive Pro 2 – профессиональный VR-шлем, обеспечивающий высокое разрешение и точное отслеживание движений, используемый как для игр, так и для коммерческих приложений [27];
* Oculus Quest 3 – один из самых популярных автономных VR-шлемов, предлагающий высокое качество изображения и поддержку множества приложений и игр [28];
* Valve Index – высококачественный VR-шлем с отличной частотой обновления и точностью отслеживания, популярный среди геймеров и разработчиков [27].

Для отладки существуют такие плагины:

* Oculus Debug Tool – инструмент для разработчиков, работающих с платформой Oculus, позволяет тестировать и отлаживать VR приложения, предоставляя доступ к различным настройкам и параметрам [31];
* VR Debug Plugin – набор инструментов для отладки VR-игры или приложения во время выполнения без необходимости снимать гарнитуру для использования клавиатуры и мыши, интегрируется с Unreal Engine и позволяет просматривать переменные актёров и диспетчеров событий, запускать команды консоли, перемещаться по карте, читать лог вывода и др. [32];
* UnityVRDebug – инструмент для визуализации отладки при разработке для VR в Unity, особенно полезен при разработке для Oculus Quest [33].

Для разработки данного проекта были выбраны ресурсы, которые не требовали финансовых вложений на всех стадиях разработки, имели большое количество документации и развитое сообщество пользователей:

* VR-платформа Oculus Quest 3 и отладчик для неё Oculus Debug Tool;
* Unity для разработки симуляций;
* Blender, Unity Asset Store, Mixamo и Cascadeur для создания трёхмерных моделей и анимаций для них.

Также были выбраны фреймворки, упрощающие разработку сетевой части и машинного обучения:

* фреймворк Unity Mirror для многопользовательского сетевого взаимодействия между операторами и инструкторами [34];
* фреймворк Unity ML-Agents Baracuda с набором инструментов машинного обучения для обучения «агента», анализирующего прогресс и адаптирующего задания под уровень пользователя [35].

# Анализ существующих технических решений.

Существующие технические решения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица аналогов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Существующее ПО | Преимущества | Недостатки |
| Honeywell's UniSim® Training Solutions | • широкий спектр инструментов для моделирования и обучения;  • возможность настройки сценариев тренировок под специфические нужды предприятий. | • может быть сложным в освоении для новых пользователей;  • не предусматривает многопользовательский режим. |
| Siemens' SIMIT Simulation Framework | • гибкость в моделировании и тестировании без риска для реального оборудования;  • поддерживает интеграцию с различными системами управления и PLM-системами. | • фокусируется больше на автоматизации, чем на операторской тренировке;  • отсутствие многопользовательской поддержки. |
| Schneider Electric's EcoStruxure Operator Training Simulators | • интеграция с EcoStruxure для обучения на реальных данных и сценариях;  • поддержка энергоэффективности и устойчивости в тренировочных модулях. | • больше ориентирован на энергетические и инфраструктурные объекты;  • ограниченная поддержка многопользовательской среды. |

Задача: сделать ПО, имеющее широкий спектр инструментов для моделирования и обучения, использующее VR-технологии, поддерживающее многопользовательский режим и автоматически создающее сценарии, с возможностью добавления новых ситуаций без изменения ядра и возможной модернизацией в будущем.

Требования к разрабатываемому решению представлены в табл. 2.

Таблица 2

Требования к достигаемым техническим результатам

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование показателя | Исходный уровень | Требуемый уровень |
| 1 | Время обучения до достижения квалификации | 240 часов | 150 часов |
| 2 | Требования к вычислительным ресурсам для работы тренажёра | Тренажёр работает на HTC VIVE Pro 2 Full Kit | Тренажёр работает на VR Oculus Quest 3 |

Разрабатываемая техническая система: VR-тренажёр с набором симуляций.

Функциональные блоки ТС:

* модуль VR-симуляции;
* модуль создания ситуации: анализ действий пользователя, оценка уровня освоения материала и адаптация сложности сценариев;
* модуль аналитики: сбор данных о поведении оператора во время тренировочных сессий, предоставление обратной связи и рекомендации для улучшения навыков;
* база данных сценариев и моделей: хранение информации о технологических процессах, потенциальных аварийных ситуациях и методиках их устранения для использования в тренировочных сценариях;
* интерфейс пользователя: предоставление доступа к выбору сценариев обучения, настройкам VR-тренажера и инструкциям по эксплуатации.

# Подбор математического аппарата для реализации проекта.

Современные виртуальные тренажеры для операторов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) опираются на комплексный математический аппарат, обеспечивающий высокую точность моделирования и адаптивность. Для решения нужно использовать:

* существующие методы обучения и дополнить/преобразовать их виртуальными тренировками для отработки получаемых знаний на как можно больших примерных ситуациях их обширной база данных;
* продвинутые алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа действий операторов и адаптации учебного процесса;
* продвинутые алгоритмы графического рендеринга.

В этом разделе будет рассмотрен основной математический аппарат, используемый в разработке тренажера, включая использование нейронных сетей Колмогорова-Арнольда (KAN), сплайнов, методов управления, таких как ПИД-контроллеры, и марковских сетей для моделирования критических ситуаций.

Одной из важнейших составляющих математического аппарата виртуального тренажера являются *Колмогорово-Арнольдовы сети* (KAN), разработанные на основе теоремы представления Колмогорова-Арнольда. Эти сети представляют собой перспективную альтернативу многослойным персептронам (MLP). Главная особенность KAN заключается в использовании обучаемых функций активации на связях (“весах”) вместо фиксированных функций активации на нейронах, как это делается в MLP. Каждая связь в KAN представляет собой функцию, параметризованную с помощью сплайнов, что позволяет значительно увеличить гибкость и интерпретируемость модели.

В отличие от традиционных MLP, в KAN полностью отсутствуют линейные веса, что повышает их адаптивность и точность в решении задач моделирования. Каждый вес в KAN заменяется унарной функцией, параметризованной в виде сплайна. Это позволяет KAN эффективно представлять как низкоразмерные, так и высокоразмерные функции, избегая проблемы «проклятия размерности» (curse of dimensionality), которое характерно для MLP. Таким образом, KAN может более точно моделировать процессы, происходящие в АСУТП, что позволяет операторам тренажера получать более реалистичные и детализированные сценарии.

Математическая модель KAN включает следующее уравнение для описания зависимостей между входными и выходными параметрами системы:

(1)

где — выходной сигнал системы, ​ — значение -го входного параметра, а — обучаемая функция активации, параметризованная с помощью сплайна.

Функция в KAN может быть представлена с использованием B-сплайнов следующего вида:

(2)

где — базисная функция B-сплайна, а ​ — коэффициенты, которые обучаются в процессе оптимизации.

Для оптимизации параметров KAN используется метод градиентного спуска, цель которого — минимизация функции ошибки:

(3)

где — истинное значение, ​ — предсказанное значение, а — количество наблюдений.

Сплайны занимают важное место в математическом аппарате тренажера, так как они используются для построения непрерывных и гладких функций, которые могут описывать процессы с высоким уровнем точности. В данном контексте сплайны применяются для параметризации функций активации в KAN и для интерполяции данных, таких как температурные графики, давление и другие параметры технологического процесса.

В Unity для реализации сплайнов используется класс AnimationCurve, который позволяет создавать ключевые точки и задавать кривые, описывающие изменения параметров с течением времени. После обучения KAN в Python полученные кривые экспортируются и реализуются в Unity с использованием AnimationCurve. Сплайны в Unity представлены в виде набора ключевых кадров (keyframes), каждый из которых задается временем и значением:

(4)

где ​ — время, а — значение в момент времени ​. Кривая интерполируется на основе этих ключевых кадров с использованием кусочно-гладкой функции, которая обеспечивает непрерывность и гладкость первой производной. В Unity поддерживается несколько типов сплайнов, включая линейные, катмулл-ромовские и B-сплайны, что позволяет гибко настраивать параметры кривых для моделирования различных процессов.

Для управления технологическими процессами в тренажере используются *пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) контроллеры*. Они являются основным инструментом для поддержания стабильности процессов, таких как контроль температуры, давления и уровня жидкостей в резервуарах. ПИД-контроллеры позволяют автоматически регулировать параметры системы на основе отклонений от заданного значения. С математической точки зрения, ПИД-контроллер представляет собой систему, в которой управляющее воздействие рассчитывается как сумма трех составляющих:

* Пропорциональная составляющая (P) — пропорциональна текущей ошибке системы:

(5)

* Интегральная составляющая (I) — учитывает накопленную ошибку во времени и позволяет устранить постоянные смещения:

(6)

* Дифференциальная составляющая (D) — учитывает скорость изменения ошибки и предотвращает резкие изменения в системе:

(7)

Итоговое управляющее воздействие u(t)u(t)u(t) рассчитывается как сумма всех трех составляющих:

(8)

Для настройки коэффициентов и применяется *метод Зиглера-Николса*, который заключается в итеративном увеличении коэффициента ​ до тех пор, пока система не начнет колебаться с постоянной амплитудой. После этого определяется период колебаний , и коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

(9)

(10)

(11)

где — критическое значение коэффициента пропорциональности.

Использование ПИД-контроллеров в виртуальном тренажере позволяет моделировать работу реальных промышленных систем управления и обучать операторов эффективным стратегиям стабилизации технологических процессов. Для настройки коэффициентов ПИД-контроллера применяется итеративный метод, который позволяет оптимизировать параметры, исходя из динамических характеристик управляемого объекта. Итеративность важна для точного подбора коэффициентов, так как каждый процесс в промышленности обладает уникальными характеристиками, и один набор параметров может не подходить для всех ситуаций.

Итеративные методы играют важную роль в обучении моделей и в процессе настройки контроллеров. В контексте KAN итеративные методы используются для оптимизации сплайновых функций активации, обеспечивая их точное соответствие данным. Родход заключается в применении градиентного спуска, который позволяет минимизировать ошибку модели путем корректировки параметров на каждом шаге обучения. Благодаря использованию сплайнов итеративный процесс обучения становится более гибким, каждый параметр сплайна может адаптироваться локально, что повышает общую точность модели.

Итеративность также применяется в работе самого тренажера для выполнения пошагового вычисления параметров системы. Каждый временной шаг симуляции представляет собой итерацию, в ходе которой обновляются значения всех ключевых переменных, таких как состояние клапанов, давление и температура в системе. Это позволяет моделировать сложные процессы в реальном времени, что особенно важно для создания реалистичных сценариев работы операторов.

Использование исторических данных также является важным аспектом работы тренажера. На основе накопленных данных о технологическом процессе можно обучать нейронные сети и адаптировать модели для более точного прогнозирования и управления. Например, исторические данные о работе оборудования могут быть использованы для создания моделей, предсказывающих выход оборудования из строя, что позволяет операторам принимать меры заранее.

*Марковские сети* используются для создания и моделирования критических ситуаций в тренажере. Эти сети позволяют генерировать сценарии, в которых система может переходить из одного состояния в другое с определенной вероятностью. Например, можно смоделировать вероятности возникновения отказов оборудования или аварийных ситуаций на основе текущих данных и статистики. Марковская сеть описывается следующими элементами:

* Множество состояний где каждое представляет конкретное состояние системы.
* Матрица переходов , где — вероятность перехода из состояния в состояние

Вероятность перехода из состояния ​ в состояние ​ определяется следующим образом:

(12)

— состояние системы в момент времени .

Марковская модель позволяет описывать вероятностные переходы между состояниями, что полезно для моделирования неожиданных событий, которые могут происходить в процессе управления технологической установкой. Эти сценарии помогают операторам учиться реагировать на критические ситуации, что значительно улучшает их навыки и готовность к работе в реальных условиях [36-46].

# Заключение

В ходе практики были получены следующие выводы:

1. Длительность реализации проекта – 16 месяцев
2. Платформа разработки – VR Oculus Quest 3.
3. Среда разработки – Unity.
4. Используемый язык программирования – C#.

Для реализации поставленной задачи был использован математический аппарат: нейронные сети Колмогорова-Арнольда (KAN), сплайны, методы управления, такие как ПИД-контроллеры, и марковские сети.

Явным показателем успеха результатов является снижение расходов, повышение качества и скорости обучения специалистов и снижение количества возникающих критических ситуаций, а в случае возникновения таковых – их оптимальное решение с минимумом негативных последствий.

Рынок виртуальной и дополненной реальности стремительно развивается. Это открывает широкие возможности для внедрения нашего ПО в различные отрасли, не ограничиваясь рамками предприятия.

# Список литературы

1. Методика и организация самостоятельной работы студентов / Е.В. Ершов, д-р техн. наук, проф.; Л.Н. Виноградова, канд. техн. наук; В.В. Селивановских, канд. техн. наук, доцент; О.Л. Селяничев, канд. техн. наук, доцент; О.В. Юдина, канд. техн. наук; И.А. Варфоломеев, канд. техн. наук; Е.В. Майтама; О.С. Сальникова; Н.Е. Сивков; вед. ред. Г.В. Иванова, вед. тех. редактор М.Н. Авдюхова Е.В. – ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет» 162600 г. Череповец, пр. Луначарского, 5., 2015. – 243 c.
2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами Учебное пособие / К.Н. Лебедев.–Зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008–117с.
3. Программное обеспечение автоматизированных систем управления технологическими процессами: учебное пособие / С.В. Ефимов, М.И. Пушкарев, А.С. Фадеев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 128 с.
4. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. / Федоров Ю.Н.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 стр., 12 ил.
5. Автоматизированные системы управления: учеб. пособие / И.В. Ковалев, В.В.Лосев, и др.; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2016. – 240 с.
6. Виртуальная реальность в Unity. / Джонатан Линовес, пер. с англ. Рагимов Р. Н. — М.: ДМК Пресс, 2016. - 316 с.: ил.
7. Программирование для виртуальный и дополнительной реальности / Джеймс Девис – 2024. – 527 с.
8. C# 10 и .NET 6. Современная кросс-платформенная разработка. / Марк Прайс — СПб.: Питер, 2023. – 1588.
9. Что такое языки программирования и какие они бывают. – Электронный ресурс. – URL: https://ru.hexlet.io/blog/posts/yazyki-programmirovaniya (25.11.24)
10. Python. Лучшие практики и инструменты. / Михал Яворски, Тарек Зиаде — СПб.: Питер, 2021.
11. Blender – Википедия. – Электронный ресурс. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Blender (25.11.24)
12. 80+ лучших инструментов для разработчиков VR и AR. – Электронный ресурс. – URL: https://dzen.ru/a/XdBKAAQjYxFeMIaM (25.11.24)
13. Язык С. Мастерство программирования. Принципы, практики и паттерны / Прешерн К., пер. с англ. А. Н. Слинкина – М.: ДМК Пресс, оформление, перевод на русский язык, издание, Books.kz2023. – 300 с.: ил.
14. Cascadeur - the easiest way to animate AI-assisted keyframe animation software. – Электронный ресурс. – URL: https://cascadeur.com/ (25.11.24)
15. Kotlin. Программирование для профессионалов. 2-е изд. / Джош Скин, Дэвид Гринхол, Эндрю Бэйли — СПб.: Питер, 2022.
16. Что такое Unity Asset Store и как на нем зарабатывать? – Электронный ресурс. – URL: https://habr.com/ru/articles/525050/ (25.11.24)
17. Maya от Autodesk - что это за программа для создания 3D-анимации]. – Электронный ресурс. – URL: https://media.contented.ru/glossary/maya/ (25.11.24)
18. Изучаем C# через разработку игр на Unity. 5-е издание. / Ферроне Харрисон — СПб.: Питер, 2022. — 400 с.: ил.
19. Использование Mixamo для автоматизации риггинга. – Электронный ресурс. – URL: https://sky.pro/wiki/gamedev/ispolzovanie-mixamo-dlya-avtomatizacii-rigginga/ (25.11.24)
20. Autodesk ReCap 360. – Электронный ресурс. – URL: https://cad.ru/support/bz/archive/55/autodesk-recap-360/ (25.11.24)
21. Unity – Википедия. – Электронный ресурс. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Unity (25.11.24)
22. Туториал по Unreal Engine. Часть 1: знакомство с движком / Хабр. – Электронный ресурс. – URL: https://habr.com/ru/articles/344394/ (25.11.24)
23. Unreal Engine: что это такое и как используется в разработке игре / Skillbox Media. – Электронный ресурс. – URL: https://skillbox.ru/media/gamedev/chto-takoe-unreal-engine-istoriya-razvitiya-preimushchestva-i-klyuchevye-funktsii/ (25.11.24)
24. FlaxEngine/FlaxEngine: Flax Engine – multi-platform 3D game engine. – Электронный ресурс. – URL: https://github.com/FlaxEngine/FlaxEngine (25.11.24)
25. Godot — Википедия. – Электронный ресурс. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Godot (25.11.24)
26. Виртуальная реальность (документация Steamworks. – Электронный ресурс. – URL: https://partner.steamgames.com/doc/features/steamvr (25.11.24)
27. Платформы и устройства для AR VR в 2024 году | LikeVR. – Электронный ресурс. – URL: https://likevr.ru/wiki/platformy-i-ustrojstva-dlya-ar-vr-v-2024-godu/ (25.11.24)
28. ТОП VR-шлемов в 2024 | AVATAR GAMES. – Электронный ресурс. – URL: https://avatargames.ru/news/vse-o-vr/vr-shlemy-kto-korol-virtualnoj-realnosti/ (25.11.24)
29. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности Учебное пособие. / Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С., Меженин А.В., Богатырев В.А. – Санкт- Петербург: Университет ИТМО. 2018. – 59 с.
30. Виртуальная реальность в Unity. / Джонатан Линовес, пер. с англ. Рагимов Р. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.: ил.
31. Инструменты для разработки VR/AR игр. – Электронный ресурс. – URL: https://sky.pro/wiki/gamedev/instrumenty-dlya-razrabotki-vrar-igr/ (25.11.24)
32. VR Debug Plugin in Code Plugins - UE Marketplace. – Электронный ресурс. – URL: https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/vr-debug-plugin (25.11.24)
33. platinio/UnityVRDebug: tool for visualize debugs when developing for VR in Unity. – Электронный ресурс. – URL: https://github.com/platinio/UnityVRDebug (25.11.24)
34. Mirror Networking – Open Source Networking for Unity. – Электронный ресурс. – URL: https://mirror-networking.com/ (25.11.24)
35. Introduction to Barracuda | Barracuda | 1.0.4. – Электронный ресурс. – URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.barracuda%401.0/manual/ (25.11.24)
36. Разбор статьи про KAN – принципиально новую архитектуру нейросетей | Data Secrets. – Электронный ресурс. – URL: https://datasecrets.ru/articles/9 (25.11.24)
37. Революционный подход к нейросетям: рассказываем про KAN (Kolmogorov-Arnold Networks) / Хабр. – Электронный ресурс. – URL: https://habr.com/ru/articles/820891/ (25.11.24)
38. Что такое сети Колмогорова-Арнольда - Как KAN улучшают обучение Graph - Tproger. – Электронный ресурс. – URL: https://tproger.ru/articles/chto-takoe-seti-kolmogorova-arnolda-i-kak-oni-uluchwayut-obuchenie-graph- (25.11.24)
39. Сети Колмогорова-Арнольда: новый «старый» шаг к интерпретируемому ИИ / Хабр. – Электронный ресурс. – URL: https://habr.com/ru/articles/843234/ (25.11.24)
40. На практике пробуем KAN – принципиально новую архитектуру нейросетей / Хабр. – Электронный ресурс. – URL: https://habr.com/ru/articles/812147/ (25.11.24)
41. Сети Колмогорова-Арнольда (KANs): Новая эра понятности и точности в глубоком обучении – saile.ru. – Электронный ресурс. – URL: https://saile.ru/сети-колмогорова-арнольда-kans-новая-эра/ (25.11.24)
42. Улучшение интерпретируемости и производительности нейронных сетей с помощью волнового метода в сетях Колмогорова-Арнольда (Wav-KAN) – FlyCode IT Решения. – Электронный ресурс. – URL: https://flycode.ru/улучшение-интерпретируемости-и-прои-ai/ (25.11.24)
43. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. – Электронный ресурс. – URL: https://www.cta.ru/articles/cta/spravochnik/v-zapisnuyu-knizhku-inzhenera/125122/ (25.11.24)
44. PID Tuning Guide. – Электронный ресурс. – URL: https://tlk-energy.de/blog-en/practical-pid-tuning-guide (25.11.24)
45. Просто о PID-регулировании. – Электронный ресурс. – URL: https://www.cta.ru/articles/cta/spravochnik/v-zapisnuyu-knizhku-inzhenera/124336/ (25.11.24)
46. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИД-РЕГУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕАЭРАТОРОМ – тема научной статьи по компьютерным и информационным наукам читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка. – Электронный ресурс. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-imitiruyuschih-pid-regulyator-dlya-upravleniya-deaeratorom (25.11.24)