

УДК 004.94:004.65:621.311.22

***МОДЕЛИ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АНАЛИЗА ВЫПОЛНЕНИЯ  
УЧЕБНОГО СЦЕНАРИЯ В ВИРТУАЛЬНОМ ТРЕНАЖЁРЕ ТЭЦ***

***Харунов Р. Р.***

*студент,*

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,*

*Уфа, Россия*

***Галиев Б. В.***

*студент,*

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,*

*Уфа, Россия*

***Каримов Р. Р.***

*к.т.н., доцент,*

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,*

*Уфа, Россия*

**Аннотация**

В статье представлены модели и программные средства анализа выполнения учебного сценария в виртуальном тренажёре ТЭЦ. Рассмотрена организация информационного сопровождения, связывающая эталонную последовательность операций, действия обучаемого, результаты этапов и данные инструктора. Приведены функциональное описание процесса, диаграмма прецедентов, информационная модель, алгоритм регистрации и классификации действий, а также архитектура программного обеспечения. Показана практическая реализация входа обучаемого, отображения текущей цели и контрольного списка, формирования итогового результата, работы кабинета инструктора и экспорта отчёта. Предложенный подход позволяет

Дневник науки | [www.dnevnikaui.ru](http://www.dnevnikaui.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

восстановить ход попытки, выделить ошибки по типам, рассчитать итоговый балл и подготовить рекомендации для разбора результатов обучения.

**Ключевые слова:** виртуальный тренажёр; ТЭЦ; учебный сценарий; анализ действий; регистрация событий; информационная модель; алгоритм; Unity; база данных; кабинет инструктора.

***MODELS AND SOFTWARE TOOLS FOR ANALYZING TRAINING  
SCENARIO PERFORMANCE IN A VIRTUAL CHP PLANT SIMULATOR***

***Kharunov R. R.***

*student,*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Ufa, Russia*

***Galiev B. V.***

*student,*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Ufa, Russia*

***Karimov R. R.***

*PhD, Associate Professor,*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Ufa, Russia*

**Abstract**

The article presents models and software tools for analyzing training scenario performance in a virtual simulator for combined heat and power plant personnel. The proposed information support links the reference sequence of operations, trainee actions, step results, and instructor data. A functional description of the process, a use case diagram, an information model, an action logging and classification algorithm,

and the software architecture are presented. The implementation covers trainee login, display of the current objective and control list, generation of the final result, operation of the instructor interface, and report export. The approach makes it possible to reconstruct an attempt, classify errors, calculate a final score, and prepare recommendations for reviewing training results.

**Keywords:** virtual simulator; combined heat and power plant; training scenario; action analysis; event logging; information model; algorithm; Unity; database; instructor interface.

### Введение

Практическая подготовка оперативного персонала ТЭЦ включает изучение нормативных документов, стажировку, дублирование, противоаварийные тренировки и отработку переключений под контролем инструктора. Общий порядок работы с персоналом электроэнергетических организаций установлен отраслевыми правилами [8]. Реальное оборудование при этом остается частью действующего технологического объекта. Поэтому повторение операций ограничивается требованиями безопасности, текущим состоянием оборудования и производственным режимом станции.

Виртуальный тренажёр позволяет воспроизводить помещения, оборудование и последовательности действий без воздействия на действующий объект. Подобные решения применяются для безопасной отработки производственных операций, в том числе для обучения работе со сложным оборудованием и выполнения регламентированных процедур [5; 11].

Одной трёхмерной модели для разбора занятия недостаточно. Нужно знать, куда обучаемый переходил, какие объекты выбирал, в каком положении оставлял органы управления и сколько времени занимал каждый этап. Эти записи образуют цифровой след попытки и помогают объяснить полученный результат [1].

В предыдущих исследованиях были предложены системные модели подготовки операторов ТЭЦ и рассмотрено применение игровых технологий в тренажёрном обучении [6; 12]. В этой статье решается более узкая задача: сохранить ход конкретной попытки и представить его так, чтобы обучаемый понял свои ошибки, а инструктор мог проследить их по этапам.

### **Организация практического обучения и информационного сопровождения**

Обычное практическое занятие начинается с задания, которое инструктор готовит по технологическим и нормативным документам. Перед работой он объясняет порядок операций и требования безопасности, затем наблюдает за обучаемым и при необходимости останавливает или исправляет его действия. Итог чаще всего разбирают по записям и личным наблюдениям. Этого достаточно для общей оценки, но по таким данным трудно точно восстановить ход нескольких попыток, особенно если ошибки допущены в разных помещениях или на разных объектах. Общая схема такого обучения показана на рисунке 1.

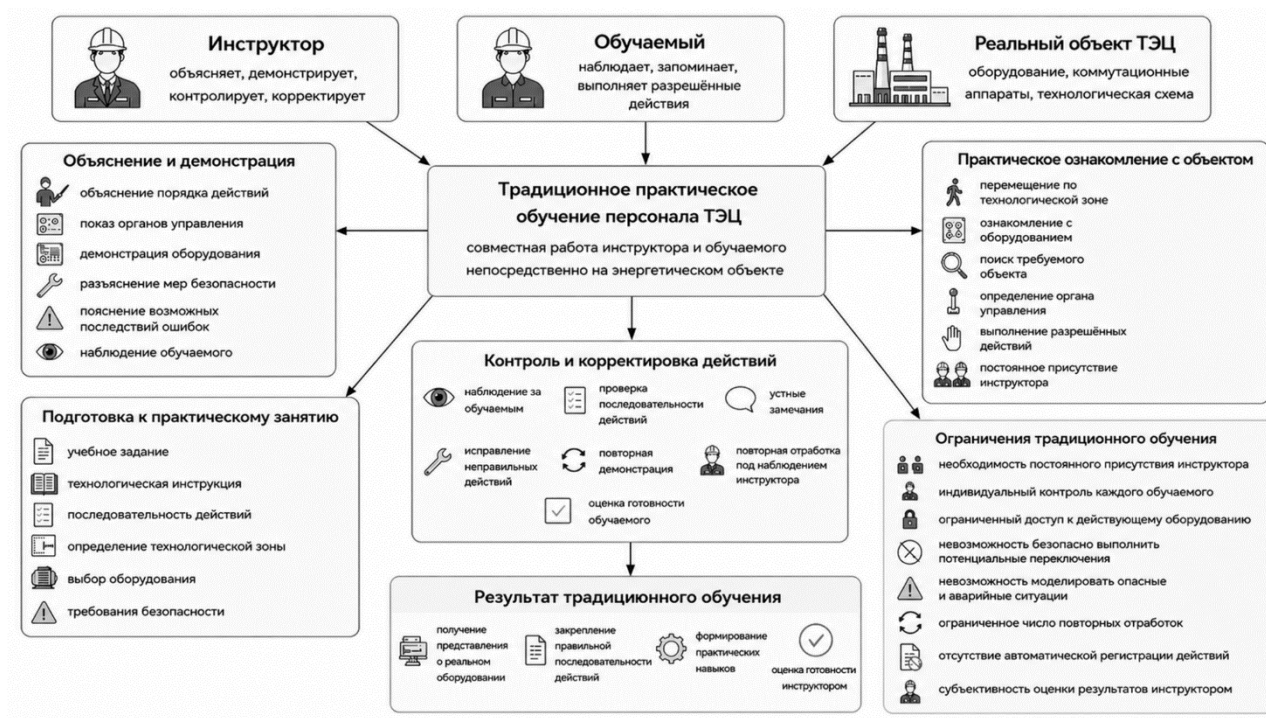


Рисунок 1 – Схема традиционного практического обучения персонала ТЭЦ  
(авторский рисунок)

В виртуальном тренажёре ход занятия можно фиксировать без дополнительных записей со стороны инструктора. Система заранее загружает сценарий, создаёт попытку, принимает действия от объектов сцены, сравнивает их с эталоном и сохраняет результат. После завершения эти данные становятся доступны обучаемому и инструктору. Общая схема информационного сопровождения показана на рисунке 2.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

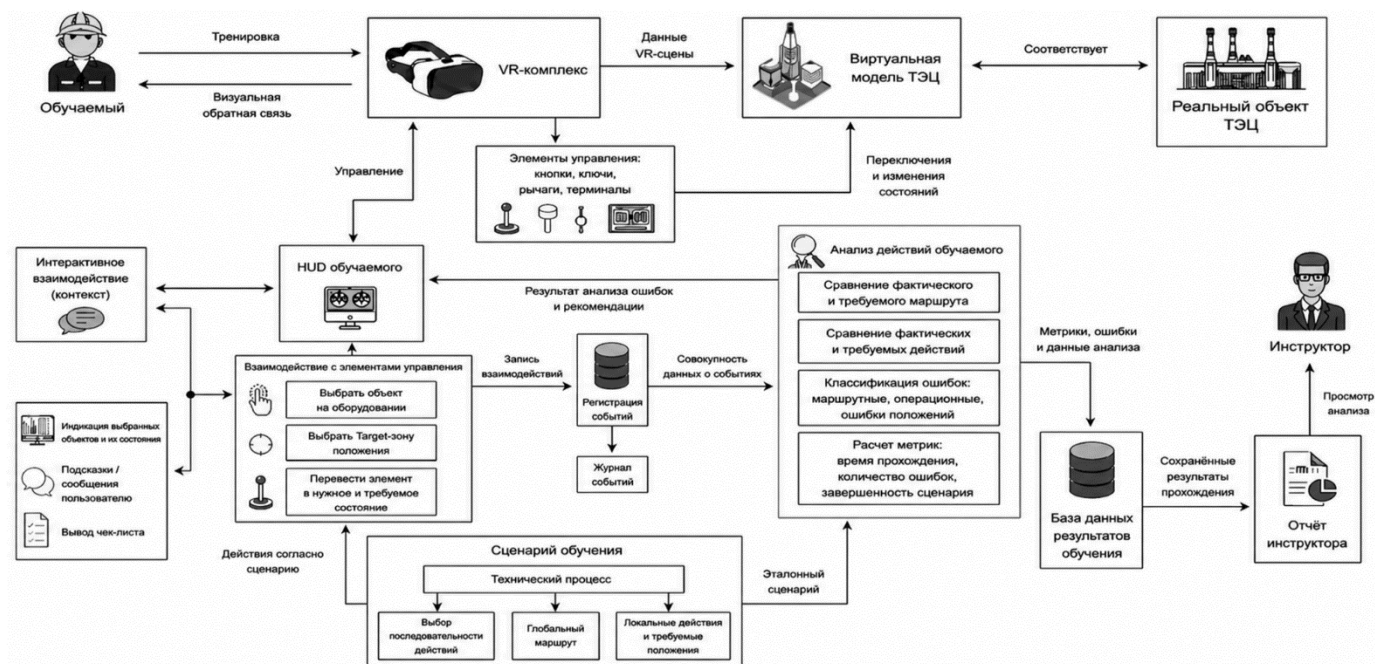


Рисунок 2 – Схема информационного обеспечения процесса обучения персонала ТЭЦ с применением виртуального тренажёра (авторский рисунок)

Сценарный модуль задаёт последовательность этапов и ожидаемых действий. Модуль виртуальной сцены предоставляет пространство, в котором обучаемый перемещается между зонами и взаимодействует с оборудованием. Модуль регистрации получает сведения о фактическом действии. Аналитический контур сопоставляет их с текущим требованием сценария. После проверки обновляются контрольный список, показатели попытки и журнал событий. Сформированные данные поступают в базу результатов, итоговое окно и кабинет инструктора.

Разделение функций между модулями имеет практическое значение. Интерактивный объект не должен самостоятельно рассчитывать общий результат. Он передаёт идентификатор и фактические параметры действия. Правило проверки хранится в сценарии, а накопление показателей выполняется отдельным аналитическим компонентом. Такая организация упрощает добавление новых объектов и позволяет применять одинаковую схему анализа в Дневник науки | [www.dnevnika.ru](http://www.dnevnika.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

разных зонах ТЭЦ. Разделение ответственности между компонентами также облегчает групповую разработку виртуального тренажёра [15].

### **Функциональное представление процесса**

Функционально процесс начинается с формирования контекста попытки. В систему поступают сведения об обучаемом, выбранный учебный сценарий, данные о текущем состоянии виртуальной сцены и фактические действия пользователя. Порядок прохождения задают бланк переключений, технологическая инструкция и правила обучения. Выполнение обеспечивают сценарный менеджер, интерактивные объекты, регистратор событий, аналитический модуль и база результатов. На выходе формируются запись попытки, результаты отдельных этапов, журнал действий, итоговый балл и рекомендации.

Внутренний цикл начинается в момент, когда обучаемый входит в зону или взаимодействует с оборудованием. Регистратор создаёт событие, добавляет к нему время, идентификатор попытки и номер текущего этапа. Затем аналитический модуль сравнивает фактическую зону, выбранный объект, тип действия и положение органа управления с требованием сценария. При совпадении параметров действие признаётся правильным, а при расхождении определяется категория ошибки.

Результат проверки используется сразу несколькими компонентами. Интерфейс получает сообщение для обучаемого, сценарный модуль решает, можно ли переходить к следующему действию, а база сохраняет исходные и вычисленные данные. После завершения этапа создаётся отдельная запись с его длительностью и количеством ошибок. Когда выполнен последний этап, система закрывает попытку, рассчитывает сводные показатели и передаёт их в итоговое окно и кабинет инструктора.

Каждый компонент получает только те сведения, которые нужны для его задачи. Объекты сцены не рассчитывают итог попытки, а аналитический модуль

Дневник науки | [www.dnevnikaui.ru](http://www.dnevnikaui.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

не управляет геометрией оборудования. Обмен выполняется через идентификаторы и записи событий. Благодаря этому правила проверки можно изменять отдельно от интерактивной части, а новые зоны и органы управления подключать без переработки всей системы. Такое разделение также упрощает совместную разработку виртуального тренажёра [15].

### Роли пользователей и последовательность действий

В системе выделены роли обучаемого и инструктора. Обучаемый вводит свои данные, запускает сценарий, получает текущую цель, перемещается по зонам и выполняет операции. Инструктор выбирает пользователя и попытку, просматривает сводные показатели, этапы, события и рекомендации, а также сохраняет отчёт. Диаграмма прецедентов приведена на рисунке 3.

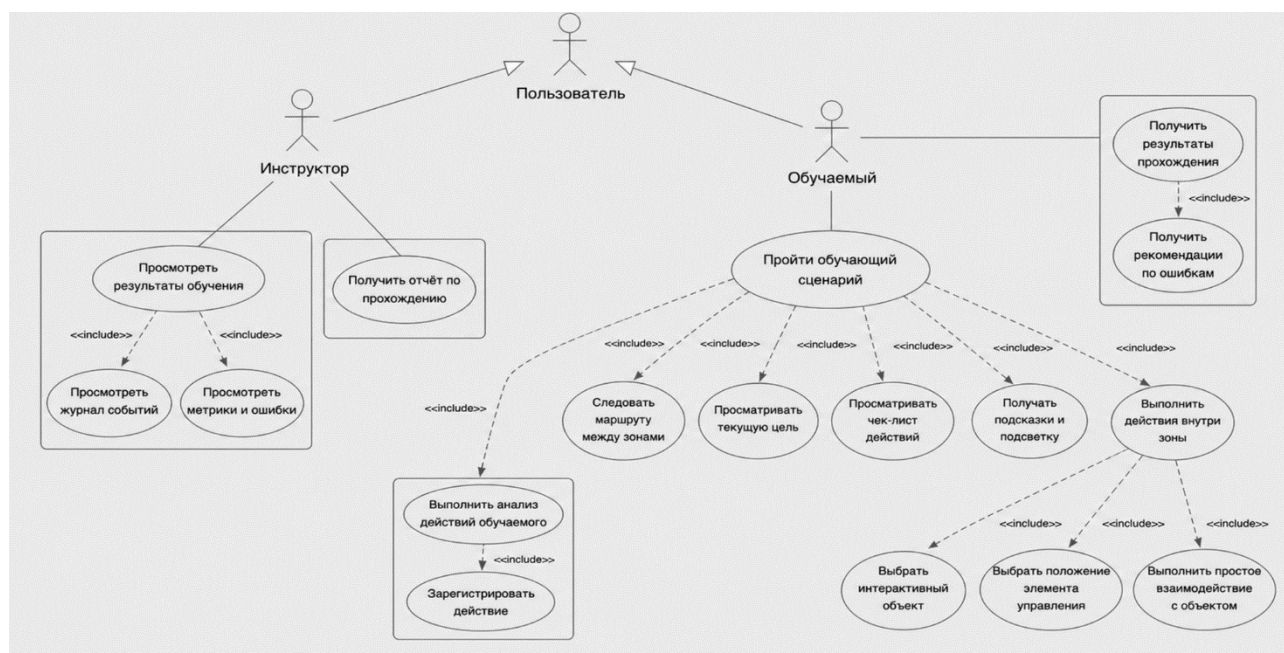


Рисунок 3 – Диаграмма прецедентов процесса обучения персонала ТЭЦ в виртуальном тренажёре (авторский рисунок)

Центральным прецедентом для обучаемого является выполнение действий внутри сценария. Он включает следование маршруту, выбор объекта, взаимодействие с органом управления, просмотр контрольного списка и

получение подсказки. Регистрация и анализ выполняются автоматически и не требуют отдельной команды пользователя. Для инструктора основным результатом является не единичная оценка, а возможность перейти от общей сводки к этапам и отдельным событиям.

После выбора роли обучаемый вводит фамилию и учебную группу. Система находит существующую запись пользователя или создаёт новую, открывает попытку и фиксирует время начала. Затем загружается сценарий, определяется первый этап и выводится требуемая зона. Переходы между помещениями проверяются до начала локальных действий. Если пользователь входит не в ту зону, событие сохраняется как маршрутное отклонение, а интерфейс сообщает, куда следует перейти.

В требуемой зоне система показывает первый невыполненный пункт. Интерактивный объект передаёт свой идентификатор, тип действия и выбранное положение. Регистратор связывает эти параметры с попыткой и этапом, после чего аналитический модуль сравнивает их с эталоном. Правильное действие завершает пункт контрольного списка. При ошибке состояние этапа сохраняется, увеличивается счётчик соответствующей категории, а обучаемый получает поясняющее сообщение и может повторить операцию.

После выполнения всех обязательных действий этап закрывается. В его записи сохраняются время начала и окончания, длительность, число правильных операций и допущенных ошибок. Затем активируется следующая зона, и тот же цикл повторяется до конца сценария. При завершении фиксируется время окончания попытки, рассчитывается итоговый балл, формируются рекомендации и открывается итоговое окно. Инструктор позднее может просмотреть эти данные от общей сводки до отдельного события. Такой порядок сохраняет не только результат, но и последовательность, по которой он был получен [2].

### **Информационная модель подсистемы анализа действий**

Информационная модель определяет данные, которые необходимы для восстановления попытки. Её центральными элементами являются обучаемый, попытка, этап сценария, требуемое действие, результат этапа и зарегистрированное событие. Структурированное описание сущностей и их связей применяется при разработке информационного обеспечения виртуальных тренажёров [4]. Модель приведена на рисунке 4.

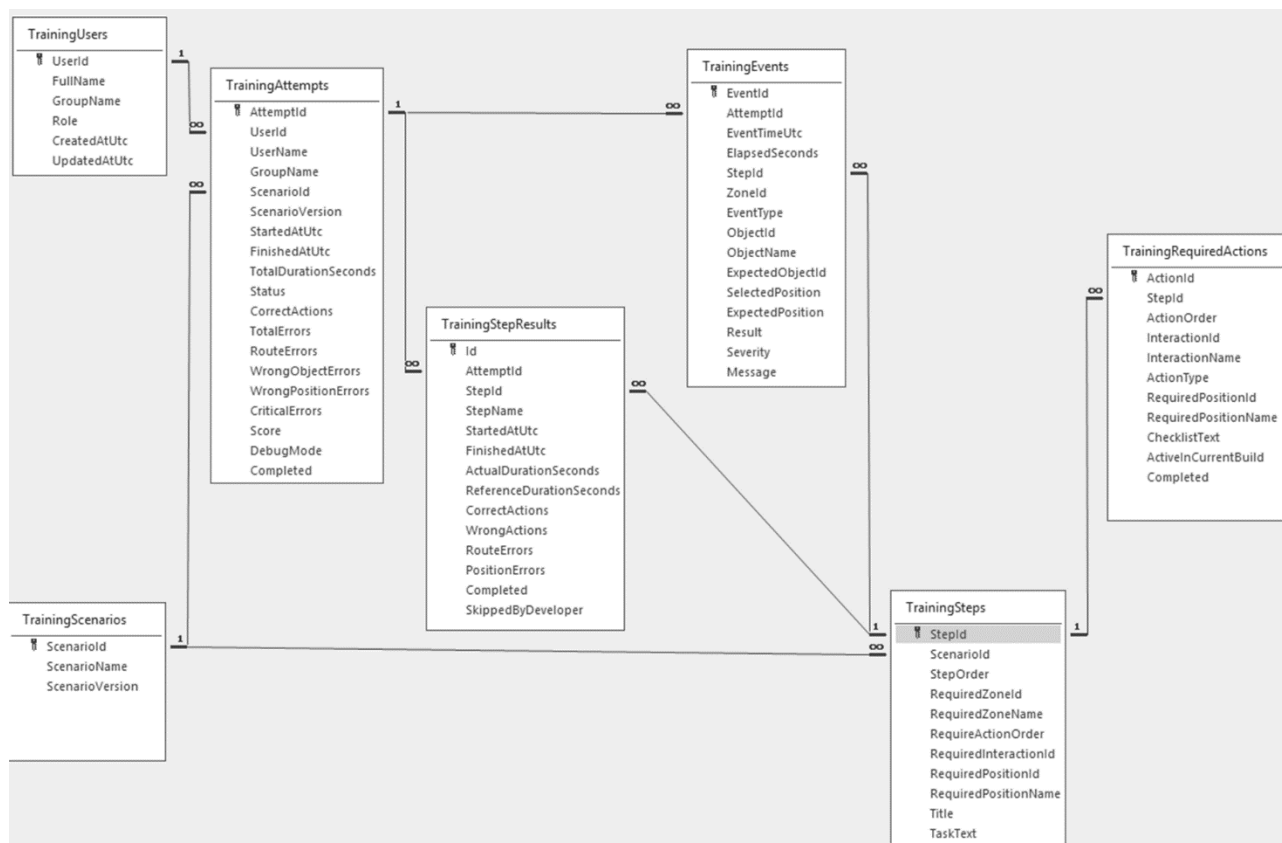


Рисунок 4 – Информационная модель подсистемы анализа действий обучаемого (авторский рисунок)

Данные одной попытки распределяются между несколькими связанными записями. Для обучаемого сохраняются фамилия и учебная группа. Попытка содержит время начала и окончания, продолжительность, счётчики ошибок и итоговый балл. Для каждого этапа указываются зона, название операции и локальный результат. Требуемое действие задаёт ожидаемый объект, способ

взаимодействия и положение органа управления, а событие хранит то, что обучаемый сделал фактически, включая время и результат проверки.

В текущей версии эти сведения размещаются в таблицах TrainingUsers, TrainingAttempts, TrainingStepResults и TrainingEvents. Записи связываются по идентификаторам пользователя, попытки и этапа. Благодаря этому фамилия и группа не повторяются в каждой строке журнала, а последовательность действий можно восстановить, отсортировав события одной попытки по времени.

Текст рекомендаций также строится на основе записанных ошибок. Для каждой зоны и категории отклонения задано пояснение, из которого после завершения попытки формируется сообщение инструктору и обучаемому. Если формулировку рекомендации нужно изменить, журнал событий и структура базы остаются прежними.

### **Алгоритм регистрации и классификации действий**

Обработка начинается, когда интерактивный объект передаёт сведения о выполненном действии. Сначала определяется активная попытка и текущий этап, затем проверяется зона. Если пользователь находится не в том помещении, в журнал заносится маршрутная ошибка. В правильной зоне система сравнивает выбранный объект с ожидаемым и проверяет порядок операции. Для органов управления дополнительно учитывается их фактическое положение. Такая поэтапная проверка позволяет показать конкретную причину ошибки, а не только общий отрицательный результат [9]. Алгоритм представлен на рисунке 5.

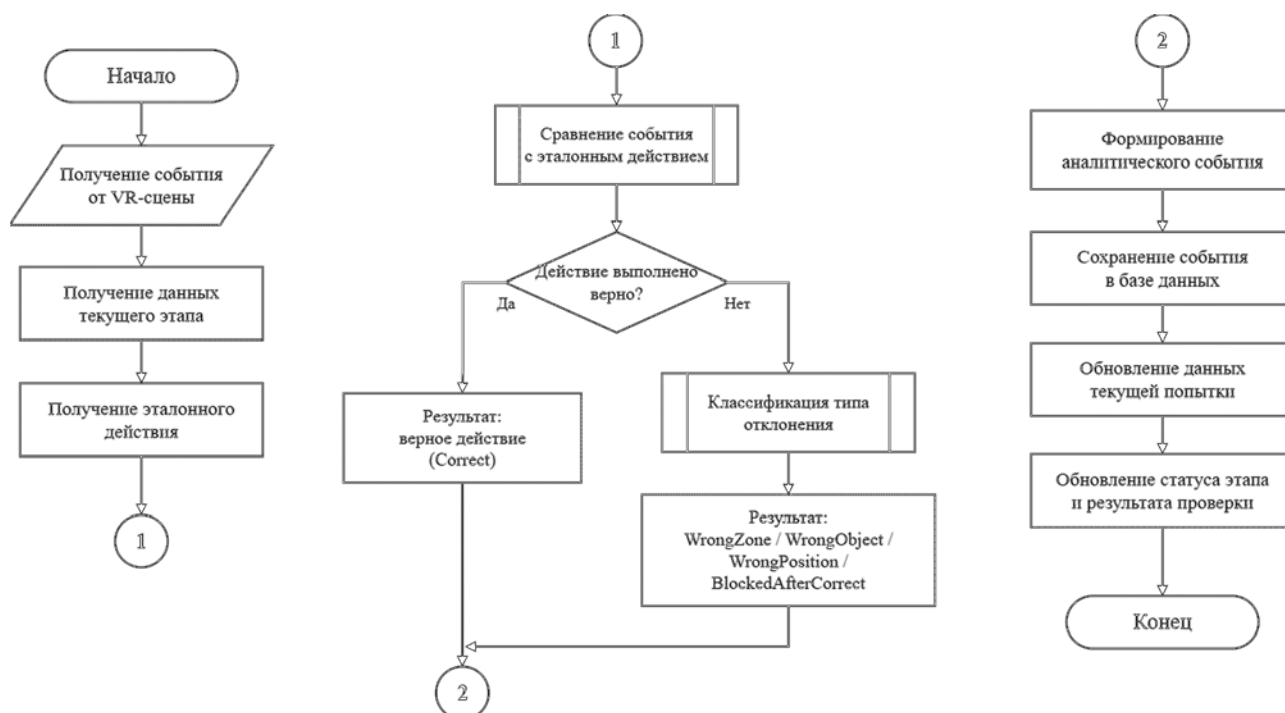


Рисунок 5 – Схема алгоритма регистрации и классификации действия обучаемого (авторский рисунок)

В обычном занятии последовательность действий приходится восстанавливать по замечаниям инструктора. В тренажёре она формируется автоматически: каждое взаимодействие получает время, привязку к этапу и результат проверки. Поэтому после завершения попытки можно просмотреть не только итоговый балл, но и путь, который к нему привёл.

Запись начинается при создании попытки и продолжается до завершения сценария. Система принимает события от объектов сцены, сопоставляет их с текущим требованием и сразу сохраняет результат. Одни и те же данные затем используются в итоговом окне, кабинете инструктора и отчёте, поэтому их не приходится повторно переносить вручную.

Если действие выполнено верно, соответствующий пункт контрольного списка отмечается как завершённый. Повторное изменение уже правильно установленного элемента блокируется и записывается отдельно. При ошибке

обучаемый получает пояснение и остаётся на текущем шаге, чтобы исправить действие. После выполнения всех требований этап закрывается, и система открывает следующую зону.

Для итоговой сводки используются четыре счётчика ошибок. Каждый из них уменьшает начальный балл с собственным весом, а отрицательное значение не допускается. Расчёт выполняется по формуле:

$$S = \max(0, 100 - 10N_r - 5N_o - 5N_p - N_b)$$

где  $S$  – итоговый балл;  $N_r$  – количество маршрутных ошибок;  $N_o$  – количество ошибок при выборе объекта или порядка;  $N_p$  – количество неверных положений;  $N_b$  – количество заблокированных повторных изменений. Расчёт начинается со 100 баллов, а минимальный результат ограничен нулём. Размеры штрафов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Правила изменения итогового балла

Категория	Условие регистрации	Изменение балла	Назначение
Маршрутная ошибка	Выбрана неверная зона или нарушен переход между зонами	-10	Контроль соблюдения маршрута
Ошибка объекта или порядка	Выбран другой объект либо действие выполнено не в требуемой последовательности	-5	Контроль технологической последовательности
Ошибка положения	Орган управления установлен не в требуемое положение	-5	Контроль результата операции
Повторное изменение	Выполнена попытка изменить элемент после правильной установки	-1	Контроль устойчивости правильного состояния

В текущей версии система не переводит число в буквенную оценку и не устанавливает порог зачёта. Обучаемый получает балл от 0 до 100, а рядом видит расшифровку ошибок. Поэтому одинаковый балл можно объяснить по-разному: Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

например, одна маршрутная ошибка и две ошибки выбора объекта дают одинаковое снижение, но требуют разной работы над сценарием.

Рекомендации собираются после окончания попытки из тех ошибок, которые были зарегистрированы в журнале. При нарушении маршрута предлагается повторить расположение зон и порядок переходов. Ошибка выбора объекта указывает на необходимость ещё раз разобрать назначение оборудования и последовательность операций. Неверное положение связано с состояниями органов управления, а повторное изменение после правильной установки показывает, что обучаемому нужно закрепить правило сохранения достигнутого состояния.

### **Архитектура программного обеспечения**

Архитектура объединяет сценарный модуль, виртуальную сцену, интерфейс, аналитический контур, базу результатов и средства экспорта. Выделение самостоятельного аналитического контура соответствует подходам к проектированию виртуальных тренажёрных комплексов, при которых описание сценария, модели оборудования и регистрация действий разделяются между программными компонентами [3; 7]. Архитектура представлена на рисунке 6.

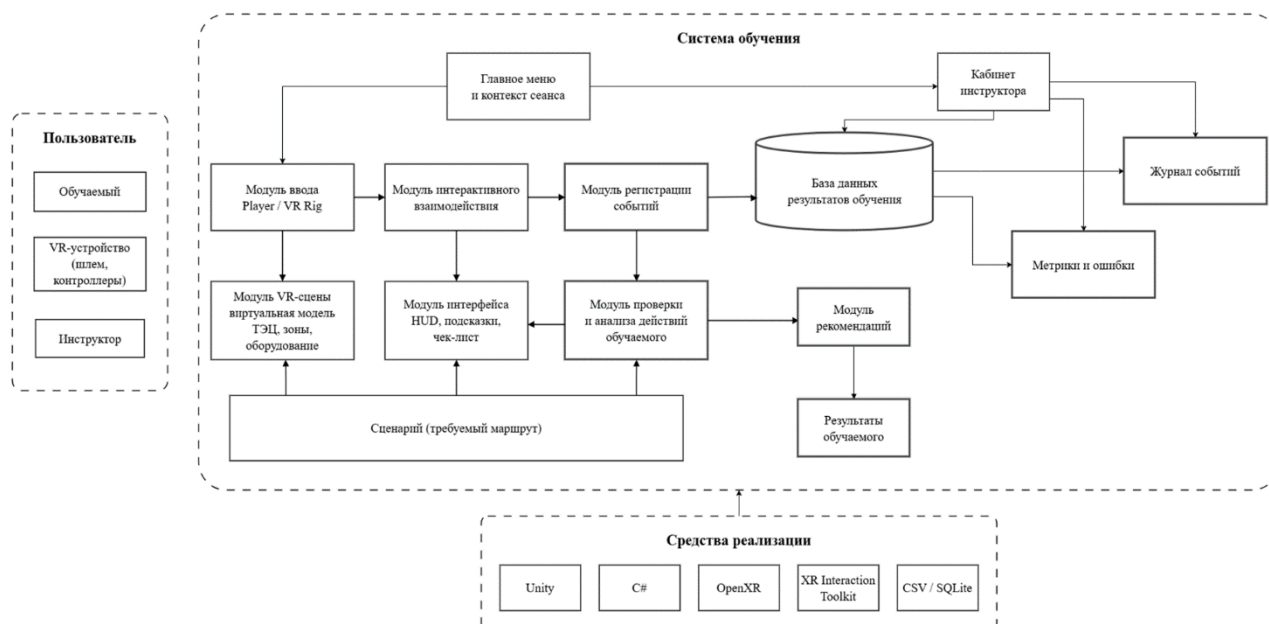


Рисунок 6 – Архитектура программного обеспечения процесса обучения в виртуальном тренажёре (авторский рисунок)

Класс `TrainingScenarioManager` управляет этапами и требованиями сценария. Компоненты зон сообщают о переходах между помещениями. Интерактивные объекты передают идентификатор и фактическое состояние. `TrainingAnalyticsLogger` создаёт попытку, ведёт счётчики, регистрирует этапы и события, после чего рассчитывает итоговый балл. `TrainingAnalyticsDatabase` отвечает за создание и чтение локальной базы SQLite.

`TrainingRecommendationBuilder` формирует рекомендации по зонам и типам ошибок. `TrainingResultsController` выводит результат обучаемому. `InstructorPanelController` обеспечивает выбор пользователя и попытки, просмотр сводки, этапов и событий. `TrainingExcelReportExporter` создаёт книгу с листами «Итог», «Этапы» и «События». Дополнительные файлы JSON и CSV позволяют использовать результаты вне интерфейса тренажёра.

Таблица 2 – Назначение основных программных компонентов

Компонент	Основная функция	Результат работы
TrainingScenarioManager	Управление этапами и требованиями сценария	Текущая цель и состояние выполнения
TrainingAnalyticsLogger	Регистрация попытки, этапов, событий и ошибок	Показатели попытки и итоговый балл
TrainingAnalyticsDatabase	Запись и чтение данных SQLite	Пользователи, попытки, этапы и события
TrainingRecommendationBuilder	Группировка ошибок и подготовка пояснений	Рекомендации по зонам и типам ошибок
TrainingResultsController	Отображение результата обучаемому	Список, таблица и сохранение отчёта
InstructorPanelController	Просмотр результатов инструктором	Сводка, этапы, события и выбор попытки
TrainingExcelReportExporter	Формирование отчёта XLSX	Листы «Итог», «Этапы» и «События»

Прототип разработан в Unity на языке C#. В текущей сборке аналитический контур проверяется в настольном режиме. Применение интерактивного трёхмерного моделирования позволяет связать объекты сцены с программными обработчиками действий [10]. Архитектура допускает подключение средств виртуальной реальности без изменения структуры базы и правил расчёта, поскольку источники событий отделены от компонентов хранения и анализа.

### **Практическая реализация пользовательского интерфейса**

Работа начинается с главного меню, в котором выбирается роль пользователя. Разделение ролей предотвращает смешение учебного и административного сценариев. Обучаемый переходит к вводу данных и запуску попытки. Инструктор получает доступ к истории результатов. Главное меню показано на рисунке 7.

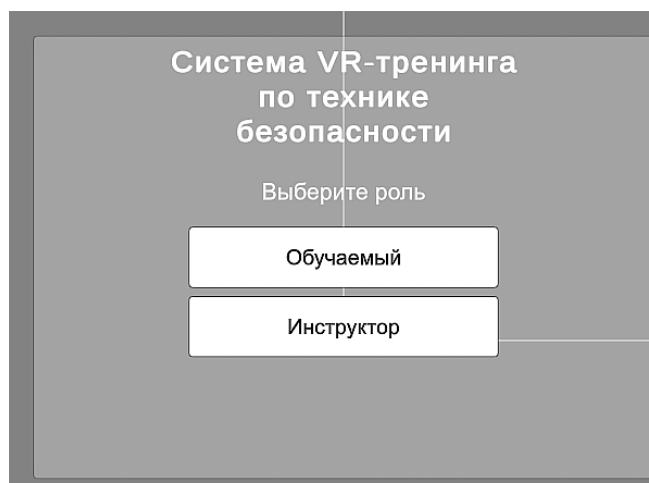


Рисунок 7 – Главное меню выбора роли пользователя (авторский рисунок)

После выбора роли обучаемого открывается форма ввода фамилии и учебной группы. Эти данные создают или находят запись пользователя и затем включаются в результаты попытки и отчёты. Форма входа показана на рисунке 8.



Рисунок 8 – Форма ввода данных обучаемого перед началом сценария (авторский рисунок)

Во время выполнения сценария интерфейс показывает текущую зону, сообщение о результате последнего действия и контрольный список операций.

Контрольный список отражает состояние каждого требования и помогает соотнести отдельное взаимодействие с общей последовательностью. Пример интерфейса виртуальной сцены приведён на рисунке 9.

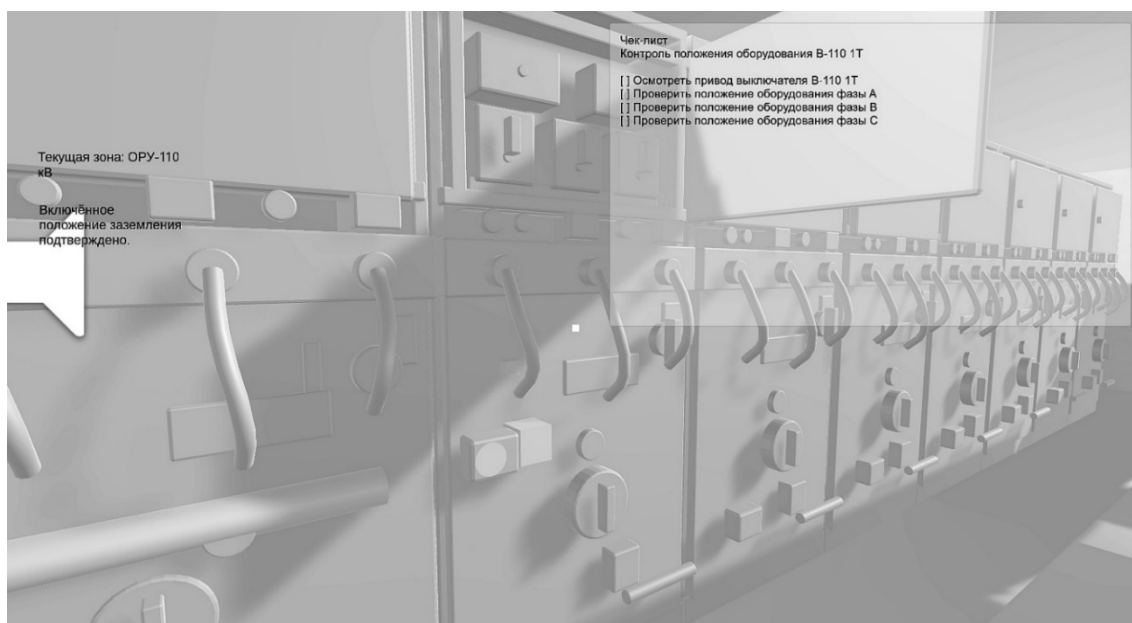


Рисунок 9 – Отображение текущей зоны, сообщения и контрольного списка в виртуальной сцене (авторский рисунок)

После завершения последнего этапа формируется итоговое окно. В нём указываются сведения об обучаемом, продолжительность, число правильных действий, ошибки по категориям, пропуски, итоговый балл и рекомендации. Пользователь может открыть список действий, таблицу этапов или сохранить отчёт. Полный вид итогового окна показан на рисунке 10.

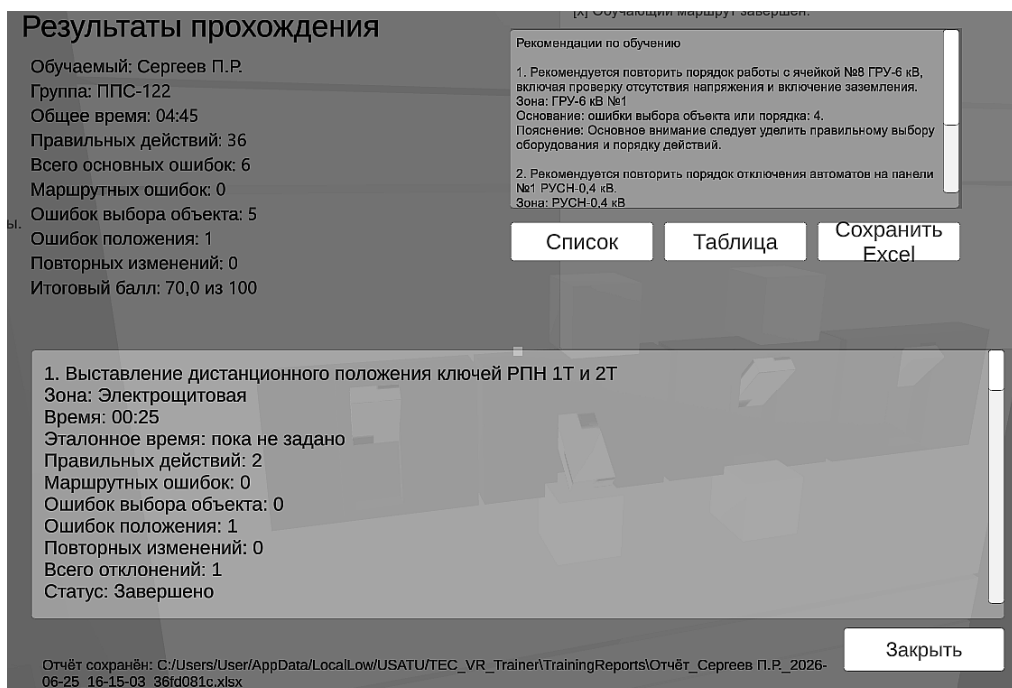


Рисунок 10 – Итоговое окно обучаемого с результатами прохождения и рекомендациями (авторский рисунок)

Кабинет инструктора построен по принципу последовательного выбора. Сначала преподаватель выбирает обучаемого из списка, после чего в центральной области отображаются доступные попытки и элементы управления просмотром данных. Экран выбора показан на рисунке 11.

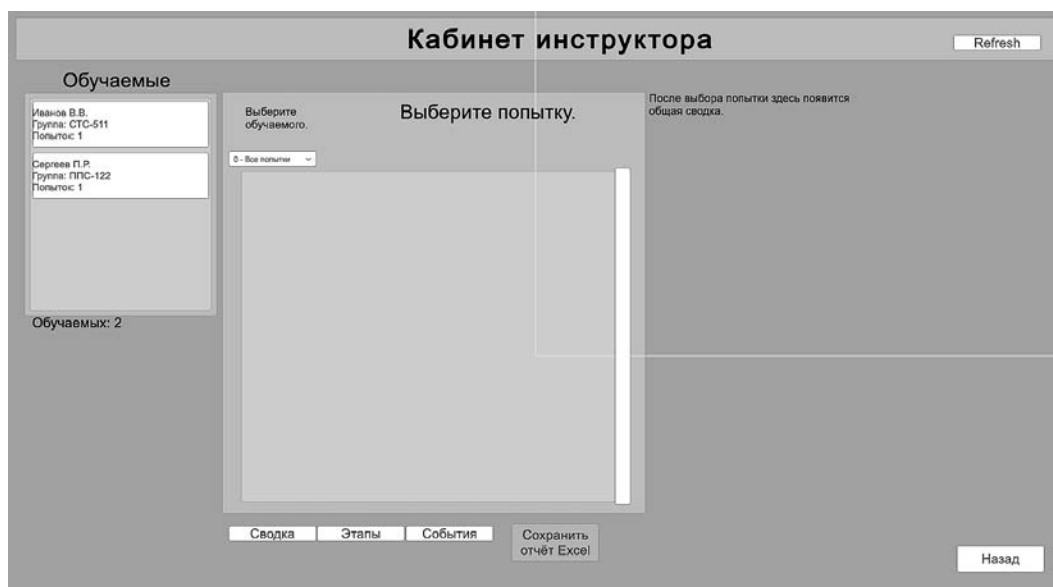


Рисунок 11 – Кабинет инструктора для выбора обучаемого и попытки  
(авторский рисунок)

Когда инструктор выбирает обучаемого и одну из его попыток, в правой части окна появляется краткая сводка. В ней указаны дата и время прохождения, продолжительность, число правильных и ошибочных действий, итоговый балл и рекомендации. Такой экран позволяет сначала оценить общий результат, а затем перейти к этапам и отдельным событиям. Пример приведён на рисунке 12.

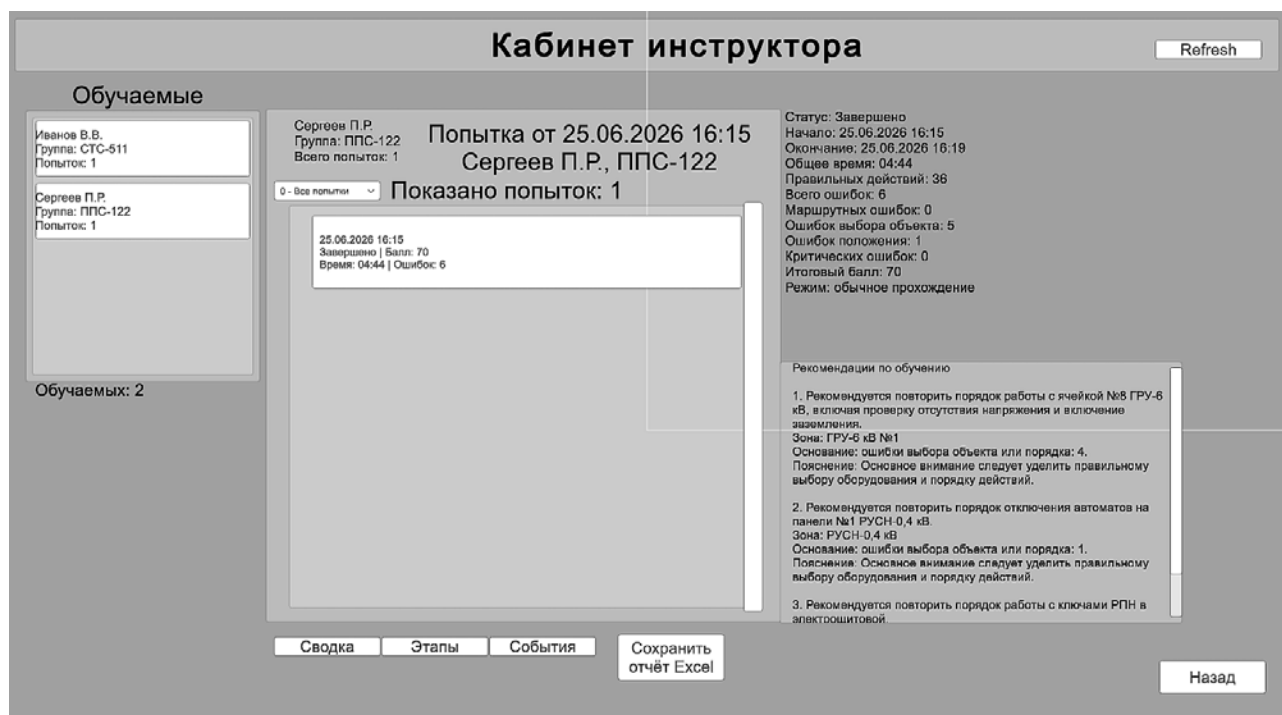


Рисунок 12 – Сводные данные выбранной попытки в кабинете инструктора (авторский рисунок)

Кнопка экспорта создаёт файл XLSX с тремя листами. На листе «Итог» собраны основные показатели и рекомендации, на листе «Этапы» результаты сгруппированы по зонам, а лист «События» содержит хронологию действий. Такой файл можно хранить вместе с другими учебными материалами или использовать при последующем анализе.

Все экранные формы используют один набор записей. Фамилия и группа связываются с попыткой при её запуске, действия из виртуальной сцены поступают в журнал, а после завершения эти же данные выводятся обучаемому и инструктору. За счёт этого значения в итоговом окне, кабинете и отчёте не расходятся, а повторный ручной ввод не требуется.

### Получение результатов

Сам по себе итоговый балл не объясняет, как обучаемый прошёл сценарий. Для этого сохраняются результаты отдельных этапов и полная

последовательность событий. Например, одинаковое снижение балла может возникнуть из-за одной маршрутной ошибки или нескольких неправильных объектов. Число будет одинаковым, но причины и рекомендации для инструктора окажутся разными.

Локальная база позволяет использовать тренажёр без постоянного подключения к внешнему серверу. Одновременно выгрузка в XLSX, JSON и CSV оставляет возможность позднее объединить результаты нескольких пользователей, сравнить группы и выявить этапы, на которых чаще всего возникают затруднения. Такой порядок соответствует задачам учебной аналитики, где накопленные данные нужны не только для фиксации оценки, но и для корректировки содержания обучения [13].

Пока в проекте недостаточно реальных попыток, чтобы делать статистические выводы по группам. Кроме того, итог сейчас представлен только числовым баллом, без автоматического статуса «зачёт» или «незачёт». Эти ограничения не мешают записывать и разбирать действия, однако их нужно учитывать при планировании полноценного эксперимента.

### **Заключение**

В работе описан программный контур, который сопровождает прохождение учебного сценария и сохраняет его результаты. Показано, какие данные поступают в систему, как из отдельного действия формируется событие и каким образом результат проверки передаётся сценарию, интерфейсу и базе. Диаграмма прецедентов уточняет возможности обучаемого и инструктора, а информационная модель задаёт связи между пользователем, попыткой, этапами и событиями.

Алгоритм отдельно учитывает нарушение маршрута, выбор неверного объекта или порядка, неправильное положение органа управления и попытку повторно изменить уже установленное состояние. По этим данным рассчитывается балл и подбираются рекомендации. Архитектура объединяет Дневник науки | [www.dnevnika.ru](http://www.dnevnika.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

сценарный модуль, журнал событий, локальную базу, экран результатов, кабинет инструктора и экспорт отчётов.

Реализованный интерфейс позволяет ввести данные обучаемого, видеть текущую цель и контрольный список, получить итог прохождения и открыть подробности выбранной попытки. Результаты сохраняются в базе и могут быть выгружены в XLSX, JSON и CSV. Следующим этапом работы станет накопление реальных прохождений и проверка того, насколько сформированные рекомендации помогают при повторном выполнении сценария.

### Библиографический список

1. Белоножко П. П., Карпенко А. П., Храмов Д. А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9, № 4. С. 57. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf> (дата обращения: 25.06.2026).
2. Вилкова К. А., Захарова У. С. Учебная аналитика в традиционном образовании: ее роль и результаты // Университетское управление: практика и анализ. 2020. Т. 24, № 3. С. 59-76.
3. Грибова В. В., Стрекалёв В. О. Инструментальный комплекс для иммерсивных виртуальных тренажёров с биологической обратной связью // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2020. № 8. С. 19-28.
4. Грибова В. В., Стрекалёв В. О. Комплекс онтологий для виртуальных тренажёров с биологической обратной связью // Онтология проектирования. 2022. Т. 12, № 2(44). С. 172-185.
5. Жабицкий М. Г., Кулак С. А., Новикова А. С. Проблема разработки VR-тренажеров сборки и разборки и вариант высокопроизводительного решения на базе технологии VR Concept // International Journal of Open Information Technologies. 2022. Т. 10, № 8. С. 18-29.

6. Каримов Р. Р. Системное моделирование процесса обучения операторов ТЭЦ с применением виртуального тренажёра // Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 146-165.
7. Краснянский М. Н., Остроух А. В., Баринов К. А., Дедов Д. Л., Руднев А. А. Виртуальные тренажёрные комплексы для обучения и тренинга персонала химических и машиностроительных производств // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17, № 2. С. 497-501.
8. Об утверждении Правил работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации: приказ Минэнерго России от 22.09.2020 № 796 (ред. от 09.12.2024). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_374368/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374368/) (дата обращения: 25.06.2026).
9. Остроух А. В., Краснянский М. Н., Карпушкин С. В., Дедов Д. Л. Алгоритм проектирования виртуальных тренажёрных комплексов для обучения операторов технических систем // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 3. С. 68-75.
10. Остроух А. В., Краснянский М. Н., Карпушкин С. В., Дедов Д. Л., Руднев А. А. Технология интерактивного 3D-моделирования для разработки виртуальных тренажёрных комплексов // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 10. С. 4-12.
11. Старостина В. А., Воробьев В. В., Рагозина М. А., Юрковская Г. И. AR и VR технологии в обучении производственного персонала // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: материалы V Международной научно-практической конференции. Т. 2. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2019. С. 985-987.
12. Харунов Р. Р., Галиев Б. В. Геймификация операционной деятельности на ТЭЦ: от VR-тренажёра к системе повышения компетенций и безопасности // Дневник науки | [www.dnevnikaui.ru](http://www.dnevnikaui.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Мавлютовские чтения: материалы XIX Всероссийской молодёжной научной конференции. В 8 т. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 1168-1174.

13. Царькова Е. Г. Учебная аналитика в дистанционном обучении: особенности применения и перспективы развития // Прикладная психология и педагогика. 2022. Т. 7, № 3. С. 54-66.

14. Цифровые технологии и искусственный интеллект в организационно-технических системах / А. В. Воробьев, М. А. Верхотуров, С. В. Тархов, Р. Р. Каримов [и др.]. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. 258 с. ISBN 978-5-7477-5910-7.

15. Юмадилова И. Р., Арсланов Т. Р., Макаев Р. А. Информационная поддержка процесса групповой разработки виртуального тренажёра для обучения персонала производственного объекта // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всероссийской молодёжной научной конференции. Т. 5, ч. 3. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. С. 47.