

ВВОДНЫЙ АКТИВНЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС «ОБЩЕЕ ВВЕДЕНИЕ В АВТОМАТИЗАЦИЮ И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

О.В. Дрозд, П.А. Русских

Аннотация. Современная автоматизация — это междисциплинарная область. Привлечение в нее широкого круга обучающихся ценно как для преподавания, так и для реализации научных и проектных задач. При этом для эффективной научно-исследовательской работы обучающихся необходимо выравнивание представления как о тематике магистерской программы, так и о проблематике проектирования систем управления в целом при введении в специализацию. В статье рассматривается вводный активный учебный курс «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей», используемые в нем методики и средства обучения. В курсе реализованы методика активной совместной работы над знаниями, смешанная модель обучения с интеграцией физических дидактических средств и цифровых технологий в рамках активного подхода к реализации учебного процесса. Групповая практическая работа обучающихся реализована на базе интерактивной лаборатории программно-аппаратного моделирования элементов систем автоматизированного управления. Детально рассмотрена реализация предлагаемой методики и модели обучения. Также рассмотрен пример реализации группового лабораторного практикума с использованием компонентов интерактивной лаборатории программно-аппаратного моделирования.

Ключевые слова: организация учебного процесса, совместная работа над знаниями, активное обучение, смешанная модель обучения, инженерное образование.

Для цитирования: Дрозд О.В., Русских П.А. Вводный активный учебный курс «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей» // Преподаватель XXI век. 2024. № 4. Часть 1. С. 156–168. DOI: 10.31862/2073-9613-2024-4-156-168

Благодарности. Исследование выполнено в рамках проекта «Вводный активный учебный курс “Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей”», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей 2023/2024 Стипендиальной программы Фонда Владимира Потанина.

© Дрозд О.В., Русских П.А., 2024



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ACTIVE INTRODUCTORY LEARNING COURSE “GENERAL INTRODUCTION TO AUTOMATION AND THE INTERNET OF THINGS”

O.V. Drozd, P.A. Russkikh

Abstract. *Modern automation is an interdisciplinary field. Involving a wide range of students in it is valuable both for education and the implementation of scientific and design tasks. At the same time, for effective student's research work, it is necessary to align their understanding of both the masters programme basic ideas and the problems of control system design in general when introducing the specialization. The article considers the active introductory learning course “General Introduction to Automation and The Internet of Things”, the methods and teaching tools used in it. The course implements a methodology for active collaboration on knowledge about a given subject area, a blended learning model with the integration of physical teaching aids and digital technologies as part of an active approach to the implementation of educational process. Students' group practical work is implemented on the basis of an interactive laboratory for Hardware-in-the-loop (HIL) simulation of the basic elements of automated control systems. The implementation of the proposed methodology and training model is considered in detail. An example of the group laboratory workshop implementation using the interactive HIL laboratory components is also considered.*

Keywords: *learning process organisation, collaborative knowledge work, active learning, blended learning model, engineering education.*

Cite as: Drozd O.V., Russkikh P.A. Active Introductory Learning Course “General Introduction to Automation and the Internet of Things”. *Prepodavatel XXI vek*. Russian Journal of Education, 2024, No. 4, part 1, pp. 156–168. DOI: 10.31862/2073-9613-2024-4-156-168

Acknowledgements. The research was carried out within the framework of the project “Introductory Active Training Course ‘General Introduction to Automation and the Internet of Things’”, Vladimir Potanin Foundation.

157

Введение

В настоящее время наблюдается массовое внедрение систем управления практически во все области человеческой деятельности, причем задача, процедуры и процесс управления виден непосредственно пользователю [1; 2]. Среди характерных примеров внедрения систем управления можем отметить Интернет вещей, технологии «Умного дома», аддитивные технологии и беспилотный транспорт. Современная автоматизация — это междисциплинарная область, привлечение в нее широкого круга обучающихся ценно как для преподавания, так и для реализации научных и проектных задач в интересах вуза и промышленных партнеров.

При этом необходима постоянная коммуникация и совместная работа преподавателя и обучающихся на общем языке терминов, понятий и концепций с единым пониманием как изучаемых дисциплин, так и общей проблематики образовательной программы в целом. В противном случае не стоит ожидать качественного освоения учебного материала, передачи и осознания практического опыта и достижения первых научных результатов, что особенно важно для академической магистратуры как одной из ступеней подготовки к самостоятельной научной деятельности.

Вместе с тем работа с современными поколениями обучающихся, особенно со студентами постковидной эпохи массового онлайн-образования, показала, что традиционный лекционный формат преподавания неактуален для новых поколений по следующим причинам [3; 4]:

- распространение иных аудиовизуальных методов распространения профессионального опыта преподавателя, отличных от традиционных, потребность обучающихся в сопричастности к сбору и систематизации информации;
- распространенный онлайн-формат проведения как теоретических занятий, так и практических работ не обеспечивает непосредственного взаимодействия с объектом изучения, что важно для любого вводного практикума вне зависимости от контингента обучающихся;
- отторжение пассивного формата обучения со стороны обучающихся, имеющих опыт самостоятельной профессиональной деятельности.

Несмотря на то, что массовое внедрение дистанционных образовательных технологий предоставляет инструменты совместной работы обучающихся, специфика инженерно-технического образования предполагает непосредственную работу с оборудованием и приборами, понимание принимаемых решений и ответственности за них [5]. Дистанционный формат подобной сопричастности не предоставляет, но требуемого педагогического эффекта можно достигнуть, используя смешанную модель обучения с развитым лабораторным практикумом и инструментами командного взаимодействия и поощрения, естественными для новых поколений обучающихся [6].

Итак, необходим новый формат вводного учебного курса, который предполагает активное взаимодействие обучающихся и преподавателей по двум магистральным направлениям:

- активная групповая работа со знаниями с освоением методик, источников, процедур сбора, анализа и систематизации знаний в профессиональной области;
- практическая работа, предлагающая физическую «сопричастность» при первоначальном введении в предметную область магистерской программы.

Общие вопросы автоматизации и управления рассматриваются в образовательных продуктах большинства российских университетов. В частности, стоит отметить образовательные продукты, посвященные автоматизации производств в целом: «Автоматизация технологических процессов в машиностроении» (КФУ) и «Введение в автоматизацию технологических процессов и производств» (МТУСИ). К их общим недостаткам можно отнести то, что они рассчитаны на целевую аудиторию, имеющую базовое высшее образование по выбранному профилю подготовки, и не предполагают адаптации учебного процесса под уровень и потребности обучаемого. Как альтернативу можно отметить тренинги и курсы сторонних центров повышения квалификации [7–10]: ЦНТИ «Прогресс» (Автоматизация технологических процессов и производств); Учебный центр «НИПО» (Автоматизация технологических процессов на общепромышленных предприятиях); Siemens, ФРГ (Siemens PLC Training for Beginners); Rockwell Automation, США (PID Loop Development and Tuning). К общим недостаткам указанных выше образовательных продуктов можно отнести следующее:

- организация теоретической составляющей курса не отвечает требованиям академической магистратуры и не способствует развитию навыков самостоятельной научно-исследовательской работы обучающихся;

- распространенная онлайн-реализация учебных курсов не предоставляет физической «сопричастности» с объектом изучения, что важно при первоначальном введении в предметную область и тематику магистерской программы.

В данной работе предлагается вводный учебный курс нового типа, который предполагает замещение традиционного лекционного формата на активную модель поиска и освоения знаний при рассмотрении базовых задач автоматизации и управления [11]. Подобная активная модель также является частью подготовки обучающихся к самостоятельной научно-исследовательской работе с освоением необходимых поисковых методик и программных инструментов управления библиографией [12]. Вводный активный учебный курс реализуется на базе предлагаемой интерактивной лаборатории программно-аппаратного моделирования в условиях смешанной модели обучения и реализует теоретический модуль по методике активной совместной работы над знаниями, лабораторный практикум с интеграцией физических и цифровых дидактических средств.

Активный подход к реализации дисциплины «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей»

Рассмотрим предлагаемый активный практико-ориентированный подход к реализации дисциплины «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей» в рамках магистерской программы «Киберфизические системы управления производством», в которой рассматриваются базовые задачи автоматизации и управления популярными и доступными динамическими объектами (аддитивные технологии, беспилотный транспорт). Вводный активный учебный курс реализует теоретический модуль по методике активной совместной работы над знаниями и групповой лабораторный практикум в смешанном формате.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов единого представления о тематике магистерской программы и проблематике проектирования киберфизических систем управления, что способствует повышению эффективности научно-учебной работы обучающихся. Основной задачей изучения дисциплины является формирование у студентов навыков активной совместной работы по поиску, анализу и синтезу актуальной научно-технической информации в области автоматизации управления, а также по программной и аппаратной реализации основных компонентов киберфизических систем управления производством. Содержание курса направлено на изучение основных концепций автоматизированного управления динамическими объектами в составе интегрированных киберфизических систем. Структура учебного курса включает шесть основных разделов, в которых обучающимся предлагаются к рассмотрению общие вопросы построения и практики применения распределенных автоматизированных систем управления. Организация аудиторной и внеаудиторной работы по принципам смешанной модели обучения с использованием активных технологий реализована с применением системы дистанционного обучения LMS Moodle и средств видеоконференцсвязи.

В целом в данном учебном курсе используются:

- методика активной совместной работы над знаниями в области актуального состояния и тенденций развития автоматизированных систем управления различного назначения;

• смешанная модель обучения с интеграцией физических дидактических средств и цифровых технологий при изучении общей проблематики автоматизированного регулирования, управления и передачи данных;

• интерактивная лаборатория программно-аппаратного моделирования элементов систем автоматизированного управления и промышленного Интернета вещей.

На рис. 1 представлена структурная схема реализации учебной деятельности с использованием данных методик.



Рис. 1. Структурная схема реализации учебной деятельности

Каждый раздел дисциплины содержит следующие компоненты:

• теоретический блок в форме предаудиторной групповой поисковой задачи, предполагающей целенаправленный поиск по заданной тематике и систематизацию информации в формате Wiki-статьи. Включает руководство по поиску, размеченный шаблон Wiki-статьи, модули индивидуальной и групповой оценки обучающихся;

• практический блок в формате группового аудиторного практикума, в котором реализуется работа обучающихся по изучению основных компонентов автоматизированных систем управления и систем «Промышленного Интернета вещей». Включает методические указания, графическую рабочую тетрадь и набор дополнительных учебно-методических материалов с интерактивными элементами переходов в форме QR-кодов;

• дополнительные инструменты постаудиторной работы и удаленного взаимодействия обучающихся в процессе решения поставленной поисковой задачи и выполнения лабораторного практикума (инструменты «семинар», «форум», «чат» в текстовом и мультимедийном форматах).

На рис. 2 представлена структурная организация тематического раздела электронно-обучающего курса.

1.1 Преаудиторная работа

-  Распределение командных ролей (Тема 1)
-  Инструкция по информационному поиску (Тема 1)
-  Групповая Wiki-страница (Тема 1)

1.2 Аудиторная работа

-  Лабораторная работа 1. Общее представление об аналоговой схемотехнике и операционном усилителе

Рабочая тетрадь Компоненты и модули Индивидуальная ячейка

(лабораторная работа 1) (лабораторная работа 1) (лабораторная работа 1)



-  Оценка аудиторной работы обучающихся (Тема 1)

1.3 Постаудиторная работа

-  Представление результатов группового информационного поиска (Тема 1)
-  Оценка результатов групповой деятельности обучающихся (Тема 1)
-  Практическое задание (Тема 1)
-  Самостоятельная работа (Тема 1)

Рис. 2. Структурная организация тематического раздела учебного курса

В целом реализацию дисциплины можно разделить на треки:

- информационный трек: решение групповой поисковой задачи (преаудиторная работа) и представление результатов (постаудиторная работа);
- практический трек: выполнение групповой лабораторной работы (аудиторная работа), представление результатов работы по теме в целом (постаудиторная работа).

Преаудиторная работа проходит в электронной среде. Предварительно по результатам вводного тестирования выполняется разбивка контингента обучающихся на категории по первичному уровню знания предметной области. После этого формируются смешанные группы обучающихся постоянного состава численностью от 2 до 4 человек.

В рамках группы студентам необходимо выбрать предпочтительную роль для каждого члена команды:

- 1) «информационный поиск»,
- 2) «анализ информации»,
- 3) «синтез и организация информации».

Далее студенты получают доступ к инструкции по информационному поиску, в которой даны:

- тематика информационного поиска,
- перечень релевантных источников,
- методика и руководство по поисковой работе,
- используемый терминологический базис (на русском и английском языках).

После этого группа выполняет поиск, анализ и систематизацию информации по заданной теме (например, «Автоматизация управления на современном этапе развития») на основе открытых источников (аналитические материалы, научные публикации, патентная информация), заполняет и представляет для оценки групповую Wiki-статью по полученным результатам. Оценка результатов групповой поисковой работы проводится в формате постаудиторного онлайн-семинара. Задачи, решаемые каждым участником группы в процессе информационного поиска, определяются выбранной ролью (см. рис. 3).

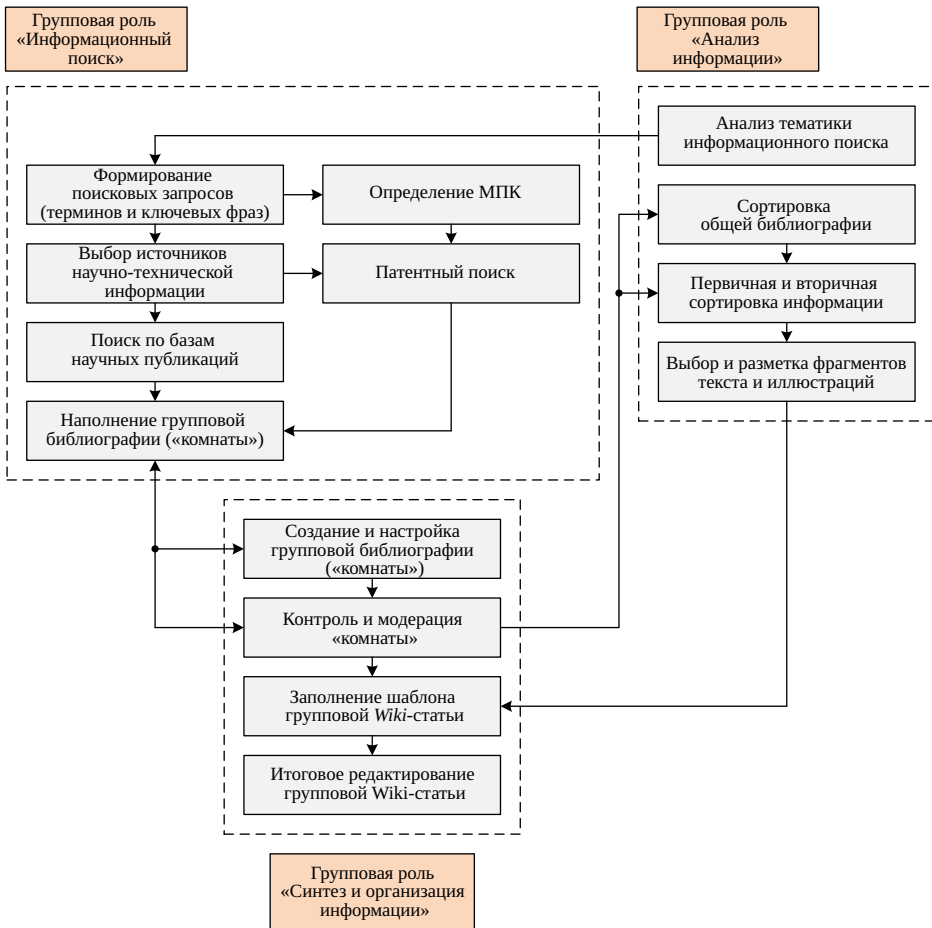


Рис. 3. Взаимодействие ролей в рамках группы при решении задачи информационного поиска

После завершения информационного трека обучающиеся получают доступ к выполнению групповой лабораторной работы в рамках практического модуля курса. В аудитории проводится свободное обсуждение результатов информационного поиска, обсуждение вопросов, которые были трудны в понимании или непонятны вовсе.

Во второй половине аудиторного занятия студентам необходимо приступить к выполнению групповой лабораторной работы, предполагающей свободное взаимодействие обучающихся без формального распределения ролей. Для этого предлагаются следующие учебные пособия и компоненты учебно-методического обеспечения дисциплины:

- методические указания по лабораторной работе (1);
- графическая рабочая тетрадь (2);
- перечень компонентов и модулей, используемых при выполнении лабораторной работы (3);
- индивидуальная ячейка с набором компонентов и модулей, необходимых для выполнения лабораторной работы (4).

Элементы методического обеспечения оснащены интерактивными элементами переходов в виде графических QR-кодов (см. рис. 4).

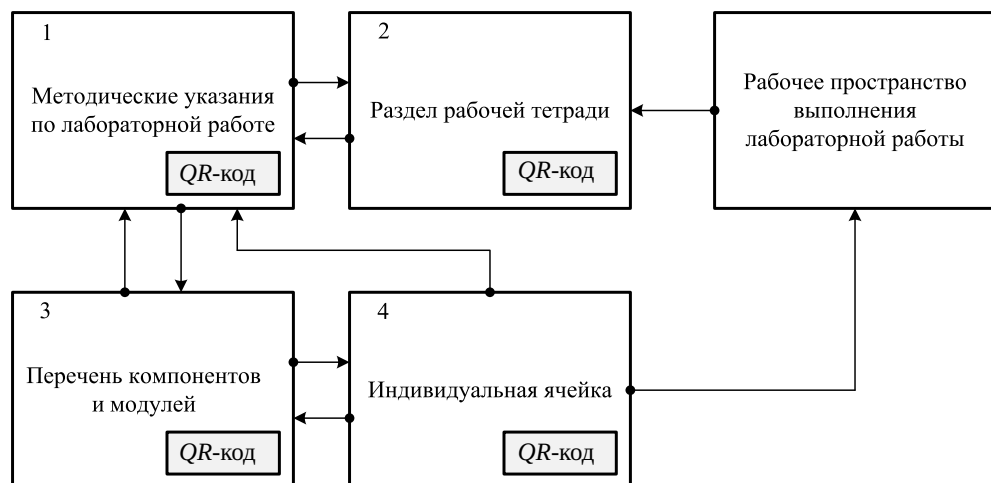


Рис. 4. Схема переходов между элементами методического обеспечения дисциплины

По результатам проведения групповой лабораторной работы студентам необходимо пройти процедуру индивидуального оценивания в форме интерактивного практического задания, после чего проводится процедура взаимного оценивания вклада членов группы в информационно-поисковую и практическую деятельность команды в целом. По результатам взаимного оценивания формируются рекомендации по перераспределению ролей в рамках ранее сформированных групп при освоении последующих тем учебного курса.

Каждая группа готовит отчет по групповой лабораторной работе, структура которого предлагается в соответствующем разделе рабочей тетради. Защита отчета может быть проведена в формате видеоконференции или с использованием системы взаимного оценивания. В подобном формате студентами проводится взаимное оценивание докладчика по предложенной анкете.

Таким образом, реализуется подход смешанного обучения, представляющий собой последовательность фаз традиционного и электронного обучения, которые чередуются во времени.

Интерактивная лаборатория
«Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей»

Практический трек предлагаемого вводного активного учебного курса «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей» реализован на базе интерактивной лаборатории программно-аппаратного моделирования элементов систем автоматизированного управления: аналоговых регуляторов, активных фильтров и компонентов сбора данных с использованием беспроводных интерфейсов. Рассмотрим пример реализации лабораторной работы «Практика построения типовых регуляторов. ПИД-регулятор» с использованием предлагаемой лаборатории. Объектом управления здесь является опорно-поворотное устройство (ОПУ) параболической антенны спутниковой связи (см. рис. 5).

В табл. дан пример группового задания для выполнения лабораторной работы.

Таблица

Пример группового задания для выполнения лабораторной работы

Параметр	Значение
Динамическая модель объекта управления	
Объект управления	параболическая антенна
Диаметр антенны, м	9
Коэффициент передачи двигателя постоянного тока ОПУ	545
Постоянная времени двигателя постоянного тока ОПУ, с	47,8
Коэффициент передачи шестеренчатого редуктора ОПУ	0,00871
Коэффициент передачи опорной платформы ОПУ	0,25
Коэффициент передачи цифрового датчика поворота ОПУ по азимуту	0,5
Целевые параметры ПИД-регулятора	
Время регулирования, с	< 3
Перерегулирование, %	< 25

Для программно-аппаратного моделирования связки «Объект управления ↔ ПИД-регулятор» в составе интерактивной лаборатории используются (см. рис. 6): отладочная плата для разработки аналоговых систем MIKROE-957 Analog System Lab Kit PRO, компактные отладочные платы MIKROE-1518 под управлением микроконтроллера ARM Cortex-M0 STM32 (производитель — MikroElektronika, Республика Сербия) и комплект дополнительных электронных компонентов для изучения, построения и отладки аналоговых регуляторов.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие программные средства моделирования и разработки:

- симуляция аналоговых регуляторов: среда схемотехнического моделирования Ngspice с графической оболочкой QUCS-S;
- симуляция объектов управления: среда моделирования динамических систем SimInTech с встроенными модулями взаимодействия с контроллерами STM32 (STM32 Get ADC, STM32 DAC CH1, STM32 UART TxData, STM32 UART RxData);
- программные средства программирования МК: графическая среда разработки IDE Eclipse, компилятор GNU ARM toolchain (gcc-arm), отладчик gdb-multiarch с поддержкой архитектуры ARM.

По результатам выполнения лабораторной работы участники группы проходят этапы индивидуального оценивания, взаимного оценивания и группового оценивания результатов практической деятельности с защитой группового отчета. Структура группового отчета по лабораторной работе предлагается в соответствующем разделе рабочей тетради. Так, отчет по групповой лабораторной работе «Практика построения типовых регуляторов. ПИД-регулятор» может включать следующие элементы и поля:

- поле промежуточных и итоговых результатов синтеза регулятора;
- перечень элементов регулятора;
- поле принципиальной схемы;
- таблица параметров задающих воздействий;
- поле графика переходных процессов по задающему воздействию;
- таблица значений прямых показателей качества регулирования;
- текстовое поле выводов по результатам экспериментов.

Защита отчета может быть проведена в формате видеоконференции или с использованием системы взаимного оценивания. В подобном формате студентами проводится взаимное оценивание докладчика по предложенной анкете.

Заключение

В статье рассмотрена реализация вводного активного учебного курса «Общее введение в автоматизацию и Интернет вещей». В данном курсе реализованы методика активной совместной работы над знаниями, смешанная модель обучения с интеграцией физических дидактических средств и цифровых технологий в рамках активного подхода к реализации учебного процесса в рамках вводного учебного курса. Предлагаемый активный подход к обучению обеспечивает формирование у студентов единого представления о тематике магистерской программы и проблематике проектирования киберфизических систем управления, что способствует повышению эффективности научно-учебной работы обучающихся. Групповая практическая работа обучающихся реализована на базе интерактивной лаборатории программно-аппаратного моделирования элементов систем автоматизированного



Рис. 5. Внешний вид ОПУ параболической антенны [13]

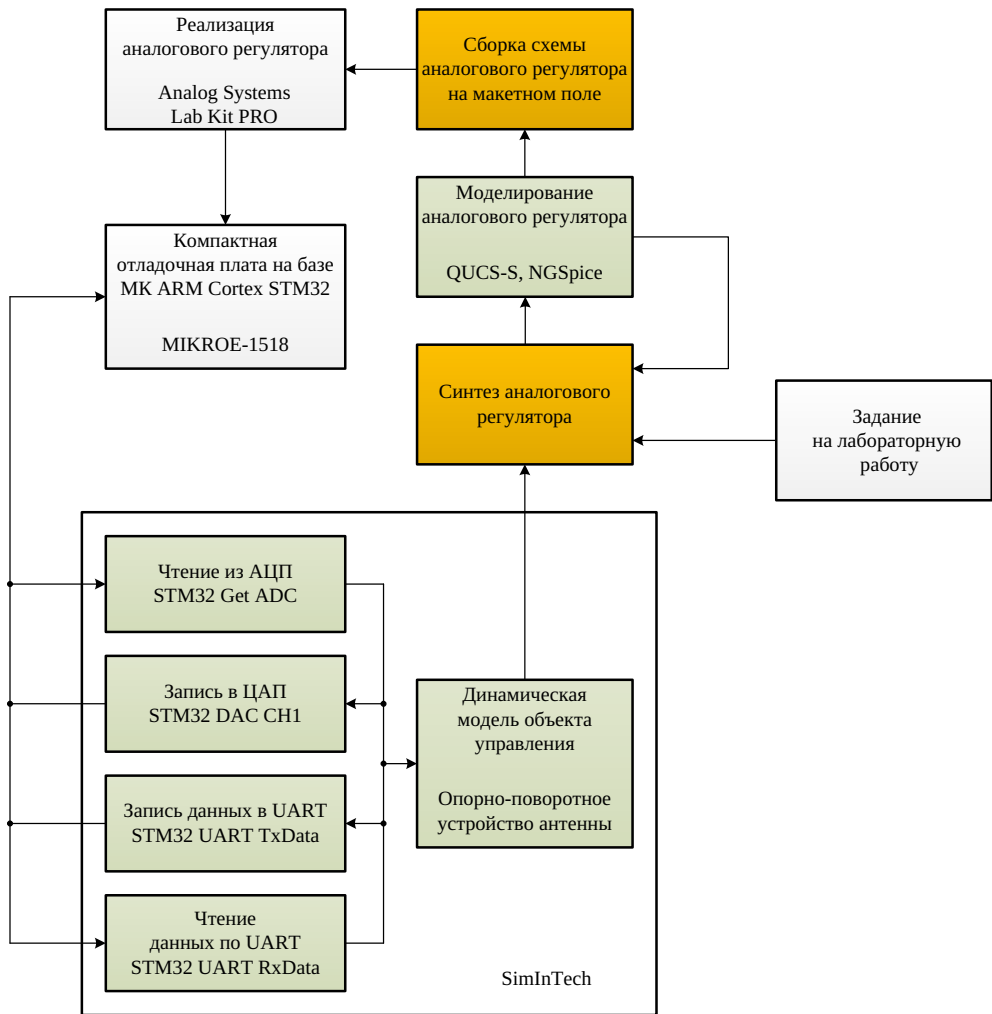


Рис. 6. Структура и взаимодействие элементов интерактивной лаборатории

управления. Интерактивная лаборатория включает средства симуляции объектов управления и компонентов систем управления, разработки управляющих программ для микроконтроллеров и комплект лабораторного оборудования моделирования аналоговых и цифровых систем. Учебный курс может быть реализован в различных вариантах сочетания аудиторной и внеаудиторной компонент, что позволяет гибко формировать план реализации курса в зависимости от текущей формы реализации учебного процесса в целом. В целом образовательный продукт позволит комплексно решить ключевые задачи начального периода обучения в магистратуре: ознакомление с предметной областью магистерской программы, формирования навыков самостоятельной научно-исследовательской работы, активного поиска и систематизации информации по заданной тематике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yuan, S.-M., Kao, Y.-W. User-Configurable Semantic Home Automation // *Computer Standards & Interfaces*. 2012. Vol. 34. No. 1. P. 171–188.
2. Schomakers, E.-M., Biermann, H., Ziefle, M. Users' Preferences for Smart Home Automation — Investigating Aspects of Privacy and Trust // *Telematics and Informatics*. 2021. Vol. 64.
3. Fauzi, M.A. E-Learning in Higher Education Institutions during COVID-19 Pandemic: Current and Future Trends Through Bibliometric Analysis // *Heliyon*. 2022. Vol. 8. No. 5.
4. Родионова, О.Ю. Развитие образования в постэпидемическую эпоху: возможности и вызовы / О.Ю. Родионова, Д.Н. Бушмакина, И.В. Гогоберидзе, К. Хань // *Педагогический журнал*. 2023. Т. 13. № 1–1. С. 478–485.
5. Dym, C.L. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning / C.L. Dym, A.M. Agogino, O. Eris, D.D. Frey, L.J. Leifer // *Journal of Engineering Education*. 2005. Vol. 94. No. 1. P. 103–120.
6. Чичерина, Н.В., Васильева, Ю.С., Родионова, Е.В. Смешанное обучение: модели и реальные практики // *Открытое и дистанционное образование*. 2019. № 1 (73). С. 22–31.
7. ЦНТИ «Прогресс». Курс повышения квалификации: Автоматизация технологических процессов и производств. Проектирование и построение автоматизированных систем для промышленных предприятий. URL: <https://www.cntiprogress.ru/seminarsforcolumn/7405.aspx> (дата обращения: 22.04.2024).
8. ЗАО «НИПО». Курс: Автоматизация технологических процессов на общепромышленных, горнорудных, нефтяных и других предприятиях. URL: <http://zaonipo.ru/kursi-po-avtomatizacii-asu/asu6.html> (дата обращения: 22.04.2024).
9. Siemens Automation Community. Siemens PLC Training for Beginners. URL: <https://learn.automationcommunity.com/courses/siemens-plc-training-for-beginners/> (дата обращения: 22.04.2024).
10. E-Learning Courses. Self-paced, Online Industrial Automation and Control Training. URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/support/training/e-learning-courses.html> (дата обращения: 22.04.2024).
11. Ellis, G. Applying Knowledge Building in an Engineering Class: A Pilot Study / G. Ellis, A. Rudnitsky, M. Moriarty, B. Mikic // *International Journal of Engineering Education*. 2011. Vol. 27. P. 945–957.
12. Sula, G., Sulstarova, A. Using Wikis as a Teaching Tool for Novice Teachers — Pedagogical Implications // *Journal of Learning for Development*. 2022. Vol. 9. P. 163–175.
13. Научно-производственное предприятие «ИНПРОКОМ». Опорно-поворотные устройства для осесимметричных антенн. URL: <https://inprokom.ru/catalog/oporno-povorotnie-ustroystva/opu-dlya-osesimmetrichnih-antenn/> (дата обращения: 22.04.2024).

REFERENCES

1. Yuan, S.-M., Kao, Y.-W. User-Configurable Semantic Home Automation, *Computer Standards & Interfaces*, 2012, vol. 34, No. 1, pp. 171–188.
2. Schomakers, E.-M., Biermann, H., Ziefle, M. Users' Preferences for Smart Home Automation — Investigating Aspects of Privacy and Trust, *Telematics and Informatics*, 2021, vol. 64.
3. Fauzi, M.A. E-Learning in Higher Education Institutions during Covid-19 Pandemic: Current and Future Trends Through Bibliometric Analysis, *Heliyon*, 2022, vol. 8, No. 5.
4. Rodionova, O.Yu., Bushmakina, D.N., Gogoberidze, I.V., Han, K. Razvitie obrazovaniya v postepidemicheskuyu epohu: vozmozhnost i ivyzovy [Development of Education in the Post-Epidemic Era: Opportunities and Challenges], *Pedagogicheskij zhurnal* = Pedagogical Magazine, 2023, vol. 13, No. 1–1, pp. 478–485. (in Russ.)
5. Dym, C.L., Agogino, A.M., Eris, O., Frey, D.D., Leifer, L.J. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning, *Journal of Engineering Education*, 2005, vol. 94, No. 1, pp. 103–120.

6. Chicherina, N.V., Vasileva, Yu.S., Rodionova, Ye.V. Smeshannoe obuchenie: modeli i realnye praktiki [Blended Learning: Models and Real Cases], *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie* = Open and Distance Education, 2019, No. 1 (73), pp. 22–31. (in Russ.)
7. Centr nauchno-tekhnicheskoy informatsii “Progress”. Kurs povysheniya kvalifikatsii: Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov i proizvodstv. Proektirovanie i postroyeniye avtomatizirovannykh sistem dlya promyshlennyykh predpriyatij [The Center for Scientific and Technical Information “Progress”. Advanced Training Course: Automation of Technological Processes and Productions. Design and Construction of Automated Systems for Industrial Enterprises]. Available at: <https://www.cntiprogess.ru/seminarsforcolumn/7405.aspx> (accessed: 22.04.2024). (in Russ.)
8. Zakrytoe akcionernoe obshchestvo “NIPO”. Kurs: Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov na obshchepromyshlennyy, gornorudnykh, neftyanykh i drugih predpriyatiyakh [Closed Joint Stock Company “NIPO”. Course: Automation of Technological Processes in General Industrial, Mining, Oil and Other Enterprises]. Available at: <http://zaonipo.ru/kursi-po-avtomatizatsii-i-asu/asu6.html> (accessed: 22.04.2024). (in Russ.)
9. Siemens Automation Community. Siemens PLC Training for Beginners. Available at: <https://learn.automationcommunity.com/courses/siemens-plc-training-for-beginners/> (accessed: 22.04.2024).
10. E-Learning Courses. Self-paced, Online Industrial Automation and Control Training. Available at: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/support/training/e-learning-courses.html> (accessed: 22.04.2024).
11. Ellis, G., Rudnitsky, A., Moriarty, M., Mikic, B. Applying Knowledge Building in an Engineering Class: A Pilot Study, *International Journal of Engineering Education*, 2011, vol. 27, pp. 945–957.
12. Sula, G., Sulstarova, A. Using Wikis as a Teaching Tool for Novice Teachers — Pedagogical Implications, *Journal of Learning for Development*, 2022, vol. 9, pp. 163–175.
13. Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie “INPROKOM”. Oporno-povorotnye ustroystva dlya osesimmetrichnykh antenn [Research and Production Enterprise “INPROKOM”. Rotary Thrust Devices for Axisymmetric Antennas]. Available at: <https://inprokom.ru/catalog/oporno-povorotnie-ustroystva/opu-dlya-osesimmetrichnykh-antenn/> (accessed: 22.04.2024). (in Russ.)

Дрозд Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент, базовая кафедра информационных технологий на радиоэлектронном производстве, Сибирский федеральный университет, odrozd@sfu-kras.ru

Oleg V. Drozd, PhD in Engineering, Associate Professor, Basic Department of Information Technology in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, odrozd@sfu-kras.ru

Русских Полина Андреевна, старший преподаватель, базовая кафедра информационных технологий на радиоэлектронном производстве, Сибирский Федеральний университет, prusskikh@sfu-kras.ru

Polina A. Russkikh, Senior Lecturer, Basic Department of Information Technology in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, prusskikh@sfu-kras.ru

Статья поступила в редакцию 02.05.2024. Принята к публикации 05.07.2024

The paper was submitted 02.05.2024. Accepted for publication 05.07.2024