

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ
САНКТ - ПЕТЕРБУРГ

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ»

НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ

*«Разработка учебно-лабораторного комплекса в рамках автоматизации процесса
получения экспериментальных данных на основе IoT - технологий»*

Исполнитель проекта: *Лукинов Владислав Алексеевич*

(подпись исполнителя проекта)

г. Санкт-Петербург
2024

НАИМЕНОВАНИЕ НАУЧНОГО ПРОЕКТА: Разработка учебно-лабораторного комплекса в рамках автоматизации процесса получения экспериментальных данных на основе IoT - технологий

УЧАСТНИК КОНКУРСА: Лукинов Владислав Алексеевич, старший преподаватель кафедры аудиовизуальных систем и технологий СПбГИКиТ

ОРГАНИЗАЦИЯ: Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения

ТЕЗИСЫ (АННОТАЦИЯ) НАУЧНОГО ПРОЕКТА*, отражающие основные достигнутые результаты проекта для публикации в Сборнике тезисов победителей конкурса:

Разработка учебно-лабораторного комплекса в рамках автоматизации процесса получения экспериментальных данных на основе IoT – технологий

На сегодняшний день, рынок образовательных технологий имеет возможность предоставить широкий выбор учебного оборудования, которые позволяют проводить, как лекционные и практические занятия, так и лабораторные работы в образовательных организациях различного уровня. Также стоит отметить, что развитие информационных технологий в области образования позволяют решать большое количество вопросов, связанных с совершенствованием содержания образования, которое бы соответствовало требованиям общества и тенденциям развития науки и техники, в частности. Стоит отметить, что бурное развитие информационных технологий сегментирует ранее единую область знания под названием – Информатика. На постоянной основе происходит выделение и становление новых направлений, которые обусловлены развитием технической составляющей и требуют более пристального научного исследования. На сегодняшний день аналогов разрабатываемого учебно-лабораторного комплекса не выявлено. В нашем исследовании был проведен анализ научной литературы и учебно-лабораторного оборудования в области образования, по результатам исследования, было выявлено, что широко представлены комплексы по проектированию оборудования, базирующихся на IoT – технологиях. В учебном исследовании оборудование, которое применяет IoT – технологии на данный момент отсутствует, что и обуславливает актуальность темы исследования. Разработанный учебно-лабораторный комплекс планируется внедрить в лабораторный практикум по различным дисциплинам в высших учебных заведениях, школах. Разработанный учебно-лабораторный комплекс позволит сигнализировать обучающемуся о неверно полученных результатах, таким образом, акцентировать его внимание на необходимость повторного определения показаний, что и позволит сформировать навык чтения аналоговых шкал. А также позволит повысить качество считываемых результатов. Основными потребителями являются школьники, студенты ВУЗов

Введение

Актуальность.

В настоящее время, современное общество проходит очередной этап своего развития, который тесно связан с развитием научно-технического прогресса, стоит отметить, что в развитии можно выделить несколько основных векторов. Доминирующим вектором является вектор развития современных информационных технологий. Практически во всех сферах занятости человека, в том числе и в образовании, информационные технологии занимают ключевое место, их интеграция позволяет значительно повысить уровень производительности труда и, в некоторой степени, облегчить труд, экономить главный человеческий ресурс – время. На сегодняшний день, рынок образовательных технологий имеет возможность предоставить широкий выбор учебного оборудования, которые позволяют проводить, как лекционные и практические занятия, так и лабораторные работы в образовательных организациях различного уровня. На данном этапе развития общества уже трудно представить жизнь современного человека без инновационных устройств, которые окружают его, будь то смартфон, смарт-часы и многие другие устройства, которые человек привык использовать каждый день, для выхода в сеть. Сегодня существует возможность получить нужную информацию, практически, в любой момент времени при помощи сервисов сети Интернет. Интеграция таких сервисов значительно упрощает жизнь человеку, сокращает время, которое человек тратил на поиск необходимой информации для решения различного рода задач. Также стоит отметить, что развитие информационных технологий в области образования позволяют решать большое количество вопросов, связанных с совершенствованием содержания образования, которое бы соответствовало требованиям общества и тенденциям развития науки и техники, в частности. Стоит отметить, что бурное развитие информационных технологий сегментирует ранее единую область знания под названием – Информатика. На постоянной основе происходит выделение и становление новых направлений, которые обусловлены развитием технической составляющей и требуют более пристального научного исследования. Стоит подчеркнуть, что по сути информатика превращается из научной отрасли в метанаучную, в которой уже исследуются только процессы работы над информацией без учета, посредством чего, эта работа осуществляется. Одной из относительно недавно появившихся отраслей являются технологии Интернета-вещей.

(Internet of Things, IoT) Интернет-вещей – технология, на основе которой строится вся цифровая информация. IoT – тесная интеграция реального и виртуального миров, в которых осуществляется связь между различными устройствами. Технология Интернета-вещей имеет возможность объединять достаточно большое количество устройств, позволяя им приобретать физические признаки, следовательно, приводить в действие и общаться между собой. На сегодняшний день, IoT - технологии нашли свое применение в различных сферах занятости человечества, начиная от быта, заканчивая сложными технологическими предприятиями. Следует отметить, что IoT - технологии имеют общую концепцию, которая базируется на системе «Умный дом». Также стоит отметить, что технологии Интернета-вещей применяются и в научном исследовании. Существуют проекты, в основе которых лежат технологии Интернета-вещей, что и позволяет изучать и охранять окружающий мир, заниматься исследованием нашей планеты.

В нашем исследовании был проведен анализ научной литературы и учебно-лабораторного оборудования в области образования, по результатам исследования, было выявлено, что широко представлены комплексы по проектированию оборудования, базирующихся на IoT – технологиях. В учебном исследовании оборудование, которое применяет IoT – технологии на данный момент отсутствует, что и обуславливает актуальность темы исследования.

При этом, стоит отметить, что на наш взгляд интеграция IoT – технологий в образовательный процесс позволит обеспечить, как дидактическую составляющую или

повышать интерактивность курса или дисциплины, так и элемент междисциплинарного взаимодействия, способствовать формированию компетенций в различных сферах.

Объект исследования. Объектом данного исследования являются технологии Интернета-вещей в учебно-лабораторном оборудовании

Предмет исследования - модернизация посредством интеграции технологии Интернета-вещей в учебно-лабораторное оборудование

Цель исследования – модернизация аналогового учебно-лабораторного комплекса, в рамках автоматизации процесса получения экспериментальных данных при исследовании электромагнитных явлений на основе IoT- технологий.

Задачи:

- 1) Обзор литературы по теме исследования
- 2) Проанализировать литературу и оборудование, на предмет использования IoT-технологий в учебном и научном исследовании.
- 3) Разработка проекта программно-аппаратного комплекса
- 4) Разработка программно-аппаратного комплекса
- 5) Проведение проверки работы всех систем программно-аппаратного комплекса
- 6) Внедрение программно-аппаратного комплекса в учебно-лабораторное оборудование

Гипотеза исследования – модернизация учебно-лабораторного комплекса, посредством IoT – технологий, позволит повысить эффективность данного комплекса в образовательном процессе.

Новизна.

На сегодняшний день, в рамках проведенного нами обзора, учебно-лабораторного оборудования, применяющее IoT – технологии не выявлено. Разработанный нами программно-аппаратный комплекс позволит сигнализировать обучающемуся о неверно полученных результатах, таким образом, акцентировать его внимание на необходимость повторного определения показаний, что и позволит сформировать навык чтения аналоговых шкал. А также позволит повысить качество считываемых результатов.

Теоретическая и практическая значимость.

В данной работе рассматривается модернизация учебно-лабораторного комплекса в рамках ограниченной области знаний. Разработан алгоритм модернизации данных комплексов, что позволяет говорить о возможности экстраполяции данного алгоритма на другие типы учебно-лабораторного оборудования, в дальнейших исследованиях, мы считаем, целесообразно рассмотреть данный вопрос, также стоит отметить, что процесс реализации данного комплекса в образовательный процесс является уже не технической, а методической проблемой, решение которой, на наш взгляд, является также перспективным исследованием. В работе мы рассматриваем только предпосылки, которые позволят включить данный комплекс в обучение по дисциплине, предусмотренной учебным планом. Модернизация учебно-лабораторного оборудования, посредством IoT-технологий, позволит повысить точность снимаемых показаний с аналоговых шкал, а также модернизировать устаревшее аналоговое оборудование, с целью формирования навыка процесса получения экспериментальных данных с лабораторного оборудования.

Глава 1. Концепция автоматизации экспериментальных исследований в радиоэлектронике с использованием IoT-технологий

1.1. Практические аспекты автоматизации учебно-лабораторного оборудования

Обеспечить процесс сбора информации от источника с последующей передачей и обработкой полученных данных, в нашем учебно-лабораторном оборудовании, возможно путем использования следующих компонентов:

- Плата Arduino UNO;
- 1 Макет;
- 1 Дисплей 1602A (16x2 с подсветкой);
- 1 1x16 отсекают заголовки для фиксации дисплея;
- 1 Зуммер;
- 2 винтовые клеммы с двумя контактами;
- 3 Тактильные переключатели (кнопки);
- 1 потенциометр 10 кОм;
- 6 резисторов 10 кОм;
- 2 резистора 100 кОм;
- 1 резистор 100 Ом;
- 1 резистор 10 Ом;
- 1 0.47R 5 Вт силовой резистор;
- Wi-Fi модуль esp8266

В первую очередь необходимо собрать вольтметр на платформе Ардуино с LCD дисплеем. Вольтметр – устройство, предназначенное для измерения сопротивления или электродвижущей силы в электрических цепях. Процесс сбора вольтметра основывается на плате Arduino Uno, так как она является самой популярной и доступной. Плата Arduino Uno имеет компактный размер, что является большим плюсом в нашем проекте. Имеет весьма достойные характеристики, а также под неё написано большое количество программ и литературы. Рабочее напряжения платы Arduino Uno – 5 В. На плате имеется встроенный стабилизатор напряжения, следовательно, на вход можно подавать питание с разных источников. [27]

Таблица 1.1.1. Характеристики Arduino Uno

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5В
Напряжение питания (рекомендуемое)	7-12В
Напряжение питания (предельное)	6-20В
Цифровые входы/выходы	14 (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов)
Аналоговые входы	6
Максимальный ток одного вывода	40 мА
Максимальный выходной ток вывода 3.3V	50 мА
Flash-память	32 КБ (ATmega328) из которых 0.5 КБ используются загрузчиком
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц



Рисунок 1.1.1. Плата Arduino Uno

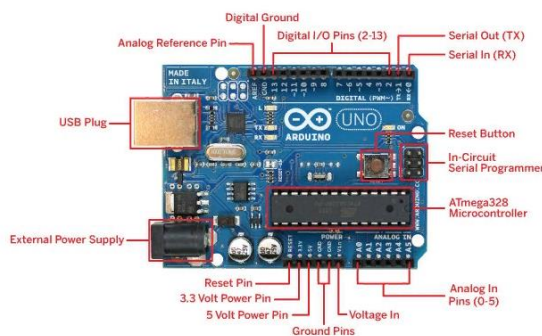


Рисунок 1.1.2. Описание элементов платы Arduino Uno

Описание пинов Ардуино

Пины платы Arduino Uno используются для коммутации внешних устройств, которые могут работать в режиме выхода и входа. К каждому входу может быть подключен резистор 20-50 кОм в режиме INPUT_PULLUP. Допустимое значение тока на каждом выходе – 20 мА-40мА в пике. Также для удобства некоторые пины способны совмещать в себе несколько функций:

- Пины 0 и 1 – контакты UART (RX и TX)
- Пины с 10 по 13 - контакты SPI (SS, MOSI, MISO и SCK соответственно)
- Пины A4 и A5 – контакты I2C (SDA и SCL соответственно). [42]

Цифровые пины Ардуино

Плата Arduino Uno имеет также цифровые пины – от 0 до 13. Благодаря этому, мы можем считывать и подавать на них два вида сигналов: HIGH и LOW. При помощи ШИМ (широтно-импульсной модуляции) можно использовать цифровые пины для управления мощностью подключенных устройств.

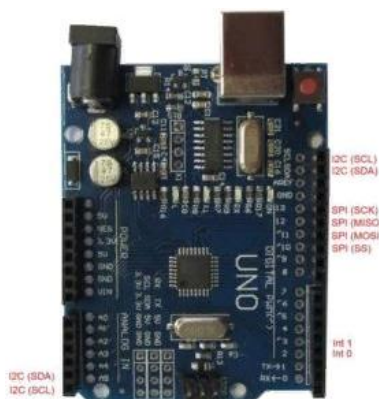


Рисунок 1.1.3. Пины платы Arduino

Аналоговые пины Arduino Uno

Использование аналоговых пинов необходимо для подключения аналоговых устройств. Они являются выходами для встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), является десятиразрядным. [42]

Дополнительные пины на плате

AREF – выдает опорное напряжения для встроенного АЦП. Может управляться функцией analogReference.

RESET – подача низкого сигнала на входе приведет к перезагрузке устройства.

Пины питания

- 5V – на данный пин Arduino подает 5 В, может использоваться для питания внешних устройств.
- 3.3V – на данный пин от внутреннего стабилизатора подается напряжение 3.3 В
- GND – заземление.
- VIN – пин, предназначенный для подачи внешнего напряжения.
- IREF – пин для информирования внешних устройств о рабочем напряжении платы.

На сегодняшний день, существует большое количество вариантов плат Arduino. Например, самыми популярными конкурентами Arduino Uno являются платы Arduino Nano и Arduino Mega. Arduino Nano, по большому счету, подходит для проектов, в которых важен размер полученного оборудования, вторая, в свою очередь, предназначена для проектов, в которых схема является довольно сложной и требует большого количества выходов.

Arduino Uno является отличным, на наш взгляд, вариантом для создания учебно-лабораторного оборудования. Плата имеет 14 цифровых и 6 аналоговых пинов, которые позволяют подключить разнообразные приборы.

Вторым этапом в сборке вольтметра нам понадобится LCD дисплей. Жидкокристаллический дисплей LCD 1602. [26]

Краткое описание пинов LCD 1602



Рисунок 1.1.4. Пины жидкокристаллического дисплея LCD 1602

Каждый из выводов имеет свое назначение:

1. Земля GND;
2. Питание 5 В;
3. Установка контрастности монитора;
4. Команда, данные;
5. Записывание и чтение данных;
6. Enable;
- 7-14. Линии данных;
8. Плюс подсветки;
9. Минус подсветки. [45]

Технические характеристики дисплея:

Символьный тип отображения, есть возможность загрузки символов;

Светодиодная подсветка;

Контроллер HD44780;
 Напряжение питания 5В;
 Формат 16x2 символов;
 Диапазон рабочих температур от -20С до +70С, диапазон температур хранения от -30С до +80 С;
 Угол обзора 180 градусов.
 Дисплей с поддержкой i2c подключается к плате при помощи четырех проводов – два провода данных, два провода питания.

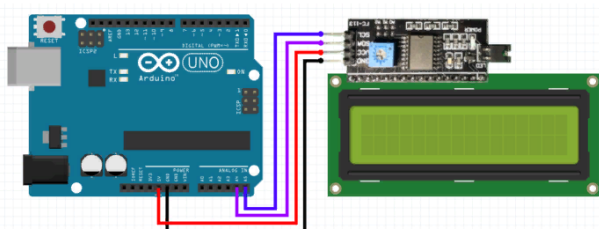


Рисунок 1.1.5. Подключения LCD дисплея к плате Arduino Uno

Третьим этапом является подключение Wi-Fi модуля esp8266 к плате Arduino Uno. Данный Wi-Fi модуль является самым популярным инструментом для построения беспроводной связи, такие же модули используются при построении проектов по принципу - Умный дом. Используя данный модуль можно реализовать связь по интерфейсу Wi-Fi, тем самым обеспечивая проектам Arduino выход в сеть Интернет и возможность дистанционного управления, сбора и обработки данных. [50]

ESP8266 – микроконтроллер с интерфейсом Wi-Fi. Устройство впервые было выпущено в 2014 году и сразу стало достаточно популярным благодаря дешевой цене и хорошим техническим характеристикам:

- Поддерживает Wi-Fi протоколы 802.11 b/g/n с WEP, WPA, WPA2;
- Обладает 14 портами ввода и вывода, SPI, I2C, UART, 10-бит АЦП;
- Поддерживает внешнюю память до 16 МБ;
- Необходимое питание от 2,2 до 3,6 В, потребляемый ток до 300 мА в зависимости от выбранного режима.



Рисунок 1.1.6. Wi-Fi модуль esp8266

Главная особенность данного модуля – отсутствие энергозависимой памяти на кристалле. [47]

Особенности платы ESP8266:

- Наличие встроенного преобразователя напряжения 3,3В;
- Наличие 4 Мб флеш-памяти;
- Встроенные кнопки для перезагрузки и перепрошивки;
- Все порты выведены на плату на две гребенки с шагом 2,5 мм.

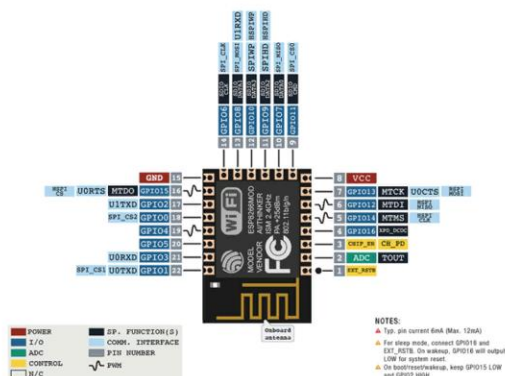


Рисунок 1.1.7. Распиновка Wi-Fi модуля esp8266

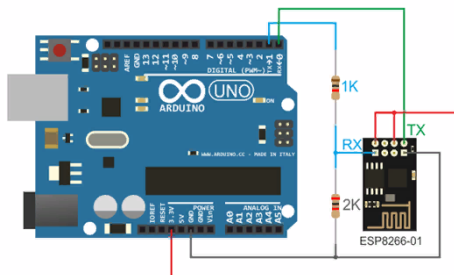


Рисунок 1.1.8. Подключение Wi-Fi модуля esp8266 к плате Arduino Uno

Непосредственно перед подключением к Arduino Uno необходимо знать то, что у модуля esp8266 питание не может быть выше 3.6 В, в то время как на плате Arduino Uno напряжение 5 В. Соединять необходимо с помощью резистивных делителей. Схема подключения представлена на рисунке 8. 3,3 В с Ардуино – на Vcc&CH_PD на модуле ESP8266, GND выход соединяется с Ардуино – к GND с ESP8266, 0 – TX, 1 – RX. [46]

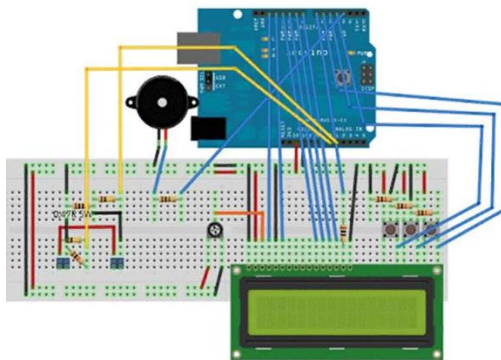


Рисунок 1.1.9. Вольтметр на базе Ардуино

1.2. Принципиальные схемы модернизации учебно-лабораторного оборудования

Рассмотрим модернизацию учебно-лабораторного оборудования на примере аналогового электронного микровольтметра В3-57. Аналоговые электронные вольтметры содержат магнитоэлектрический измеритель, а также измерительный усилитель (постоянного и переменного тока), который, в свою очередь, дает возможность иметь более низкие пределы измерений (до десятков – единиц милливольт и ниже), а также позволяет значительно повысить входное сопротивление прибора и получить линейную шкалу на малых пределах измерения переменного напряжения.

Микровольтметр В3-57 предназначен для измерения среднеквадратического значения напряжения переменного тока синусоидальной формы и линейного преобразования его в напряжение постоянного тока. Его шкалы проградуированы в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения в децибелах. [20]

В7-57 удобен тем, что в сравнении с ранними моделями даёт меньшую погрешность измерений. Способен быстро считывать показатели в любых условиях. Данный микровольтметр является практически универсальным прибором в своём роде. Используется в самых различных областях техники.

Технические характеристики:

Диапазон частот: 5 Гц-5 МГц.

Диапазон измеряемых напряжений: 0,01 мВ-300 В.

Пределы основной погрешности измерения напряжения (в % от конечного значения поддиапазона):

±1 (30-300 мВ);

±1,5 (1-10 мВ);

±2,5 (0,1-0,3 мВ и 1-300 В);

±4 (0,03 мВ).

Входное сопротивление/ёмкость:

5 МОм/27 пФ (0,03-300 мВ);

5 МОм/12 пФ (1-300 В).

Питание: 220 В, 50 Гц или 400 Гц.

Потребляемая мощность: 20 В*А.

Масса: 6,2 кг.

Габариты: 328x168x206 мм.

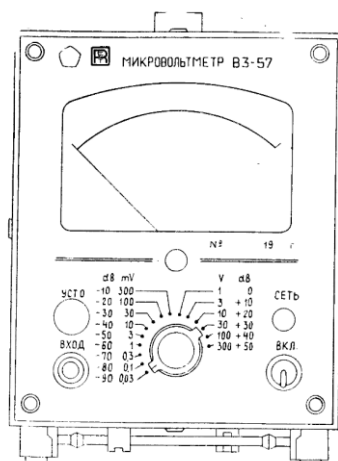


Рисунок 1.2.1. Общий вид прибора

Рабочие условия:

- 1) Температура окружающего воздуха от 5°С до 40°С;
- 2) Относительная влажность воздуха до 95% при температуре 30° С;
- 3) Атмосферное давление от 61,3 до 104кПа
- 4) Напряжение питающей сети 220 В частотой 50 Гц

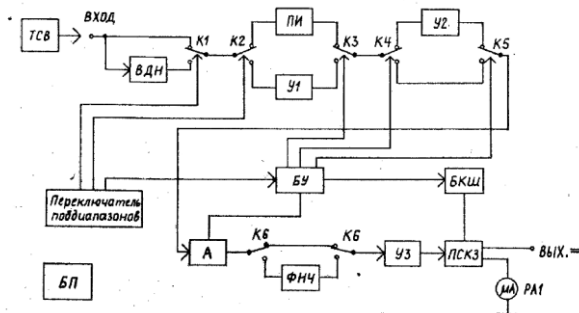


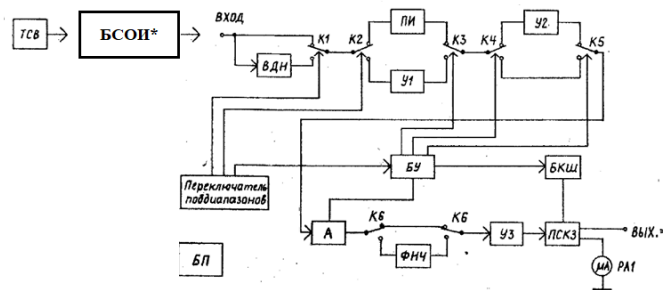
Рисунок 1.2.2. Схема электрическая структурная

Описанная в главе 1, параграф 1.3 (см.рис.8) схема является схемой разрабатываемого устройства:



Рисунок 1.2.3. Схема разрабатываемого устройства

Блок сбора информации подразумевает под собой устройство, которое описано в главе 1, параграф 1.2.



* - Блок сбора и обработки информации

Рисунок 1.2.4. Схема электрическая функциональная

Таким образом, данная схема ляжет в основу первого экспериментального образца, который планируется реализовать. Благодаря внедрению блока сбора и обработки информации схема является модернизированной. Собранный на базе Arduino вольтметр планируется подключить на вход аналогового микровольтметра В3-57, тем самым получить цифровые значения снимаемых показателей. Далее, полученные значения будут передаваться на компьютер, в специальное программное обеспечение при помощи Wi-Fi модуля esp8266, встроенный в блок сбора информации.

1.3. Возможность унификации процесса модернизации учебно-лабораторного оборудования

В нашем случае процесс унификации, мы будем рассматривать, как выработку единого подхода к модернизации учебно-лабораторного оборудования. Единый подход, может заключаться, либо в использовании единообразных компонентов при модернизации оборудования, либо в утверждении идеи внедрения технологии Интернета-вещей в любое оборудование, используемое в рамках лабораторных практикумов, при этом надо отдавать себе отчет, в том, что использованное оборудование отличается не только моделями или производителями, но и обладает разным функционалом, типом взаимодействия с источника информации, способом визуализации использования данных, структурными и компонентными параметрами. А соответственно разрабатываемый нами компонент, блок сбора и обработки информации, а именно его структура будет вариативна, иными словами, будет зависеть от прибора. [21]

Наш подход, заключается в следующей гипотезе, что внесение технологии Интернета-вещей в структуру любого учебно-лабораторного комплекса возможно. В этом мы и видим унификацию процесса модернизации учебно-лабораторного оборудования. При этом

использование технологии Интернета-вещей в обновленных учебно-лабораторных комплексах может быть продиктовано необходимостью повышения точности или оперативности показаний, получаемых с приборов, в частности, это оправданно при исследовании или изучении быстро протекающих процессов или же методическая, с целью формирования навыка процесса получения экспериментальных данных с лабораторного оборудования, в частности, которое визуализирует данные посредством аналоговых шкал. Либо же возможным достижением, как прецизионных, так и методических задач при исследовании ряда процессов, в частности, например при выполнении лабораторной работы по определению ускорения свободного падения, как правило, не используют какие-либо дополнительные средства, позволяющие повысить точность проводимого измерения, мы видим возможности повышения точности измерения и определение ускорения свободного падения, посредством модернизации конструкции данного лабораторного комплекса и внедрение в его структуру дополнительных элементов, которые позволят без участия человека снимать показания. При этом, решая задачу не только повышения точности проводимых измерений, но и задачу в рамках обучения, посредством введения дополнительного пункта в ход лабораторной работы, который бы указывал на необходимость сравнения полученных результатов, источником которых с одной стороны является автоматизированный комплекс, а с другой традиционное оборудование, тем самым, на наш взгляд, мы сможем более детально продемонстрировать роль случайных ошибок в формировании, как относительной, так и абсолютной погрешности при проведении измерений. При этом анализ педагогического опыта, позволяет выявить распространённую проблему, при проведении лабораторных работ по разделу «Электричество», а анализ производственного опыта, а также научной, технической и учебно-методической литературы, позволяет сделать вывод, о необходимости навыка чтения аналоговых шкал у профессионалов в технической отрасли, основываясь на анализе педагогического опыта, мы можем сделать вывод, что обучающиеся совершают ошибки при чтении результатов показаний с аналоговых шкал чаще всего по двум причинам:

- 1) Неумение определять цену деления прибора
- 2) Невнимательность при чтении результатов показаний [43]

Соответственно, неверно считанные показания не позволяют выполнить лабораторную работу и достичь поставленной цели. Внедрение технологии Интернета-вещей в данные лабораторные комплексы, позволит:

- 1) Избежать повторного выполнения лабораторной работы (особенно актуально для лабораторных работ, которые выполняются в течении длительного времени)
- 2) Позволит повысить качество считываемых результатов
- 3) Сформировать навык чтения результатов с аналоговых шкал и т.д., поскольку можно выделить значительное проблем, которые возможно будет решить.

Стоит подчеркнуть, что мы не предлагаем полностью исключить участие обучающегося в снятии показаний, разрабатываемый нами блок и в дальнейшем программное обеспечение к нему позволит сигнализировать обучающемуся о неверно полученных результатах, таким образом, акцентировать его внимание на необходимость повторного определения показаний, что и позволит сформировать навык чтения аналоговых шкал.

При этом, стоит отметить, что при модернизации оборудования в качестве единой интеграционной платформы, мы будем использовать систему Arduino. Использование системы Arduino дает возможность унификации процесса модернизации учебно-лабораторного оборудования, поскольку данная система, можно сказать, имеет безграничный потенциал. Микроконтроллеры, установленные в данной системе, позволяют использовать её как для автоматизации различных процессов, так и в качестве базы под различные проекты, благодаря, множеству датчиков и модулей, которые можно дополнительно добавить в разрабатываемую платформу.

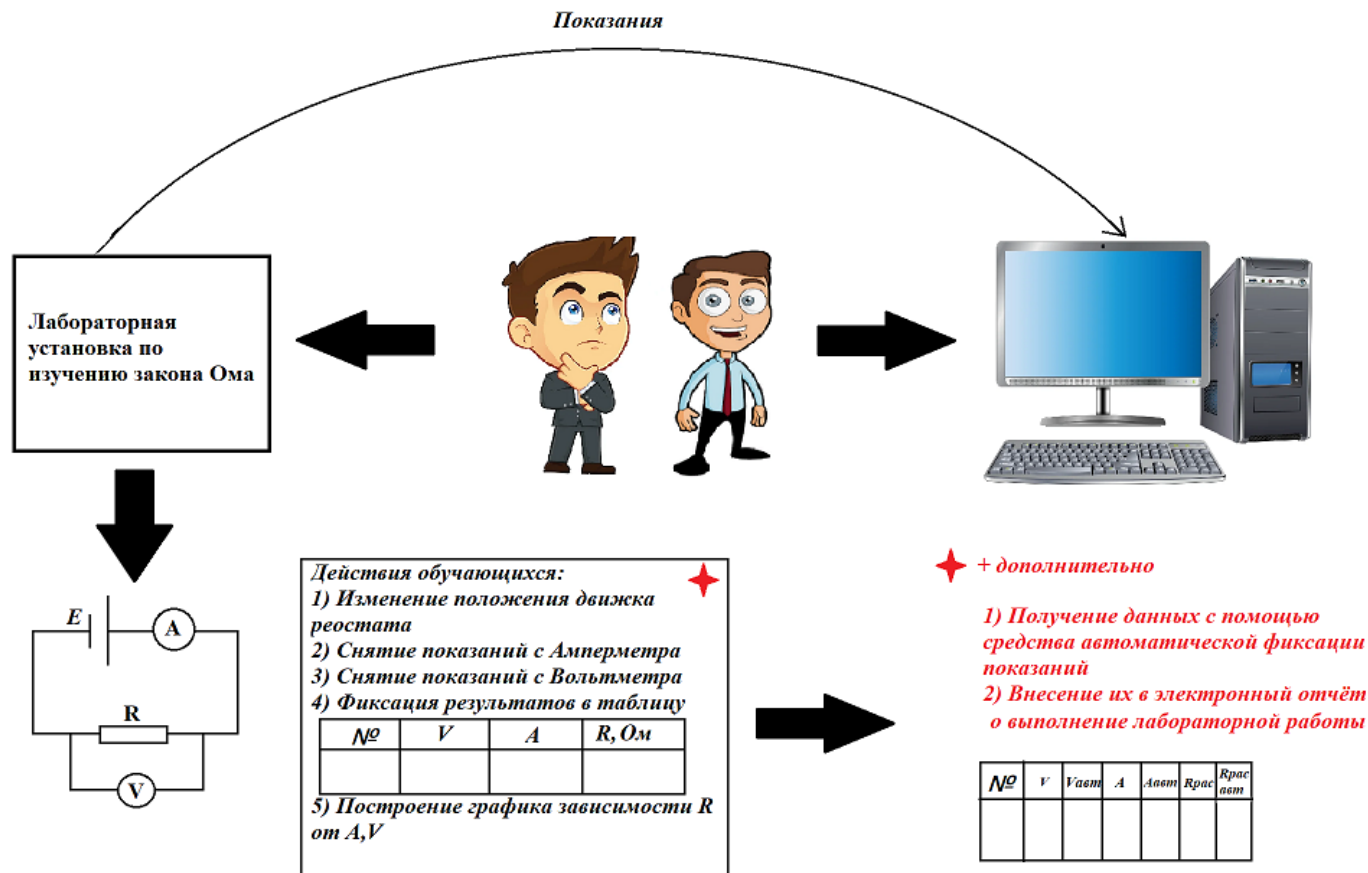


Рисунок 1.3.1. Сравнение алгоритмов выполнения лабораторной работы по изучению закона Ома на основе стандартного и модернизированного учебно-лабораторного комплексов

Глава 2. Апробация предложенной модернизации учебно-лабораторного оборудования для проведения экспериментальных исследований в радиоэлектронике

2.1. Общая характеристика эксперимента

Цель проводимого эксперимента – автоматизировать экспериментальные исследования электромагнитных явлений с использованием IoT – технологий. Повысить точность снимаемых показаний с аналоговых шкал, а также модернизировать устаревшее аналоговое оборудование, с целью формирования навыка процесса получения экспериментальных данных с лабораторного оборудования.

В проводимом эксперименте мы собрали две лабораторные установки по изучению закона Ома. На первой лабораторной установке студенты выполняют лабораторную работу по изучению закона Ома по стандартному методу. Снимают показания с вольтметра и амперметра, делают необходимые расчеты, строят график зависимости силы тока от напряжения.



Рис.2.1.1. Стандартная установка по изучению закона Ома

Вторая установка включает в себя разработанный нами блок сбора и обработки информации, который подключен к аналоговому вольтметру ВЗ-57. Студенты выполняют лабораторную работу по изучению закона Ома на модернизированной установке.



Рис.2.1.2. Модернизированная установка по изучению закона Ома

Блок сбора и обработки информации представляет собой вольтметр, собранный на платформе Arduino с LCD дисплеем и Wi-Fi модулем для передачи данных в радиоканале.

Разработанный блок сбора и обработки информации мы подключили на выход аналогового вольтметра ВЗ-57. Схема разработанного устройства представлена в главе 2, параграф 2.3. Блок сбора и обработки информации имеет собственное питание от сети (7-12 В.). Рабочее напряжение блока сбора и обработки информации 5 В. В случае, если произойдет незапланированное или аварийное отключение лабораторной установки, блок сбора и обработки информации продолжает работать, следовательно, данные сохраняются. [2]

Блок сбора и обработки информации имеет возможность считывать показания вольтметра в пределах от 10^{-15} до 10^{15} . При этом необходимо отметить, что данный диапазон измерений, на данный момент, достигнут программно, а не аппаратно. Вопрос аппаратного обеспечения данного диапазона измеряемых величин будет рассматриваться в рамках дальнейшей исследовательской работы.

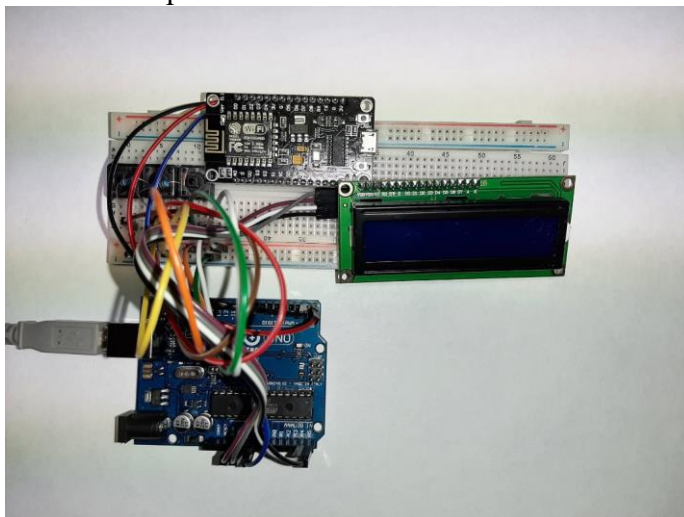


Рис.2.1.3. Блок сбора и обработки информации

Блок сбора и обработки информации передает данные с вольтметра на персональный компьютер в специальное программное обеспечение, в радиоканале посредством использования Wi-Fi модуля ESP8266 и выполняет необходимые расчеты. Показания и расчеты заносятся в идентичную таблицу, которую заполняют обучающиеся в ходе снятия показаний с приборов.

Для проведения эксперимента будут привлечены студенты 1 курса института кино и телевидения, направление подготовки «Радиотехника», академической группы 1034.

Студенты были разделены на две группы:

- 1) Контрольная группа – 6 человек. Студенты данной группы выполняли лабораторную работу по изучению закона Ома на стандартной установке. см.рис. 3.1.1.
- 2) Экспериментальная группа – 6 человек. Студенты данной группы выполняли лабораторную работу по изучению закона Ома на модернизированной установке. см. рис. 3.1.2. Экспериментальная группа была разделена на две подгруппы по 3 человека, с той целью, чтобы сравнить полученные результаты на предмет точности снимаемых показаний.

Стоит отметить, что наполнение и распределение студентов на бригады, для выполнения лабораторных работ, реализовано на основе самостоятельного распределения студентов в академической группе. Эксперимент будет проводиться в рамках реализации образовательного процесса.

При проведении эксперимента будут оцениваться такие параметры как время выполнения лабораторной работы, точность снимаемых показаний, корректность оформления результатов и отчета о выполнении лабораторной работы. Полученные результаты позволят подтвердить или опровергнуть сформулированную гипотезу. Для повышения валидности проводимого исследования будет сформирован дополнительный комплект экспериментальной и контрольной групп из числа студентов первого курса заочной формы обучения направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника». [44]

2.2. Апробация модернизированного учебно-лабораторного оборудования при проведении экспериментальных исследований электромагнитных явлений

Подготовка к выполнению лабораторной работы.

Студенты обеих групп собрали электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора и ключа. Параллельно проволочному резистору студенты контрольной группы подключили универсальный вольтметр ВЗ-57. Экспериментальная группа подключила параллельно проволочному резистору модернизированный вольтметр ВЗ-57, который включает в себя блок сбора и обработки информации, подключённый через радиоканал, посредством Wi-Fi к персональному компьютеру.

Проведение лабораторной работы

На проведение опыта №1 «Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи» у контрольной группы ушло 20 минут. В то время, как экспериментальная группа справилась с этим опытом за 15 минут. По итогу выполнения первого опыта, выяснилось, что студенты контрольной группы допустили ошибку в снятии показаний с аналогового вольтметра. В результате пришлось исправлять ошибку и заново проводить опыт №1. Экспериментальная группа, сняв показания имела возможность сравнить полученные показания с показаниями, которые были сняты блоком сбора и обработки информации и выведены в программное обеспечение на персональный компьютер. Показания, снятые экспериментальной группой и блоком сбора и обработкой информации сходятся. [22]

Опыт №2 «Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах». На проведение второго опыта у контрольной группы ушло 30 минут. У экспериментальной группы второй опыт занят 22 минуты.

После снятия показаний с лабораторных установок контрольная и экспериментальная группы приступили к необходимым расчетам. Контрольная группа выполнила расчеты за 15 минут, экспериментальная группа за 12 минут, а также успела сравнить их с расчетами, которые были выведены в специальное программное обеспечение на компьютере. Расчёты, выполненные экспериментальной группой, сходятся с расчётами, выполненными блоком сбора и обработкой информации.

По результатам выполнения лабораторной работы студенты обеих групп оформили отчёт, сделали выводы по выполненной лабораторной работе.

Анализируя отчеты выполнения лабораторной работы экспериментальной и контрольной групп мы сделали следующие выводы:

- 1) Показания, снятые контрольной группой, разнятся с показаниями снятыми экспериментальной группой и имеют большую погрешность.
- 2) Показания обеих подгрупп экспериментальной группы сходятся и являются более точными, по сравнению с показаниями контрольной группы. Расчёты выполнены верно.

В результате эксперимент можно считать состоявшимся. Полученные результаты в ходе эксперимента показали, что модернизация учебно-лабораторного оборудования, посредством внедрения блока сбора и обработки информации привела к положительным результатам. Благодаря блоку сбора и обработки информации экспериментальная группа получила преимущество в том, что выполняя лабораторную работу есть возможность сравнить полученные результаты, которые были сняты непосредственно со шкалы аналогового прибора, с результатами, которые были сняты при помощи блока сбора и обработки информации, что и дает преимущество в экономии времени выполнения лабораторных работ. А также, повышается точность и оперативность снятия показаний, получаемых с прибора. Также данный блок помогает формировать навык процесса получения экспериментальных данных с лабораторного оборудования. [23]

Таким образом был собран первый экспериментальный образец модернизированного вольтметра ВЗ-57. Благодаря внедрению блока сбора и обработки информации в универсальный вольтметр ВЗ-57 мы получили модернизированный метод

выполнения лабораторных работ по исследованию электромагнитных явлений, а также данное внедрение показало необходимость применения технологии Интернета-вещей в системе образования.

Стоит отметить, что данный эксперимент показал эффективность интеграции технологий Интернета-вещей, как в плоскости технических наук, так и в области педагогики, и методики обучения конкретной дисциплины. На наш взгляд, интеграция технологий Интернета-вещей в образовательный процесс помогла обеспечить не только дидактическую составляющую, но и повысить интерактивность курса или дисциплины в целом.

Глава 3. Экономическое обоснование проекта

3.1. Расчет затрат на разработку программной части программно-аппаратного комплекса

Для разработки программно-аппаратного комплекса необходимы инвестиции, что в свою очередь создает проблемы с оценкой эффективности вложенных средств. Целью расчета экономической части проекта является: определение стоимости разработки и введения в эксплуатацию разработанного оборудования, а также стоимости поддержания в работоспособном состоянии. Структура экономической части состоит из следующих аспектов:

1. расчет затрат на разработку;
2. расчет заработных плат;
3. расчет стоимости внедрения ПО.

Все затраты зависят от расходов, используемых разработчиком в процессе создания программного продукта. В плановые расходы можно включить следующие элементы:

1. Заработная плата разработчика;
2. Отчисление на социальное страхование и обеспечение;
3. Амортизация основных средств.

Расчет основной заработной платы разработчика программно-аппаратного комплекса производится в сдельной форме. Это значит, что плата зависит от объема работ, которая зависит от качества и сложности продукта, а также от условий труда. При разработке для каждого вида работ предусматривается своя сдельная заработная плата. [39]

Таблица 3.1.1. Расчет затрат на разработку программно-аппаратного комплекса

Сотрудники	Количество рабочих дней, потраченных на разработку проекта	Заработная плата за рабочий день, длительностью 8 ч., руб.	Заработная плата за месяц, руб.
Разработчик	22	500	11000

В таблице 3.1.1. представлена заработная плата разработчика, которая рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = O \times N = 500 \times 22 = 11000 \text{ руб. , где}$$

$Z_{зп}$ – заработная плата,

O – зарплата за 8 ч.,

N – количество отработанных дней.

Общее время, которое разработчик потратил на создание данного программно-аппаратного комплекса, составляет 240 часов.

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний осуществляется в Российской Федерации с января 2000 года в соответствии с Федеральным законом от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Сотрудники подлежат обязательному социальному, медицинскому и пенсионному страхованию.

Расчет данных отчислений складывается по отношению к сумме затрат на разработку ресурса и определяется по формуле:

$$O_{\text{осо}} = Z_{\text{осн}} \times K_{\text{осо}}$$

, где $O_{\text{осо}}$ – необходимая сумма отчислений на социальное страхование и обеспечение; $K_{\text{осо}}$ – коэффициент, который равен сумме процентов отчислений.

Так как заказчик – юридическое лицо, то отчисления производятся в Пенсионный Фонд России, в Фонд обязательного медицинского страхования и в Фонд обязательного медицинского страхования.

Необходимые расчеты приведены в таблице 2

Таблица 3.1.2. Сумма затрат на социальное страхование и обеспечение

Сотрудники	Зарботная плата сотрудника, руб	ПФР	ФСС	ФФМС	Итого
		22%	2,90%	5,10%	30%
Разработчик	11000	2420	319	561	3300

3.2. Итоговая смета

Таким образом, учитывая затраты на разработку внедрение и эксплуатацию программно-аппаратного комплекса мы можем, составить итоговую смету.

Таблица 3.2.1. Смета на разработку внедрение и эксплуатацию программно-аппаратного комплекса

№	Наименование расходов	Сумма(руб.)
1	Зарплата разработчика	11000
2	Отчисления на социальное страхование и обеспечение	3300
3	Плата Arduino UNO	762
4	LCD 1602 дисплей с I2c	238
5	Модуль Wi-Fi ESP8266	242
6	Стартовый набор для Arduino UNO	390
ИТОГО		15932

Заключение

Интеграция информационных технологий в образовательный процесс способствовала улучшению качества образования в целом. Благодаря информационным технологиям образовательный процесс имеет возможность выйти на новый уровень, дать большой запас знаний. Стоит отметить, что теоретических знаний недостаточно, их необходимо применять на практике, именно поэтому в образовательных учреждениях особое внимание уделяется формированию у обучающихся практических навыков путем выполнения лабораторных работ. Ведь, именно на лабораторных работах обучающийся имеет возможность применить полученные теоретические знания на практике. Студенты знакомятся с различными приборами, учатся на них работать, проводить различные опыты и исследования.

При разработке программно-аппаратного комплекса, мы использовали способ интеграции учебно-лабораторного оборудования в локальную сеть лаборатории посредством интерфейса – Wi-Fi. Используя данный способ, мы получили возможность повысить мобильность выполнения лабораторных работ. Обеспечить процесс сбора информации от источника с последующей передачей и обработкой полученных результатов, в нашем учебно-лабораторном оборудовании, получилось с использованием системы Arduino. Используя систему Arduino, мы имеем возможность унификации процесса модернизации учебно-лабораторного оборудования, так как данная система имеет обширный спектр возможностей.

По результатам эксперимента сформулированы следующие выводы:

- 1) Полученные результаты в ходе эксперимента показали, что модернизация учебно-лабораторного оборудования привела к положительным результатам.
- 2) При помощи блока сбора и обработки информации (ПАК) появилась возможность сравнить полученные результаты, снятые со шкалы аналогового прибора, с результатами, которые были сняты при помощи блока сбора и обработки информации
- 3) Повысилась точность и оперативность снятия показаний
- 4) Программно-аппаратный комплекс помог сформировать навык процесса получения экспериментальных данных с лабораторного оборудования

По результатам исследования был собран первый экспериментальный образец модернизированного вольтметра ВЗ-57. Внедрение блока сбора и обработки информации показало необходимость применения технологий Интернета-вещей в системе образования. Также стоит отметить, что данное исследование показало эффективность интеграции технологии Интернета-вещей, как в технических науках, так и в области педагогики, и методики обучения конкретной дисциплины. Мы считаем, что интеграция технологий Интернета-вещей в образовательный процесс помогла обеспечить дидактическую составляющую, повысить интерактивность дисциплины

Апробация

Результаты, полученные в рамках выпускной квалификационной работы, были представлены:

1. IV международная научно-техническая конференция, посвященная годовщине со дня рождения русского ученого и предпринимателя С.М. Айзенштейна
2. XIII международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании и науке НИТО 2020»
3. V международная научно-практическая конференция Инновационные технологии в медиаобразовании
4. Международная научно-практическая конференция "Университет ШОС: глобальные вызовы и возможности устойчивого развития до 2030 года"
5. IX конгресс молодых ученых, Университет ИТМО
6. VI международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии в медиаобразовании"

7. VI всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Наука творчество Инновации»
8. DIGITAL AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ELECTRONIC MEDIA INDUSTRY XVII STUDENT CONFERENCE AND COMPETITION
9. V всероссийская молодежная научно-практическая конференция "Наука творчество Инновации"

Список литературы

1. Perea, F. Arduino Essentials / F. Perea, // Packt Publishing. – 2015. – P. 158
2. Бордовский В.А. Методы педагогических исследований инновационных процессов в школе и вузе: уч.-метод. пособие.- СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2001.
3. Воронин Ю.А., Чудинский Р.М. Компьютеризированные системы средств обучения для проведения учебного физического эксперимента. // Физика в школе, 2006, №4.
4. Воронин Ю.А., Чудинский Р.М. Компьютеризированные системы средств обучения для проведения учебного физического эксперимента. // Физика в школе, 2006, №4.
5. Гнитецкая Т. Н., Современные образовательные технологии / Т.Н. Гнитецкая. - Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета, 2004. - 255 с.
6. Дунин С. М. Компьютеризация учебного процесса. // Физика в школе. - 2004. - №2.
7. Дунин С. М. Компьютеризация учебного процесса. // Физика в школе. - 2004. - №2.
8. Журнал «Информатика и образование».- М., 2004, № 3
9. Захарова И. Г. Информационные технологии в образовании. // М.: Академия, 2003.
10. Захарова И. Г. Информационные технологии в образовании. // М.: Академия, 2003
11. Зыков Д.С., Соколов Д.А. Использование информационно коммуникационных технологий для реализации дистанционного обучения в рамках курса физики средней школы // Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве: Сборник научных статей. – СПб.: Изд-во «Лема», 2011.
12. Исмаилова З. Н., Компьютерные технологии как средство качественного усвоения учебного материала по математике старшеклассниками : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук : специальность 13.00.02 <Теория и методика обучения и воспитания по областям и уровням образования> / Исмаилова Замина Назимовна; [Дагест. гос. пед. ун-т]. - Астрахань, 2010. - 25 с.
13. Киселева Н. А., Новые педагогические и информационные технологии в образовании : монография / Н. А. Киселева. - Нижнекамск : Чишмэ, 2004. - 91 с.
14. Красильникова В. А., Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Красильникова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - 2-е изд. перераб. и доп. - Оренбург : ОГУ, 2009.
15. Кремер О. Б., Компьютерные технологии в науке и образовании [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. Б. Кремер; ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет". - Воронеж : ВГТУ, 2012.
16. Кудрявцев А.В. Методика использования ЭВМ для индивидуализации обучения физике.
17. Метелёв, А.П. Протоколы маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся сетях / А.П. Метелёв, А.В. Чистяков, А.Н. Жолобов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – С. 278.
18. Начало работы с ESP8266 NodeMcu v3 Lua с WiFi – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua>
19. Обухов, Визуализация в автоматизированных системах экспериментальных исследований в области радиофизики и электроники : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.ф.-м.н / МНО "Форум", Агентство биоинформатики и экологии чел-ка. - М, 1991. - 38 с.
20. Организация опытно-экспериментальной работы в вузе : учебно-методическое пособие / Федер. агентство по образованию Рос. Федерации, М-во образования Ставроп. краляпина Л.В. и др.]. - Ставрополь : Ставропольский государственный педагогический институт, 2007. - 134 с.
21. Организация экспериментальной работы в образовательном учреждении : [пособие] / Изд-во "Учитель"; авт.-сост. Л.П. Макарова. - Волгоград : Учитель, 2008. - 159 с.

22. Орехова Т.Ф., Организация экспериментальной работы в научных исследованиях по педагогическим наукам [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. Ф. Орехова, Н. Ф. Ганцен, О. А. Колмогорова; Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ, 2015.
23. Павлов, А.А. Протоколы маршрутизации в беспроводных сетях / А.А. Павлов, И.О. Датьев // Труды Кольского научного центра РАН. – 2014. С.64-74.
24. Панкова Н. М., Влияние инновационной технологии "система согласованного обучения" на интеллектуальное и личностное развитие учащихся : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. психол. наук : специальность 19.00.07 <Пед. психология> / Панкова Наталия Михайловна; [Яросл. гос. пед. ун-т им. К. Д. Ушинского]. - Ярославль, 2007. - 22 с.
25. Парфенова И. А., Визуализация и анализ физических процессов на основе компьютерных методов обработки информации : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. : Спец. 05.13.01 / Парфенова Ирина Анатольевна; [Куб. гос. ун-т]. - Краснодар, 2002. - 20 с
26. Петин, В. Проекты с использованием контроллера Arduino 2-е издание / В. Петин // БХВ-Петербург. – 2015. – с. 266
27. Плата Arduino Uno: схема, описание, подключение устройств – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platyarduino/plata-arduino-uno>.
28. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования. // М.: Школа-Пресс, 1994.
29. Салимова Л.Ч., Салимов В.С., Брегеда И.Д. Информационные технологии в обучении физики в школе. // Материалы X Всероссийской научно-методической конференции "Телематика'2003", 2003.
30. Соколов Д.А, Сорокина И.В., Ходанович А.И. Математическое и компьютерное моделирование в учебных исследованиях. Монография. – Германия: Изд-во: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 124 с.
31. Соколов Д.А. Концептуальные аспекты физического медиаобразования // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Рецензируемый научный журнал. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2013. — С. 148-152.
32. Соколов Д.А., Есаулова Е.Е. Информационные технологии в проведении мониторинга образовательной среды. Инновационные технологии в медиаобразовании: материалы III Всероссийской науч.-практ. конференции 27, 28 марта 2015.- СПб.: СПбГИКиТ, 2015.- С 91-95.
33. Соколов Д.А., Сорокина И.В. Интеграция современных информационных технологий в образовательный процесс Инновационные технологии в медиаобразовании: материалы Международной науч.-практ. конференции 20, 21 мая 2016.- СПб.: СПбГИКиТ, 2016.- С 147-150.
34. Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И. Компьютерные технологии и информатика. Учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во Русская коллекция, 2014. – 97 с.
35. Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И. Офисные компьютерные технологии. Учебно-методическое пособие.– СПб.: Изд-во СПбГУКиТ, 2012.–90 с
36. Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И., Есаулова Е.Е. Информационные и коммуникационные технологии в медиаиндустрии : метод. указ. по выполнению лаб. работ // Учебно-методический комплекс. Часть 3. Блок контроля освоения дисциплины. – СПб. : СПбГИКиТ, 2016. – 154 с.
37. Соколов, Д.А, Медиаобразование: тенденции и перспективы. [Текст] / Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И. // Материалы международной научно-практической конференции «Герценовские чтения». Актуальные проблемы обучения физике в средней и высшей школе. - СПб.: РГПУ им. А.И.Герцена, 2014. С. 48-49.

38. Соколов, Д.А. Информационные и коммуникационные технологии в медиа-индустрии: Метод. указ. по выполнению лаб. работ [Текст] / Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И., Есаулова Е.Е. // Учебно-методический ком-плекс. Часть 3. Блок контроля освоения дисциплины. – СПб. : СПбГИКиТ, 2016. – 154 с.
39. Соколов, Д.А. Информационные технологии в проведении мониторинга образова-тельной среды [Текст] / Соколов Д.А., Есаулова Е.Е. // Инновационные технологии в медиаобразовании: материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. 27-28 марта 2015. - СПб.: СПбГИКиТ, 2015. С. 91-95.
40. Соколов, Д.А. Компьютерные технологии и информатика. [Текст] / Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И. // Учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во Русская коллекция, 2014. – 97 с.
41. Соколов, Д.А. Офисные компьютерные технологии. [Текст] / Соколов Д.А., Сорокина И.В., Ходанович А.И. // Учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУКиТ, 2012. –90 с.
42. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/freduino/ У. Соммер, // БХВ- Петербург. – 2012. – с. 124
43. Усова А.В., Бобров А.А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1988. – 112 с.
44. Ходанович А.И., Сорокина И.В., Соколов Д.А. ИСТОРИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СОВРЕМЕННОЙ МЕТАМЕТОДИКЕ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.;
45. CC3100MOD. SimpleLink Certified Wi-Fi Network Processor, Internetof-Things Module Solution for MCU Application – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ti.com/product/CC3100MOD>.
46. Everything ESP8266 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.esp8266.com>.
47. Murray, D. An experimental comparison of routing protocols in multihop ad-hoc networks / D. Murray, M. Dixon, T. Koziniec // Telecommunication Networks and Applications Conf. – 2010. – P. 164.
48. Omega2: \$5 Linux Computer with Wi-Fi, Made for IoT [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.indiegogo.com/projects/omega2-5-linux-computer-with-wi-fi-made-for-iot>.
49. Particle: Ship your IoT product – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.particle.io>.
50. WiFi ESP8266 в проектах ардуино - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/arduino-esp8266>.