

## Разработка учебно-исследовательского лабораторного стенда на базе программируемого логического контроллера СПК110

*П.Е. Корнеев<sup>1</sup>, А.А. Игнатьев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета “СТАНКИН”*

<sup>2</sup>*Московский государственный технологический университет “СТАНКИН”*

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы проектирования и конструирования мобильного многофункционального лабораторного стенда промышленной автоматизации на основе программируемого логического контроллера отечественного производства СПК110, приведены функциональная схема и схема соединений лабораторного стенда. Произведенная экономическая оценка изготовления лабораторного стенда даёт основание сделать вывод об экономической целесообразности производства подобных стендов силами сотрудников кафедр направления промышленной автоматизации. В статье также показан опыт внедрения данного лабораторного стенда в учебный процесс подготовки бакалавров по направлению 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств”. Лабораторный стенд на базе СПК110 является многофункциональным, мобильным стендом, предназначенным для реализации многоуровневых задач промышленной автоматизации, который также может использоваться в качестве наглядного пособия при проведении профориентационных и выставочных мероприятий во внеаудиторных помещениях. Проект по созданию лабораторного стенда может быть масштабирован в других высших учебных заведениях нашей страны без временных затрат на подготовительную и исследовательскую части.

**Ключевые слова:** программируемый логический контроллер, лабораторный стенд, промышленная автоматизация, автоматизация технологических процессов и производств.

### Введение

Подготовка высококвалифицированных инженерных кадров для производств реального сектора экономики нашей страны неоспоримо является одним из ключевых факторов обеспечения национального технологического суверенитета [1,2]. Военно-промышленный комплекс, гражданская промышленность, энергетика, космические технологии, банковский сектор – это лишь некоторые сферы в нашей экономике, в которых вновь создаваемый технологический потенциал позволит России получить дополнительные конкурентные преимущества на мировой арене. На сегодняшний день крайне востребованы новые технологические решения в сфере автоматизации технологических процессов и производств, где до

---

недавнего времени абсолютное технологическое господство принадлежало европейским и американским брендам [3]. Технологические изменения влекут за собой дефицит инженерно-технического персонала, у которого есть навыки работы с современным оборудованием промышленной автоматизации [4]. Решением проблемы недостатка квалифицированных сотрудников по направлению автоматизации технологических процессов и производств является подготовка молодых специалистов в высших учебных заведениях с акцентом на развитие требуемых предприятиям навыков. Действующие в настоящее время Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования при подготовке бакалавров и магистров особое место отводят проведению лабораторных и практических работ. Очевидно, что уровень лабораторной базы в высших учебных заведениях должен стремительно модернизироваться.

Цель данной работы - разработать универсальный, многофункциональный, мобильный учебно-исследовательский лабораторный стенд промышленной автоматизации на базе оборудования российского производства, реально применяемого промышленными предприятиями и внедрить данный лабораторный стенд в учебный процесс подготовки специалистов в области промышленной автоматизации.

Постановка задачи – требуется разработать функциональную схему лабораторного стенда и схему электрических соединений оборудования промышленной автоматизации российского производства, провести монтаж комплектующих и оценку экономических затрат на изготовление лабораторного стенда.

Этапы решения поставленной задачи

1. Подбор оборудования промышленной автоматизации российского производства для лабораторного стенда.

---

2. Разработка функциональной схемы лабораторного стенда и схемы электрических соединений оборудования.

3. Монтаж лабораторного стенда, оценка экономической составляющей создания лабораторного стенда.

Методы исследования - для разработки лабораторного стенда применялись методы компьютерного проектирования и автоматизированного моделирования электрических схем.

### **Литературный обзор**

Анализ научных публикаций по тематике создания и применения лабораторных стендов на основе оборудования промышленной автоматизации позволяет сделать вывод о наличии трёх основных направлений развития научной мысли:

1. Публикации, посвящённые сравнительному анализу зарубежных и отечественных программируемых логических контроллеров (ПЛК) и программируемых реле.

В работах [5,6] приводится детальный анализ зарубежных и отечественных аналогов ПЛК, программируемых реле и делается вывод о наличии у отечественного оборудования, ничем не уступающему зарубежному, таких технических особенностей как использование сетевых протоколов обмена информации, в том числе через облачные приложения, применение симуляторов, позволяющим отлаживать программы без реального оборудования и т.д. Делается акцент, что для учебного процесса СПК110 идеально подходит как замена ПЛК иностранного производства.

2. Публикации, сравнивающие применение виртуальных и физических лабораторных стендов промышленной автоматизации.

Так, в работах [7,8] приводятся следующие аргументы в пользу применения физических лабораторных стендов: у студентов происходит тактильное восприятие оборудования промышленной автоматизации,

---

вырабатываются требуемые навыки подключения модулей, датчиков, исполнительных механизмов.

3. Публикации, где описано применение лабораторного стенда промышленной автоматизации в конкретных приложениях. В работе [9] приведено описание управления эмулятором печи, в [10] описан процесс автоматизации насосных установок и т.д. Такие лабораторные комплексы отличаются стационарностью и ориентированием на решение конкретной прикладной задачи автоматизации.

Предложенное в данной работе описание учебно-исследовательского лабораторного стенда промышленной автоматизации есть продолжение исследований начатых в вышеописанных работах с акцентом на многофункциональность и мобильность лабораторного стенда.

### **Подбор оборудования для лабораторного стенда**

Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета “СТАНКИН” (ЕТИ МГТУ “СТАНКИН”) располагается в городском округе Егорьевск Московской области в 70 км от Москвы и на сегодняшний день является единственным технологическим институтом юго-восточной части Московской области. На территории городского округа Егорьевска осуществляют свою деятельность более 25 крупных промышленных предприятий с ежегодной выручкой от 5 млрд. руб. и количеством работников от 1000 сотрудников. Направленность промышленной деятельности предприятий очень разнообразна от производства обуви, пищевых продуктов, теплоизоляционных материалов до фармацевтического производства, производства специальных машин и оборудования. По данным, приведённым на официальных сайтах Администрации городского округа Егорьевска и Министерства экономики и финансов Московской области, потребность экономики только городского округа Егорьевск в высококвалифицированных кадрах, включая

---

специалистов в области промышленной автоматизации, составляет порядка 900 сотрудников в год и эта цифра с каждым годом имеет тенденцию только к росту [11]. Анализ, проведённый сотрудниками кафедры технологий автоматизированного производства ЕТИ МГТУ «СТАНКИН» в 2022-2023 гг., показал, что после ухода с российского рынка таких брендов как Siemens, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, ABB и др., более чем 60% предприятий округа приняли решение проводить мероприятия по промышленной автоматизации на базе программируемых логических контроллеров (серии СПК1xx, ПЛК200) и программируемых реле российского производства (серия ПР200). Очевидно, что подготовка будущих специалистов в области автоматизации промышленных технологий и производств с использованием точно такого же оборудования, которое применяется промышленными предприятиями, позволит молодым инженерам приобрести требуемый опыт решения конкретных производственных задач без каких-либо адаптационных проблем на предприятиях.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – это интеллектуальное устройство, применяемое для автоматизации технологических процессов и производств и позволяющее создавать практически полностью автономную систему управления контролируемого объекта.

ПЛК - это устройство, работающее в реальном масштабе времени, с внедрёнными элементами искусственного интеллекта, с развитой системой обработки входящих и исходящих сигналов исполнительных механизмов и датчиков различной физической природы [12,13].

Преимущественное использование ПЛК российского производства СПК110 промышленными предприятиями юго-восточной части Московской области при реализации проектов автоматизации с учётом работ [5-10]

явилось обоснованием для выбора компонентной базы для лабораторного стенда промышленной автоматизации.

СПК110 относится к классу панельных контроллеров с сенсорным экраном, который предназначен для отображения, мониторинга и управления ходом технологических процессов.

Ключевые области применения автоматизированных систем управления технологическими процессами и производствами на базе ПЛК [14]:

1. Промышленная автоматизация. ПЛК используются для автоматизации производственных процессов в промышленности. Они могут контролировать работу различных машин, роботов, конвейеров и других устройств, и управлять ими, обеспечивая эффективность и безопасность производства.
  2. Управление энергосистемами. ПЛК применяются для управления электростанциями, подстанциями и распределительными сетями. Они могут контролировать и регулировать процессы генерации, передачи и распределения электроэнергии, обеспечивая стабильность и эффективность работы системы.
  3. Умный дом и здания. ПЛК могут использоваться для автоматизации и управления умными домами и зданиями. Они способны контролировать освещение, отопление, кондиционирование воздуха, системы безопасности и другие устройства.
  4. Транспортные системы. ПЛК управляют различными системами, такими, как двигатель, системы безопасности, системы навигации и др.
  5. Медицинская техника. ПЛК применяются в медицинской технике для управления и контроля различных медицинских устройств и систем. Они могут использоваться в мониторинге пациентов, управлении медицинским оборудованием, контроле дозировки лекарств и других медицинских процессах.
-

Основные технические характеристики ПЛК СПК110 представлены в табл. 1 [15].

Таблица 1

Основные технические характеристики СПК110

Наименование	Значение
Процессор	ARM, 600 МГц
Объём флэш памяти, Мб	4096
Объём оперативной памяти, Мб	512
Тип дисплея	TFT LCD
Диагональ дисплея, дюймы	10,2
Интерфейсы	COM, Ethernet, USB-device, USB-host, SD
Тип питающего напряжения	Постоянное
Диапазон питающего напряжения, В	12...28
Номинальное напряжение питания, В	24
Макс. пусковой потребляемый ток, А	14
Макс. потребляемая мощность, Вт	10
Среда программирования	CODESYS V3.5 SP17 Patch 3
Версия операционной системы	Linux

Для увеличения функциональных возможностей и расширения спектра областей применения в лабораторном стенде были применены дополнительные модули: модуль дискретного ввода / вывода МК210-311, модуль аналогового ввода MB210-101, модуль аналогового вывода МУ210-502, увеличивающие количество аналоговых и дискретных входов и выходов [16-18].

Для питания стабилизированным напряжением 24В ПЛК СПК110, а также модулей расширения в лабораторном стенде был предусмотрен блок питания БП120К-24 номинальной мощности 120 Вт.

Для реализации на лабораторном стенде реальных проектов промышленной автоматизации стенд был укомплектован следующими датчиками: ДТС125Л-РТ1000.В2.100 (термопреобразователь сопротивления); ОК50-DI0100S3.U1.K (датчик оптический); PS2-12M55-8N11-K (датчик индуктивный).

### Функциональная схема и схема соединений лабораторного стенда

Функциональная схема лабораторного стенда на базе ПЛК СПК110 представлена на рис. 1.



Рис. 1. – Функциональная схема лабораторного стенда

Питание лабораторного стенда осуществляется от сети переменного однофазного напряжения 220В. В лабораторном стенде реализована схема аварийного отключения (ручной режим) и защиты цепи (автоматический режим) для отключения питания  $\sim 220\text{В}$  при возникновении нештатной ситуации. Блок питания БП120К-24 осуществляет автономное питание ПЛК СПК110 и модулей расширения постоянным напряжением +24В. Для подключения датчиков и устройств с питанием +5В (например, для реализации на лабораторном стенде проектов с использованием платформы Arduino [19]) в схеме стенда реализован делитель напряжения +24В / +5В. Блок выводов содержит набор аналоговых и дискретных входов-выходов для



подключения различных датчиков и исполнительных механизмов при реализации проектов автоматизации.

Схема электрических соединений лабораторного стенда на базе СПК110 представлена на рис. 2.

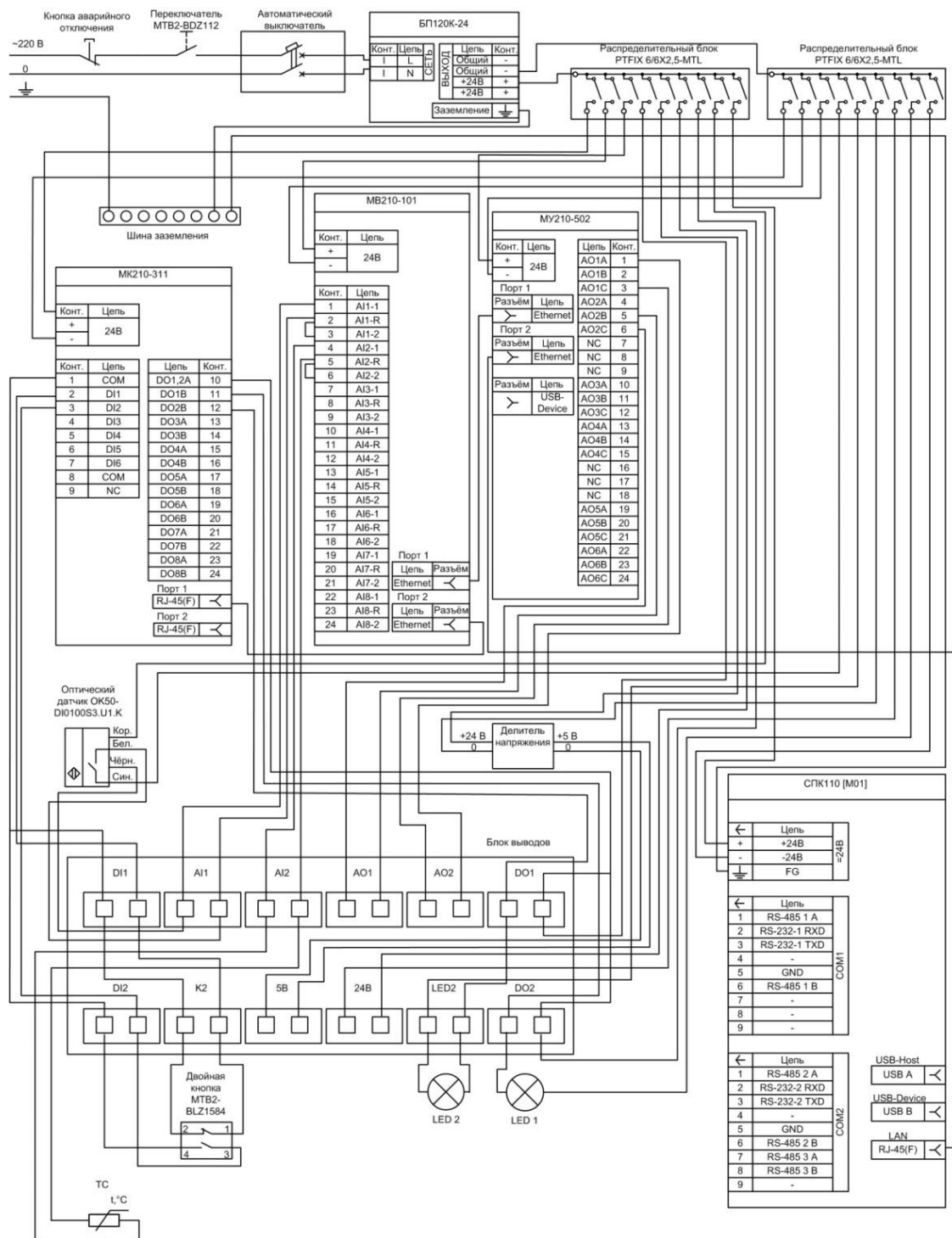


Рис. 2. – Схема электрических соединений лабораторного стенда

Электромонтаж лабораторного стенда осуществлён с учётом требований ГОСТ Р 50571.1-2009 (МЭК 60364-1:2005). Размеры щита, основания для монтажа электрооборудования, составляют 0,82 м х 0,7 м. Щит закреплён на двух сварных металлических стойках, сделанных из металлического уголка размером 0,04 м х 0,04 м х 0,004 м. Основное оборудование установлено на стандартную DIN рейку шириной 0,035 м, которая закреплена непосредственно на щите лабораторного стенда. При монтаже применялись два вида провода сечением 0,75 кв. мм. и 4 кв. мм. Монтаж лабораторного стенда произведён одним сотрудником кафедры в течение десяти рабочих дней.

На стенде предусмотрено свободное место на DIN рейке для удобного размещения дополнительного оборудования, требуемого для реализации конкретного проекта автоматизации.

Внешний вид стенда представлен на рис. 3.



Рис. 3. – Внешний вид лабораторного стенда на базе СПК110

Оценка экономической составляющей изготовления стенда представлена в табл. 2.

Таблица 2

Оценка экономической составляющей изготовления лабораторного стенда

№ п/п	Основные статьи затрат	Стоимость, руб.
1	Стоимость комплектующих	167900
2	Стоимость материалов и работ на изготовление щита и стоек	9500
3	Оплата труда сотрудника кафедры, осуществляющего монтаж стенда, в течение 10 рабочих дней	20000

Итого: 197400 руб

Анализ, проведённый сотрудниками кафедры технологий автоматизированного производства ЕТИ МГТУ “СТАНКИН”, показал, что уровень цен на лабораторные стенды с похожим функционалом от специализированных компаний-производителей стендов начинается от 400 000 рублей за 1 лабораторный стенд со сроком поставки от 3 месяцев. Представленный в данной работе лабораторный стенд имеет практически двукратную экономическую выгоду по сравнению с ценами на лабораторные стенды от специализированных компаний.

### Результаты работы

Разработанный лабораторный стенд на базе ПЛК СПК110 произведён и внедрён в учебный процесс на кафедре технологий автоматизированного производства ЕТИ МГТУ “СТАНКИН” при подготовке бакалавров по направлению 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств” при проведении лабораторных и практических занятий по следующим дисциплинам: “Механика и управление” (4 семестр),

“Электротехника и электроника” (5,6 семестры), “Средства автоматизации и управления” (8 семестр). Уже со 2 года обучения студенты проходят теоретико-практическую подготовку работы с современным оборудованием промышленной автоматизации, начиная с освоения программной среды для программирования ПЛК и заканчивая созданием реальных проектов автоматизации (управление асинхронным электродвигателем, управление гидро-, пневмоустройствами, управление светодиодным промышленным освещением и др.) Непрерывность и сбалансированность теоретико-практической подготовки студентов с использованием лабораторного стенда способствуют приобретению обучающимися требуемых для дальнейшей трудовой деятельности навыков.

### **Заключение**

Профессия инженера является одной из самых востребованных профессий в сегодняшних исторических реалиях. Для подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в области промышленной автоматизации для производственных предприятий требуется осуществлять практическую подготовку обучающихся высших учебных заведений на оборудовании, которое реально применяется промышленностью. В данной работе представлены результаты по созданию лабораторного стенда на базе ПЛК СПК110 российского производства, представлены функциональная схема и схема соединений стенда, приведён перечень комплектующих, применённых в ходе монтажа стенда, представлена экономическая составляющая проекта в целом. Лабораторный стенд на базе СПК110 является универсальным, многофункциональным, мобильным стендом, предназначенным для реализации многоуровневых задач промышленной автоматизации. Мобильность лабораторного стенда помогает проводить выставочные и профориентационные мероприятия во внеаудиторных помещениях. Навыки, приобретённые обучающимися на лабораторных и

---

практических занятиях с использованием стенда, помогут молодым специалистам без адаптационного периода приступить к решению производственных задач. Очевидно, что представленные в данной работе материалы могут быть использованы другими высшими учебными заведениями нашей страны для создания аналогичных лабораторных стендов в сжатые промежутки времени и без существенных затрат времени на подготовительную и исследовательскую части.

### Литература

1. Семенова В.В., Секерин В.Д., Горохова А.Е. Особенности развития инновационной инфраструктуры в условиях цифровой экономики // Развитие экономики Российской Федерации в условиях формирования технологического суверенитета: актуальные вопросы теории и практики. Сборник докладов региональной научно-практической конференции. М.: Научный консультант, 2023. С. 279-282.
2. Афанасьев А.А. Технологический суверенитет: основные направления политики по его достижению в современной России // Вопросы инновационной экономики. М.: Триумф-Регион, 2022. Том 12. № 4. С. 2193-2212.
3. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов. М.: Академия, 2014. 352 с.
4. Лоева Я.А., Гольцова П.А. Технологическая безработица // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. №10-1. С.82-84.
5. Никулин Д.Ю., Мальцев Д.В., Кадыров И.Р., Борисов В.В. Анализ и обоснования выбора ПЛК для учебного учреждения. Нефтегазовое производство – основа научно-технического прогресса и экономической стабильности. Материалы научно-практической конференции, посвящённой 35-летию Оренбургского филиала РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Саратов, 2020. С. 202-207.

6. Елизарова А.А. Выбор контроллера для стенда испытаний геофизической аппаратуры. Сборник статей по материалам ХСIV студенческой международной научно-практической конференции. М.: Международный центр науки и образования, 2020. Том 25. С. 31-35.

7. Митин В.А., Соколов Д.Ю., Савчиц А.В. Обзор и сравнение двух разрабатываемых стендов по направлению обучения работы с ПЛК, как двух разных подходов (методов) обучения // Научно-технический вестник Поволжья. Казань: Рашин Сайнс, 2020. №5. С. 68-71.

8. Корзин В.В., Силаева Е.Ю., Еремина Е.Л. Сравнительный анализ виртуальных и физических лабораторных стендов по электротехнике // Постулат, 2019. №4. URL: [e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/2586](http://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/2586)

9. Кислицын Н.А., Акчурин Д.Ш., Баширов М.Г. Лабораторный комплекс на основе микропроцессорных средств компании “ОВЕН” // Южно-Сибирский научный вестник, 2021. №2. С. 109-114.

10. Кизуров А.С., Козлов А.В. Учебный стенд по обучению автоматизации насосных установок для АПК // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2019. №2. С. 137-140.

11. Кудинова С.Г. Анализ потенциала и перспектив социально-экономического развития муниципального образования // Вестник ГГУ, 2022. №1. С.52-65.

12. Герасимов А. В. Программируемые логические контроллеры: учебное пособие. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2008. 169 с.

13. Минаев И. Г., Самойленко В. В, Ушкур Д. Г., Федоренко И. В. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления: учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2016. 168 с.

---

14. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. М.: СОЛОН-Пресс, 2016. 254 с.

15. Панель оператора программируемая СПК1хх. Руководство по эксплуатации. М.: Овен, 2022. 103 с. URL: [owen.ru/uploads/re\\_spc1xx\\_1760.pdf](http://owen.ru/uploads/re_spc1xx_1760.pdf).

16. Модуль ввода-вывода МК210-301/311. Руководство по эксплуатации. М.: Овен, 2020. 41 с. URL: [owen.ru/uploads/52/re\\_mk210-301\\_311\\_2710.pdf](http://owen.ru/uploads/52/re_mk210-301_311_2710.pdf).

17. Модуль аналогового ввода МВ210-101. Руководство по эксплуатации. М.: Овен, 2021. 50 с. URL: [owen.ru/uploads/167/re\\_mv210-101\\_1-ru-23540-1.41.pdf](http://owen.ru/uploads/167/re_mv210-101_1-ru-23540-1.41.pdf).

18. Модуль аналогового вывода МУ210-502. Руководство по эксплуатации. М.: Овен, 2023. 49 с. URL: [owen.ru/downloads/re\\_mu210-502.pdf](http://owen.ru/downloads/re_mu210-502.pdf).

19. Петин В. А. 77 проектов для Arduino. М.: ДМК Пресс, 2020. 356 с.

### References

1. Semenova V.V., Sekerin V.D., Gorokhova A.E. Razvitie ekonomiki Rossiiskoi Federatsii v usloviyakh formirovaniya tekhnologicheskogo suvereniteta: aktual'nye voprosy teorii i praktiki. Sbornik dokladov regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii. М.: Nauchnyi konsul'tant, 2023. pp. 279-282.

2. Afanas'ev A.A. Voprosy innovatsionnoi ekonomiki. М.: Triumph-Region, 2022. Tom 12. № 4. pp. 2193-2212.

3. Selevtsov L.I. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov [Automation of technological processes]. М.: Akademiya, 2014. 352 p.

4. Loeva Ya.A., Gol'tsova P.A. Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii. 2016. №10-1. pp.82-84.

5. Nikulin D.Yu., Mal'tsev D.V., Kadyrov I.R., Borisov V.V. Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 35-letiyu Orenburgskogo filiala RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina. Saratov, 2020. pp. 202-207.
6. Elizarova A.A. Sbornik statei po materialam XCIV studencheskoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. M.: Mezhdunarodnyi tsentr nauki i obrazovaniya, 2020. Tom 25. pp. 31-35.
7. Mitin V.A., Sokolov D.Yu., Savchits A.V. Nauchno-tehnicheskii vestnik Povolzh'ya. Kazan': Rashin Sains, 2020. №5. pp. 68-71.
8. Korzin V.V., Silaeva E.Yu., Eremina E.L. Postulat, 2019. №4. URL: [e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/2586](http://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/2586).
9. Kislitsyn N.A., Akchurin D.Sh., Bashirov M.G. Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik, 2021. №2. pp. 109-114.
10. Kizurov A.S., Kozlov A.V. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019. №2. pp. 137-140.
11. Kudinova S.G. Vestnik GGU, 2022. №1. pp.52-65.
12. Gerasimov A. V. Programmiruemye logicheskie kontrollery: uchebnoe posobie [Programmable Logic Controllers: a tutorial]. Kazan': Kazanskii natsional'nyi issledovatel'skii tekhnologicheskii universitet, 2008. 169 p.
13. Minaev I. G., Samoilenko V. V, Ushkur D. G., Fedorenko I. V. Svobodno programmiruemye ustroistva v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya: uchebnoe posobie [Freely programmable devices in automated control systems: a tutorial]. Stavropol': Stavropol'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016. 168 p.
14. Petrov I. V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i priemy prikladnogo proektirovaniya [Programmable controllers. Standard languages and techniques of applied design]. M.: SOLON-Press, 2016. 254 p.





15. Panel' operatora programmiruemaya SPK1xx. Rukovodstvo po ekspluatatsii [The operator panel is programmable by SPK1xx. User Manual]. М.: Owen, 2022. 103 p. URL: [owen.ru/uploads/re\\_spc1xx\\_1760.pdf](http://owen.ru/uploads/re_spc1xx_1760.pdf).

16. Modul' vvoda-vyvoda MK210-301/311. Rukovodstvo po ekspluatatsii [The MK 210-301/311 I/O module. User Manual]. М.: Owen, 2020. 41 p. URL: [owen.ru/uploads/52/re\\_mk210-301\\_311\\_2710.pdf](http://owen.ru/uploads/52/re_mk210-301_311_2710.pdf).

17. Modul' analogovogo vvoda MV210-101. Rukovodstvo po ekspluatatsii [The MV 210-101 analog input module. User Manual]. М.: Owen, 2021. 50 p. URL: [owen.ru/uploads/167/re\\_mv210-101\\_1-ru-23540-1.41.pdf](http://owen.ru/uploads/167/re_mv210-101_1-ru-23540-1.41.pdf).

18. Modul' analogovogo vyvoda MU210-502. Rukovodstvo po ekspluatatsii [The MU 210-502 analog output module. User Manual]. М.: Owen, 2023. 49 p. URL: [owen.ru/downloads/re\\_mu210-502.pdf](http://owen.ru/downloads/re_mu210-502.pdf).

19. Petin V. A. 77 proektov dlya Arduino [77 projects for Arduino]. М.: DMK Press, 2020. 356 p.

**Дата поступления: 2.07.2024**

**Дата публикации: 10.08.2024**