

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-325

EDN: VOZHOA

УДК 004.415.25



Научная статья |

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ЛОГИЧЕСКИМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ

Ф.И. Лотфуллин, М.Р. Хамидуллин, Г.А. Гареева

Аннотация

Обоснование. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) играют ключевую роль в системах автоматизации различных отраслей, включая промышленное производство, транспорт и энергетический сектор. Тем не менее, специализированные среды разработки, предлагаемые производителями ПЛК, зачастую имеют ограниченную совместимость, привязывая пользователей к конкретному оборудованию и создавая дополнительные издержки на обучение персонала и разработку. Это стимулирует интерес к использованию более универсальных подходов с применением открытых стандартов и инструментов.

Цель – создание программы для управления ПЛК на примере оборудования OVEN, с использованием стандартных инструментов разработки.

Метод и методология проведения работы. Проект основывается на подходе к разработке, который исключает использование специализированных сред, связанных с определенной маркой контроллера. Вместо этого применяются широко распространенные инструменты, обеспечивающие совместимость с большим количеством устройств и возможность масштабирования решений.

Результаты работы. Созданное программное решение выполняет считывание дискретных входных сигналов (DI) с ПЛК. Впоследствии

полученные данные записываются в базу данных с временной меткой. В конечном итоге выполняется логика управления дискретными выходами (DO) на основе анализа входных сигналов.

Область применения результатов. Предложенный подход может быть применен в промышленной автоматизации, интеллектуальных системах управления, мониторинга оборудования, а также для построения учебных стендов.

Выводы. Созданная методология на базе открытых инструментов позволяет создавать универсальные, адаптируемые и экономически эффективные решения для управления ПЛК. Это снижает затраты и упрощает поддержку таких систем в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: программируемые логические контроллеры; Modbus; PostgreSQL; автоматизация; Eclipse; EasyModbus; управление оборудованием; промышленная автоматизация; Java

Для цитирования. Лотфуллин, Ф. И., Хамидуллин, М. Р., & Гареева, Г. А. (2025). Создание программ для управления программируемыми логическими контроллерами с использованием универсальных инструментов разработки. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 7–21. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-325>

Original article |

System Analysis, Information Management and Processing, Statistics

CREATION OF PROGRAMS FOR CONTROLLING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS USING UNIVERSAL DEVELOPMENT TOOLS

F.I. Lotfullin, M.R. Khamidullin, G.A. Gareeva

Abstract

Background. Programmable logic controllers (PLCs) play a key role in automation systems across a variety of industries, including industrial

manufacturing, transportation, and the energy sector. However, specialized development environments offered by PLC manufacturers often have limited compatibility, tying users to specific hardware and creating additional training and development costs. This has stimulated interest in more universal approaches using open standards and tools.

Purpose. The goal is to create a program for PLC control using OVEN equipment as an example, using standard development tools.

Method and methodology. The project is based on a development approach that excludes the use of specialized environments associated with a particular brand of controller. Instead, widespread tools are used to ensure compatibility with a large number of devices and scalability of solutions.

Results. The created software solution performs reading of discrete input signals (DI) from PLC. Subsequently, the obtained data is written to a time stamped database. Ultimately, the discrete output (DO) control logic is executed based on analyzing the input signals.

Scope of the results. The proposed approach can be applied in industrial automation, intelligent control systems, equipment monitoring, as well as for the construction of training stands.

Conclusions. The established methodology based on open tools allows to create universal, adaptable and cost-effective solutions for PLC control. This reduces costs and simplifies the support of such systems in the long term.

Keywords: programmable logic controllers, Modbus, PostgreSQL, automation, Eclipse, EasyModbus, equipment control, industrial automation, Java.

For citation. Lotfullin, F. I., Khamidullin, M. R., & Gareeva, G. A. Creation of programs for controlling programmable logic controllers using universal development tools. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 7–21. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-325>

Введение

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) стали неотъемлемой частью автоматизации во всех отраслях промышленности. Они обеспечивают надежное управление технологическими процессами, высокую степень адаптации и совместимость с

современными протоколами связи [1; 5]. Однако одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются разработчики, является необходимость использования специализированных инструментов и языков программирования [3]. Это создает дополнительные сложности, такие как:

- Зависимость от конкретных производителей и их решений;
- Высокая стоимость лицензий на программное обеспечение;
- Ограничения в интеграции с внешними системами.

Для решения этих проблем необходим подход, который опирается на открытые стандарты и инструменты, такие как библиотека EasyModbus для работы с протоколом Modbus, PostgreSQL для управления базами данных и универсальные среды разработки, например Eclipse [4; 9]. В данной работе представлен пример создания программного решения, демонстрирующего возможности такой методологии.

Обзор инфраструктуры системы

На проверочном стенде был установлен ПЛК Oven, датчик движения, вентилятор охлаждения, преобразователь TGW-735i (RS-485 - Ethernet), а также центральный сервер в виде ноутбука для хранения и обработки данных [7; 12]. В качестве протокола связи выбран Modbus TCP, обеспечивающий стандартизированную и надежную передачу данных [8].

Организация соединения

Организация соединения включает в себя следующие ключевые моменты:

- Все элементы системы соединены с помощью клеммных проводов и клемм, которые расположены на DIN-рейке [10].
- ПЛК взаимодействует с подключенным датчиком и исполнительным механизмом через цифровые входы/выходы.
- ПЛК подключается к сетевому преобразователю интерфейса TGW-735i через RS-485, а он в свою очередь подключается

к ПК через Ethernet-кабель, обеспечивая связь между ПЛК и ПК.

Соединения устройств показаны на рисунке 1.

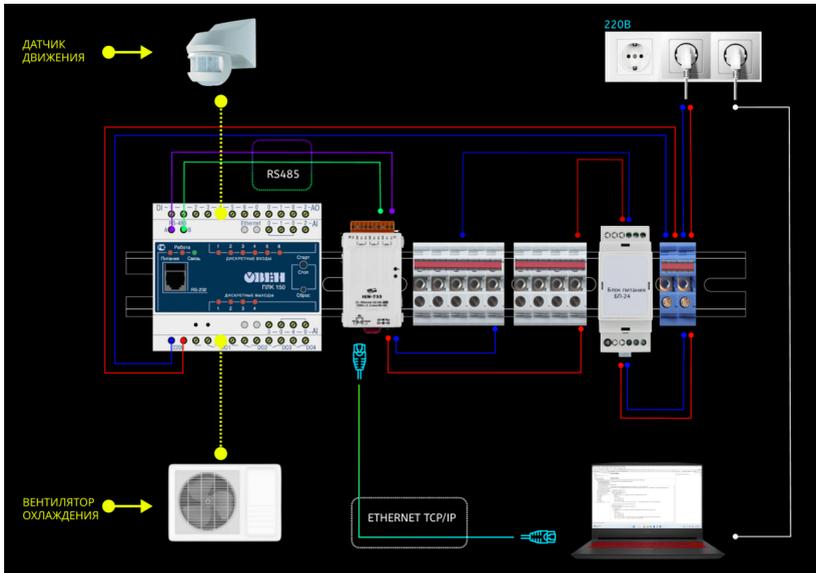


Рис. 1. Организация соединения устройств

Материалы и методы

В качестве инструментов для разработки были выбраны следующие программные средства:

- Eclipse IDE. Мощная и удобная среда разработки для языка Java.
- EasyModbus. Открытая библиотека, реализующая протокол Modbus TCP/IP. Она позволяет быстро интегрировать ПЛК в существующие программные системы [6].
- PostgreSQL. Высокопроизводительная и масштабируемая система управления базами данных, которая используется для хранения данных, полученных от ПЛК, а также для анализа сигналов.

В качестве аппаратного обеспечения был выбран ПЛК Oven, поддерживающий стандарт Modbus TCP/IP, что делает его удобным для интеграции с различными решениями [11].

Методика разработки

Методика построена на следующей последовательности действий:

1. Установка соединения с ПЛК.
2. Считывание сигналов дискретных входов (DI).
3. Настройка окружения, включающая установку и настройку PostgreSQL, Eclipse и EasyModbus.
4. Реализация алгоритма анализа сигналов и управление дискретными выходами (DO) в Eclipse IDE.
5. Тестирование программы на стендовом образце.

Сбор и обработка данных

Сбор данных и их последующая обработка осуществляется через следующие этапы:

1. Передача данных от датчика движения к ПЛК. Датчик движения подключается к ПЛК через интерфейс RS-485. При обнаружении движения датчик отправляет сигнал (например, высокий уровень напряжения или команду протокола Modbus RTU). ПЛК считывает сигнал через свой вход и интерпретирует его как событие [13].
2. Передача данных от ПЛК к преобразователю TGW-735i. После обработки данных от датчика, ПЛК формирует сообщение в формате Modbus RTU, передавая его на порт RS-485 преобразователя. Преобразователь TGW-735i принимает данные на интерфейсе RS-485 и преобразует их в Ethernet-пакеты по протоколу Modbus TCP для передачи по сети.
3. Передача данных от преобразователя TGW-735i через локальную сеть. Преобразователь передает данные от ПЛК на сервер через сеть Ethernet. Сервер с установленным клиентом Modbus

(библиотека EasyModbus, интегрированная в среду Eclipse) считывает данные.

4. Обработка и хранение данных в PostgreSQL. Сервер записывает полученные данные в базу данных, фиксируя параметры (время события, состояние датчика, идентификатор устройства). Эти данные могут быть использованы для анализа, построения отчетов или триггеров для других действий.
5. Управление вентилятором охлаждения. ПЛК, получив сигнал о движении от датчика, может сразу отправить команду включения вентилятора. Вентилятор подключен к ПЛК через дискретный выход. Параллельно сервер может использовать данные в PostgreSQL для анализа состояния вентилятора. Процесс передачи данных показан на рисунке 2.

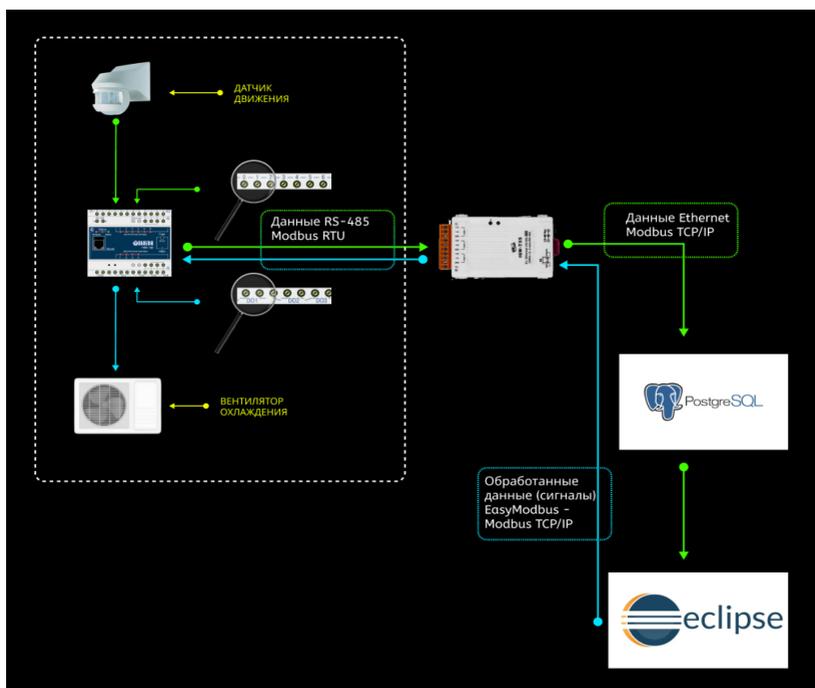


Рис. 2. Устройство сбора и обработки данных

К преимуществам данного подхода можно отнести:

- Использование открытых стандартов позволяет минимизировать затраты на лицензии и упрощает интеграцию новых устройств в систему.
- PostgreSQL обеспечивает масштабируемое, надежное хранение данных и упрощают разработку программного обеспечения. Также использование PostgreSQL позволяет анализировать данные, создавать отчеты и внедрять прогнозные алгоритмы.
- Среда Eclipse и библиотеки, такие как EasyModbus, упрощают разработку программного обеспечения и повышая гибкость.
- Облегчение адаптации к различным производственным задачам благодаря универсальности и стандартизированным решениям [16].
- Обеспечение масштабируемости и простоты интеграции в промышленной автоматизации.

Реализация программы

Перед началом построения были настроены все необходимые инструменты для разработки. Впоследствии была написана программа, реализующая полный цикл работы, а именно чтение сигналов, запись в базу данных и управление выходами. На рисунке 3 представлена написанная программа на языке Java в среде разработки Eclipse. В окне вывода, обозначенный желтой рамкой, продемонстрировано, что при включенном сигнале DI, после обработки его программой, включается соответствующий сигнал DO.

На рисунке 4 показана утилита pgAdmin, представляющая собой графический инструмент управления базой данных PostgreSQL. В окне вывода, обозначенный желтой рамкой, записано состояние входов контроллера.

Для убеждения в том, что сигналы приходят именно с тех дискретных входов и отправляются именно на те дискретные выхода,

была применена программа Modbus Poll для считывания состояний входов и выходов контроллера в режиме реального времени [14]. Данная программа показана на рисунке 5.

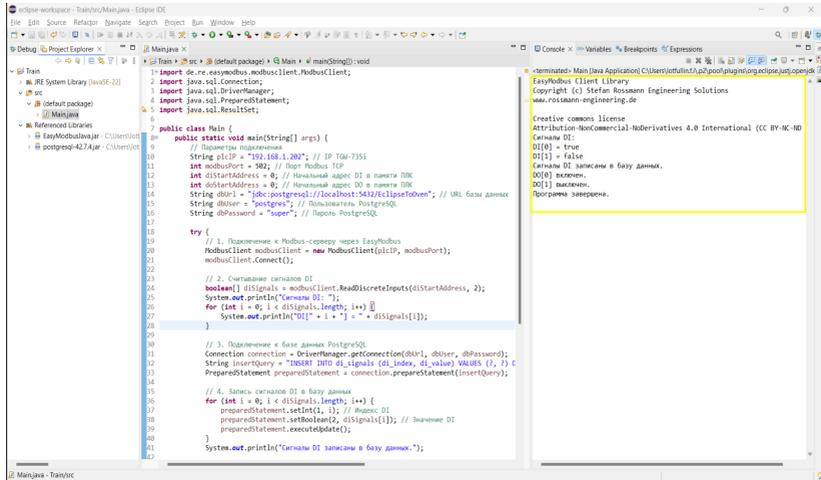


Рис. 3. Программа управления ПЛК в среде разработки Eclipse

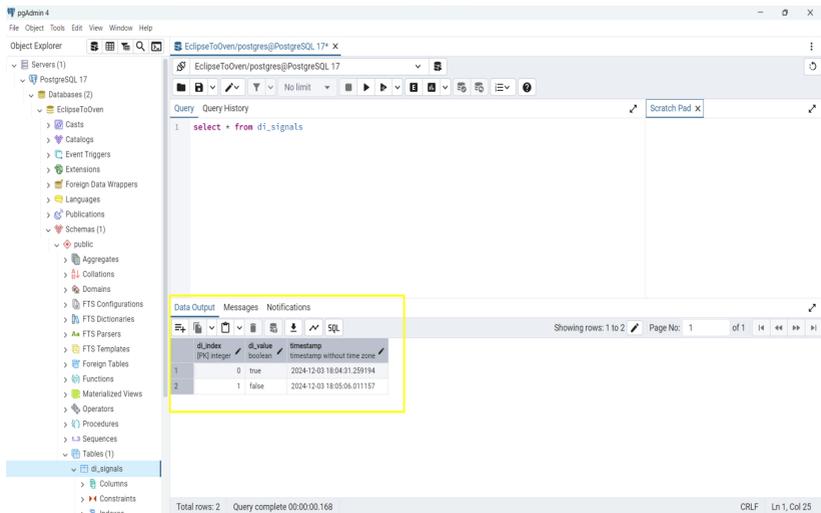


Рис. 4. Окно pgAdmin для взаимодействия с базой данных программы

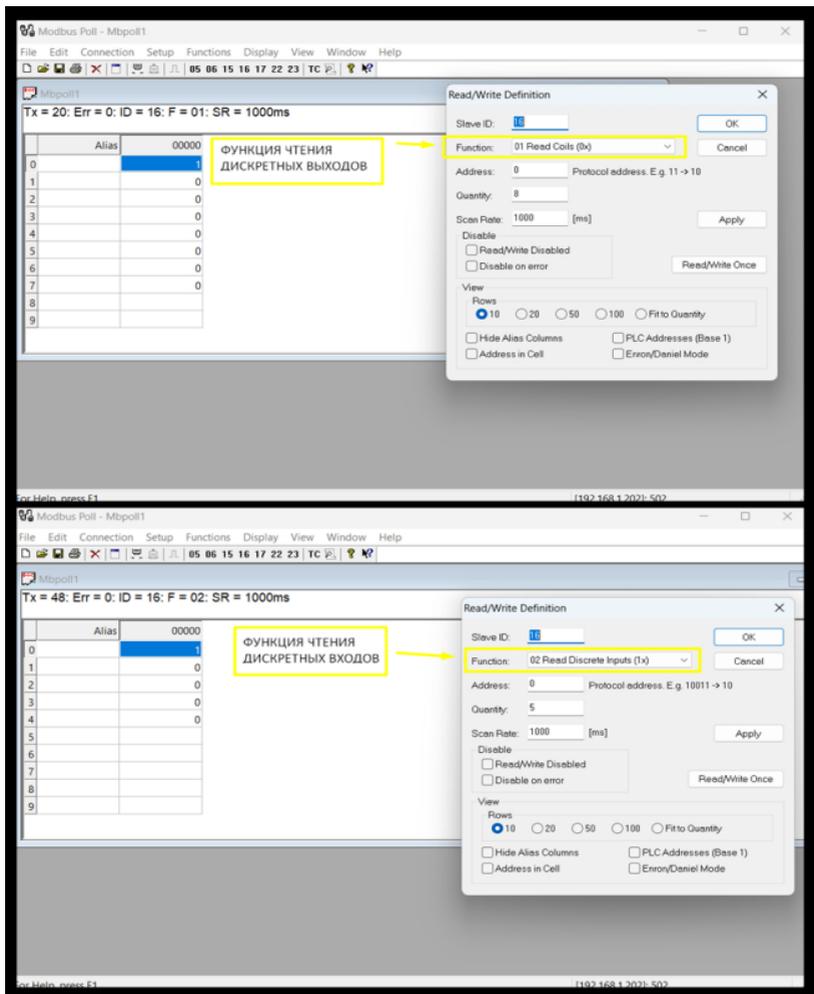


Рис. 5. Окно программы Modbus Poll для тестирования протокола Modbus

Результаты и обсуждение

Программа успешно считывает состояния дискретных входов и управляет выходами. Данные сохраняются в PostgreSQL с точной временной меткой, что позволяет использовать их для дальней-

шего анализа. Логика управления полностью адаптируема и легко модифицируется под требования конкретного проекта.

Использование стандартных инструментов позволяет обеспечить высокую гибкость и адаптивность. Это решение универсально и применимо для работы с любым оборудованием, поддерживающим протокол Modbus.

Область применения

В перспективе после нескольких этапов модификации данная программа может применяться в следующих областях:

- Мониторинг и управление производственными линиями [2].
- Создание гибких систем управления для предприятий малого и среднего бизнеса.
- Интеграция в существующие системы SCADA.
- Использование в учебных целях для обучения программированию ПЛК [15].

Заключение

Разработанная программа демонстрирует эффективность использования стандартных инструментов в задачах промышленной автоматизации. Применение библиотек, таких как EasyModbus, в сочетании с PostgreSQL, открывает новые возможности для построения масштабируемых, гибких и экономически эффективных систем управления ПЛК.

Список литературы

1. Андреев, С. М., Рябчиков, М. Ю., & Рябчикова, Е. С. (2023). *Аппаратные средства и программное обеспечение промышленных контроллеров SIMATIC S7*. Учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 220 с.
2. Иванов, В. Н. (2023). *Программирование логических контроллеров*. Учебное пособие. Москва: СОЛОН-ПРЕСС. 356 с.

3. Мякишев, Д. В. (2024). *Разработка программного обеспечения АСУ ТП на основе объектно-ориентированного подхода*. Методическое пособие (2-е изд.). Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 128 с.
4. Мясников, В. И. (2019). *Микропроцессорные системы*. Учебное пособие по курсовому проектированию. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 200 с.
5. Нестеров, К. Е., & Зюзев, А. М. (2019). *Программирование промышленных контроллеров*. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та. 96 с.
6. Пустовая, О. А., & Пустовой, Е. А. (2022). *Информационно-измерительные системы и АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 104 с.
7. Трофимов, В. Б., & Темкин, И. О. (2020). *Экспертные системы в АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 284 с.
8. Хиврин, М. В. (2015). *Аппаратное и программное обеспечение управления технологическими процессами*. Учебно-методическое пособие. Москва: Изд. Дом МИСиС. 95 с.
9. Шишов, О. В. (2024). *Программируемые логические контроллеры*. Учебник. Москва: ИНФРА-М. 461 с.
10. Шишов, О. В. (2021). *Современные средства АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 532 с.
11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>
12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of Industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>
14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: Toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>

15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

References

1. Andreev, S. M., Ryabchikov, M. Y., & Ryabchikova, E. S. (2023). Hardware components and software of industrial SIMATIC S7 controllers. *Tutorial*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 220 p.
2. Ivanov, V. N. (2023). *Programming Logical Controllers*. Moscow: SO-LON PRESS. 356 p.
3. Myakishev, D. V. (2024). Software development for automated process control systems based on object-oriented approach. *Methodical Guide* (2nd ed.). Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 128 p.
4. Myasnikov, V. I. (2019). Microprocessor systems. *Coursework tutorial*. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University. 200 p.
5. Nesterov, K. E., & Zuzev, A. M. (2019). *Industrial Controller Programming*. Methodical Guide. Yekaterinburg: Ural Federal University Publishing House. 96 p.
6. Pustoaya, O. A., & Pustoy, E. A. (2022). Informational-measurement systems and automated process control systems. *Textbook*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 104 p.
7. Trofimov, V. B., & Temkin, I. O. (2020). Expert systems in automated process control systems. *Textbook*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 284 p.
8. Khivrin, M. V. (2015). Hardware and software for technological process control. *Methodical Guide*. Moscow: MISiS Publishing House. 95 p.
9. Shishov, O. V. (2024). *Programmable Logic Controllers*. Moscow: INFRA-M. 461 p.
10. Shishov, O. V. (2021). *Modern Tools for Automated Process Control Systems*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 532 p.
11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>

12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of Industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>
14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: Toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>
15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Лотфуллин Фарит Ильшатович, студент

Набережночелнинский филиал Казанского национально-го исследовательского технического университета им. А.Н.Туполева

*ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
agua15@yandex.ru*

Хамидуллин Марат Раисович, доцент, кандидат экономических наук

Набережночелнинский филиал Казанского национально-го исследовательского технического университета им. А.Н.Туполева

*ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
наука_prom@mail.ru*

Гареева Гульнара Альбертовна, доцент, кандидат педагогических наук

*Набережночелнинский филиал Казанского национально-
го исследовательского технического университета им.
А.Н.Туполева
ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814,
Российская Федерация
gagareeva1977@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Farit I. Lotfullin, student

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
agua15@yandex.ru*

Marat R. Khamidullin, PhD in Economics

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
nayka_prom@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3326-0955>*

Gulnara A. Gareeva, PhD in Pedagogics

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
gagareeva1977@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8539-4541>*

Поступила 01.02.2025
После рецензирования 14.02.2025
Принята 20.02.2025

Received 01.02.2025
Revised 14.02.2025
Accepted 20.02.2025