

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 681:004.942

doi: 10.30987/2658-6436-2025-3-13-21

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ АЗОТНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Лариса Геннадьевна Тугашова^{1✉}, Роберт Рустамович Яппаров²,
Артем Азатович Гарипов³

^{1, 2, 3} Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»,
г. Альметьевск, Россия

¹ tugashova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9331-3142>

² hamache33345@gmail.com

³ artem-garipov-2016@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы автоматизации технологического процесса на стационарной азотной компрессорной станции блочно-модульного типа, ориентированной на применение в нефтегазовой отрасли. Основное внимание уделено проектированию и моделированию замкнутого контура регулирования давления технического азота на выходе из дожимного компрессора. В работе обоснован выбор параметров, подлежащих контролю, произведен анализ технических средств автоматизации (датчики, ПЛК, исполнительные механизмы), построена информационная модель объекта управления. Применена математическая модель объекта в виде инерционного звена первого порядка с запаздыванием. Алгоритм управления реализован на языке Python с использованием ПИД-регулятора. На основании результатов моделирования построены графики переходных процессов, подтверждающие устойчивость системы и точность регулирования. Показана необходимость перехода на современное отечественное техническое и программное обеспечение на производстве и учебном процессе. Составлена блок-схема алгоритма управления осушителем воздуха. Полученный алгоритм реализован в среде программирования Codesys 3.5. Сделан вывод о возможности применения разработанного подхода в составе SCADA-систем и его адаптации к промышленным условиям. Предложенная методика может быть использована в учебных и проектных целях для оптимизации систем управления компрессорными агрегатами в газоразделительных установках.

Ключевые слова: азотная станция, автоматизация, ПИД-регулятор, компрессор, давление, моделирование, осушитель воздуха, алгоритм, импортозамещение

Для цитирования: Тугашова Л.Г., Яппаров Р.Р., Гарипов А.А. Автоматизация и управление азотной компрессорной станцией в условиях импортозамещения // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2025. №3 (29). С. 13-21. doi: 10.30987/2658-6436-2025-3-13-21.

Original article

Open Access Article

AUTOMATION AND CONTROL OF NITROGEN COMPRESSOR STATION UNDER IMPORT SUBSTITUTION CONDITIONS

Larisa G. Tugashova^{1✉}, Robert R. Yapparov², Artem A. Garipov³

^{1, 2, 3} Almetievsk State Technological University Higher School of Oil, Almetyevsk, Russia

¹ tugashova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9331-3142>

² hamache33345@gmail.com

³ artem-garipov-2016@mail.ru

Abstract. The work considers the issues of automating the technological process at a stationary nitrogen compressor station of a modular type, oriented for using in the oil and gas industry. The focus is on designing and modeling a closed-loop control system for regulating the pressure of technical nitrogen at the outlet of the booster compressor. The work justifies the choice of parameters to be controlled, analyses automation technical means (sensors, PLCs,

actuators), and constructs an information model of the control object. The authors apply a mathematical model of the object in the form of a first-order inertial link with delay; implement the control algorithm in Python using a PI controller; construct graphs of transient processes based on the modelling results, confirming the system stability and the regulation accuracy. The paper demonstrates the necessity of transitioning to modern domestic technical and software solutions in production and educational processes; compiles a block diagram of the air dryer control algorithm, which is implemented in the Codesys 3.5 programming environment. It is concluded that the developed approach can be applied as part of SCADA systems and adapted to industrial conditions. The proposed methodology can be used for educational and design purposes to optimize control systems for compressor units in gas separation installations.

Keywords: nitrogen station, automation, PID controller, compressor, pressure, modelling, air dryer, algorithm, import substitution

For citation: Tugashova L.G., Yapparov R.R., Garipov A.A. Automation and Control of Nitrogen Compressor Station under Import Substitution Conditions. Automation and modeling in design and management, 2025, no. 3 (29). pp. 13-21. doi: 10.30987/2658-6436-2025-3-13-21.

Введение

Стабильное и безопасное функционирование технологических процессов в нефтегазовой отрасли невозможно без применения инертных газов, в частности, технического азота. Азот широко используется для вытеснения кислорода, продувки трубопроводов, создания инертной среды при транспортировке и хранении химически активных веществ, а также для осушки и защиты оборудования от коррозии. Основным источником подачи азота в промышленные системы служат компрессорные станции, обеспечивающие получение и подачу сжатого азота с заданными параметрами чистоты, давления и расхода.

Современные азотные станции, как правило, реализуются в виде блочно-модульных установок с мембранной или адсорбционной системой разделения воздуха. Такие станции применяются в условиях ограниченного пространства, удаленного расположения и сложных климатических факторов, что обуславливает высокие требования к надежности и автоматизации всех стадий технологического процесса. В соответствии с ГОСТ Р 58937–2024, станции комплектуются системами осушки, компримирования, газоразделения, буферной стабилизации и дожима конечного продукта.

Азотная компрессорная станция состоит из нескольких модулей: воздушного компрессора, сепаратора для удаления водно-масляного конденсата из сжатого воздуха, осушителя воздуха для удаления влаги из сжатого воздуха, системы магистральных фильтров, буферного воздушного ресивера, генератора азота, работающего по технологии короткоциклового адсорбции.

Азотные установки работают на основе адсорбционной технологии, основанной на различной зависимости скорости поглощения отдельных компонентов газовой смеси от давления и температуры. Схема организации процесса, применяемая в азотных установках, основана на регулировании скорости поглощения компонентов разделяемой газовой смеси и регенерации адсорбента путем изменения давления в двух адсорберах – сосудах, содержащих адсорбент [1].

Ключевым условием устойчивой работы азотной станции является внедрение контуров автоматического регулирования технологических параметров. Наиболее критичным параметром является давление на выходе дожимного компрессора, определяющее стабильность подачи азота потребителю. В связи с этим требуется реализация замкнутого контура регулирования давления, способного адаптироваться к внешним возмущениям, изменениям нагрузки и флуктуациям в характеристиках воздуха-сырья.

Настоящая работа посвящена решению следующих задач: автоматизация, разработка и моделирование автоматизированного контура регулирования давления на выходе азотной компрессорной станции; выбор отечественного программируемого логического контроллера (ПЛК) для управления азотной компрессорной станцией; автоматизация, разработка блок-схемы управления осушителем воздуха, реализация алгоритма управления в среде программирования Codesys 3.5.

Обзор научной литературы

Автоматизация азотных компрессорных станций, как часть более широкой задачи по цифровизации процессов в нефтегазовой отрасли, активно исследуется в последние годы. Современные публикации акцентируют внимание на внедрении ПЛК, интеграции со *SCADA*-системами, применении цифровых двойников и использовании интеллектуальных алгоритмов регулирования.

В работе [2] приведены методические рекомендации по интеграции ПЛК *S7-1200* в *SCADA*-систему посредством протокола *Modbus TCP*. Использование инструкции *MB_CLIENT* позволяет обеспечить устойчивую связь между контроллером и сервером визуализации с временной задержкой менее 200 мс, что соответствует нормативу ГОСТ Р 58937–2024 по системам реального времени. Авторы также отмечают возможность гибкой калибровки аналоговых входов на базе датчиков давления Метран-271, обеспечивающих погрешность не более $\pm 0,5\%$ в диапазоне 1,2...1,8 МПа.

В статье [3] предложена архитектура распределенной *SCADA*-системы с поддержкой параллельной обработки данных и децентрализованной структурой. Авторы обосновывают выбор топологии типа «звезда» с резервированием каналов связи по *RS-485* и протоколу *Modbus TCP*. Практическая реализация на нескольких ПЛК *Siemens* позволила сократить время устранения технологических неисправностей на 18 % и повысить отказоустойчивость при нагрузке до 3700 бит/с.

В патенте RU2660723C1 [4] описана система автоматического управления эжекторным компрессором с пьезоэлектрическими клапанами, работающими в диапазоне 2...5 Гц. Регулирование давления в пределах до 40 МПа осуществляется с помощью ПИД-регулятора с адаптивными коэффициентами, формируемыми на основе текущих параметров потока. В схему управления интегрированы блоки диагностики подшипников, использующие виброакустические характеристики, что обеспечивает предиктивный контроль технического состояния оборудования.

Перспективное направление цифровизации представлено в работе Zhang и др. [5], в которой описана концепция цифрового двойника компрессорной станции, совмещающего физико-математическую модель и потоковые данные от *IoT*-сенсоров. Алгоритмы машинного обучения, встроенные в модель, позволяют с точностью 92,4 % прогнозировать аварийные ситуации, связанные с резкими скачками давления (>350 бар). Внедрение такой системы на ряде объектов позволило сократить количество внеплановых остановов на 41 % за счет перехода к режиму предиктивного обслуживания.

Патент на полезную модель [6] относится к компрессорной технике, в частности, к высокопроизводительным компрессорным станциям высокого давления, применяемым в нефтяной, газовой и других отраслях промышленности. Компрессорная станция азотная мобильная содержит поршневой оппозитный двухрядный пятицилиндровый пятиступенчатый компрессор, жидкостную систему охлаждения поршневого компрессора, влагомаслоотделитель, последовательно соединенные между собой фильтр сжатого воздуха основной, фильтр сжатого воздуха тонкой очистки, угольный фильтр, второй фильтр сжатого воздуха тонкой очистки и газоразделительный блок, силовой привод, размещенные под капотом на раме.

Методы и средства автоматизации

Автоматизация азотной компрессорной станции реализуется с применением типовых контрольно-измерительных приборов и ПЛК, обеспечивающих контроль давления, температуры, расхода и чистоты азота. Для измерения давления используются датчики Метран-276 (4...20 мА, до 25 МПа), температуры – термопары ТСП/ТСМ по ГОСТ Р 8.585–2001, расхода – вихревые и дифнапорные расходомеры (погрешность до $\pm 1,5\%$). Контроль остаточного O_2 осуществляется газоанализаторами.

В качестве ПЛК применяются устройства ОВЕН СПК210 с поддержкой *Modbus TCP* и ПИД-регулирования. Исполнительным органом служит клапан *CV-501* с аналоговым приводом. Решение обеспечивает замкнутые контуры регулирования и интеграцию с *SCADA*. Оборудование соответствует требованиям ГОСТ 21.408–2013 и ГОСТ 24856–2014 и пригодно для промышленной эксплуатации.

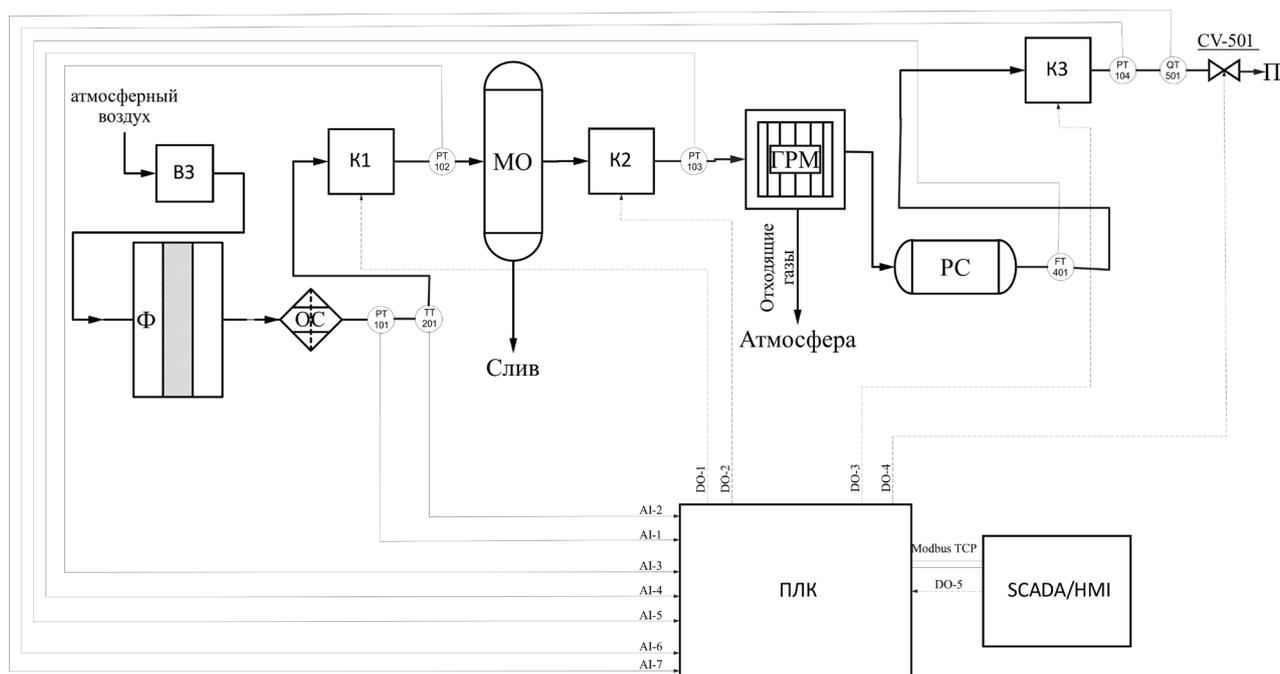


Рис. 1. Схема реализации способа автоматизации процессов стационарной азотной компрессорной станции блочно-модульного типа

Fig. 1. Implementation scheme of a process automation method for a block-modular stationary nitrogen compressor station

На рис. 1 приведены следующие обозначения: ВЗ – воздухозаборник; Ф – фильтр; ОС – осушитель; К1, К2, К3 – компрессоры первой, второй и третьей ступени; МО – маслоотделитель; ГРМ – газоразделительный модуль; РС – ресивер (буферная ёмкость); П – потребитель; CV-501 – регулирующий клапан давления; PT101...PT104 – датчики давления; TT201 – датчик температуры; FT401 – датчик расхода; QT501 – газоанализатор (остаточный кислород); ПЛК – программируемый логический контроллер; SCADA/HMI – интерфейс оператора / система визуализации; AI-1...AI-7 – аналоговые входы ПЛК; DO-1...DO-5 – цифровые выходы ПЛК; Modbus TCP – промышленный протокол обмена данными.

На рис. 1 отражено взаимодействие основных технологических узлов с системой управления на базе ПЛК. Аналоговые сигналы с датчиков давления, температуры, расхода поступают на аналоговые входы контроллера. Управляющие воздействия формируются на цифровых выходах и направляются на включение компрессоров, управляющих клапанов и исполнительных механизмов. Обмен данными с АРМ оператора и SCADA-системой осуществляется по протоколу Modbus TCP. Клапан CV-501 реализует регулирование давления азота перед подачей к потребителю по сигналу от ПИД-регулятора в ПЛК. Сигналы с аналоговых датчиков поступают на входы ПЛК (AI-1...AI-7), где обрабатываются для формирования управляющих воздействий.

Математическая модель объекта и алгоритм регулирования

Целевым параметром автоматизации является давление азота на выходе дожимного компрессора. Контур реализуется через регулирующий клапан CV-501, на который подается управляющее воздействие на основе показаний датчика давления PT-104.

Динамика объекта описывается апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием. Управление осуществляется по закону ПИ-регулятора.

Модель реализована в среде Python методом конечных разностей. Учтено запаздывание, шаг расчета – 0,5 с, ограничение сигнала – 0...100 %.

В ходе моделирования использован следующий фрагмент кода, реализующий ПИ-регулятор с учетом запаздывания объекта управления. Код позволяет рассчитать динамику давления и управляющего воздействия при заданной уставке давления и временных характеристиках объекта.

```

for k in range(1, len(time)):
    u_delayed = u[k - delay_steps] if k >= delay_steps else 0
    dP = (K * u_delayed - P[k-1]) * dt / T
    P[k] = P[k-1] + dP
    e[k] = P_set - P[k]
    integral += e[k] * dt
    u[k] = np.clip(Kp * e[k] + Ki * integral, 0, 100)

```

Рис. 2. Фрагмент кода
Fig. 2. Code snippet

Основные параметры модели объекта и регулятора приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры математической модели контура регулирования давления

Table 1

| <i>Parameters of the mathematical model of the pressure control circuit</i> | | | |
|---|-------------|----------|---------|
| Параметр | Обозначение | Значение | Единицы |
| Коэффициент усиления | K | 1,2 | — |
| Постоянная времени объекта | T | 15 | с |
| Запаздывание | τ | 3 | с |
| Уставка давления | $P_{зад}$ | 1,6 | МПа |
| Пропорциональный коэффициент | Kp | 2,0 | — |
| Интегральный коэффициент | Ki | 0,1 | 1/с |

Результаты моделирования

Модель реализована в *Python*. На рис. 3 показан график давления $P(t)$. Установление уставки наблюдается к 70-й секунде, перерегулирование отсутствует.

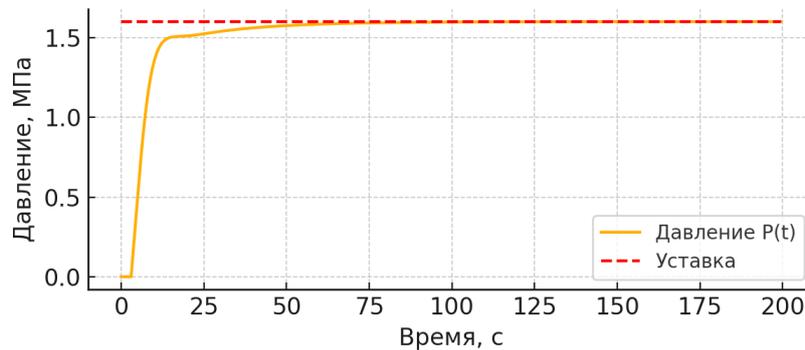


Рис. 3. График переходного процесса регулирования давления
Fig. 3. Graph of the transient pressure control process

На рис. 4 представлен график управляющего сигнала $u(t)$, стабилизирующегося на уровне 10...15 %. Результаты подтверждают устойчивость системы и корректность настроек ПИ-регулятора. Переходный процесс – аperiodический, управляющее воздействие – ограничено и стабилизировано.

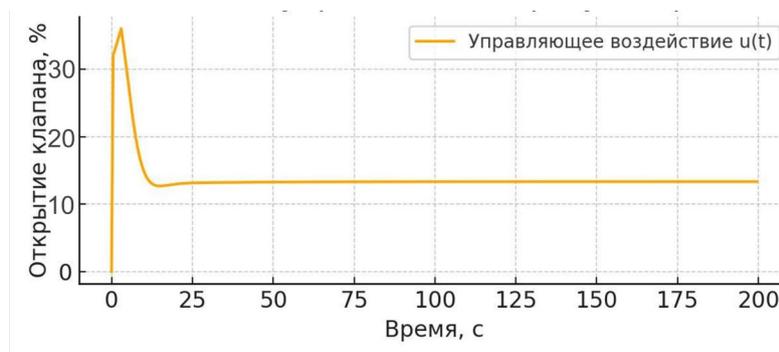


Рис. 4. График изменения управляющего сигнала $u(t)$ регулирующего клапана
Fig. 4. Graph of changes in the control signal $u(t)$ of the control valve

Выбор ПЛК

Для российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК) установлен запрет на поставки оборудования из 48-ми иностранных государств, ограничено участие на международных рынках углеводородов подавляющего большинства российских энергетических компаний, введены финансовые ограничения для государственных и частных компаний ТЭК.

Импортозамещение касается и сферы технического и программного обеспечения (ПО). Замена программно-технических средств зарубежных автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП) отечественными выполняется на всех уровнях архитектуры системы. На среднем уровне внедряются такие контроллеры как ОВЕН СПК210, *RealLab! NLcon-LXD*, *Regul R500* и *R600*, КСА-02, ТЕКОН и др. На верхнем уровне применяются отечественные SCADA-системы: *MasterSCADA*, *Simple-Scada*, *Trace Mode* и др. [7].

В связи с уходом зарубежных производителей с российского рынка программно-техническое оснащение АСУТП возможно осуществить на отечественных решениях. ОВЕН СПК-2xx – современные панельные контроллеры, включающие в себя функциональные возможности и контроллера, и панели оператора. Их применение позволяет создавать гибкие и надежные современные АСУТП. Технические характеристики, структурная схема, схемы подключения, отличительные особенности приведены в источнике [8].

Алгоритм управления осушителем воздуха

На рис. 5 представлен блок осушителя воздуха: *a* – функциональная схема (ФСА) осушителя воздуха, *b* – блок-схема алгоритма управления осушителем воздуха. Адсорберы работают циклично: один на осушке воздуха (адсорбции), другой на регенерации адсорбента (десорбции). Управление трехходовыми клапанами РП1÷РП4, РП6, а также клапаном запорным РП5 осуществляется с помощью пневмоприводов.

Начало цикла программы управления осушителем воздуха: переключение задвижек РП1, РП2 и РП5 в положение «Открыто» для заполнения осушителя воздуха ОВ-1/1 и после воздухонагревателя ВН-75/1.

Происходит нагрев воздуха до 200...250°C. Как только температура достигнет заданного диапазона происходит переключение задвижки 3 (РП3) в положение «Открыто». Начинается снижение температуры до 80°C. После понижения температуры задвижка РП5 переключается в положение «Закрыто», а задвижка РП4 в положение «Открыто». Конец цикла программы.

Входные и выходные параметры модели осушителя воздуха изображены на рис. 6.



Рис. 6. Входные и выходные параметры модели осушителя воздуха
Fig. 6. Input and output parameters of the dehumidifier model

Входные цифровые сигналы: $T_{\text{верх}}$ – переменная обозначает достижение верхнего предела температуры; $T_{\text{ниж}}$ – переменная обозначает достижение нижнего предела температуры. Выходные цифровые сигналы: $U_{\text{зд1}}$ – воздействие на привод задвижки 1; $U_{\text{зд2}}$ – воздействие на привод задвижки 2; $U_{\text{зд3}}$ – воздействие на привод задвижки 3; $U_{\text{зд4}}$ – воздействие на привод задвижки 4; $U_{\text{зд5}}$ – воздействие на привод задвижки 5.

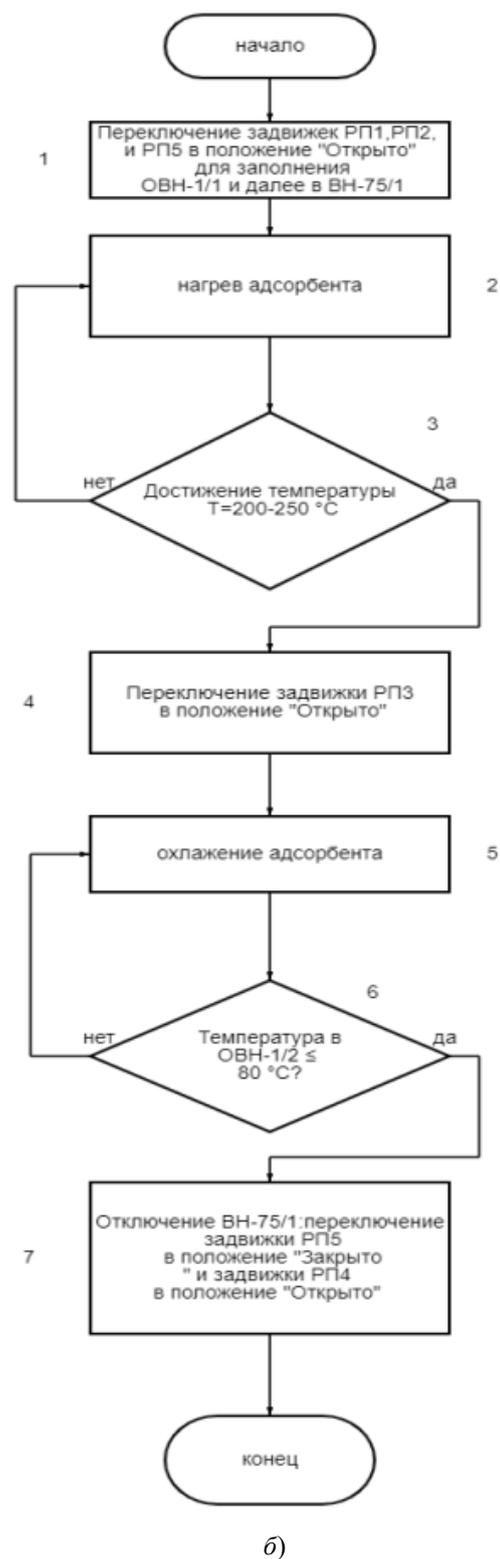
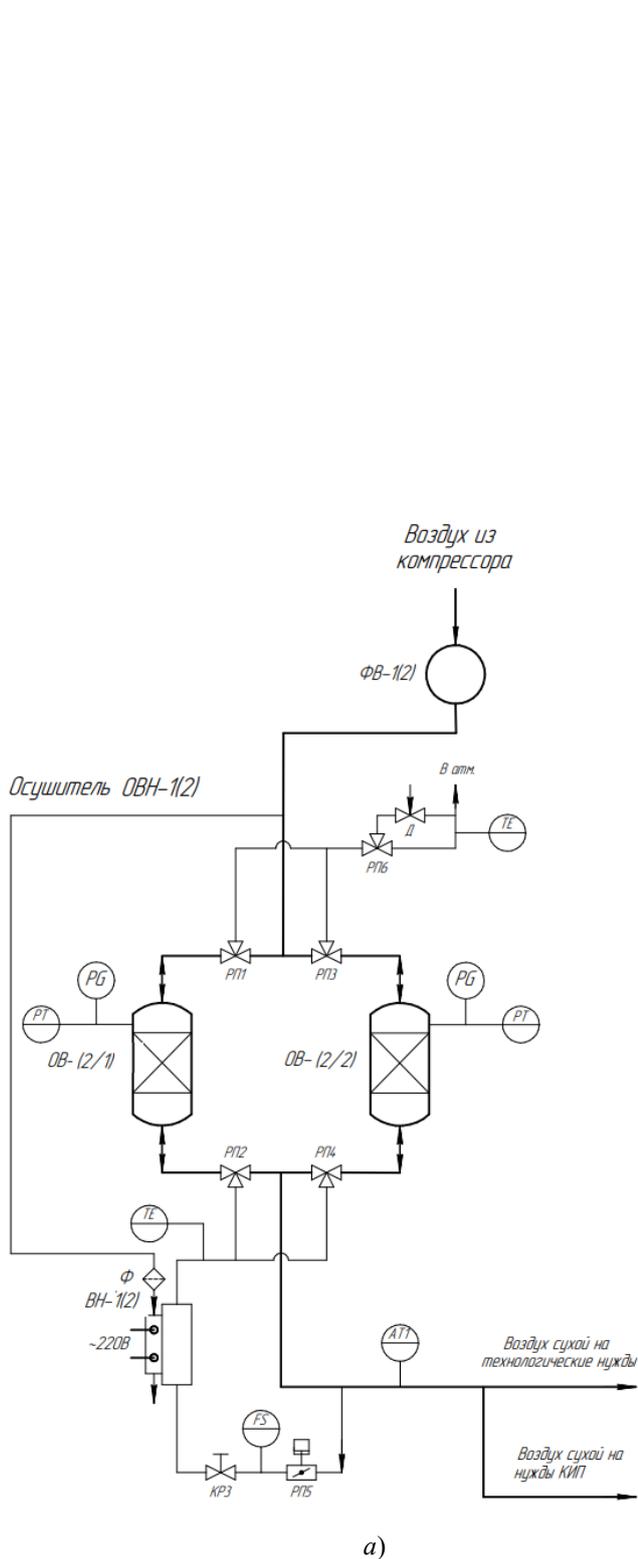


Рис. 5.осушитель воздуха:

а – функциональная схема автоматизации; б – блок-схема алгоритма управления

Fig. 5. Dehumidifier:

a – functional diagram of automation; b – block diagram of the control algorithm

Приведем пример листинга программы управления осушителем воздуха, написанный на графическом языке LAD в среде Codesys 3.5 с использованием таких функциональных блоков как контакт, обмотка, блок сравнения и таймер. Назначены адреса переменным.

1. Начало цикла программы управления воздушнонагревателем: переключение задвижек 1, 2, 5 в положение «Открыто» для заполнения осушителя воздуха.

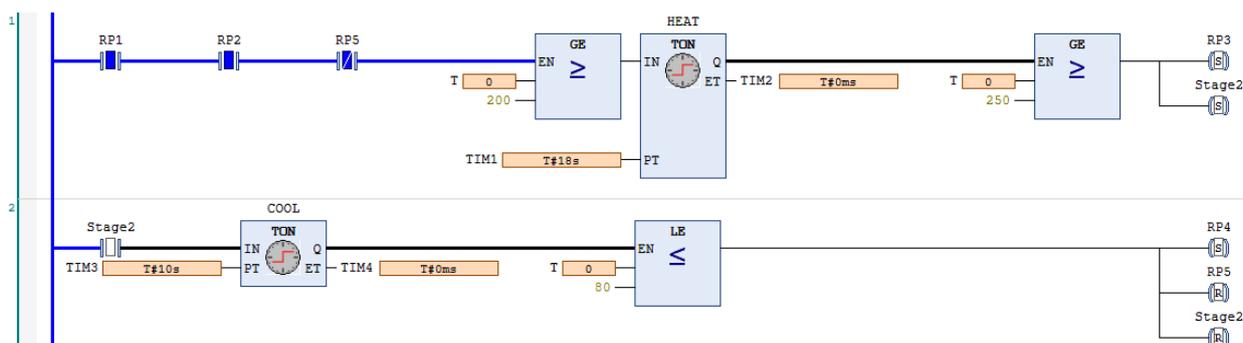


Рис. 7. Запуск программы работы осушки воздуха
 Fig. 7. Starting the air drying program

2. Происходит нагрев осушителя до 200°C, в течение определенного промежутка времени. Далее следует функциональный блок таймера, подразумевающего процесс нагрева осушителя и воздуха до 250°C, таймер на котором составляет 18 с.

3. Температура воздуха в осушителе достигает своего заданного значения (250°C), происходит переключение задвижки 3 в положение «Открыто». Начинается стадия охлаждения.

4. Вторая цепь программы включает нормально разомкнутый контакт, таймер на 10 с и S-, R-обмотки. Таймер имитирует падение температуры осушителя. При достижении температуры ниже допустимого значения (80°C), происходит переключение задвижки 4 в положение «Открыто», а задвижки 5 в положение «Закрыто». R-обмотка «Stage2» изменяет значение на нуль для прекращения процесса охлаждения воздуха.

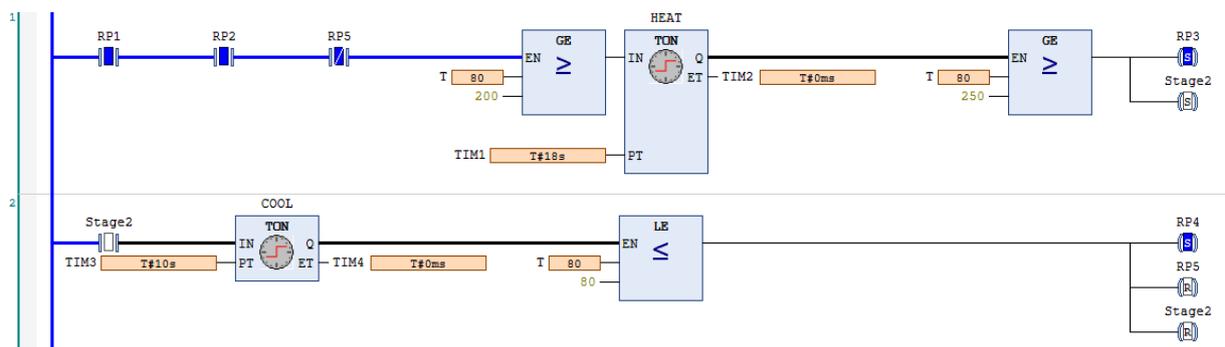


Рис. 8. Падение температуры в осушителе воздуха
 Fig. 8. Temperature drop in the dehumidifier

5. Конец цикла программы.

Осушитель воздуха обеспечивает осушенным сжатым технологическим воздухом и воздухом КИПиА, что, в свою очередь, является важным фактором.

Заключение

В ходе исследования были проанализированы характеристики объекта управления, предложена математическая модель динамики давления, синтезирован алгоритм управления азотной компрессорной станцией на основе ПИ-регулятора. Моделирование осуществлено в программной среде Python с последующим анализом устойчивости системы, времени переходного процесса и качества регулирования. Предложенный подход ориентирован на применение в составе SCADA-систем и может быть адаптирован для управления реальными компрессорными агрегатами. Выполнен выбор отечественного ПЛК. В качестве ПЛК применяется устройство ОВЕН СПК210 с поддержкой Modbus TCP и ПИД-регулирования. Составлена блок-схема алгоритма управления осушителем воздуха. Полученный алгоритм реализован в среде программирования Codesys 3.5.

Список источников:

1. Азотная установка. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0.
2. Siemens AG. Руководство по эксплуатации ПЛК Siemens S7-1200: Интеграция Modbus TCP через MB_CLIENT. – Мюнхен: Siemens Technical Publications, 2025. – 112 с.
3. Lee J., Kim H. Enhanced Modbus-TCP Protocol for Real-Time Data Synchronization in Multi-PLC SCADA Systems // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2024. – Т. 20, № 3. – С. 4125-4136.
4. Патент RU 2660723 C1. Способ управления эжекторным блоком переменной производительности / Заявитель: ООО «Газпромнефть-Ямал». – № 2017107152; заявл. 23.06.2015; опубл. 09.07.2018.
5. Zhang Y., Li M., Chen W., Sun Z., Wang Q. Digital Twin-Driven Anomaly Detection for Reciprocating Compressors Using Federated Learning // Journal of Process Control. – 2024. – Т. 112. – С. 45-58.
6. Патент RU 139807 U1. Компрессорная станция азотная мобильная: / И. В. Ворошилов; заявитель: ООО «Краснодарский Компрессорный Завод». – № 2013111405/06; заявл. 13.03.2013; опубл. 20.04.2014.
7. Тугашова Л.Г., Ситдикова И.П. Формирование процесса обучения студентов нефтяного профиля в условиях импортозамещения // Управление технологией. – 2024. – Т. 7. – № 4. – С. 597-608.
8. СПК210 сенсорные панельные контроллеры с повышенной производительностью. Режим доступа: <https://owen-russia.ru/product/spk210/?ysclid=mao7pench3314773675>.

Информация об авторах:

Тугашова Лариса Геннадьевна

кандидат технических наук, доцент кафедры «автоматизации и информационных технологий» Альметьевского государственного технологического университета «Высшая школа нефти», ORCID 0000-0001-9331-3142

Яппаров Роберт Рустамович

магистрант Альметьевского государственного технологического университета «Высшая школа нефти»

Гарипов Артем Азатович

магистрант Альметьевского государственного технологического университета «Высшая школа нефти»

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.**

Статья поступила в редакцию 03.06.2025; одобрена после рецензирования 24.06.2025; принята к публикации 02.07.2025.

The article was submitted 03.06.2025; approved after reviewing 24.06.2025; accepted for publication 02.07.2025.

Рецензент – Малаханов А.А., кандидат технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Malakhanov A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.

References:

1. Nitrogen Plant [Internet]. Available from: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0
2. Siemens AG. Operating Manual for Siemens S7-1200 PLC: Integration of Modbus TCP via MB_CLIENT. Munich: Siemens Technical Publications; 2025.
3. Lee J., Kim H. Enhanced Modbus-TCP Protocol for Real-Time Data Synchronization in Multi-PLC SCADA Systems. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2024;20(3):4125-4136.
4. A Method for Controlling a Variable Capacity Ejector Unit. Patent RU, no. 2660723 C1. Gazpromneft-Yamal LLC; 2018 Jul 9.
5. Zhang Y., Li M., Chen W., Sun Z., Wang Q. Digital Twin-Driven Anomaly Detection for Reciprocating Compressors Using Federated Learning. Journal of Process Control. 2024;112:45-58.
6. Voroshilov I.V. Mobile Nitrogen Station-Complex. Patent RU, no. 139807 U1. Krasnodar Compressor Plant LLC; 2014 Apr 20.
7. Tugashova L.G., Sitdikova I.P. Formation of the Training Process for Students of Oil Profile in the Conditions of Import Substitution. Management of the Tekhnosfere. 2024;7(4):597-608.
8. SPK210 High-Performance Touch Panel Controllers [Internet]. Available from: <https://owen-russia.ru/product/spk210/?ysclid=mao7pench3314773675>

Information about the authors:

Tugashova Larisa Gennadyevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation and Information Technologies of Almetievsk State Technological University Higher School of Oil, ORCID: 0000-0001-9331-3142

Yapparov Robert Rustamovich

Master's Degree student of Almetievsk State Technological University Higher School of Oil

Garipov Artem Azatovich

Master's Degree student of Almetievsk State Technological University Higher School of Oil