

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

В. Д. Ежижанский¹, Д. С. Бояркин², Д. А. Голушко³,
И. Р. Абузьяров⁴, А. В. Лысенко⁵

^{1,2,3,4} Научно-производственное предприятие «Рубин», Пенза, Россия

⁵ Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ vityastalkerxdxd@gmail.com, ² boyarkyndmytry@gmail.com,

³ dmitgoluschkko@yandex.ru, ⁴ 0400@npp-rubin.ru, ⁵ lysenko_av@bk.ru

Аннотация. Актуальность и цели. Использование природного газа в качестве топлива получает все большую популярность, так как газ более экологичен и дешевле, по сравнению с бензином. Для заправки техники газовым топливом используется автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, где осуществляются сжатие и осушка природного газа. Обработка газа сопряжена с повышенными требованиями к условиям эксплуатации и промышленной безопасности, поэтому контроль показателей состояния станции целесообразно автоматизировать при помощи создания информационно-измерительной системы жизнеобеспечения. Для осуществления работы всего функционала такой системы необходимо разработать алгоритм управления. *Материалы и методы.* Для создания алгоритма работы автоматизированной системы применяются методы дискретной математики и логики. Разработана циклично повторяющаяся последовательность действий по проверке логических условий и изменению состояния выходных данных алгоритма. *Результаты.* Обоснована необходимость автоматизации информационно-измерительной системы жизнеобеспечения автомобильной газонаполнительной компрессорной станции. Приведена структура информационно-измерительной системы с описанием функций и состава ее элементов. Представлен в графическом виде алгоритм управления системой жизнеобеспечения и обоснована его структура. *Выводы.* Разработанный алгоритм управления информационно-измерительной системой жизнеобеспечения обеспечивает безопасную эксплуатацию и поддержание рабочих условий для эффективного функционирования автомобильной газонаполнительной станции. Опасные факторы, возникающие при работе со сжатым газом, необходимо контролировать в автоматическом режиме, чтобы снизить влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: алгоритм, автоматизация, управление, информационно-измерительная система жизнеобеспечения, промышленная безопасность, загазованность, терморегуляция, программируемый логический контроллер, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция

Для цитирования: Ежижанский В. Д., Бояркин Д. С., Голушко Д. А., Абузьяров И. Р., Лысенко А. В. Алгоритм управления информационно-измерительной системой жизнеобеспечения автомобильной газонаполнительной компрессорной станции // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2025. № 1. С. 28–33. doi: 10.21685/2307-5538-2025-1-4

THE ALGORITHM FOR CONTROLLING THE INFORMATION AND MEASURING LIFE SUPPORT SYSTEM OF AN AUTOMOTIVE GAS FILLING COMPRESSOR STATION

V.D. Yezhizhanskiy¹, D.S. Boyarkin², D.A. Golushko³, I.R. Abuzyarov⁴, A.V. Lysenko⁵

^{1,2,3,4} Scientific and Production Enterprise "Rubin", Penza, Russia

⁵ Penza State University, Penza, Russia

¹ vityastalkerxdxd@gmail.com, ² boyarkyndmytry@gmail.com,

³ dmitgoluschkko@yandex.ru, ⁴ 0400@npp-rubin.ru, ⁵ lysenko_av@bk.ru

Abstract. *Background.* The use of natural gas as a fuel is becoming increasingly popular, as gas is more environmentally friendly and cheaper than gasoline. To refuel equipment with gas fuel, an automotive gas-filling compressor station is used, where compression and drying of natural gas are carried out. Gas treatment is associated with increased requirements for operating conditions and safety, therefore, it is advisable to automate the monitoring of station status indicators

by creating an automated information and measurement life support system. To implement the entire functionality of such a system, it is necessary to develop a control algorithm. *Materials and methods.* Methods of discrete mathematics and logic are used to create an algorithm for the operation of an automated system. A cyclically repeating sequence of actions for checking logical conditions and changing the state of the output data of the algorithm has been developed. *Results.* The article substantiates the need to automate the information and measurement life support system of an automotive gas filling compressor station. The structure of the information and measurement system with a description of the functions and composition of its elements is given. The algorithm of life support system management is presented graphically and its structure is substantiated. *Conclusions.* The developed algorithm for controlling the information and measuring life support system ensures safe operation and maintenance of working conditions for the effective functioning of an automotive gas filling station. The hazards that arise when working with compressed gas must be controlled automatically in order to reduce the influence of the human factor.

Keywords: algorithm, automation, control, information and measuring life support system, industrial safety, gas pollution, thermoregulation, programmable logic controller, automotive gas filling compressor station

For citation: Yezhizhanskiy V.D., Boyarkin D.S., Golushko D.A., Abuzyarov I.R., Lysenko A.V. The algorithm for controlling the information and measuring life support system of an automotive gas filling compressor station. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2025;(1):28–33. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-5538-2025-1-4

Введение

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) – это станция, применяющаяся для заправки автомобилей сжиженным природным газом (СПГ). Наличие влаги в газовом топливе снижает его рабочие характеристики, поэтому СПГ целесообразно осушать, для этого в составе станции применяется установка осушки.

Используемый в АГНКС и установке осушки газ сжимается компрессором до давления 25 МПа, что вызывает нагрев СПГ и выделение тепла. При этом газ, смешанный с воздухом, является пожароопасным и взрывоопасным. Эти факторы накладывают ограничения на условия эксплуатации и ужесточают требования промышленной безопасности при работе станции. К газонаполнительной станции предъявляются требования в части температуры воздуха внутри помещения, содержания метана в воздухе, а также выполнения требований промышленной безопасности и недопущения возгораний и взрывов¹.

С целью удовлетворения всех требований к АГНКС применяется информационно-измерительная система жизнеобеспечения (ИИСЖО).

Информационно-измерительная система жизнеобеспечения

Аппаратура автоматизации ИИСЖО используется для получения данных о контролируемых параметрах станции, принятия решений и осуществления управляющих параметрами воздействий. ИИСЖО АГНКС должна отслеживать и регулировать температуру и содержание метана в воздухе станции и следить за наличием дыма/воспламенения.

Для решения этих задач ИИСЖО имеет в своем составе несколько подсистем:

1. Терморегулятор. Представляет собой совокупность термосопротивлений, радиаторов отопления и вентиляторов, что позволяет считывать температуру воздуха и включать/выключать в нужное время элементы нагрева и охлаждения. Для дополнительного оттока воздуха от главного компрессора над ним находится управляемая электроприводом взрывозащищенным (ЭПВ) задвижка.

2. Контроль содержания газа в воздухе. Применяются газоанализаторы ИГС-98 и вентиляторы для продувки помещения станции, благодаря которым возможно детектирование утечек газа и противодействие образованию его взрывоопасной концентрации.

3. Система противопожарной защиты. Состоит из датчиков типа ИДТ-2 ИБ, прибора контрольно-приемного Корунд 1-ИМ, а также пожарного клапана, управляемого ЭПВ. Эта подсистема фиксирует наличие дыма или пламени и, закрывая заслонку клапана, перекрывает доступ кислорода к зоне пожара.

4. Система обесточивания АГНКС. На входе электропитания всей газонаполнительной станции установлен электромагнитный пускатель ПМЛ-1160, коммутируемый управляемым реле, благодаря этому возможно в любой момент произвести аварийное полное обесточивание всей станции.

¹ ГОСТ 1510–84. Межгосударственный стандарт. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

5. Самодиагностика и сигнализация. Приводы ЭПВ имеют концевые выключатели, что позволяет отслеживать их положение и выявлять неисправности в работе. В случае возникновения сбоев или аварийных ситуаций в работе АГНКС срабатывает визуальная и звуковая индикация.

Функционирование ИИСЖО должно происходить непрерывно, а управляющие решения принимаются автоматически, без участия человека. Поэтому основным элементом ИИСЖО является программируемый логический контроллер (ПЛК), осуществляющий автоматизацию работы системы [1].

ПЛК функционирует в соответствии с загруженным в него алгоритмом управления, построенном на принципах логики и дискретной математики [2–4].

Алгоритм управления информационно-измерительной системой жизнеобеспечения

Алгоритм управления ИИСЖО АГНКС представлен на рис. 1.

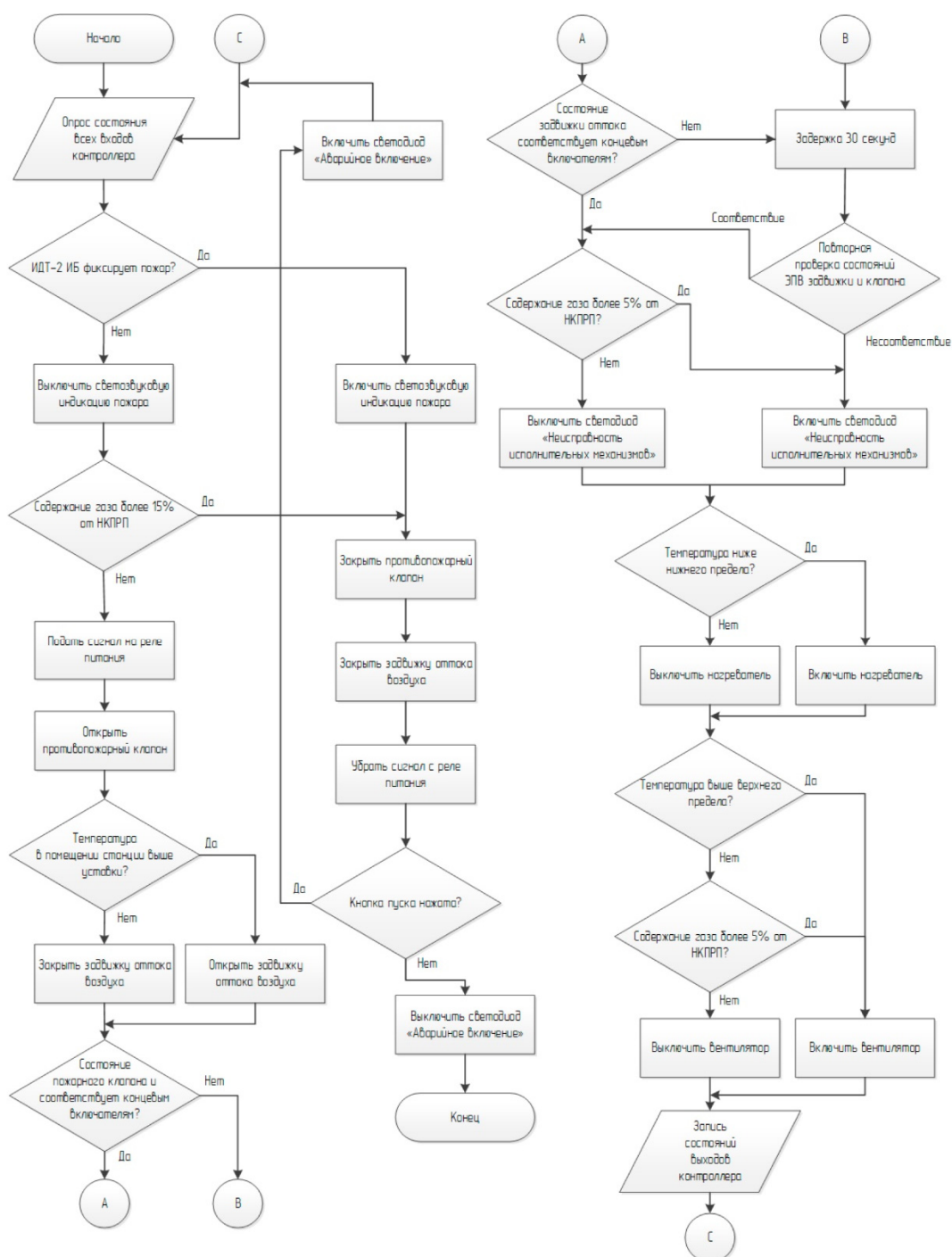


Рис. 1. Алгоритм управления информационно-измерительной системой жизнеобеспечения автомобильной газонаполнительной компрессорной станции

Работа программируемого логического контроллера в системах жизнеобеспечения заключается в многократном повторении следующего цикла:

- 1) считывается состояние входов;
- 2) выполняются логические операции;
- 3) результаты работы записываются на выходы.

В составе ИИССЖО АГНКС первый пункт будет заключаться в получении значений параметров с датчиковой аппаратуры входами контроллера. Датчики температуры и газоанализатор систем жизнеобеспечения передают аналоговые значения на аналоговые входы контроллера, а приемно-контрольный прибор Корунд 1-ИМ, получив сигнал от пожарного извещателя, замыкает цепь дискретного входа ПЛК. Концевые выключатели, фиксирующие положение ЭПВ-приводов также выдают дискретный сигнал.

После получения данных со всех датчиков системы целесообразно в первую очередь провести проверку условий обесточивания газонаполнительной станции. Обесточивание должно произойти, если пожарный извещатель ИДТ-2 ИБ зафиксирует наличие задымления/возгорания или если концентрация газа, считываемая газоанализатором ИГС-98 Марш, превысит величину в 15 % от НКПРП.

В случае выполнения хотя бы одного из условий закрываются противопожарный клапан и задвижка, а реле, коммутирующее цепь питания всей станции, размыкается. В составе системы присутствует кнопка для пуска системы, расположенная вне газонаполнительной станции на удаленном терминале. Это позволяет обслуживающему персоналу запускать станцию дистанционно, не подвергая себя опасности, в случае аварийной ситуации на АГНКС. При нажатии кнопки цепь питания замыкается независимо от состояния реле, после чего происходит проверка условий обесточивания.

При попытке включения аварийно обесточенной АГНКС с помощью кнопки пуска включится светодиод «Аварийное включение».

Если аварийная ситуация на станции вызвана пожаром, то включается светозвуковая сигнализация, работающая от встроенного аккумулятора прибора Корунд 1-ИМ, за счет чего сигнализация будет работать при отсутствии внешнего питания (обесточивание).

Если не выполняется ни одно условие обесточивания, то реле управления питанием АГНКС замыкается, после чего кнопку пуска нужно отпустить. Только после этого станция должна осуществлять управляющие воздействия.

По умолчанию противопожарный клапан должен быть открыт, чтобы обеспечивать обновление воздушных масс внутри станции. Задвижка оттока воздуха над главным компрессором должна быть открыта только, если температура воздуха снаружи АГНКС превышает заданный предел.

Для контроля исправности работы задвижки оттока и противопожарного клапана нужно проверить соответствие их состояний данным, полученным с концевых выключателей.

Учитывая, что открытие/закрытие ЭПВ происходит не мгновенно, целесообразно, в случае несоответствия состояний ЭПВ и выключателей провести повторную проверку условий через 30 с. За это время исправный ЭПВ-привод должен полностью открыться или закрыться.

Если при повторной проверке спустя 30 с условие не выполняется снова, включается светодиод «Неисправность исполнительных механизмов», сигнализирующий о необходимости проверить работоспособность приводов задвижки и клапана. Также этот светодиод целесообразно включить в том случае, если при работе станции возникла небольшая утечка газа (концентрация выше 5 % от НКПРП), которая не вызывает необходимости останавливать работу газонаполнительной станции и полностью обесточивать систему. Такая функция позволит оператору обнаружить факт утечки и своевременно устранить неисправности газового оборудования.

После проверки всех условий обесточивания, условий открытия/закрытия ЭПВ-приводов задвижки и клапана, а также самодиагностики исполнительных механизмов ИИССЖО нужно осуществить контроль и регулировку (при необходимости) температуры воздуха внутри помещений АГНКС.

Включение нагревателей происходит при понижении температуры ниже разности нижнего предела и гистерезиса или если нагреватель уже включен, то он останется включенным, пока температура не достигнет суммы нижнего предела и гистерезиса.

Аналогично происходит включение/выключение вентиляторов охлаждения: включение при превышении температурой суммы верхнего предела и гистерезиса и выключение при снижении температуры ниже разности верхнего предела и гистерезиса. Независимо от температуры, вентилятор включится при превышении концентрацией газа предела в 5 % от НКПРП для принудительного обновления воздуха внутри газонаполнительной станции и снижения концентрации КПП [5].

После осуществления всех логических операций управления системой происходит запись состояний выходов логического контроллера. Дискретные выходы ПЛК замыкают цепи питания реле, которые коммутируют питание всех исполнительных механизмов системы.

Рассмотренный алгоритм позволяет в автоматическом режиме обеспечивать безопасное функционирование и эксплуатацию АГНКС.

Заключение

Информационно-измерительная система жизнеобеспечения автомобильной газонаполнительной компрессорной станции делает возможным автоматический контроль ситуации (пожарная безопасность) и управление эксплуатационными характеристиками (температура и концентрация КПП в воздухе) при работе станции.

Для оперативного извещения персонала АГНКС о складывающейся аварийной обстановке или неисправностях ИИСЖО включает в себя средства обнаружения неполадок ЭПВ (концевые включатели), а также светодиодную и звуковую индикацию.

Для управления системой целесообразно применять представленный алгоритм, включающий в себя ввод внешней информации с датчиков, реализацию логических операций контроля и мониторинга, а также вывод информации на подключенные исполнительные механизмы.

Список литературы

1. Калинин Ц. И., Куницын Р. А., Багаев А. А. Программируемые логические контроллеры в системе автоматизации : учеб. пособие. Барнаул : Лань, 2016. 111 с.
2. Yurkov N. K., Tankov G. V., Lysenko A. V., Trusov V. A. On the problem of experimental research of forced vibrations of plates // *Proceedings of the 19th international conference on soft computing and measurements, SCM 2016 (Saint-Petersburg, 25–27 May 2016)*. Saint-Petersburg : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. P. 416–418. doi: 10.1109/scm.2016.7519798 EDN: xfnvox
3. Голушко Д. А., Ежижанский В. Д., Асеев Е. А. [и др.]. Анализ способов автоматизации систем жизнеобеспечения // *Труды Международного симпозиума Надежность и качество*. 2024. Т. 2. С. 223–226.
4. Юрков Н. К., Затылкин А. В., Полесский С. Н. [и др.]. Методы повышения точности прогнозирования показателей надежности наукоемких сложных электронных систем // *Современные информационные технологии*. 2014. № 19. С. 183–187.
5. Солнцев В. Б., Пономарев М. В., Подсевалов Д. С. Взрывозащита электрооборудования во взрывобезопасных газовых средах. М. : Литрес, 2021. 100 с.

References

1. Kalinin Ts.I., Kunitsyn R.A., Bagaev A.A. *Programmiruemye logicheskie kontrollery v sisteme avtomatizatsii: ucheb. posobie* = *Programmable logic controllers in an automation system : textbook*. Barnaul: Lan', 2016:111. (In Russ.)
2. Yurkov N.K., Tankov G.V., Lysenko A.V., Trusov V.A. On the problem of experimental research of forced vibrations of plates. *Proceedings of the 19th international conference on soft computing and measurements, SCM 2016 (Saint-Petersburg, 25–27 May 2016)*. Saint-Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016:416–418. doi: 10.1109/scm.2016.7519798 EDN xfnvox
3. Golushko D.A., Ezhizhanskiy V.D., Aseev E.A. et al. Analysis of automation methods of life support systems. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* = *Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality*. 2024;2:223–226. (In Russ.)
4. Yurkov N.K., Zatylnkin A.V., Polesskiy S.N. et al. Methods for improving the accuracy of forecasting reliability indicators of high-tech complex electronic systems. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii* = *Modern information technologies*. 2014;(19):183–187. (In Russ.)
5. Solntsev V.B., Ponomarev M.V., Podsevalov D.S. *Vzryvozashchita elektrooborudovaniya vo vzryvobezopasnykh gazovykh sredakh* = *Explosion protection of electrical equipment in explosion-proof gas environments*. Moscow: Litres, 2021:100. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Виктор Дмитриевич Ежижанский

инженер,

Научно-производственное предприятие «Рубин»

(Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2)

E-mail: vityastalkerxdxd@gmail.com

Viktor D. Yezhizhansky

Engineer,

Scientific and Production Enterprise «Rubin»

(2 Baidukova street, Penza, Russia)

Дмитрий Сергеевич Бояркин

техник-конструктор,
Научно-производственное предприятие «Рубин»
(Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2)
E-mail: boyarkyndmytry@gmail.com

Dmitry S. Boyarkin

Technician designer,
Scientific and Production Enterprise «Rubin»
(2 Baidukova street, Penza, Russia)

Дмитрий Александрович Голушко

кандидат технических наук, начальник отдела,
Научно-производственное предприятие «Рубин»
(Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2)
E-mail: dmitgolushko@yandex.ru

Dmitry A. Golushko

Candidate of technical sciences, head of the department,
Scientific and Production Enterprise «Rubin»
(2 Baidukova street, Penza, Russia)

Ильдар Ринатович Абузяров

начальник отделения,
Научно-производственное предприятие «Рубин»
(Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2)
E-mail: 0400@npp-rubin.ru

Ildar R. Abuzyarov

Head of the department,
Scientific and Production Enterprise «Rubin»
(2 Baidukova street, Penza, Russia)

Алексей Владимирович Лысенко

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: luysenko_av@bk.ru

Alexey V. Lysenko

Candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor of the sub-department
of radio equipment design and production,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 23.10.2024

Поступила после рецензирования/Revised 20.11.2024

Принята к публикации/Accepted 16.12.2024