

Научная статья

УДК 004.722

<https://doi.org/10.25686/2306-2819.2022.3.47>

Программная система управления работой камнедробильной установки

Д. В. Морохин

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
MorohinDV@volgatech.net

Аннотация. В статье представлено описание разработанной системы управления камнедробильной установкой, построенной на основе объектно ориентированного подхода. Предложен оригинальный способ конфигурирования подобных систем, отличающийся от известных большими возможностями по изменению структуры и состава установки, а также устраняющий основные недостатки существующих решений.

Ключевые слова: система управления; камнедробильная установка; программируемый логический контроллер; Codesys

Благодарности: автор выражает глубокую благодарность студентам ПГТУ Иванову А. В. и Иванову Р. А., за участие в разработке программного обеспечения программируемого логического контроллера, настройке панели оператора и полевых испытаниях системы.

Введение. Камнедробильные установки или заводы являются широко используемым инструментарием для различных областей экономики. Одним из направлений их использования является получение материалов для дорожно-строительных работ [1, 2]. Вопросы автоматизации таких комплексов актуальны не только с точки зрения снижения себестоимости процесса дробления, повышения его производительности, но и для минимизации влияния человеческого фактора на работоспособность установок, улучшения условий труда, других экономических показателей [3].

Структурно автоматизированные системы управления производственными процессами содержат несколько основных компонентов:

во-первых, это оборудование, выполняющее основную задачу. В данном случае это комплекс из камнедробильной установки, части, принимающей породу, элементов, транспортирующих породу внутри установки и сортировочных элементов;

во-вторых, установка включает комплекс датчиков и других электронных устройств для управления работой. Разра-

батываемая подсистема включает промышленный программируемый логический контроллер, панель оператора и другое оборудование. Структура аппаратной части разработанной системы опубликована в [4];

в-третьих, важной частью системы является управляющее программное обеспечение, включающее систему регулирования, принятия решений и обеспечивающую интерфейс с пользователем и другими информационными системами. Некоторые части программного комплекса были описаны в [5] и [6]. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [6].

Внедрение автоматизированных систем управления подобными типами установок ведётся уже достаточно давно на различной аппаратной и программной базе. Существует достаточно много интересных решений [8]. Однако сложностью в их изучении является коммерческая тайна. По этой причине многие полезные методы и алгоритмы остаются неизвестными. Патентный поиск, в основном, позволяет получить информацию об аппаратных и конструкторских решениях.

© Морохин Д. С., 2022.

Для цитирования: Морохин Д. В. Программная система управления работой камнедробильной установки // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2022. № 3 (55). С. 47-57. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2819.2022.3.47>

В известных авторам решениях программной части систем управления камнедробильными установками используется структурный подход реализации алгоритмов работы агрегатов, который достаточно жёстко привязан к определённому набору оборудования, которое задействовано в конкретной системе. Кроме того, программное обеспечение для основных элементов системы, ПЛК и Панели оператора часто реализовано независимо. Это влечёт необходимость разработки специализированных протоколов обмена, которые также требуется менять при изменении конфигурации оборудования. Предложенная система позволяет избежать изменения программы при переконфигурации или модернизации оборудования. Адаптацию может производить пользователь с соответствующим допуском в графическом режиме.

Целью данной работы является создание простой в настройке программной системы, предназначенной для управления производственным процессом дробления щебня.

Основными задачами являются: информационный поиск по теме, проектирование системы в соответствии с техническим заданием, разработка технической документации, разработка программного обеспечения программируемого логического контроллера, дизайна и настроек панели оператора и согласование полученных результатов с заказчиками.

Основными задачами управления являются автоматизация включения и остановки агрегатов системы в соответствии с техническим регламентом по эксплуатации основных элементов системы. Например, включение основного механизма дробилки может быть произведено только при условии достижения необходимого напора воздуха воздушного насоса после прохождения заданного времени для разгона ротора и при условии соблюдения уровней вибрации, напряжения, потребляемого тока и т. д.

В системе заложены широкие функциональные возможности перенастройки

системы при изменении её конфигурации. При обзоре источников систем, имеющих все реализованные функции, не найдено. Входными данными при работе системы являются управляющие сигналы, сформированные оператором, в том числе удалённо, а также показания датчиков системы. Система внедрена в опытное производство. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и реализации подобных комплексов.

Общее описание программы. Среда программирования промышленных контроллеров Codesys 2.3, которая, по техническому заданию и в соответствии с используемым типом контроллера, была использована для написания программы, не поддерживает объектный стиль программирования. Но разработанная управляющая программа всё же использует объектно ориентированный подход, для реализации которого использовался механизм функциональных блоков. По принципу работы функциональный блок схож со структурой или классом и представляет собой шаблон объекта, из которого можно создать несколько одинаковых объектов одного типа.

В программе каждый агрегат описан своим функциональным блоком, на базе которых создаются объекты реальных устройств, таких как: питатель, магнит, насос, дробилка, вентилятор, грохота и конвейеры.

У функциональных блоков есть переменные, получающие данные только при инициализации и данные при исполнении блока. На рис. 1 приведён пример функционального блока для агрегатов типа дробилка (CRUSHER).

Функциональные блоки принимают различные параметры, такие, как идентификационный номер агрегата, порядковый номер старта и остановки, другие параметры в зависимости от агрегата.

При вызове функционального блока в него передаются текущие значения с датчиков, элементов управления и возвращаются состояния агрегатов и их параметры.

```

FUNCTION_BLOCK CRUSHER_CLASS
VAR_INPUT
  IN: BOOL;
  SEQ_START,
  SEQ_STOP: WORD;
  FAN_TIME_IN: TIME;
  SET_ENGINE_LOAD,
  SET_VIBRATION_VALUE: WORD;
  FAN: FAN_CLASS;
  AW: AW_ENGINE;
END_VAR

VAR_OUTPUT
  Q,
  NEXT_LED: BOOL;
  ACCIDENT_STOP,
  ACCIDENT_OVER_MAX_LOAD,
  ACCIDENT_LESS_MIN_LOAD,
  ACCIDENT_VIBRATE_CRUSHER,
  WARNING_INFO: BOOL;
  LED_STATE: LEDS_STATE;
END_VAR

```

Рис. 1. Входные выходные переменные функционального блока

Fig.1. Input output variables of functional block

Кроме этого, функциональные блоки основных агрегатов обернуты в ещё один функциональный блок, служащий местом инициализации нескольких копий агрегатов (рис. 2).

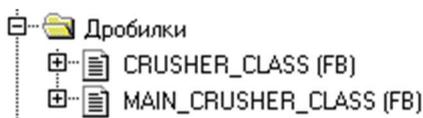


Рис. 2. Главный функциональный блок агрегата

Fig. 2. The main functional block of the machine

В codesys 2.3 именно функциональные блоки удобнее всего инициализировать как вложенную структуру (рис. 3).

```

PROGRAM AGGREGATES
VAR
  (*Питатель*)
  FEEDERS: MAIN_FEEDER_CLASS := (
    FEEDER := (
      AW:=(GET_ID := ID_FEEDER),
      SEQ_START := NUM_START_FEEDER,
      SEQ_STOP := NUM_STOP_FEEDER,
      MAGNET:=(
        AW:=(GET_ID := ID_MAGNET_FEEDER),
        SEQ_START := NUM_START_MAGNET,
        SEQ_STOP := NUM_STOP_MAGNET),
      VIBRATOR:=(
        AW:=(GET_ID := ID_VIBRATOR_FEEDER)
      ),
      PUMP:=(
        AW:=(GET_ID := ID_PUMP_FEEDER)
      )
    )
  )
);

```

Рис. 3. Инициализация вложенной структуры

Fig. 3. Nested structure initialization

Также у функциональных блоков имеются встроенные процедуры, в которых описаны определённые функции агрегата (рис. 4).

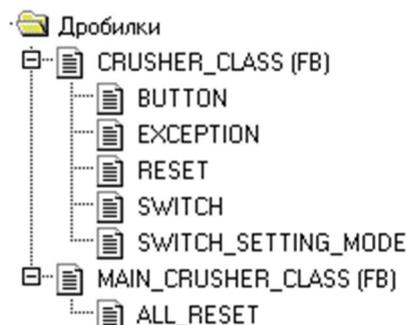


Рис. 4. Встроенные процедуры

Fig. 4. Built-in procedures

Местом инициализации всех главных функциональных блоков агрегатов, а также точкой входа программы является процедура *Aggregates*, в ней реализована инициализация всех объектов агрегатов во вложенном виде (рис. 3).

Режимы работы программы. В программе реализовано четыре режима: *работа*, *наладка*, *отмена* и *остановка*.

Автоматизированными режимами являются «работа» и «остановка». В режиме «работа» оператор выполняет запуск агрегатов в полуавтоматическом режиме под контролем программы управления в строго заданном порядке и при соблюдении условий нормальной работы уже запущенных агрегатов, отсутствии ошибок и соблюдении дополнительных условий, заданных при настройке системы. В режиме «отмена» выполняются действия в обратном порядке относительно режима работы.

В режиме наладки выполняется полностью ручное управление без контроля программы. В режиме остановки все агрегаты не работают.

Запуск, остановка и отмена последнего действия. При включении режима «работа» программа предлагает пользователю запускать агрегаты только в определённой последовательности. При инициализации каждому агрегату задаётся два порядковых номера, один на запуск, второй на выключение. В режиме запуска сравнивается порядковый номер старта со счётчиком, который увеличивается при включении текущего выбранного агрегата. В режиме «остановка» сравнивается порядковый номер остановки со счётчиком, который декрементирует при выключении текущего выбранного агрегата. Режим отмены можно активировать только в момент запуска режима работы, работает точно так же, как и режим остановки за исключением того, что счётчик декрементируется относительно текущего состояния счётчика. В этом состоянии нельзя взаимодействовать с агрегатами, но можно выполнить настройку или калибровку программы в соответствующих разделах, а также можно посмотреть текущие журналы и графики.

Панель управления. Управление программой происходит в сенсорной панели, которая подключена к промышленному контроллеру по протоколу Modbus TCP в режиме Master, при этом контроллер находится в режиме slave. Это означает, что в панели работа происходит с регистрами контроллера. В программе используются битовые регистры и регистры типа Word и Real.

Основное рабочее окно программы управления представлено на рис. 5.

Вся логика работы находится на стороне контроллера. Все кнопки управления на панели завязаны на битовых регистрах контроллера, а в контроллере они же управляются событиями. При нажатии кнопки выполняется инвертирование бита с 0 в 1, затем в контроллере запускается событие, выполняющее какое-либо действие, после завершения которого этот бит возвращается обратно в 0 и таким образом ожидается следующее нажатие. Остальные регистры word и real выводятся на панель в режиме чтения или записи в зависимости от элемента.

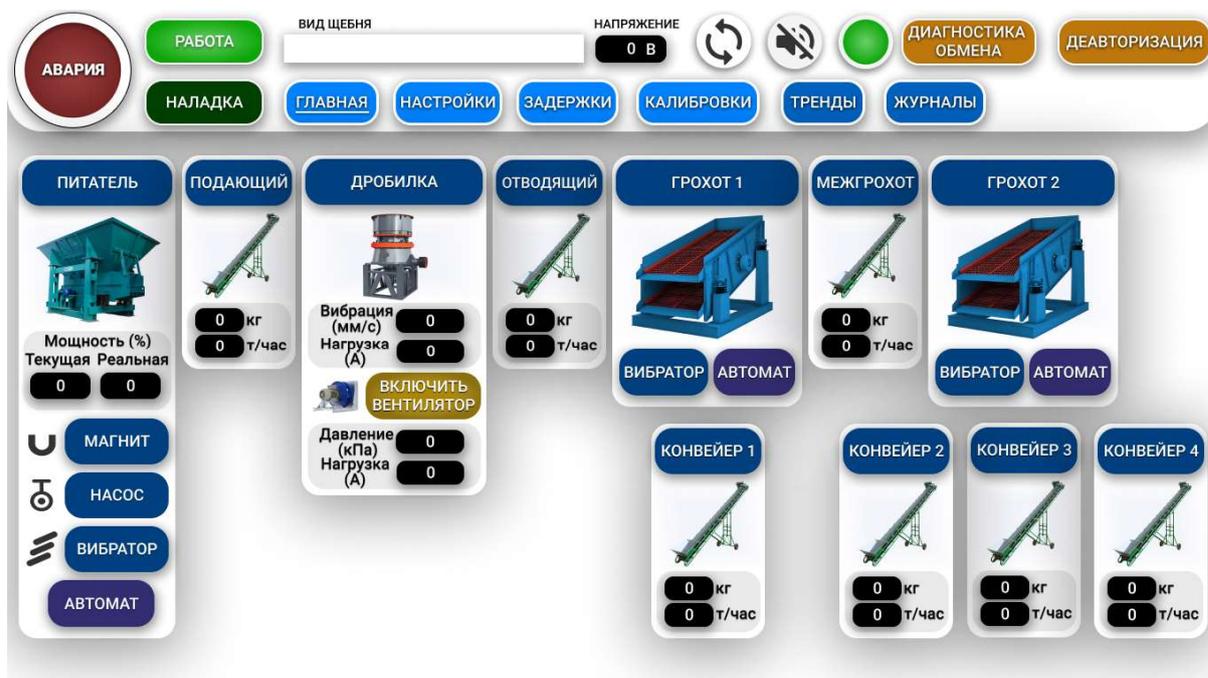


Рис. 5. Основное окно программы
Fig. 5. Main program window

В панели используется система привилегий, в зависимости от уровня допуска работают те или иные элементы управления. При попытке нажатия кнопки другого уровня допуска действие игнорируется. Для улучшения визуального восприятия была добавлена невидимая кнопка, накрывающая собой все элементы, требующие высшего уровня допуска, которая вызывает действие авторизации, тем самым при попытке провзаимодействовать с интерфейсом повышенного уровня допуска панель предложит выполнить авторизацию, после которой этот элемент будет скрыт, а остальной интерфейс будет доступен к использованию.

После авторизации доступны элементы управления режимами работы программы, режима работы и наладки. Если ни одна из этих кнопок не активирована, программа находится в режиме «остановка».

При активации режима наладки появляется полный доступ к запуску агрегатов. Этот режим необходим лишь в режиме тестирования и не пригоден для постоянной работы, так как при его работе обработка аварий отключена и контроль со стороны программы отсутствует. В реальных условиях это может нанести ущерб оборудованию.

При включении режима работы программа предлагает произвести запуск установок, загорается индикатор кнопки агрегата с соответствующей надписью, который требуется запустить, после успешного запуска загорается индикатор следующего агрегата и так в определённом порядке включения. Агрегаты запускаются в установленном порядке, который задаётся в настройках системы (рис. 6).

После прохождения запуска всех агрегатов цвет индикатора кнопки работы сменился на зелёный (рис. 7).



Рис. 6. Очередность запуска агрегатов в режиме работы
Fig. 6. The sequence of starting the units in the operating mode



Рис. 7. Запрос на включение агрегата
Fig. 7. Request to turn on the unit

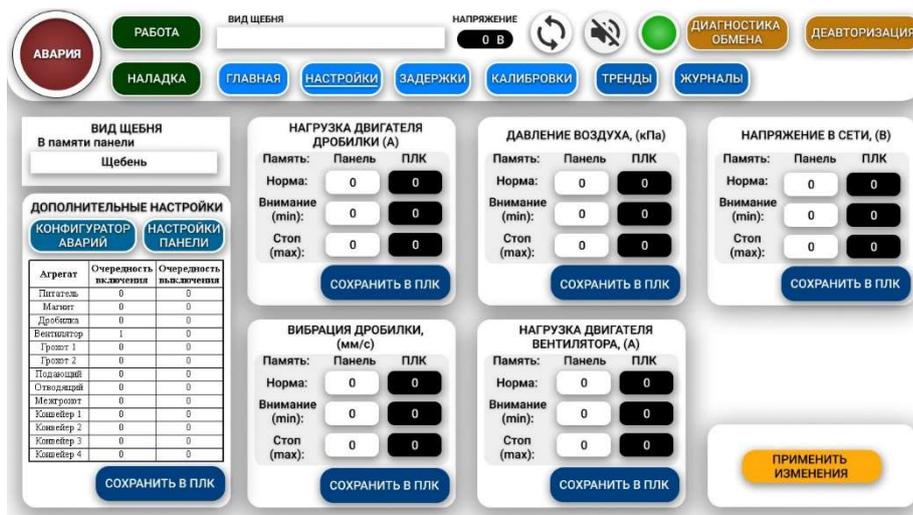


Рис. 8. Основные настройки программы
Fig. 8. Basic program settings

При повторном нажатии на кнопку работы программа переходит в режим остановки агрегатов, точно так же, как и при запуске, только в обратном порядке происходит остановка агрегатов.

Во вкладке настроек (рис. 8) доступна конфигурация аварий, панели, пределы допусков и т. д.

Сенсорная панель имеет два типа внутренних регистров: с постоянной памятью Retain, которые сохраняются при выключении панели, и с переменной, которые сбрасываются. Настройки удобнее всего хранить в постоянной памяти, поэтому в белом цифровом элементе значение записывается в постоянную память панели, а в чёрном цифровом элементе

отображается текущее значение переменного регистра контроллера. Кнопка «сохранить в ПЛК» передаёт значение с внутреннего постоянного регистра на переменный регистр панели, с которым контроллер в данный момент работает. Кнопка «применить изменения» вызывает в контроллере событие сохранения текущих переменных регистров в постоянную память Retain.

Для визуализации сохранения на стороне контроллера запускается таймер со счётчиком, значения которого двигают анимационный элемент на панели.

В меню калибровки (рис. 9) имеются настройки сдвига значений с аналоговых датчиков.

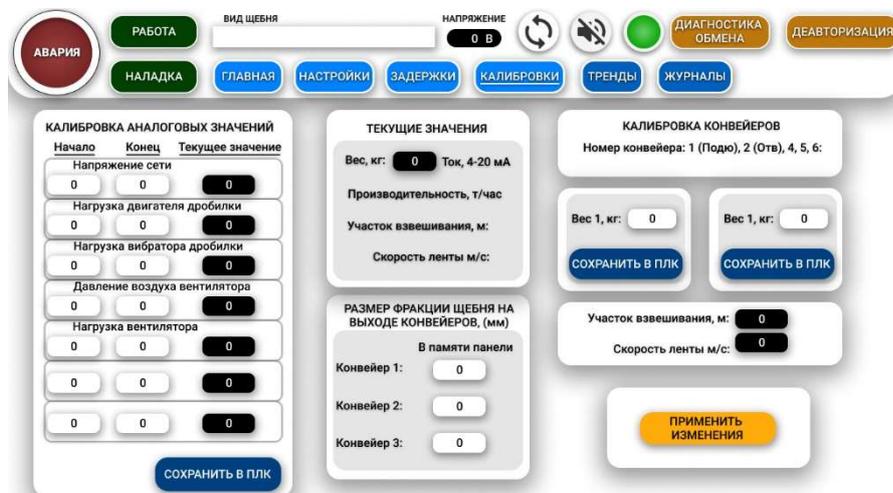


Рис. 9. Настройки калибровок
Fig. 9. Calibration settings

Описание системы аварий. Аварии у каждого агрегата происходят по-своему, поэтому у каждого агрегата она реализована в своём функциональном блоке.

Обработка аварии представляет собой действие при определённых входных значениях с датчиков от агрегата, например незапланированная остановка агрегата, значения напряжения питания и тока, значения давления и т. д. Работа агрегата отслеживается цифровым сигналом с реле питания, аналогового сигнала с датчика или по прямому доступу к агрегату через RS485, если такое имеется.

При возникновении нестационарного состояния, выхода за пределы каких-либо значений с аналогового датчика или незапланированного выключения агрегата необходимо выполнить действие по выходу из этого состояния. Выполняется аварийное выключение всей установки. Но для этого недостаточно выключить одновременно все агрегаты, так как у каждого разное время завершения работы, поэтому необходимо производить аварийное выключение относительно каждого агрегата.

В программе реализован конфигуратор аварий (рис. 10), в нём для каждого агрегата можно настроить, в какой последовательности и задержке они будут поочередно выключаться.

Конфигуратор аварий представляет собой функциональный блок, который занимается обработкой аварий и предупреждений, он инициализируется и вызывается отдельно в каждом агрегате и хранит в себе состояния активации аварии, номер в очереди и время задержки каждого агрегата. Так как программа представляет собой суперцикл, используется счётчик входа в процедуру и сравнивается счётчик с номером порядка включения агрегата и состоянием активации аварии.

В случае если счётчик совпадает с номером в очереди и состоянием активации проверки, вызывается процедура сброса выбранного агрегата.

Для задержки между аварийными остановками агрегатов используется таймер, который в режиме работы отключает условие обработки аварии, время задержки ему присваивается относительно выбранного агрегата из памяти.

В меню задержек (рис. 11) настраиваются тайминги работы конвейеров.

Журналы. В системе ведётся запись основных параметров агрегатов (рис. 12), запусков, остановок системы и аварий (рис. 13). Журналы хранятся в энергонезависимой памяти системы и в облачном хранилище в соответствии с заданными настройками.

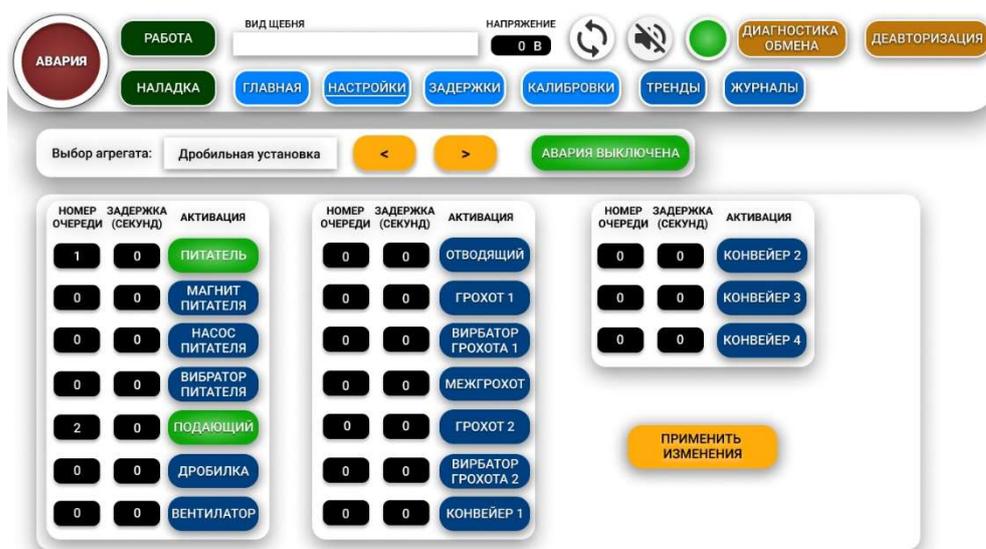


Рис. 10. Конфигуратор аварий
Fig. 10. Alarm configurator

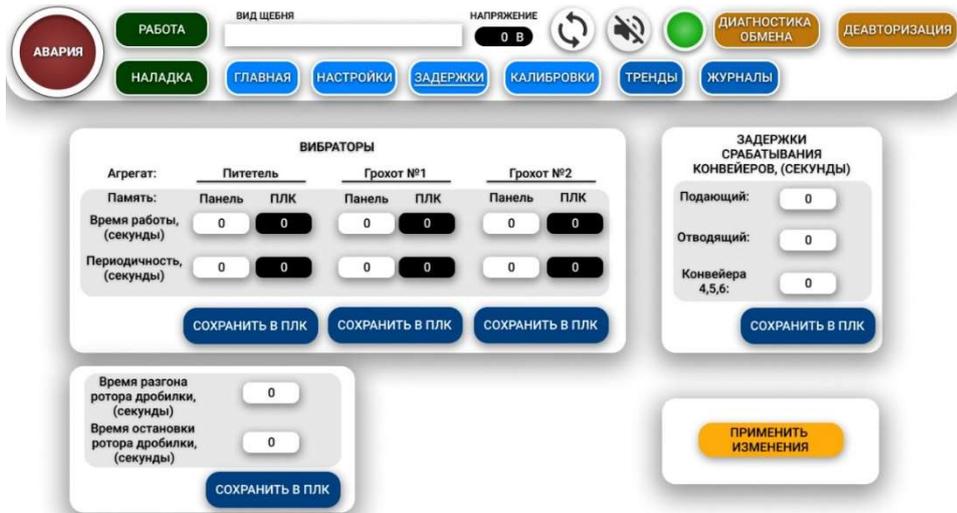


Рис. 11. Настройки задержек
Fig. 11. Delay settings

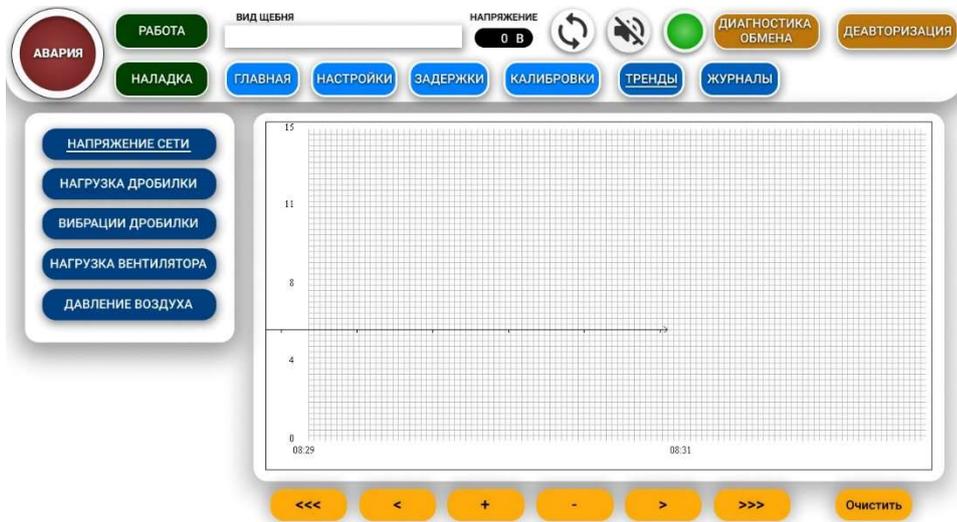


Рис. 12. Меню трендов
Fig. 12. Trend menu



Рис. 13. Меню журналов
Fig. 13. Logs menu

Заключение. Несмотря на использование, в соответствии с техническим заданием, не самой последней версии системы программирования ПЛК, удалось реализовать масштабируемую, легко настраиваемую систему управления камнедробильной установкой. Также реализован интуитивно понятный и

функциональный интерфейс с пользователем.

Таким образом, цели и задачи работы были выполнены. Разработанная система внедрена в опытное производство. После учёта всех полученных замечаний и предложений возможно комплектовать ею камнедробильные заводы различной конфигурации.

Список источников

1. Салихов М.Г. Проектирование и организация работы карьера, камнедробильного, асфальтобетонного и цементобетонного заводов. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. 60 с.

2. Салихов М.Г. Проектирование и организация работ на асфальтобетонных и цементобетонных заводах. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. 20 с.

3. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур и др. Ставрополь: АГРУС. 2016. 168 с.

4. Автоматизированная система управления камнедробильной установкой / Д.В. Морохин, В.И. Мясников, А.В. Иванов и др. / International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11. № 1. С. 45-58. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-1-45-58. – EDN OPAVBT.

5. Иванов А.В., Иванов Р.А., Мясников В.И. Особенности визуализации в Codesys 2.3 // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы VI Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 10-13 ноября 2020 г.): Часть 4: Информационные технологии – основа стратегического прорыва в современной промышленности. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. 217 с.

6. Морохин Д.В., Иванов А.В., Иванов Р.А. Система обработки аварийных ситуаций при работе камнедробильной установки. // Двадцать пятые Вавилонские чтения: материалы Международной

междисциплинарной научной конференции. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2022. Ч. 2. С. 81-85.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614785 Российская Федерация. Программа управления камнедробильной установкой: № 2022613609 : заявл. 15.03.2022 : опубл. 25.03.2022 / А. В. Иванов, Р. А. Иванов, Д. В. Морохин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

8. Банников Е.В. Использование ПЛК в промышленности // International Scientific Review. 2019. № LV. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-plk-v-promyshlennosti> (дата обращения: 16.09.2022).

9. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Классификация дробильных установок и технологических схем их применения при переработке строительных горных пород // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1. С. 98-103.

10. Щербаков К.С., Щербаков С.А., Кочегуров А.И. Разработка встроенного программного обеспечения для программируемых логических контроллеров, используемых в области промышленной автоматизации // Известия ТПУ. 2009. № 5. С. 28-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-vstroennogo-programmnogo-obespecheniya-dlya-programmiruemyh-logicheskikh-kontrollerov-ispolzuemyh-v-oblasti-promyshlennoy> (дата обращения: 16.03.2021).

Статья поступила в редакцию 20.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 15.09.2022

Информация об авторе

МОРОХИН Дмитрий Витальевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационно-вычислительных систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – встраиваемые системы, электронное обучение, поисковые системы. Автор 51 научной публикации. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0005-3976>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 004.722

<https://doi.org/10.25686/2306-2819.2022.3.47>

Software System for Controlling Stone Crushing Unit

D. V. Morokhin

Volga State University of Technology,
3, Lenin sqr., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
MorohinDV@volgatech.net

Keywords: control system; stone crushing unit; programmable logic controller; codesys

ABSTRACT

Introduction. Stone crushing units or plants are widely used tools for road construction. The issues of automating the operation of such tools are topical not only in terms of reducing the cost of the crushing process, increasing its productivity, but also to minimize the man influence on the performance of plants, improve working conditions, and other economic indicators. There is a need in developing specialized exchange protocols, which also need to be changed when the equipment configuration changes. The proposed system allows to avoid changing the program when reconfiguring or upgrading equipment. The **aim** of the work is to create an easy-to-configure and at the same time functional software system designed to control the production process of stone crushing. **Findings.** The developed system has wide functionality for reconfiguring when changing its configuration. The program has 4 modes: operation, setup, cancellation and stop. In the operating mode, the program starts the units in semi-automatic mode by the user under the control of the program. The cancel mode is vice versa to the operating mode. In setup mode, fully manual control is performed without program control. In stop mode, all units do not operate. In addition to this, an adaptive accident control system and logging of the main system parameters have been implemented. The result is a scalable, highly customizable stone crusher control system. Besides, an intuitive and functional user interface is also implemented. **Practical significance.** The developed system has been put into production.

Acknowledgments: the author is grateful to the students of the VSTU, Ivanov A.V. and Ivanov R.A., for developing the programmable logic controller software, setting up the operator panel and testing the system.

REFERENCES

1. Salihov M.G. *Proektirovanie i organizacija raboty kar'era, kamnedrobil'nogo, asfal'tobetonnoego i cementobetonnoego zavodov: uchebnoe posobie* [Design and organization of the work of a quarry, stone crushing, asphalt concrete and cement concrete plants: workbook]. Yoshkar-Ola, Volga state university of technology, 2016. 60 p. (In Russ.).
2. Salihov M.G. *Proektirovanie i organizacija rabot na asfal'tobetonnyh i cementobetonnyh zavodah* [Design and organization of work at asphalt concrete and cement concrete plants]. Yoshkar-Ola, Volga state university of technology, 2014. 20 p. (In Russ.).
3. Minaev I.G., Samoilenko V.V., Ushkur D.G., Fedorenko I.V. *Svobodno programmiruemye ustrojstva v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija* [Freely programmable devices in automated control systems]. Stavropol, AGRUS, 2016. 168 p. (In Russ.).
4. Morokhin D.V., Myasnikov V.I., Ivanov A.V., Ivanov R.A. *Avtomatizirovannaja sistema upravlenija kamnedrobil'noj ustanovkoj* [Automated control system for stone crushing plant]. *International Journal of Advanced Studies*. 2021. Vol. 11. No 1. P. 45-58. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-1-45-58. EDN OPAVBT. (In Russ.).
5. Ivanov A.V., Ivanov R.A., Myasnikov V.I. *Osobennosti vizualizacii v Codesys 2.3* [Features of visualization in Codesys 2.3]. *Inzhenernye kadry – budushhee innovacionnoj jekonomiki Rossii: materialy VI Vserossijskoj studencheskoj konferencii (Yoshkar-Ola, 10-13 nojabrja 2020 g.): Chast' 4: Informacionnye tehnologii – osnova strategicheskogo proryva v sovremennoj promyshlennosti* [Engineering staff – the future of Russia's innovative economy: proceedings of the VI All-Russian Student Conference (Yoshkar-Ola, November 10-13, 2020): Part 4: Information technology is the basis for a strategic breakthrough in modern industry]. Yoshkar-Ola: Volga state university of technology, 2020. P. 217. (In Russ.).
6. Morokhin D.V., Ivanov A.V., Ivanov R.A. *Sistema obrabotki avarijnyh situacij pri rabote kamnedrobil'noj ustanovki* [Emergency handling system for stone crushing plant]. *Dvadcat' pjatye Vavi-*

lovskie chtenija: materialy mezhdunarodnoj mezhdisciplinarnoj nauchnoj konferencii [Twenty-fifth Vavilov Readings: Proceedings of the International Interdisciplinary Scientific Conference]. Yoshkar-Ola: Volga state university of technology, 2022. P. 2. P. 81-85. (In Russ.).

7. Ivanov A.V., Ivanov R.A., Morokhin D.V. Programma upravlenija kamnedrobil'noj ustanovkoj [Stone crushing plant control program]. Patent RF, no. 2022613609, 2022. (In Russ.).

8. Bannikov E.V. Ispol'zovanie PLK v promyshlennosti [The use of PLC in industry]. International scientific review of the problems and prospects of modern science and education: LV international correspondence scientific and practical conference. Boston: Problems of science, 2019. P. 25-28. (In Russ.).

9. Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Klassifikacija drobil'nyh ustanovok i tehnologicheskikh shem ih

primenenija pri pererabotke stroitel'nyh gornyh porod [Classification of crushing plants and technological schemes of their application in recycling construction rocks]. Sistemy. Metody. Tehnologii [Systems. Methods. Technologies]. 2016. No 1. P. 98-103. (In Russ.).

10. Shcherbakov K.S., Shcherbakov S.A., Kochegurov A.I. Razrabotka vstroennogo programmnogo obespechenija dlja programmiruemyh logicheskikh kontrollerov, ispol'zuemyh v oblasti promyshlennoj avtomatizacii [The development of the embedded software for the programmed logical controllers used in industrial automation domain]. *Izvestija TPU* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University]. 2009. Vol. 315. No 5. Pp. 28-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-vstroennogo-programmnogo-obespecheniya-dlya-programmiruemyh-logicheskikh-kontrollerov-ispolzuemyh-v-oblasti-promyshlennoj> (дата обращения: 16.03.2021). (In Russ.).

The article was submitted 20.08.2022; approved after reviewing 12.09.2022; accepted for publication 15.09.2022

For citation: Morokhin D. V. Software System for Controlling Stone Crushing Unit. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2022. No 3 (55). Pp. 47–57. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2819.2022.3.47>

Information about the author

Dmitry V. Morokhin – Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Information and Computing Systems, Volga State University of Technology. Research interests – embedded systems, e-learning, search engines. The author of 51 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0005-3976>

Author declare that they have no conflict of interest.

Author read and approved the final manuscript.