УДК 621.643

Научная статья

Алгоритмы управления и сигналы станций пневмотранспортной системы на предприятиях горно-металлургического комплекса

***А. М. Кабышев, В. В. Хмара, Б. Д. Хасцаев,
С. В. Кулакова, М. П. Маслаков***

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), 362021,
г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, Россия
E-mail: info@skgmi-gtu.ru

Автоматическое управление любым технологическим процессом предусматривает непрерывный или периодический контроль параметров, определяющих данный технологический процесс. Для горных, обогатительных, металлургических заводов и фабрик таким параметром является химический состав исходного сырья, флюсов, используемых реагентов, промежуточных продуктов, готовой продукции, отвальных хвостов и сбрасываемых сточных вод. Информацию о химическом составе этих продуктов получают путем отбора и последующего анализа представительных проб. Целью данной работы является разработка системы контейнерной доставки технологических материалов, основанной на применении унифицированных узлов, функционирующих под управлением универсальной микропроцессорной системы. Решение поставленной задачи позволяет упростить процесс адаптации системы к конкретному технологическому процессу, повысить ее надежность за счет применения унифицированных узлов и упростить обслуживание в процессе эксплуатации. Разработана схема системы контейнерной доставки технологических материалов, в состав которой входят станции, обслуживающие процесс транспортировки контейнера. Станции выполнены на основе унифицированных узлов и элементов. К таким узлам станций относятся: пневмоцилиндры, электропневматические клапаны, распределители, магнитные датчики. Эти узлы и элементы предназначены для перемещения транспортного контейнера как внутри станций, так и по транспортному трубопроводу. Управление узлами станций системы осуществляется с помощью микропроцессорной системы управления. В статье проведена оптимизация сигналов управления, формируемых как внутри станций, так и поступающих от вспомогательных устройств транспортной системы. Сигналы управления позволяют реализовать оптимальные алгоритмы функционирования системы. Разработаны алгоритмы реализующие различные режимы функционирования станций. Разработана принципиальная схема микропроцессорной системы управления на основе современной элементной базы. Разработанная система управления отличается универсальностью, легко адаптируется для выполнения различных режимов работы станций, это позволяет расширить функциональные возможности системы.

Ключевые слова: технологические материалы, пневмотранспортная система, транспортный контейнер, станции, сигналы.

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-36-3-133-145

Финансирование. Исследование выполнялось без финансовой поддержки фондов.

Поступила в редакцию: 17.06.2021

В окончательном варианте: 04.10.2021

Для цитирования. Кабышев А. М., Хмара В. В., Хасцаев Б. Д., Кулакова С. В., Маслаков М. П. Алгоритмы управления и сигналы станций пневмотранспортной системы на предприятиях горно-металлургического комплекса // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2021. Т. 36. № 3. С. 133-145. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-36-3-133-145

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Кабышев А. М. и др., 2021

Введение

Роботизированные механизмы и устройства широко используют позиционные системы, которые в процессе выполнения своих функций последовательно осуществляют однотипные технологические операции. К таким устройствам относятся пневмотранспортные системы контейнерной доставки химических материалов при проведении различных технологических процессов на предприятиях горно-металлургического комплекса. Такие устройства и системы позволяют автоматизировать процесс доставки технологических материалов и не оказывают влияния на экологическую обстановку надежно изолируя транспортируемые материалы от окружающей среды.

Анализ последних исследований и публикаций

Системы контейнерной доставки широко применяются в автоматизированных системах аналитического контроля различных технологических процессов и в частности на горных, обогатительных и металлургических предприятиях для доставки представительных проб технологических продуктов на экспресс – анализ в химическую лабораторию [1]. Также, такие системы могут использоваться для доставки небольших объемов технологического сырья непосредственно к месту проведения технологического процесса.

Существующие системы пневмотранспортной доставки грузов по транспортным трубопроводам отличаются большим разнообразием схмотехнических решений и различными областями применения [2-21], однако, требуется адаптации узлов этих систем к процессу транспортировки технологических продуктов в условиях горного, обогатительного и металлургического производства.

Цель исследования

Целью работы является разработка системы контейнерной доставки технологических материалов, основанной на применении унифицированных узлов, функционирующих под управлением универсальной микропроцессорной системы. Унификация узлов транспортной системы позволит провести оптимизацию сигналов, обеспечивающих управление процессом транспортировки технологических материалов. Решение поставленной задачи позволит упростить процесс адаптации системы к конкретному технологическому процессу, повысить ее надежность за счет применения уни-

фицированных узлов и упростить обслуживание транспортной системы в процессе эксплуатации.

Основной раздел

В состав системы контейнерной доставки проб по транспортным трубопроводам входят следующие основные устройства [1-6, 22-24]:

- станции для автоматической загрузки технологических материалов в транспортный контейнер и отправки контейнера в экспресс – лабораторию для анализа химического состава или к месту проведения технологического процесса;
- система транспортных трубопроводов, связывающих точки отбора технологических материалов с точками их разгрузки;
- система подготовки транспортирующего сжатого воздуха;
- станции автоматической разгрузки материалов и автоматического возврата транспортного контейнера в исходную точку транспортной системы;
- система линий, сигналов, электронных схем, алгоритмов, предназначенная для автоматического управления процессом транспортировки контейнера.

Структурная схема возможного варианта системы пневмотранспортной, контейнерной доставки технологических материалов показана на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема системы пневмотранспортной, контейнерной доставки материалов/ Block diagram of the system of pneumatic transport, container delivery of materials

На рисунке приняты обозначения: Д/С -- датчик/sensor; ПК/BV – перепускной клапан/ bypass valve (нормальное состояние клапана – «открыт»)

В состав транспортной системы входят унифицированные станции/stations, основной функцией которых является прием и отправка транспортных контейнеров по транспортному трубопроводу/transport pipeline. Кроме того, станции/stations выполняют операции ввода в станцию и вывода из станции транспортных контейнеров для

этого предусмотрены соответствующие механизмы, локализация которых на рисунке отмечена надписями: устройство ввода контейнера/container input device; устройство вывода контейнера/ container output device.

В состав каждой станции входит компрессор/compressor, который служит для подготовки сжатого воздуха, предназначенного для перемещения механизмов станций и для транспортировки контейнера по транспортному трубопроводу/transport pipeline.

Работу каждой станции контролируют сигналы, формируемые соответствующей системой управления/control system. Для синхронизации работы станций, системы управления формируют сигнал «ready», передаваемый по одноименной линии, что видно из рис. 1.

На вертикальных участках транспортного трубопровода рядом со станциями расположены датчики Д/S и клапана ПК/BV. Система управления каждой станцией принимает сигнал от соответствующего датчика Д/S и управляет работой соответствующего клапана ПК/BV.

Разработанная структура транспортной системы позволяет реализовать два алгоритма транспортировки контейнера:

- одна из станций транспортной системы настроена только на отправку по транспортному трубопроводу контейнера груженого технологическим материалом, другая станция осуществляет только прием и выгрузку из системы доставленного контейнера;
- предусматривает возможность настройки каждой станций как на прием, так и на отправку груженого или порожнего контейнера.

В обоих случаях узлы транспортной системы взаимодействуют следующим образом. Транспортный контейнер с технологическим материалом поступает в одну из станций в точке, отмеченной на рис. 1 как устройство ввода контейнера/container input device, «закрывается» соответствующий клапан ПК/BV, происходит герметизация транспортного трубопровода и контейнер отправляется под действием сжатого воздуха к станции приема.

На конце горизонтального участка транспортного трубопровода установлен датчик Д/S, сигнал которого информирует систему управления/control system станции, принимающей контейнер, о его доставке.

Система управления/control system формирует внешний сигнал «ready», инициирующий снижение давления воздуха в транспортном трубопроводе, и внутренний сигнал «ПК/BV» (на рис. 1 не показан), который «закрывает» клапан ПК/BV. Это приводит к образованию под контейнером на вертикальном участке транспортного трубопровода «воздушной подушки», обеспечивающей плавную парковку принимаемого контейнера.

Принятый контейнер выгружается из станции в точке, отмеченной на рис. 1 как устройство вывода контейнера/ container output device.

На рис. 2 показана разработанная функциональная схема станции.

Рис. 2. Функциональная схема станции/Functional diagram of the station

На рис. 2 приняты обозначения: МД1/MS1 – МД9/MS9 – магнитные датчики/magnetic sensors, контролирующие положение контейнера внутри станции.; ЭПР1/EPD1 – ЭПР3/EPD3 – электропневматические распределители/electropneumatic dispensers изменяют направление подачи сжатого воздуха в штуцеры пневмоцилиндров, обеспечивая изменение направления перемещения штоков пневмоцилиндров; ЭПК/EPV – электропневматический клапан/electropneumatic valve управляет подачей транспортирующего сжатого воздуха для отправки контейнера по транспортному трубопроводу.

На штоках двухпозиционных пневмоцилиндров №1 и №3 жестко закреплены каретки/carriages, что обеспечивает возможность их перемещения внутри станции в горизонтальном направлении. Внутри кареток размещены цилиндры/cylinders, предназначенные для приема и удержания транспортных контейнеров. Цилиндры могут свободно перемещаться внутри кареток в вертикальном направлении по направляющим, выполненным в виде прорезей в стенках кареток. Вертикальное перемещение любого цилиндра возможно только, если он установлен под транспортным трубопроводом, при вертикальном перемещении полого штока пневмоцилиндра №2.

Тонкими стрелками на рис. 2 показано направление подачи сжатого воздуха. Сплошными тонкими стрелками показано направление сжатого воздуха, при котором механизмы станции приняли показанное на рис. 2 положение. При этом электропневматический распределитель ЭПР1/EPD1 находится в активном состоянии и шток пневмоцилиндра №1 вместе с соответствующей кареткой переместился в крайнее левое положение. Это положение штока контролируется датчиком МД1/MS1. Электропневматический распределитель ЭПР3/EPD3 также находится в активном состоянии и шток пневмоцилиндра №3 перемещается в крайнее левое положение, установив соответствующую каретку с приемным цилиндром под транспортный трубопровод. Это состояние контролируется датчиком МД5/MS5. Активное состояние ЭПР2/EPD2 приводит к вертикальному перемещению штока пневмоцилиндра №2. Обеспечивается подъем соответствующего цилиндра и его герметизация с транспортным трубопроводом, для этого на трубопроводе и штоке пневмоцилиндра №2 предусмотрены уплотнительные кольца. Верхнее состояние штока пневмоцилиндра №2 контролируется датчиком МД3/MS3.

Рассмотренное положение механизмов станции используется для приема станцией контейнера из транспортного трубопровода или для отправки контейнера из станции по транспортному трубопроводу. При отправке контейнера по транспортному трубопроводу в активное состояние переводится электропневматический клапан ЭПК/EPV и транспортирующий сжатый воздух через каналы полого штока пневмоцилиндра №2 поступает под транспортный контейнер, как это показано на рис. 2. Пассивное состояние ЭПК/EPV блокирует подачу сжатого воздуха в транспортный трубопровод.

Пассивное состояние электропневматических распределителей ЭПР1/EPD1, ЭПР2/EPD2, ЭПР3/EPD3 обеспечивает подачу сжатого воздуха в пневмоцилиндры по направлениям указанным пунктирными стрелками. Это приводит к тому, что штоки пневмоцилиндров №1 и №3 с соответствующими каретками смещаются в крайние правые положения, а шток пневмоцилиндра №2 устанавливается в крайнее нижнее положение. Все эти положения штоков контролируются датчиками МД2/MS2, МД6/MS6 и МД4/MS4.

Жирными стрелками на рис. 2 показаны возможные направления перемещения контейнера в транспортном трубопроводе и направления ввода контейнера в станцию и вывода контейнера из станции. Движения контейнера по этим направлениям контролируются датчиками МД7/MS7, МД8/MS8 и МД9/MS9.

Сигналы всех датчиков станции поступают в систему управления (см. рис.1), которая их анализирует и формирует сигналы «ЭПР1/EPD1», «ЭПР2/EPD2», «ЭПР3/EPD3», «ЭПК/EPV», управляющие состоянием одноименных распределителей сжатого воздуха ЭПР1/EPD1, ЭПР2/EPD2, ЭПР3/EPD3 и клапана ЭПК/EPV. Высокий уровень отмеченных сигналов переводит соответствующие устройства в активное состояние.

Показанная на рис. 2 схема взаимодействия механизмов станции позволяет ей работать в трех режимах:

- 1) режим ввода в станцию контейнера и отправка его по транспортному трубопроводу;
- 2) режим приема контейнера из транспортного трубопровода и вывод контейнера из станции;

3) режим, совмещающий действия первого и второго режимов.

В первом режиме шток пневмоцилиндра №1 с соответствующей кареткой находится в крайнем левом положении, шток пневмоцилиндра №2 установлен в крайнее нижнее положение, чтобы не деформировать уплотняющие шайбы при последующем горизонтальном перемещении каретки, а шток пневмоцилиндра №3 смещается в крайнее правое положение для приема из устройства ввода (рис. 1), вводимого в станцию контейнера. Сигнал формируемый датчиком МД8/MS8 свидетельствует о поступлении в станцию контейнера и запускает механизм перемещения штока пневмоцилиндра №3 в крайнее левое положение и соответствующая каретка, в приемном цилиндре которой находится контейнер, устанавливается под транспортный трубопровод. Шток пневмоцилиндра №2 перемещается в верхнее положение, герметизируя транспортный трубопровод. Открывается клапан ЭПК/EPV и подается транспортирующий сжатый воздух, перемещающий контейнер по трубопроводу. Сигнал формируемый датчиком МД7/MS7 запускает процесс перевода штока пневмоцилиндра №3 в крайнее правое положение.

При работе станции во втором режиме шток пневмоцилиндра №3 находится в крайнем правом положении. В работе участвуют пневмоцилиндры №1 и №2, происходит прием контейнера из транспортного трубопровода и выгрузка его из станции в устройство вывода контейнера (рис.1). При выгрузке контейнера шток пневмоцилиндра №1 перемещается в крайнее левое положение и транспортный контейнер под действием силы тяжести выводится из станции. Датчик МД9/MS9 контролирует этот процесс запуская следующий цикл приема и вывода контейнера.

В третьем режиме одновременно может выполняться процесс ввода одного контейнера в станцию и вывод другого из станции. Например, штоки пневмоцилиндров №1 и №3 находятся в крайнем правом положении, а шток пневмоцилиндра №2 установлен в верхнее положение, станция принимает контейнеры, поступающие по транспортному трубопроводу и из устройства ввода контейнера. При перемещении штоков пневмоцилиндров №1 и №3 в крайнее левое положение запускаются процессы отправки контейнера по транспортному трубопроводу и вывода контейнера из станции.

На рис. 3 показана принципиальная схема системы управления, контролирующей работу механизмов станции.

Схема выполнена на основе микросхем: DD1-микроконтроллер (PIC16F84A); DD2-параллельный адаптер (8255A); DD3-шинный формирователь (8287).

Информация необходимая для работы схемы поступает через контакты разъема XS1. Эта информация состоит из внутренних сигналов, вырабатываемых магнитными датчиками (МД/MS) станции и внешних таких как «ready» и «Д/S», которые необходимы для работы транспортной системы. Контакты разъема XS2 служат для подключения электропневматических распределителей и клапанов, а также для формирования импульсного сигнала «ready», синхронизирующего работу станций транспортной системы и сигнала управляющего работой перепускного клапана ПК/BV.

На рис.4 показана структурная схема алгоритма работы системы управления, реализующего работу станции только в режиме ввода и отправки контейнера по транспортному трубопроводу (первый режим работы).

На рис. 5 показана структурная схема алгоритма при работе станции только в режиме приема контейнера из транспортного трубопровода с последующей выгрузкой контейнера в устройство вывода контейнера (второй режим работы станции).

Рис. 3. Схема системы управления/ Control system diagram

Рис. 4. Структурная схема алгоритма, реализующего первый режим работы/ Block diagram of the algorithm that implements the first mode of operation

Рис. 5. Структурная схема алгоритма, реализующего второй режим работы/ Block diagram of the algorithm that implements the second mode of operation

Показанные на рис. 4 и рис. 5 схемы алгоритмов построены по одному принципу: микроконтроллер DD1 проверяет состояние сигналов датчиков и формирует сигналы, управляющие работой электропневматических распределителей ЭПР1/EPD1 – ЭПР3/EPD3 и клапанов ПК/BV, ЭПК/EPV. Это позволяет реализовать описанные выше режимы работы станций в составе пневмотранспортной системы.

Заключение

Разработанные и рассмотренные в статье схемы и алгоритмы могут найти применение в автоматизированных системы пневмотранспортной доставки технологических материалов на горных, обогатительных и металлургических предприятиях.

Конкурирующие интересы. Авторы заявляют, что конфликтов интересов в отношении авторства и публикации нет.

Авторский вклад и ответственность. Все авторы участвовали в написании статьи и полностью несут ответственность за предоставление окончательной версии статьи в печать. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

Список литературы/References

1. Хмара В. В. *Универсальная контейнерная система пневмотранспорта проб на анализ. Основы, принципы построения, конструкция, алгоритмы функционирования*. Саарбрюккен, Германия: LambertAcademic Publishing, 2012. 96 с. [Khmara V. V. Universal'naya konteynernaya sistema pnevmotransporta prob na analiz. Osnovy, printsipy postroyeniya, konstruktsiya, algoritmy funktsionirovaniya. Saarbrücken, Germaniya: LambertAcademic Publishing, 2012. 96 pp. (In Russian)]
2. Chenglin M., Haijun M., Xuechun Y., Jingfeng D., Chao M. and Lihua A. Study on the development mode of urban underground logistics system // *Service Science and Management Research (SSMR)*, 2014. vol. 3, no. 1.
3. Cox B. Pneumatic powder transport system, U.S. Patent No 7464733, 2008.
4. Arends G., Grote B. J. H. Underground logistics systems versus trenchless technology / In: *Proceedings from the 2nd International Symposium on Underground Freight Transportation by Capsule Pipelines and Other Tube/ Tunnel Systems*, September 28–29, Delft, The Netherlands. ASCE Task Committee, 1999. Freight pipelines: current status and anticipated future use, 12, 1999, pp. 300–310.
5. Roop S. S., Roco C. E., Olson L. E., Warner J. E., Kang D., Bierling D. H. The technical and economic feasibility of a freight pipeline system in texas, Year 3 Report. Report No. 1519-3. Texas: Texas Transport Institute, Texas A&M University, College Station, 2002.
6. Hodson N. Foodtubes. Energy saving pipeline capsule goods transport / In: *Proceedings from the International Symposium on Underground Freight Transportation by Capsule Pipelines and Other Tube/Tunnel Systems*. ISUFT 2008, 20–22 March 2008. Arlington, Texas., 2008.
7. Liu H. Research, development and use of PC Pin the United States of America // *Japanese Journal of Multiphase Flow*, 2007. no. 21(1), pp. 57–69.
8. Pielage B.A. Underground freight transportation. A new development for automated freight transportation systems in the Netherlands / In: *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems*. Oakland, CA, 2001, pp. 762–767.
9. Kosugi S., Saitou K., Matsui N. and Tomita Y. Development of vertical pneumatic capsule pipeline system for deep under ground // *2th International Symposium on Underground Freight Transportation by Capsule Pipelines and Other Tube/ Tunnel Systems*, 2000.
10. Sandor T., Endre M., Szilard K. Condition monitoring and fault diagnostic of the pneumatic conveying systems / *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint*, March 26–27, 2012. Sopron, Hungary, 2012, pp. 1–4.
11. Chertov V.G., Trubaev P.A., Sokolova L.W. Improvement of Productivity of Mobile Pneumatic Transporters // *Research Journal of Applied Sciences*, 2014. vol. 9, pp. 1124–1133.
12. Davydov S. Ya., Kosarev N. P., Valiev N. G., Simisinov D. I., Kozhushko G. G., Panov D. A. Problems with the use of Pneumatic screw pumps to transport bulk cargo // *Refractories and Industrial Ceramics*, 2013. vol. 54, no. 2, pp. 100–105.

13. Волошин А. И., Пономарев Б. В. *Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов*. Киев: Наукова думка, 2001. 521 с. [Voloshin A. I., Ponomarev B. V. *Mekhanika pnevmotransportirovaniya syupuchikh materialov*. Kiyev: Naukova dumka, 2001. 521 pp. (In Russian)]
14. Пономаренко С. Н. Влияние характеристик аэросмеси на технологические параметры пневмотранспортирования закладочными установками эжекторного типа // *Геотехнічна механіка*, 2013. № 109, С. 52–62. [Ponomarenko S. N. Vliyaniye kharakteristik aerosmesi na tekhnologicheskiye parametry pnevmotransportirovaniya zakladochnymi ustanovkami ezhektornogo tipa // *Geotekhnichna mekhanika*, 2013. no. 109, pp. 52–62 (In Russian)].
15. Евтюков С. А., Шапунов М. М. *Справочник по пневмокомплексам и пневмотранспортному оборудованию*. ДНК: Спб., 2005. 456 с. [Yevtyukov S. A., Shapunov M. M. *Spravochnik po pnevmokompleksam i pnevmotransportnomu oborudovaniyu*. DNK: Spb., 2005. 456 pp. (In Russian)]
16. Евтюков С. А., Шапунов М. М. *Пневмотранспортное оборудование в строительной индустрии и строительстве: учеб. пособие*. ДНК: Спб., 2005. 360 с. [Yevtyukov S. A., Shapunov M. M. *Pnevmotransportnoye oborudovaniye v stroitel'noy industrii i stroitel'stve: ucheb. posobiye*. DNK: Spb., 2005. 360 pp. (In Russian)]
17. Петровский В. С., Щедрин С. П. Анализ и синтез систем автоматического управления пневмотранспортом и учетом технологической щепы // *Лесотехнический журнал*, 2013. № 3, С. 199–204. [Petrovskiy V. S., Shchedrin S. P. Analiz i sintez sistem avtomaticheskogo upravleniya pnevmotransportom i uchetoм tekhnologicheskoy shchepy // *Lesotekhnicheskyy zhurnal*, 2013. no. 3, pp. 199–204 (In Russian)].
18. Futamura M. Pressure drop and scale – up desing of the plug type pneumatic conveying lines // *Powder Handling and Processing*, 2005. vol. 17(1), pp. 12–17.
19. Lai Yeng Lee, Tai Yong Quek, Rensheng Deng, Madhumita B. Ray, Chi-Hwa Wang Pneumatic transport of granular materials through a 90° bend // *Chemical Engineering Science*, 2004. vol. 59, no. 21, pp. 4637–4651.
20. Mills D., Agarwal V. K. *Pneumatic conveying systems*. Trans tech publications. Clausthal-Zellerfeld: Trans Tech Publications, 2001. 345 pp.
21. Kril S. I., Semenenko E. V. Calculation of pneumatic transport parameters of sands from gravel and technogeneous deposits // *Metallurgy and metal mining industry*, 2006. no. 35, pp. 77–80.
22. Lobotsky Y. G., Khmara V. V., Kabyshev A. M., Dedegkaev A. G. The Principles of complex systems of container pneumatic transport with the use of universal switches // *Modern Applied Science*. Canada, 2015. vol. 9, no. 5, pp. 228–246.
23. Лоботский Ю. Г., Хмара В. В. Пути повышения надежности автоматической загрузки проб в транспортный контейнер // *Устойчивое развитие горных территорий*, 2014. № 2, С. 30–37. [Lobotskiy YU. G., Khmara V. V. Puti povysheniya nadezhnosti avtomaticheskoy zagruzki prob v transportnyy konteyner // *Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy*, 2014. no. 2, pp. 30–37 (In Russian)].
24. Лоботский Ю. Г., Хмара В. В. Станция автоматической разгрузки проб из транспортного контейнера // *Международный научный журнал Устойчивое развитие горных территорий*, 2014. № 3, С. 35–42. [Lobotskiy YU. G., Khmara V. V. Stantsiya avtomaticheskoy razgruzki prob iz transportnogo konteynera // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy*, 2014. no. 3, pp. 35–42 (In Russian)].

MSC 93

Research Article

Control algorithms and signals of the pnevmotransport system stations at the enterprises of the mining and metallurgical complex

A. M. Kabyshev, V. V. Khmara, B. D. Khastshev, C. V. Kulakova, M. P. Maslakov

Northern Caucasus Mining and Metallurgical Institute
(State University of Technological), 362021, Vladikavkaz, Nikolaeva st., 44, Russia
E-mail: info@skgmi-gtu.ru

Automatic control of any technological process provides for continuous or periodic monitoring of the parameters that determine this technological process. For mining, processing, metallurgical plants and factories, such a parameter is the chemical composition of the feedstock, fluxes, reagents used, intermediate products, finished products, dump tailings and discharged wastewater. Information about the chemical composition of these products is obtained by selecting and then analyzing representative samples. The purpose of this work is to develop a container delivery system for technological materials based on the use of unified nodes operating under the control of a universal microprocessor system. The solution of this task makes it possible to simplify the process of adapting the system to a specific technological process, increase its reliability through the use of unified nodes and simplify maintenance during operation. The scheme of the container delivery system of technological materials, which includes stations serving the process of container transportation, has been developed. The stations are made on the basis of unified nodes and elements. Such nodes of the stations include: pneumatic cylinders, electropneumatic valves, distributors, magnetic sensors.

Key words: technological materials, pneumatic transport system.

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-36-3-133-145

Original article submitted: 27.07.2021

Revision submitted: 28.07.2021

For citation. Kabyshev A. M., Khmara V. V., Khastshev B. D., Kulakova C. V., Maslakov M. P. Control algorithms and signals of the pnevmotransport system stations at the enterprises of the mining and metallurgical complex. *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2021, **36**: 3, 133-145. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-36-3-133-145

Competing interests. The authors declare that there are no conflicts of interest regarding authorship and publication.

Contribution and Responsibility. All authors contributed to this article. Authors are solely responsible for providing the final version of the article in print. The final version of the manuscript was approved by all authors.

The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Kabyshev A. M. et al., 2021

Funding. The study was carried out without financial support from foundations.