

УДК 629.563.23

doi: 10.18698/0536-1044-2023-8-41-50

# Гравитационная транспортная система: принципы построения и управления

О.А. Кабышев, М.П. Маслаков, В.В. Хмара, А.М. Кабышев

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»

## Gravitational transport system, its principles of construction and management

O.A. Kabyshev, M.P. Maslakov, V.V. Khmara, A.M. Kabyshev

FSBEI of HE "North-Caucasian Mining and Smelting Institute (state technical university)"

Рассмотрен принцип построения гравитационной транспортной системы, предназначенной для контейнерного транспортирования технологических материалов. Предложена схема транспортной системы, обеспечивающей челночное движение контейнера между станциями. Разработана схема и описан принцип работы станций, входящих в состав транспортной системы, где энергия сжатого воздуха используется для придания транспортному контейнеру потенциальной энергии, что обеспечивает его движение по транспортному пути под действием силы тяжести. Схема станций позволяет рассматривать станцию как функционально законченный модуль, на основе которого можно разрабатывать протяженные транспортные системы различной конфигурации. Разработан алгоритм функционирования станций, реализующий процессы отправки и приема контейнера. Предложена микропроцессорная система управления механизмами станций, контролирующая состояние сигналов датчиков и формирующая сигналы управления распределителями сжатого воздуха. Разработана компьютерная модель системы управления, которая предназначена для отладки алгоритмов управления механизмами станций транспортной системы. Предложенные схемы и алгоритм предназначены для разработки технологических транспортных линий.

**Ключевые слова:** гравитационная транспортная система, транспортный контейнер, сила тяжести, система управления, алгоритм функционирования станций, сигналы управления

The paper considers the principle of constructing a gravitational transport system designed for container transportation of the technological materials. It proposes a scheme of the transport system providing the container shuttle motion between the stations. A scheme is developed, and description of the stations operation principle is presented being a part of the transport system; the compressed air energy is used there to provide transport container with the potential energy ensuring its motion along the transport route under the gravity influence. The proposed station scheme makes it possible to consider the station as a functionally complete module forming the basis for possible development of the extended transport systems with various configurations. An algorithm for the station functioning was developed that implemented the processes of sending and receiving a container. A microprocessor system for managing the station mechanisms is proposed, which controls the sensor signals state and generates control signals for the compressed air distributors. A computer model of the control system was designed and developed to debug algorithms for con-

trolling the transport system stations. The considered schemes and algorithm are intended to develop the technological transport lines.

**Keywords:** gravitational transport system, transport container, gravity, control system, station operation algorithm, control signals

Гравитационные транспортные системы (ГТС), предназначенные для доставки технологических материалов, находят применение в различных технологических процессах на химических, металлургических и горно-обогатительных промышленных предприятиях [1–3].

В состав ГТС входит оборудование, обеспечивающее перемещение грузов под действием силы тяжести: наклонные желоба, спускные трубы, винтовые или каскадные спуски [4–6] и роликовые конвейеры [7–9].

От систем, реализующих другие принципы транспортирования грузов, ГТС отличаются простотой конструкции и относительно низкими транспортными затратами энергии. В системах, использующих ленточные транспортеры, кроме веса транспортируемого груза приходится перемещать и вес транспортной ленты, поэтому для протяженных линий становятся существенными затраты энергии в режиме хо-

лостного хода. Кроме того, существуют потери энергии на преодоление сил трения в поддерживающих транспортную ленту роликах, наличие которых также усложняет конструкцию этой линии.

Применение в транспортных системах грузовых контейнеров в некоторых случаях расширяет их функциональные возможности, повышая управляемость. Это связано с тем, что в контейнерных транспортных системах можно контролировать положение груза на транспортной линии и оперативно переводить движущийся контейнер с одной линии на другую [10, 11], а также автоматизировать процессы его загрузки и разгрузки.

Кроме того, контейнерная доставка технологических материалов уменьшает вероятность их загрязнения, обеспечивая относительно высокую экологическую безопасность процесса транспортирования, так как существует воз-

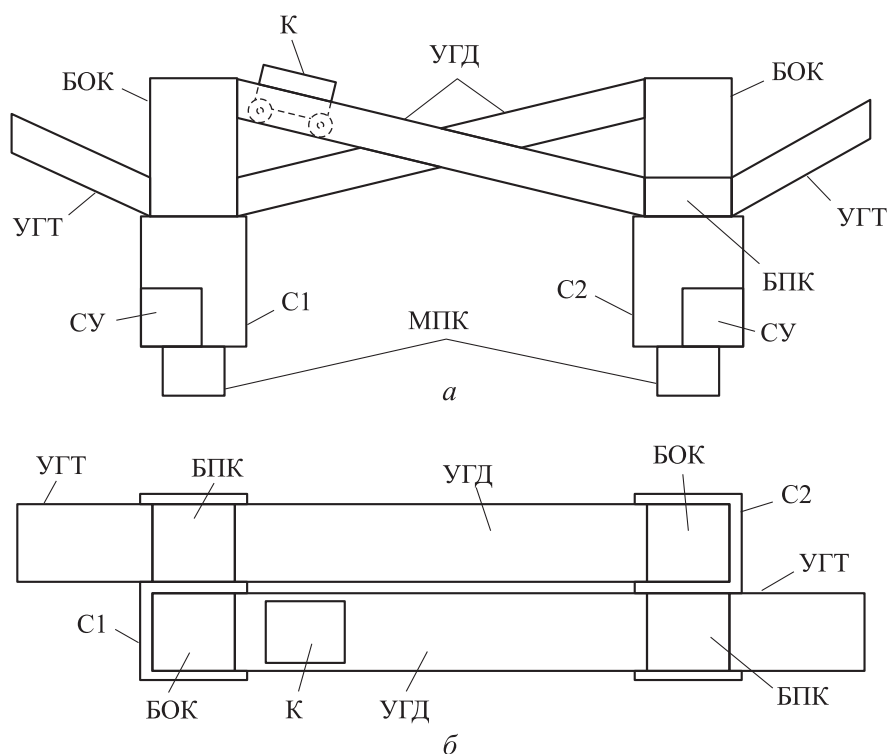


Рис. 1. Структурная схема ГТС:

а и б — вид сбоку и сверху; К — контейнер; СУ — система управления; УГТ — участок гравитационного торможения; УГД — участок гравитационного движения; БПК — блок приема контейнера; БОК — блок отправки контейнера; МПК — механизм перемещения контейнера; С1 и С2 — станция № 1 и № 2 соответственно

возможность устранения контакта груза с внешней средой, что особенно актуально для химических веществ [12, 13].

Цель исследования — разработка автоматической ГТС, предназначенной для контейнерной доставки технологических материалов.

Структурная схема разработанной ГТС показана на рис. 1. В состав ГТС входят две станции № 1 и 2, выполняющие функции отправки и приема контейнера. Каждая станция состоит из блоков отправки и приема контейнера. Станции укомплектованы механизмами перемещения контейнера, обеспечивающими выполнение следующих функций: прием контейнера, его перемещение внутри станции и отправка контейнера. В зависимости от веса транспортируемого груза в механизмах перемещения контейнера можно использовать электрический, пневматический или гидравлический привод [14–16].

Между собой станции связаны системой установленных под углом поверхностей, предназначенных для гравитационного движения и торможения контейнера, движущегося от одной станции к другой.

На участках гравитационного движения контейнер перемещается под действием силы тяжести, для этого в блоке отправки контейнер получает потенциальную энергию. Участки гравитационного движения, также задают направление движения контейнера между станциями, это наиболее протяженные участки.

На участках гравитационного торможения контейнер теряет энергию, изменяет направление движения и плавно останавливается в блоке приема контейнера станции назначения.

При необходимости блоки станций, предназначенные для приема и отправки контейнера, могут также выполнять операции загрузки и разгрузки контейнера технологическими материалами (на рис. 1 механизмы систем, выполняющих эти операции, не показаны).

Управление всеми механизмами станций осуществляется с помощью сигналов, вырабатываемых системами управления, входящими в их состав. Механизмы станций ГТС работают по одному принципу и построены на основе унифицированных узлов.

Функциональная схема станции, входящей в состав ГТС, показанная на рис. 2, поясняет

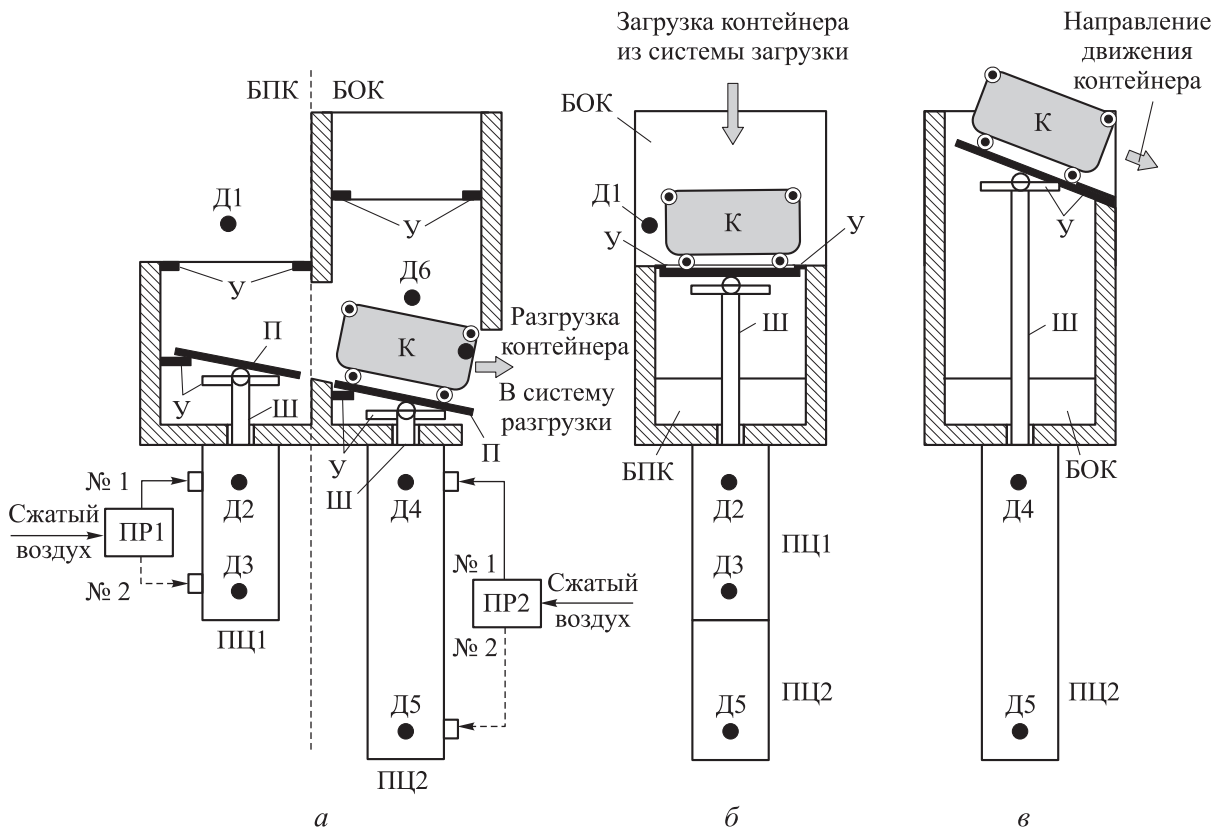


Рис. 2. Функциональная схема станции ГТС:  
 БПК — блок приема контейнера; БОК — блок отправки контейнера; У — упор; Ш — шток;  
 П — платформа; К — контейнер

принцип ее работы. Механизмы, входящие в состав блоков приема и отправки контейнера, изображены на рис. 2, а. На рис. 2, б и в показаны в разрезе виды со стороны соответственно блоков БПК и БОК. Для перемещения контейнера использована энергия сжатого воздуха.

Основными активными элементами схемы станции являются: двухпозиционные пневмоцилиндры ПЦ1 и ПЦ2, датчики Д1...Д6, контролируемые положение штоков пневмоцилиндров и положение контейнера внутри станции, а также распределители направления сжатого воздуха ПР1, ПР2 [16].

На штоках пневмоцилиндров с помощью шаровых шарнирных соединений закреплены платформы. Система ограничителей (упоров), установленных на стенках блоков станции и на штоках, при их перемещении в вертикальном направлении позволяет изменять и фиксировать угол наклона платформ относительно штоков.

Распределители направления сжатого воздуха ПР1 и ПР2 могут находиться в одном из двух состояний, отмеченных на рис. 2 номерами № 1 и № 2, что обеспечивает подачу сжатого воздуха в соответствующие штуцеры пневмоцилиндров.

В зависимости от направления подачи сжатого воздуха штоки первого и второго пневмоцилиндров могут принимать одно из двух крайних положений: верхнее или нижнее. Эти положения контролируют датчики Д2, Д4 и Д3, Д5 соответственно.

Стрелками на рис. 2 показаны направления движения контейнера, перемещение технологического материала при выполнении опе-

раций загрузки и разгрузки контейнера, а также направления подачи сжатого воздуха. Сплошными стрелками отмечено направление сжатого воздуха (распределители ПР1 и ПР2 переключились в состояние № 1), при котором механизмы станции приняли положение, показанное на рис. 2, а, причем штоки пневмоцилиндров находятся в крайних нижних положениях.

Это положение штоков, контролируемое датчиком Д6, используется для перемещения контейнера под действием силы тяжести внутри станции из блока его приема в блок отправки. При необходимости сигнал датчика Д6 также может инициировать процесс разгрузки контейнера.

Верхние положения штоков ПЦ1 и ПЦ2 соответствуют приему (см. рис. 2, б) и отправке (см. рис. 2, в) контейнера по наклонной поверхности в станцию назначения (см. рис. 1). Эти положения штоков контролируют датчики Д2 и Д4.

Датчик Д1 определяет момент поступления контейнера в блок БПК (см. рис. 2, б) и инициирует следующие действия: загрузку контейнера (если это необходимо), его перемещение внутри станции из блока БПК в БОК (см. рис. 2, а), его разгрузку (если это необходимо) и отправку (см. рис. 2, в) в станцию назначения.

Сигналы от всех датчиков поступают в систему управления станции, которая формирует сигналы управления распределителями сжатого воздуха ПР1 и ПР2, обрабатывает и формирует сигналы взаимодействия станций ГТС, а также принимает сигналы, поступающие из систем загрузки и разгрузки контейнера.

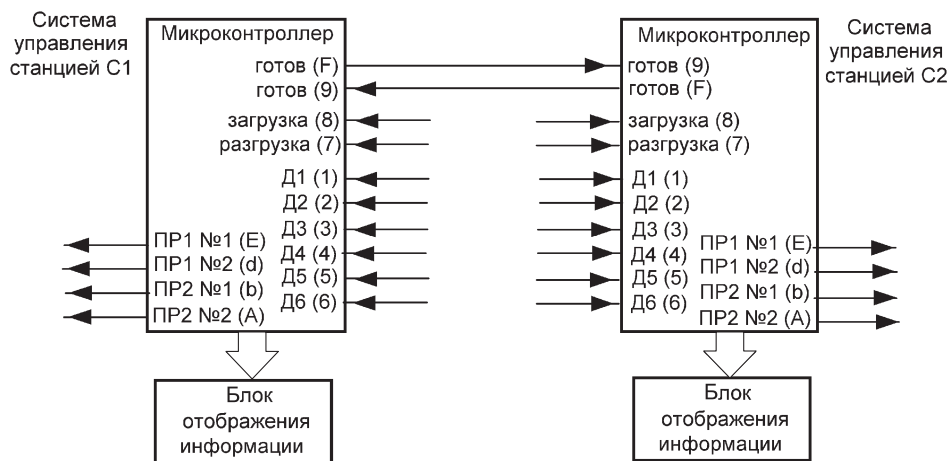


Рис. 3. Функциональная схема систем управления станциями

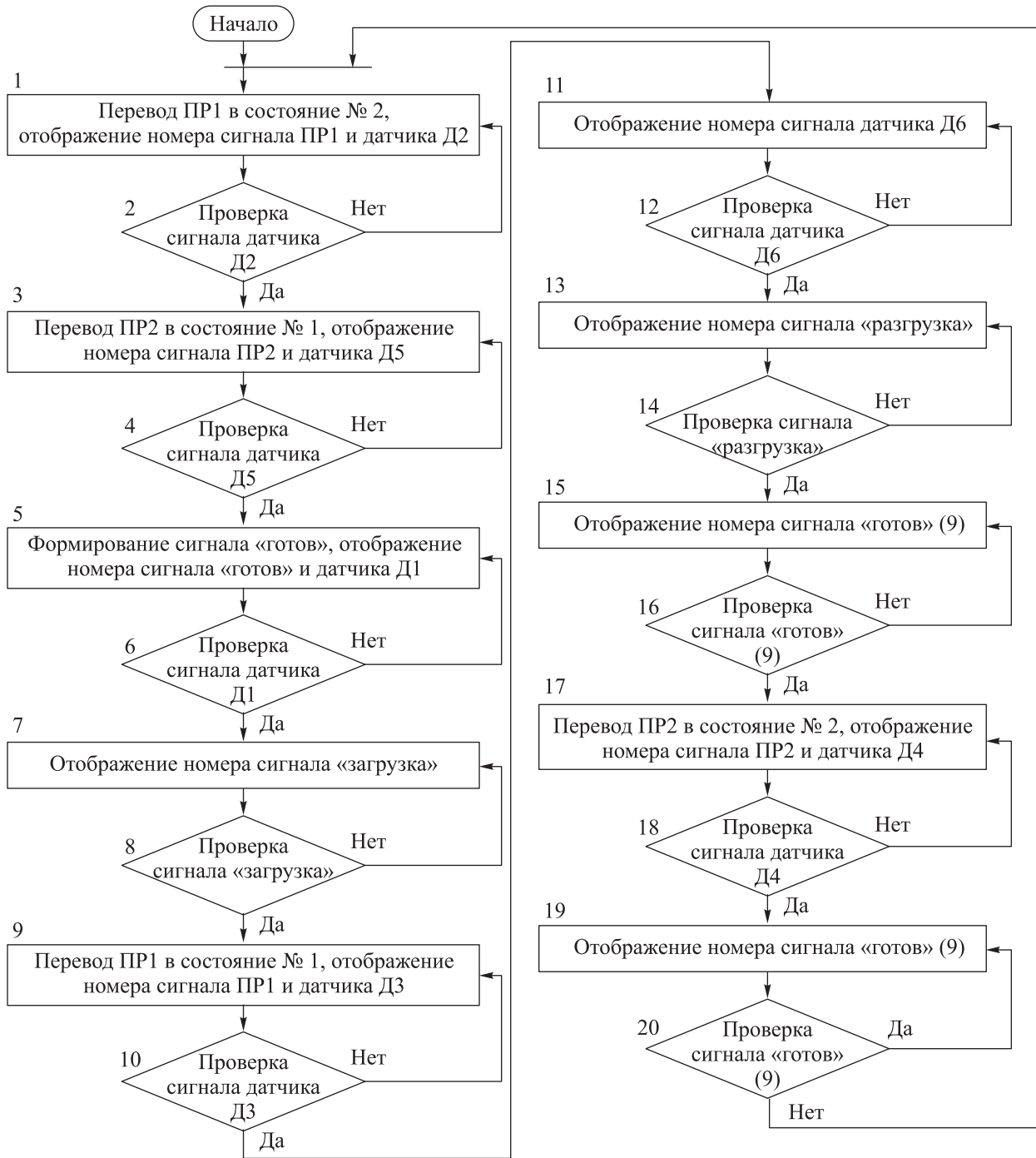


Рис. 4. Блок-схема алгоритма функционирования ГТС

Принципы функционирования рассмотренной станции позволяют использовать ее не только в составе ГТС, показанной на рис. 1, но и в качестве промежуточной станции в протяженных ГТС.

Функциональная схема систем управления станциями, показанных на рис. 1, приведена на рис. 3. Системы управления выполнены на основе микроконтроллеров. Стрелками обозна-

чено направление передачи сигналов. Системы управления станциями взаимодействуют между собой с помощью сигналов «готов», формируемых каждой из них, если она готова принять транспортный контейнер.

Сигналы «загрузка» и «разгрузка» поступают в системы управления станциями после выполнения соответствующих операций. Если в их выполнении нет необходимости, то соответству-

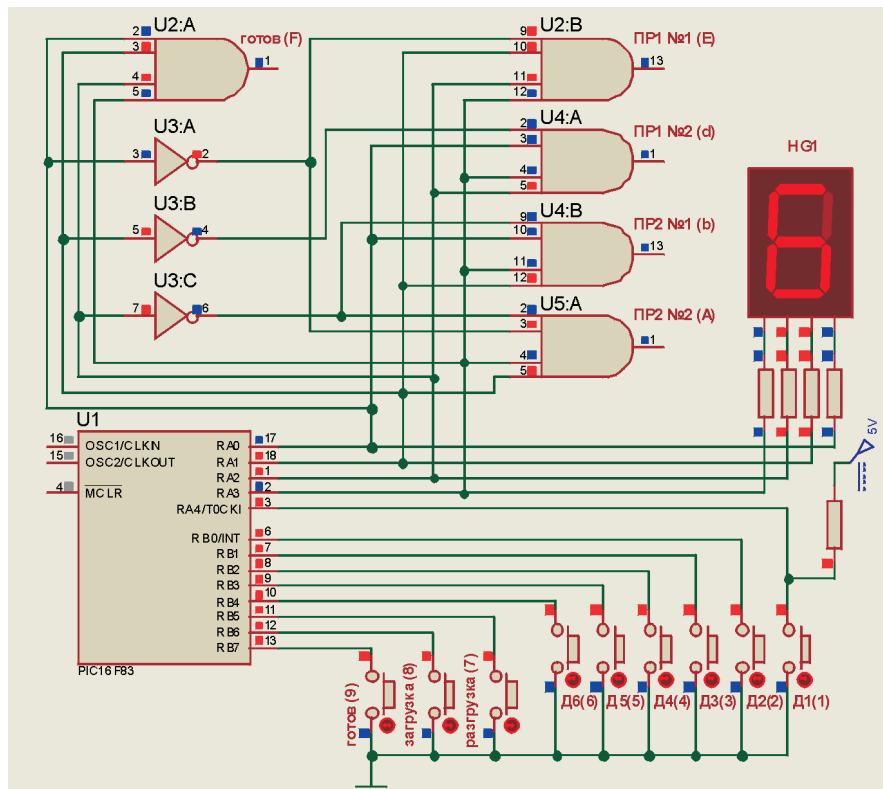


Рис. 5. Схема компьютерной модели системы управления

ющие сигналы («загрузка», «разгрузка») должны быть установлены в активное состояние.

Также системы управления анализируют сигналы, поступающие от датчиков Д1...Д6, и формируют сигналы управления, которые переключают распределители сжатого воздуха в состояние № 1 или № 2 (см. рис. 2, а). Все формируемые системами управления сигналы имеют импульсную форму.

Каждый сигнал, принимаемый или выдаваемый системой управления, имеет индивидуальный номер, на схеме эти номера указаны в скобках: (1)...(9), (A), (b), (d), (E), (F). Номера сигналов отображаются на цифровом индикаторе, входящем в состав блока отображения информации. Это позволяет оператору (техническому персоналу) визуально контролировать прохождение сигналов и диагностировать состояние ГТС.

Блок-схема алгоритма функционирования ГТС приведена на рис. 4. Алгоритм является универсальным и реализуемым системами управления всех станций, входящих в состав ГТС.

Блоки 1...6 выполняют установку штока ПЦ1 в верхнее положение, а ПЦ2 в нижнее, что

необходимо для приема контейнера станцией назначения. При этом формируется сигнал «готов (F)» и проверяется сигнал датчика Д1 (см. рис. 2, б). В блоках 7...12 происходит проверка состояния сигнала «загрузка», шток ПЦ1 переводится в нижнее положение, и контролируется состояние датчика Д6, т. е. выполняется перемещение принятого контейнера внутри станции (см. рис. 2, а).

В блоках 13...20 осуществляется контроль состояния входных сигналов «разгрузка» и «готов (9)», а шток ПЦ2 переводится в верхнее положение. Таким образом, выполняется операция отправки контейнера (см. рис. 2, в), и ожидается поступление информации, подтверждающей его доставку по назначению. Такой информацией является пассивное состояние сигнала «готов (9)», формируемого станцией принимающей контейнер.

В процессе работы алгоритма номера всех сигналов, обрабатываемых системой управления, отображаются на индикаторе блока отображения информации (см. рис. 3).

*Пример реализации системы управления станцией, аппаратная среда которой обеспечивает функционирование рассмотренного ал-*

горитма, приведен на рис. 5. Здесь показана схема, адаптированная для компьютерного моделирования с помощью системы автоматизированного проектирования Proteus [17]. Схема предназначена для разработки и отладки программного обеспечения микроконтроллера, входящего в состав системы управления.

Основным элементом схемы является микроконтроллер U1 серии PIC, фирмы Microchip [18]. Для имитации сигналов, поступающих в систему управления, используют клавиши клавиатуры: «готов (9)», «загрузка (8)», «разгрузка (7)», «Д6(6)...Д1(1)».

На основе логических элементов U2...U5 выполнен дешифратор, на выводах которого формируются следующие сигналы управления: «готов (F)», «PP1 №1(E)», «PP1 №2(d)», «PP2 №1(b)», «PP2 №2(A)». Номера всех обрабатываемых сигналов (1...9, A, b, d, E, F) отображаются на цифровом индикаторе HG1.

Компьютерная модель системы управления позволяет упростить процесс разработки и отладки программы функционирования микроконтроллера в соответствии с разработанным алгоритмом.

Для микроконтроллера U1, входящего в состав схемы, показанной на рис. 5, на языке ассемблера разработана следующая программа:

```
;начало (инициализация микроконтроллера)
```

```
    bsf status,5
    movlw 0ffh
    movwf trisb
    movlw 0f0h
    movwf trisa
    movlw 00
    movwf 81h
    bcf status,5
b1:  movlw 0dh; PP1 №2
    movwf porta
    call time
    movlw 02h
    movwf porta
    call time
    btfsc portb,0
    goto b1
b3:  movlw 0bh; PP2 №1
    movwf porta
    call time
    movlw 05h
    movwf porta
    call time
```

```
    btfsc portb,3
    goto b3
b5:  movlw 0fh
    movwf porta;"готов"
    call time
    movlw 01h
    movwf porta
    call time
    btfsc porta,4
    goto b5
b7:  movlw 08h
    movwf porta
    btfsc portb,6
    goto b7
b9:  movlw 0eh; PP1№1
    movwf porta
    call time
    movlw 03h
    movwf porta
    call time
    btfsc portb,1
    goto b9
b11: movlw 06h
    movwf porta
    btfsc portb,4
    goto b11
b13: movlw 07h
    movwf porta
    btfsc portb,5
    goto b13
b15: movlw 09h
    movwf porta
    btfsc portb,7
    goto b15
b17: movlw 0ah; PP2 №2
    movwf porta
    call time
    movlw 04h
    movwf porta
    call time
    btfsc portb,2
    goto b17
b19: movlw 09h
    movwf porta
    btfss portb,7
    goto b19
    goto b1
; временная пауза
time: movlw 0ffh
    movwf 0ch
t2:  movlw 0ffh
    movwf 0dh
t1:  decfsz 0dh,1
```

```
goto t1
decfsz 0ch,1
goto t2
return
```

В соответствии с алгоритмом (см. рис. 4) программа состоит из блоков. Начало блоков отмечено метками: b1...b19. В программе предусмотрена подпрограмма «time», предназначенная для формирования временного интервала, который задает продолжительность сигналов управления механизмами станции,

а также время, в течение которого на цифровом индикаторе отображаются номера сигналов, обрабатываемых системой управления.

## Вывод

Предложены принцип организации ГТС, схемы, алгоритм и программа управления механизмами станций, которые можно применять при разработке стационарных ГТС, работающих в автоматическом режиме.

## Литература

- [1] Потапов В.Я., Потапов В.В., Семериков Л.А. и др. Определение фрикционных характеристик слюдо- и асбестосодержащих руд для расчета гравитационного транспорта. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2015, № 8, с. 211–216.
- [2] Верлока И.И. *Совершенствование процесса смешивания сыпучих материалов в аппарате гравитационного типа*. Дисс. ... канд. тех. наук. Иваново, 2018. 194 с.
- [3] Алексеев А.В., Шищенко Е.В. Теоретические основы расчета гравитационных загрузочных устройств сыпучих грузов. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2020, № 10, с. 313–318.
- [4] Школьник М.И. *Гравитационный транспортер для спуска штучных грузов*. Патент РФ 2193998. Заявл. 30.07.2001, опубл. 10.12.2002.
- [5] Кабышев А.М., Кабышев О.А., Хмара В.В. *Пневмогравитационная транспортная секция*. Патент РФ 2757698. Заявл. 31.05.2021, опубл. 20.10.2021.
- [6] Медведев О.А., Дмитриев В.Т., Дмитриев Д.С. и др. *Устройство для гравитационного спуска людей и грузов*. Патент РФ 2538515. Заявл. 24.01.13, опубл. 10.01.15.
- [7] Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. *Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа*. Москва, Университетская книга, 2018. 72 с.
- [8] Сафронов Е.В., Носко А.Л. Экспериментальная оценка нагрузочной способности роликов гравитационных конвейеров для паллет. *Известия МГТУ МАМИ*, 2020, № 3, с. 59–64, doi: <https://doi.org/10.31992/2074-0530-2020-45-3-59-64>
- [9] Shinde S.M., Patil R.B. Design and analysis of a roller conveyor system for weight optimization and material saving. *Int. J. Emerg. Technol.*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 168–173.
- [10] Pielage B.A. Underground freight transportation. A new development for automated freight transportation systems in the Netherlands. *Proc. ITSC*, 2001, pp. 762–767, doi: <https://doi.org/10.1109/ITSC.2001.948756>
- [11] Витязев О.В. Специализированные виды промышленного транспорта горных предприятий. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2008, № S8, с. 221–238.
- [12] Островский А.М., Медведев В.И., Тесленко И.О. Проблемы перевозки опасных грузов. *Транспорт Российской Федерации*, 2006, № 2, с. 57–60.
- [13] Васильев А.С., Романов А.В., Шукин П.О. Перспективные направления создания экологически безопасных транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива. *Инженерный вестник Дона*, 2012, № 3, с. 137–141.
- [14] Сафонов Ю.М. *Электроприводы промышленных роботов*. Москва, Энергоатомиздат, 1990. 173 с.
- [15] Булгаков А.Г. *Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление*. Москва, Солон-Пресс, 2007. 488 с.
- [16] Крейнин Г.В. *Гидравлические и пневматические приводы промышленных роботов и автоматических манипуляторов*. Москва, Машиностроение, 1993. 304 с.
- [17] Система моделирования ISIS Proteus. URL: <https://easyelectronics.ru/sistema-modelirovaniya-isis-proteus-bystryj-start.html>
- [18] Яценков В.С. *Микроконтроллеры Microchip*. Москва, Горячая линия-Телеком, 2002. 296 с.



## References

- [1] Potapov V.Ya., Potapov V.V., Semerikov L.A. et al. Determination frictional characteristics mica and asbestos-containing ores to calculate the gravitational transport. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2015, no. 8, pp. 211–216. (In Russ.).
- [2] Verloka I.I. *Sovershenstvovanie protsessa smeshivaniya sypuchikh materialov v apparate gravitatsionnogo tipa*. Diss. kand. tekhn. nauk [Improving the mixing process of bulk materials in a gravity type apparatus. Kand. tech. sci. diss.]. Ivanovo, 2018. 194 p. (In Russ.).
- [3] Alekseev A.V., Shishchenko E.V. Theoretical basis for calculating gravity loading devices for bulk cargo. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [News of the Tula State University. Technical Sciences], 2020, no. 10, pp. 313–318. (In Russ.).
- [4] Shkolnik M.I. *Gravitatsionnyy transporter dlya spuska shtuchnykh gruzov* [Gravity conveyor for unit loads]. Patent RU 2193998. Appl. 30.07.2001, publ. 10.12.2002. (In Russ.).
- [5] Kabyshev A.M., Kabyshev O.A., Khmara V.V. *Pnevmogravitatsionnaya transportnaya sektiya* [Pneumatic gravity transport section]. Patent RU 2757698. Appl. 31.05.2021, publ. 20.10.2021. (In Russ.).
- [6] Medvedev O.A., Dmitriev V.T., Dmitriev D.S. et al. *Ustroystvo dlya gravitatsionnogo spuska lyudey i gruzov* [Device for gravitational chuting people and cargoes]. Patent RU 2538515. Appl. 24.01.13, publ. 10.01.15. (In Russ.).
- [7] Safronov E.V., Sharifullin I.A., Nosko A.L. *Ustroystva bezopasnoy ekspluatatsii gravitatsionnykh rolikovykh konveyerov palletnogo tipa* [Safety devices for pallet-type gravity roller conveyors]. Moscow, Universitetskaya kniga Publ., 2018. 72 p. (In Russ.).
- [8] Safronov E.V., Nosko A.L. Experimental evaluation of the load capacity of the rollers of gravity conveyors for pallets. *Izvestiya MGTU MAMI*, 2020, no. 3, pp. 59–64, doi: <https://doi.org/10.31992/2074-0530-2020-45-3-59-64> (in Russ.).
- [9] Shinde S.M., Patil R.B. Design and analysis of a roller conveyor system for weight optimization and material saving. *Int. J. Emerg. Technol.*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 168–173.
- [10] Pielage B.A. Underground freight transportation. A new development for automated freight transportation systems in the Netherlands. *Proc. ITSC*, 2001, pp. 762–767, doi: <https://doi.org/10.1109/ITSC.2001.948756>
- [11] Vityazev O.V. Specialised modes of industrial transport for mining companies. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2008, no. S8, pp. 221–238. (In Russ.).
- [12] Ostrovskiy A.M., Medvedev V.I., Teslenko I.O. Challenges of transporting dangerous goods. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2006, no. 2, pp. 57–60. (In Russ.).
- [13] Vasilyev A.S., Romanov A.V., Shchukin P.O. Prospective directions of creating environmentally safe transport-packaging sets for transportation and storage of spent nuclear fuel. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2012, no. 3, pp. 137–141. (In Russ.).
- [14] Safonov Yu.M. *Elektroprivody promyshlennykh robotov* [Electric drives of industrial robots]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1990. 173 p. (In Russ.).
- [15] Bulgakov A.G. *Promyshlennyye roboty. Kinematika, dinamika, kontrol i upravlenie* [Industrial robots. Kinematics, dynamics, control and management]. Moscow, Solon-Press Publ., 2007. 488 p. (In Russ.).
- [16] Kreynin G.V. *Gidravlicheskie i pnevmaticheskie privody promyshlennykh robotov i avtomaticheskikh manipulyatorov* [Hydraulic and pneumatic drives of industrial robots and automatic manipulators]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993. 304 p. (In Russ.).
- [17] Sistema modelirovaniya *ISIS Proteus* [ISIS Proteus modeling system]. URL: <https://easyelectronics.ru/sistema-modelirovaniya-isis-proteus-bystryj-start.html>
- [18] Yatsenkov V.S. *Mikrokontrollery Microchip* [Microchip microcontrollers]. Moscow, Goryachaya liniya-Telekom Publ., 2002. 296 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 13.02.2023

## Информация об авторах

**КАБЫШЕВ Олег Александрович** — аспирант кафедры «Промышленная электроника». ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (362021, РСО-Алания, Владикавказ, Российская Федерация, ул. Николаева, д. 44, e-mail: loko6464@yandex.ru).

**МАСЛАКОВ Максим Петрович** — кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Промышленная электроника». ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (362021, РСО-Алания, Владикавказ, Российская Федерация, ул. Николаева, д. 44, e-mail: kalbash1@mail.ru).

**ХМАРА Валерий Васильевич** — доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленная электроника». ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (362021, РСО-Алания, Владикавказ, Российская Федерация, ул. Николаева, д. 44, e-mail: khmaraval@yandex.ru).

**КАБЫШЕВ Александр Михайлович** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника». ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (362021, РСО-Алания, Владикавказ, Российская Федерация, ул. Николаева, д. 44, e-mail: al.kab.56@yandex.ru).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Кабышев О.А., Маслаков М.П., Хмара В.В., Кабышев А.М. Гравитационная транспортная система: принципы построения и управления. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 8, с. 41–50, doi: 10.18698/0536-1044-2023-8-41-50

### Please cite this article in English as:

Kabyshev O.A., Maslakov M.P., Khmara V.V., Kabyshev A.M. Gravitational transport system, its principles of construction and management. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2023, no. 8, pp. 41–50, doi: 10.18698/0536-1044-2023-8-41-50

## Information about the authors

**KABYSHEV Oleg Alexandrovich** — Postgraduate, Department of Industrial Electronics. FSBEI of HE “North-Caucasian Mining and Smelting Institute (state technical university)” (362021, RSO-Alania, Vladikavkaz, Russian Federation, Nikolaev St., Bldg. 44, e-mail: loko6464@yandex.ru).

**MASLAKOV Maxim Petrovich** — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Industrial Electronics. FSBEI of HE “North-Caucasian Mining and Smelting Institute (state technical university)” (362021, RSO-Alania, Vladikavkaz, Russian Federation, Nikolaev St., Bldg. 44, e-mail: kalbash1@mail.ru).

**KHMARA Valery Vasilievich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Department of Industrial Electronics. FSBEI of HE “North-Caucasian Mining and Smelting Institute (state technical university)” (362021, RSO-Alania, Vladikavkaz, Russian Federation, Bldg. 44, e-mail: khmaraval@yandex.ru).

**KABYSHEV Alexander Mikhailovich** — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Industrial Electronics. FSBEI of HE “North-Caucasian Mining and Smelting Institute (state technical university)” (362021, RSO-Alania, Vladikavkaz, Russian Federation, Nikolaev St., Bldg. 44, e-mail: al.kab.56@yandex.ru).