

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2859911

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ И СРЕДНЕЙ ОСЕВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ТРУБЧАТОМ АГРЕГАТЕ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Федорова Эльмира Рафаэлевна (RU), Моргунов Владимир Викторович (RU)*

Заявка № 2025137967

Приоритет изобретения 24 декабря 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 10 апреля 2026 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 24 декабря 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01B 5/00 (2026.01); G01F 13/00 (2026.01)

(21)(22) Заявка: 2025137967, 24.12.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.12.2025

Дата регистрации:  
10.04.2026

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 24.12.2025

(45) Опубликовано: 10.04.2026 Бюл. № 10

Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II",  
патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):  
Федорова Эльмира Рафаэлевна (RU),  
Моргунов Владимир Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II"  
(RU)

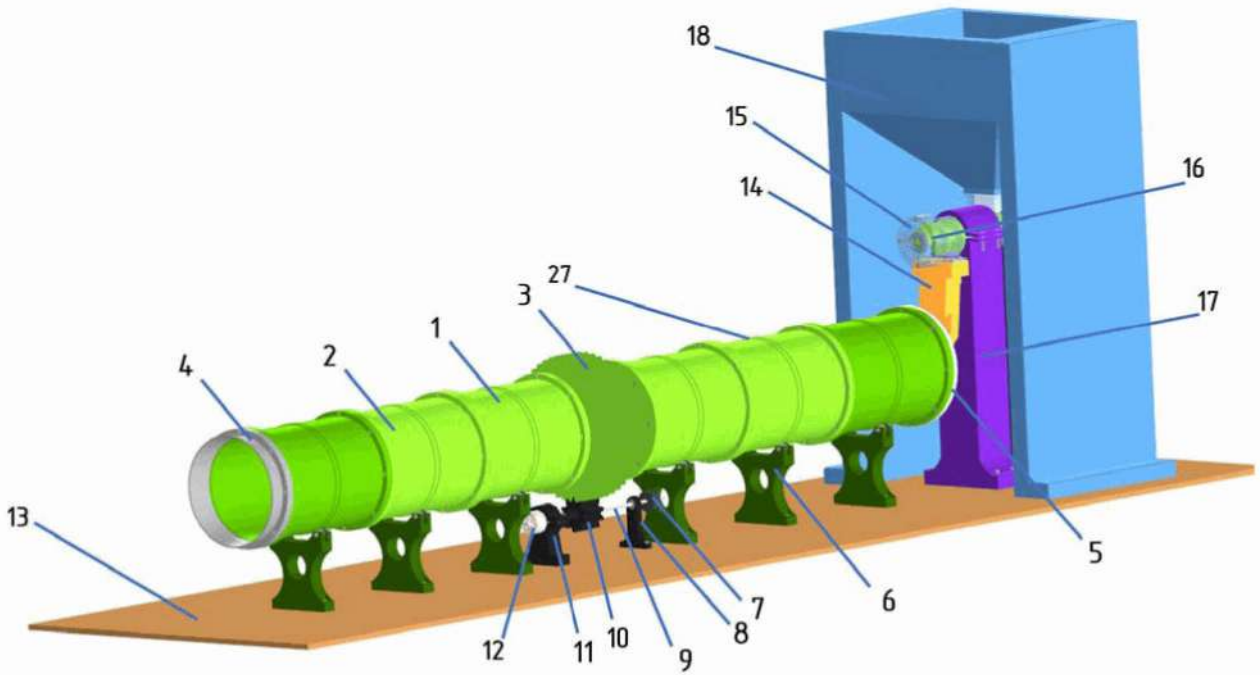
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2849725 C1, 28.10.2025. RU  
2745203 C1, 22.03.2021. GE 3913 B, 25.08.2006.  
Paredes, I.J.; Yohannes, B.; Emady, H.N.; Muzzio,  
F.J.; Maglio, A.; Borghard, W.G.; Glasser, B.J.;  
Cuitino, A.M. Measurement of the Residence  
Time Distribution of a Cohesive Powder in a  
Flighted Rotary Kiln. Chemical Engineering  
Science 2018, 191.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ И СРЕДНЕЙ ОСЕВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ТРУБЧАТОМ АГРЕГАТЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам измерения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала и может быть использовано в металлургической, химической, цементной, пищевой и других отраслях промышленности. Устройство за счет сегментного корпуса с внешними выступами и внутренними сужениями, роликовых опор, энкодера, блока управления скоростью вращения

корпуса и блока управления шнековым питателем повышает эффективность определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала во вращающемся трубчатом агрегате. Технический результат - повышение точности определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала. 8 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01B 5/00* (2006.01)  
*G01F 13/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01B 5/00 (2026.01); G01F 13/00 (2026.01)*

(21)(22) Application: **2025137967, 24.12.2025**

(24) Effective date for property rights:  
**24.12.2025**

Registration date:  
**10.04.2026**

Priority:

(22) Date of filing: **24.12.2025**

(45) Date of publication: **10.04.2026** Bull. № 10

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet  
imperatritsy Ekateriny II", patentno-litsenziornyj  
otdel**

(72) Inventor(s):

**Fedorova Elmira Rafaelevna (RU),  
Morgunov Vladimir Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **DEVICE FOR DETERMINING THE RESIDENCE TIME AND AVERAGE AXIAL VELOCITY OF BULK MATERIAL IN ROTATING TUBULAR UNIT**

(57) Abstract:

FIELD: measuring devices.

SUBSTANCE: invention relates to devices for measuring the residence time and average axial velocity of bulk material and can be used in the metallurgical, chemical, cement, food and other industries. The device, due to a segmental housing with external protrusions and internal constrictions, roller supports, an encoder, a housing rotation speed control unit and a screw feeder

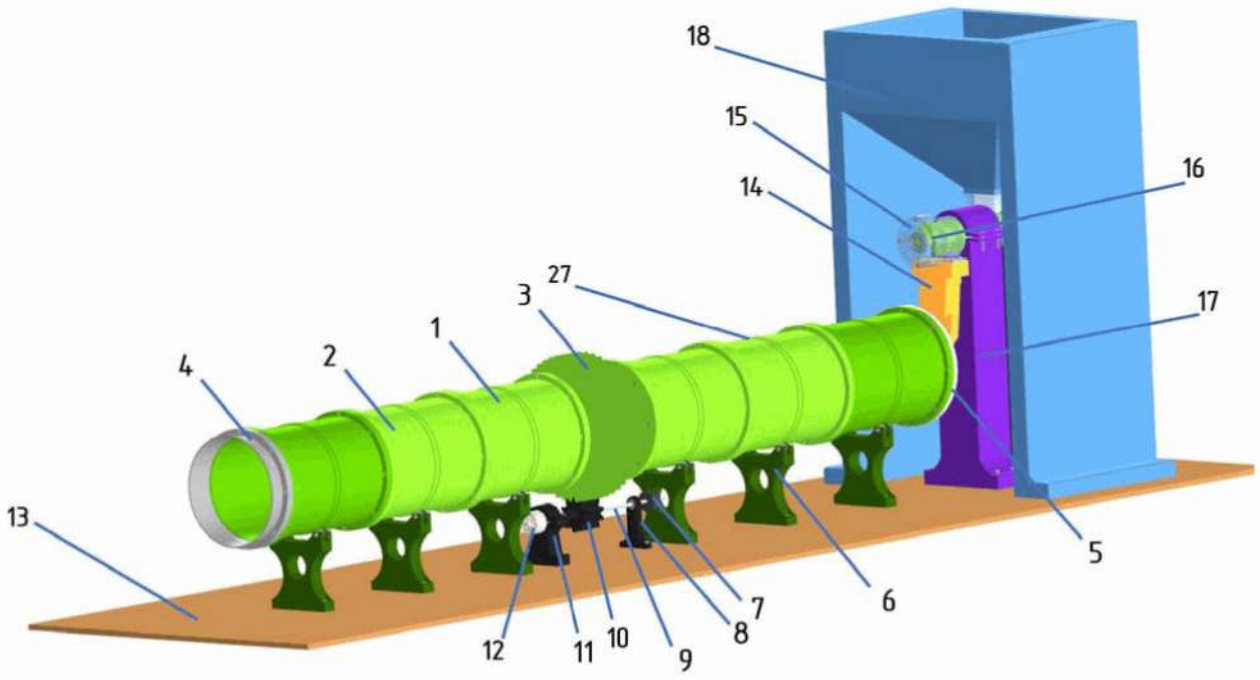
control unit, increases the efficiency of determining the residence time and average axial velocity of bulk material in a rotating tubular unit.

EFFECT: increased accuracy of determining the residence time and average axial velocity of bulk material.

1 cl, 8 dwg

**C1**  
**11**  
**11**  
**9**  
**9**  
**1**  
**1**  
**2**  
**8**  
**5**  
**9**  
**9**  
**1**  
**1**  
**RU**

**RU**  
**2**  
**8**  
**5**  
**9**  
**9**  
**1**  
**1**  
**C1**



Фиг. 1

Изобретение относится к устройствам измерения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала и может быть использовано в металлургической, химической, цементной, пищевой и других отраслях промышленности.

5 Известно устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала (Vahl, L.; Kingma, W.G. Transport of Solids through Horizontal Rotary Cylinders. Chemical Engineering Science 1952, 1, 253-258, doi:10.1016/0009-2509(52) 87018-6.), включающее вращающийся барабан, мотор для вращения барабана, бункер сыпучего материала, желоб подачи.

10 Недостатками данного устройства являются монолитное исполнение барабана, такая конструкция не дает возможности изменения геометрии отдельных участков барабана или их замену, что создает эксплуатационные сложности в виде необходимости изготовления целого барабана для оценки влияния локальных сужений и конструкционных особенностей, исполнение управляющей части устройства, не предполагающей поддержание заданной скорости вращения барабана, что снижает 15 точность измерения, исполнение питающего устройства не позволяет постоянный расход сыпучего материала.

Известно устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала (Murphy, N.; Palmer, C. Axial Transport and Residence Time of MSW in Rotary Kilns Part I. Experimenta. The Foot 1993, 3, 205-206, doi:10.1016/0958-2592 20 (93)90012-R.), включающее бункер, ленточный конвейер, желоб подачи, вращающийся барабан, установочную пластину, колесо зубчатой передачи, роликовые опоры, домкрат, мотор для вращения барабана.

Недостатками данного устройства являются монолитное исполнение барабана, такая конструкция не дает возможности изменения геометрии отдельных участков 25 барабана или их замену, что создает эксплуатационные сложности в виде необходимости изготовления целого барабана для оценки влияния локальных сужений и конструкционных особенностей, исполнение управляющей части устройства, не предполагающей поддержание заданной скорости вращения барабана, что снижает точность измерения.

30 Известно устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала (Chen, W.Z.; Wang, C.H.; Liu, T.; Zuo, C.Y.; Tian, Y.H.; Gao, T.T. Residence Time and Mass Flow Rate of Particles in Carbon Rotary Kilns. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 2009, 48, doi:10.1016/j.cer.2009.01.002.), включающее вращающийся барабан, мотор для вращения барабана, бункер сыпучего 35 материала, желоб подачи, опорную конструкцию.

Недостатками данного устройства являются монолитное исполнение барабана, такая конструкция не дает возможности изменения геометрии отдельных участков барабана или их замену, что создает эксплуатационные сложности в виде необходимости изготовления целого барабана для оценки влияния локальных сужений и 40 конструкционных особенностей, исполнение управляющей части устройства, не предполагающей поддержание заданной скорости вращения барабана, что снижает точность измерения, исполнение питающего устройства не позволяет постоянный расход сыпучего материала.

Известно устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости 45 движения сыпучего материала (I. Chatterjee, A.; Sathe, A. V.; Srivastava, M.P.; Mukhopadhyay, P.K. Flow of Materials in Rotary Kilns Used for Sponge Iron Manufacture: Part I. Effect of Some Operational Variables. Metallurgical Transactions B 1983, 14, doi:10.1007/BF02654356.) включающее вращающийся барабан, мотор для вращения барабана,

бункер сыпучего материала, шнек, мотор для подачи сыпучего материала, роликовые опоры, опорную конструкцию.

Недостатком данного устройства является монолитное исполнение барабана, такая конструкция не дает возможности изменения геометрии отдельных участков барабана или их замену, что создает эксплуатационные сложности в виде необходимости изготовления целого барабана для оценки влияния локальных сужений и конструкционных особенностей.

Известно устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала (Paredes, I.J.; Yohannes, B.; Emady, H.N.; Muzzio, F.J.; Maglio, A.; Borghard, W.G.; Glasser, B.J.; Cuitiño, A.M. Measurement of the Residence Time Distribution of a Cohesive Powder in a Flighted Rotary Kiln. Chemical Engineering Science 2018, 191, doi: 10.1016/j.ces.2018.06.044.) принятое за прототип, включающее вращающийся барабан, мотор для вращения барабана, бункер сыпучего материала, шнек, мотор для подачи сыпучего материала, роликовые опоры, домкрат.

Недостатками данного устройства являются монолитное исполнение барабана, такая конструкция не дает возможности изменения геометрии отдельных участков барабана или их замену, что создает эксплуатационные сложности в виде необходимости изготовления целого барабана для оценки влияния локальных сужений и конструкционных особенностей, исполнение управляющей части устройства не позволяет поддерживать заданную скорость вращения барабана, что снижает точность измерения, исполнение барабана и роликовых опор не позволяет фиксировать барабан в осевом направлении, что при изменении угла наклона с помощью домкрата приведет к смещению барабан в осевом направлении.

Техническим результатом является повышение точности определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала.

Технический результат достигается тем, что корпус состоит из сегментов, которые выполнены в форме полого цилиндра, внутренние стенки которых выполнены без внутренних сужений, с постоянным внутренним сужением, или переменным внутренним сужением, на внешней поверхности сегментов выполнены внешние выступы, между сегментами с возможностью съема закреплено колесо зубчатой передачи, в передней части корпуса, установлен с возможностью съема выходной сегмент, а к торцевой части - закреплена с возможностью съема стенка, на вале между стойкой с креплением и стойкой с роликовой опорой закреплён энкодер, над большой стойкой с креплением установлен бункер, нижняя часть которого соединена с возможностью съема с приемником, стойка, малая стойка с креплением, стойка с креплением и бункер закреплены с возможностью съема на платформе, напротив, стенки установлена с возможностью съема большая стойка с креплением, на которой сверху закреплён корпус шнекового питателя, внутри которого закреплён шнек, один конец желоба подачи закреплён с возможностью съема к нижней части корпуса шнекового питателя, а другой конец - в отверстие, которое выполнено в стенке, выходы энкодера соединены с входом микроконтроллера, выходы которого соединены с входами драйвера, выход которого соединен с входом двигателя, при этом микроконтроллер и драйвер установлены внутри блока управления скоростью вращения корпуса, внутри блока управления шнековым питателем установлен микроконтроллер питателя, выход которого соединен с входом драйвера питателя, выход которого соединен с входом двигателя шнекового питателя, который соединен со шнеком.

Устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала поясняется следующими фигурами:

- 5   фиг. 1 - 3D-модель устройства;  
      фиг. 2 - вид сбоку;  
      фиг. 3 - подключение управляющего блока;  
      фиг. 4 - сегмент без внутренних сужений;  
      фиг. 5 - сегмент с постоянным внутренним сужением;  
      фиг. 6 - сегмента с переменным внутренним сужением  
      фиг. 7 - структура блока управления скоростью вращения корпуса;  
      фиг. 8 - структура блока управления шнекового питателя, где:  
 10   1 - сегмент;  
      2 - корпус;  
      3 - колесо зубчатой передачи;  
      4 - выходной сегмент;  
      5 - стенка;  
      6 - роликовая опора;  
 15   7 - энкодер;  
      8 - стойка;  
      9 - вал;  
      10 - шестерня зубчатой передачи;  
      11 - малая стойка с креплением;  
 20   12 - приводной двигатель;  
      13 - платформа;  
      14 - желоб подачи;  
      15 - корпус шнекового питателя;  
      16 - шнек;  
 25   17 - большая стойка с креплением;  
      18 - бункер;  
      19 - стойка с креплением;  
      20 - приводной двигатель шнекового питателя;  
      21 - блок управления скоростью вращения корпуса;  
 30   22 - блок управления шнековым питателем;  
      23 - микроконтроллер;  
      24 - драйвер;  
      25 - микроконтроллер питателя;  
      26 - драйвер питателя;  
 35   27 - внешние выступы;  
      28 - приемник.

Устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала состоит из корпуса 2 (фиг. 1-3), который состоит из сегментов 1 (фиг. 1-6), которые выполнены в форме полого цилиндра. Внутренние стенки сегментов 1 выполнены без внутренних сужений (фиг. 6), с постоянным внутренним сужением (фиг. 7), с переменным внутренним сужением (фиг. 8). На внешней поверхности сегментов 1 (фиг. 1-6) выполнены внешние выступы 27. Между сегментами 1 с возможностью съема закреплено колесо зубчатой передачи 3 (фиг. 1-3). В передней части сегментами 1 (фиг. 1-6), установлен с возможностью съема выходной сегмент 4 (фиг. 1-3). К торцевой части корпуса 2 закреплена с возможностью съема стенка 5. Корпус 2 установлен на стойки с роликовой опорой 6. В малой стойке с креплением 11 закреплен двигатель 12 (фиг. 1-3, 7), который через вал 9 (фиг. 1-3) соединен с шестерней зубчатой передачи 10. Один конец вала 9 закреплен в стойке с креплением 8, другой конец - в стойки с

роликовой опорой 6. На валу 9 между стойкой с креплением 8 и стойкой с роликовой опорой 6 закреплен энкодер 7 (фиг. 1-3, 7). Над большой стойкой с креплением установлен бункер 18, нижняя часть которого соединена с возможностью съема с приемником 28. Стойка 8, малая стойка с креплением 11, стойка с креплением 19 (фиг. 2, 3), бункер 18 (фиг. 1) закреплены с возможностью съема на платформе 13 (фиг. 1-3).  
5 Напротив, стенки 5 (фиг. 1-3), на платформе 13 установлена с возможностью съема большая стойка с креплением 17, на которой сверху закреплен корпус шнекового питателя 15, внутри которого закреплен шнек 16. Один конец желоба подачи 14 закреплен с возможностью съема к нижней части корпуса шнекового питателя 15, а  
10 другой конец закреплен в отверстие, которое выполнено в стенке 5. Выходы энкодера 7 (фиг. 1-3, 7) соединен с входом микроконтроллера 23 (фиг. 7), выходы которого соединены с входами драйвера 24, выход которого соединен с входом двигателя 12 (фиг. 1-3, 7). Микроконтроллер 23 (фиг. 7) и драйвер 24 установлены внутри блока управления скоростью вращения корпуса 21 (фиг. 3, 7). Внутри блока управления  
15 шнековым питателем 22 (фиг. 3, 8) установлен микроконтроллер питателя 25, выход которого соединен с входом драйвера питателя 26, выход которого соединен с входом двигателя шнекового питателя 20 (фиг. 2, 3, 8), который соединен со шнеком 16 (фиг. 1-3).

Устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения  
20 сыпучего материала во вращающемся трубчатом агрегате работает следующим образом. Корпус 2 (фиг. 1-3) устанавливается на стойки с роликовой опорой 6 (фиг. 1-3), так чтобы ролик находился между внешними выступами 27 (фиг. 1-3, 6-8). Нижнюю часть бункера 18 соединяют с приемником 28. Внутри бункера 18 (фиг. 1) загружают сыпучий материал. С управляющих выходов микроконтроллера 23 (фиг. 7) передают информационный  
25 сигнал на управляющие входы драйвера 24 (фиг. 7). С выхода драйвера ШИМ-сигналы и сигналы направления вращения передают на вход двигателя 12 (фиг. 1-3, 7), который начинает вращать корпус 2 (фиг. 1-3) с определенной скоростью и определенным направлением. Для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала во вращающемся трубчатом агрегате поддерживают  
30 постоянную скорость вращения корпуса 2 (фиг. 1-3) и скорость подачи сыпучего материала из бункера 18. Энкодер 7 (фиг. 1-3, 7) непрерывно отслеживает скорость вращения, и с его выходов информация передается на вход микроконтроллера 23 (фиг. 7). Микроконтроллер 23 (фиг. 7) определяет текущую скорость вращения корпуса 2 (фиг. 1-3). Программное обеспечение микроконтроллера 23 (фиг. 7) обрабатывает  
35 данные полученные от энкодера 7 и с учетом заданного значения скорости вращения, передает управляющие команды на вход драйвера 24 (фиг. 7). С управляющих выходов микроконтроллера питателя 25 (фиг. 8) передают информационный сигнал на управляющие входы драйвера питателя 26 (фиг. 8). С выхода драйвера питателя 26  
40 (фиг. 8) ШИМ-сигналы и сигналы направления вращения передают на вход двигателя шнекового питателя 20 (фиг. 2, 3, 8), который начинает вращать шнек 16 (фиг. 1-3) с определенной скоростью и определенным направлением. При вращении шнека 16 (фиг. 1-3) сыпучий материал поступает из бункера 18 (фиг. 1) в корпус 2 (фиг. 1-3) по желобу подачи 14 (фиг. 1-3), при этом происходит обеспечение поддержания постоянной скорости подачи сыпучего материала, необходимое для обеспечения установившегося  
45 режима движения материала. При достижении установившегося режима движения материала внутри корпуса 2 (фиг. 1-3), к сыпучему материалу в бункере 18 (фиг. 1) досыпают трассирующий сыпучий материал. После появления частиц трассирующего материала в желобе подачи 14 (фиг. 1-3), отбирают пробы материала на

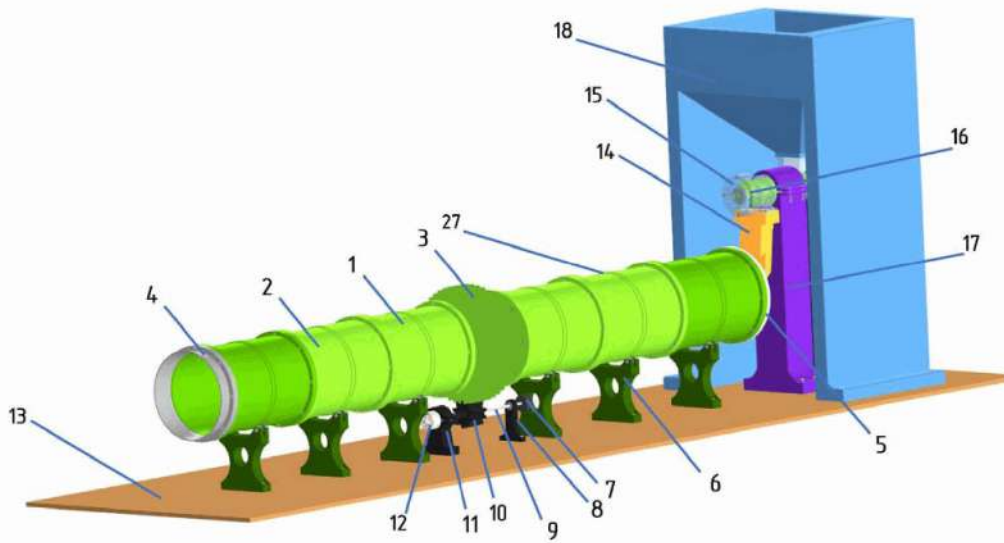
противоположном конце корпуса 2 в выходном сегменте 4. После полного выхода трассирующего материала из выходного сегмента 4, определяют массовую долю трассирующего материала в каждой отобранной пробе.

Устройство за счет сегментного корпуса с внешними выступами и внутренними сужениями, роликовых опор, энкодера, блока управления скоростью вращения корпуса и блока управления шнековым питателем повышается эффективность определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала во вращающемся трубчатом агрегате.

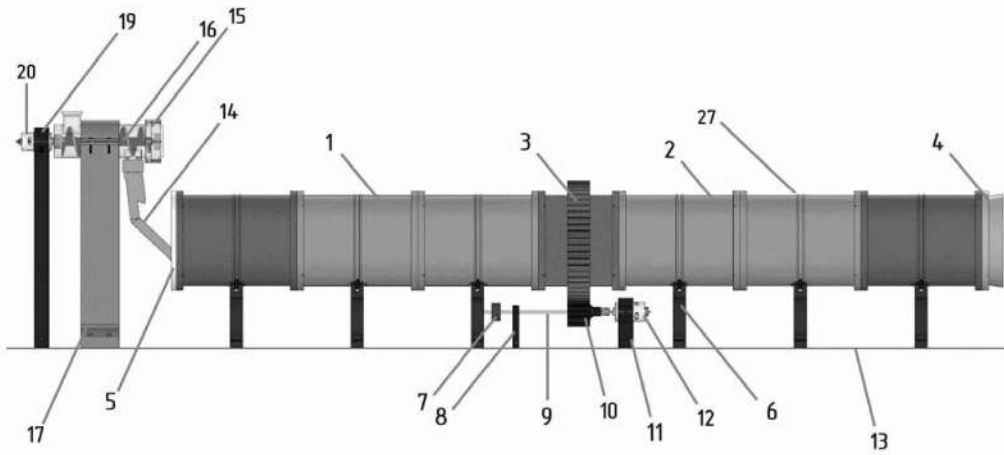
(57) Формула изобретения

Устройство для определения времени пребывания и средней осевой скорости движения сыпучего материала во вращающемся трубчатом агрегате, содержащее вращающийся корпус, мотор для вращения корпуса, бункер сыпучего материала, шнек, мотор для подачи сыпучего материала, роликовые опоры, отличающееся тем, что корпус состоит из сегментов, которые выполнены в форме полого цилиндра, внутренние стенки которых выполнены без внутренних сужений, с постоянным внутренним сужением или переменным внутренним сужением, на внешней поверхности сегментов выполнены внешние выступы, между сегментами с возможностью съема закреплено колесо зубчатой передачи, в передней части корпуса установлен с возможностью съема выходной сегмент, а к торцевой части закреплена с возможностью съема стенка, на валу между стойкой с креплением и стойкой с роликовой опорой закреплён энкодер, над большой стойкой с креплением установлен бункер, нижняя часть которого соединена с возможностью съема с приемником, стойка, малая стойка с креплением, стойка с креплением и бункер закреплены с возможностью съема на платформе, напротив стенки установлена с возможностью съема большая стойка с креплением, на которой сверху закреплён корпус шнекового питателя, внутри которого закреплён шнек, один конец желоба подачи закреплён с возможностью съема к нижней части корпуса шнекового питателя, а другой конец – в отверстие, которое выполнено в стенке, выход энкодера соединен с входом микроконтроллера, выходы которого соединены с входами драйвера, выход которого соединен с входом двигателя, при этом микроконтроллер и драйвер установлены внутри блока управления скоростью вращения корпуса, внутри блока управления шнековым питателем установлен микроконтроллер питателя, выход которого соединен с входом драйвера питателя, выход которого соединен с входом двигателя шнекового питателя, который соединен со шнеком.

1

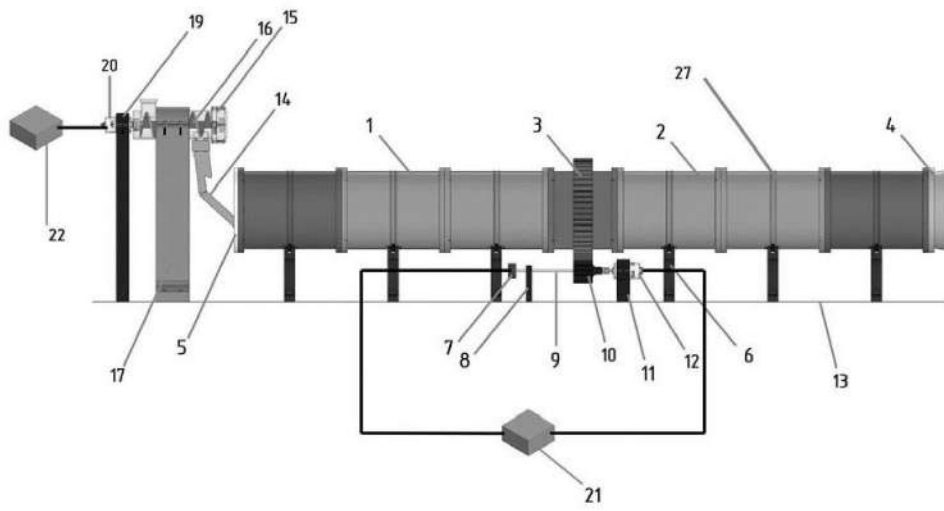


Фиг. 1

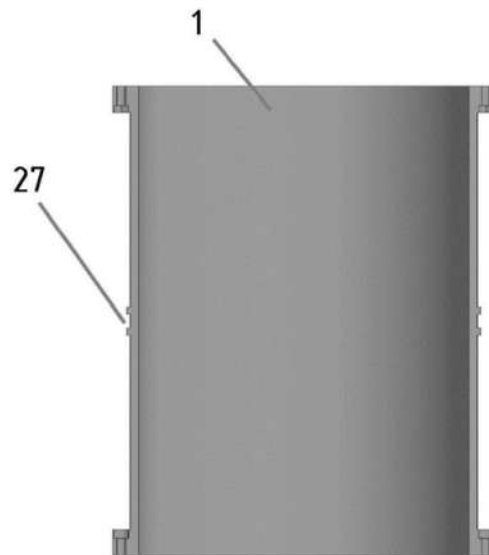


Фиг. 2

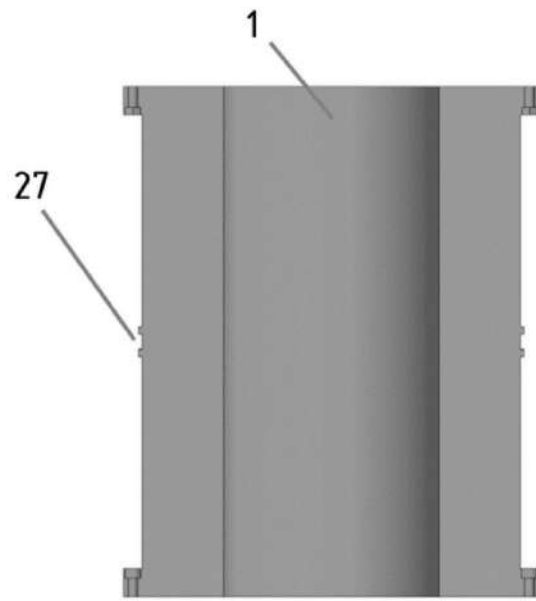
2



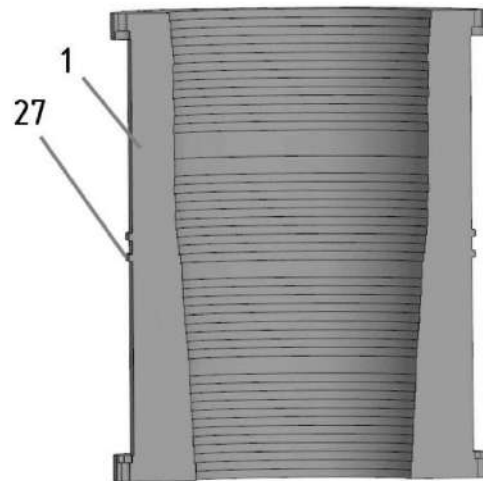
Фиг. 3



Фиг. 4



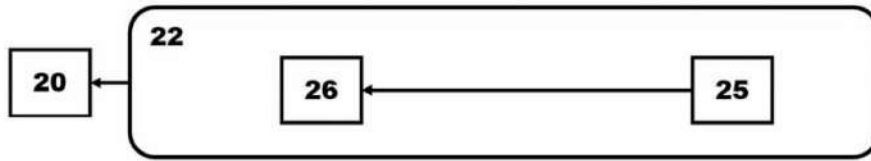
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8