

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2699954

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Бойков Алексей Викторович (RU), Пайор Владимир Алексеевич (RU), Савельев Роман Вячеславович (RU)*

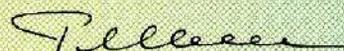
Заявка № 2019110554

Приоритет изобретения 09 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 11 сентября 2019 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 09 апреля 2039 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Ильин





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 19/02 (2019.05); G01N 19/00 (2019.05); G01N 3/24 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019110554, 09.04.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.04.2019Дата регистрации:  
11.09.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.04.2019

(45) Опубликовано: 11.09.2019 Бюл. № 26

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Бойков Алексей Викторович (RU),  
Пайор Владимир Алексеевич (RU),  
Савельев Роман Вячеславович (RU)

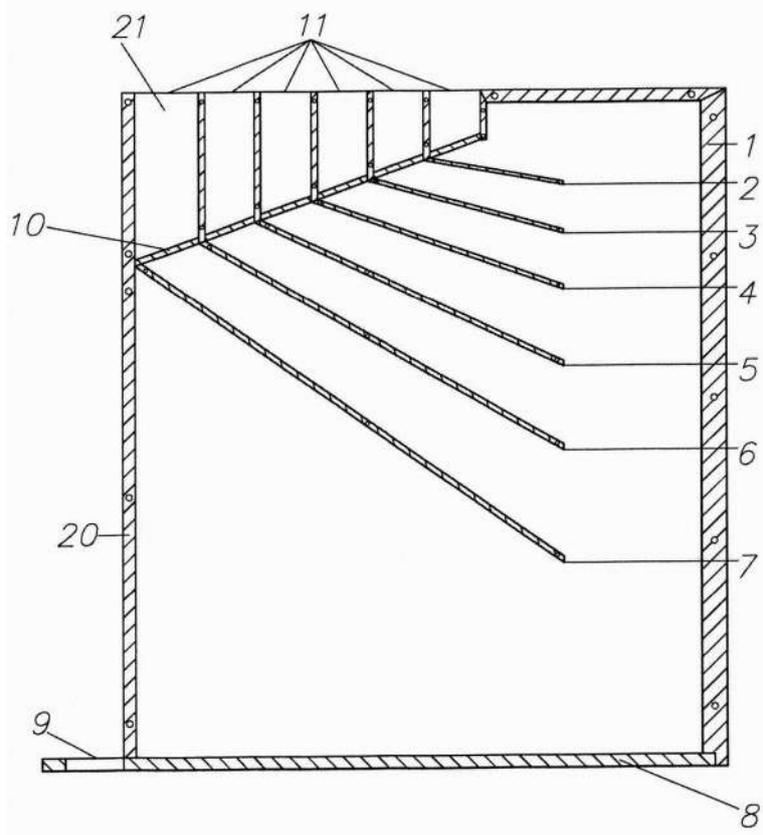
(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2254564 C1, 20.06.2005. RU  
2638393 C1, 13.12.2017. RU 95843 U1, 10.07.2010.  
CN 205957879 U, 15.02.2017.(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЙ  
СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для измерения статического (трения покоя) и динамического трений сыпучих материалов и может быть использовано в химической, горнорудной, фармацевтической, пищевой, металлургической и других отраслях промышленности. Устройство для определения статического и динамического трений сыпучих материалов, содержащее корпус в форме параллелепипеда и бункер подачи сыпучего материала, выполненные из прозрачного материала. Внутри корпуса параллельно передней стенке закреплена с возможностью съема внутренняя стенка, в основании корпуса выполнено отверстие прямоугольной формы под бункером для подачи сыпучих материалов, в которое установлены выдвижная панель с ручкой, крышка прямоугольной формы с отверстием прямоугольной формы, которое выполнено над бункером для подачи сыпучих материалов,

который выполнен в форме трапеции и жестко закреплен к верхней части задней стенки корпуса, в нижней части бункера для подачи сыпучих материалов вмонтирована задвижка с ручкой, которая установлена в салазки, закрепленные в поддерживающие оси, внутри корпуса к задней стенке с одной стороны и внутренней стенке с другой стороны крепятся с возможностью снятия измерительные полки, каждая из которых расположена под углами от 10° до 35°, с возможностью изменения угла до 5°, при этом на передней стенке внутри корпуса установлен бокс для WEB-камеры, в котором размещена WEB-камера, соединенная с персональным компьютером USB проводом. Данное устройство может быть использовано для оценки физических параметров сыпучих материалов при моделировании с использованием DEM-метода различного оборудования, предполагающего использование сыпучих материалов. 5 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01N 19/02 (2019.05); G01N 19/00 (2019.05); G01N 3/24 (2019.05)*(21)(22) Application: **2019110554, 09.04.2019**(24) Effective date for property rights:  
**09.04.2019**Registration date:  
**11.09.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **09.04.2019**(45) Date of publication: **11.09.2019** Bull. № 26

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel  
intellektualnoj sobstvennosti i transfera  
tehnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Bojkov Aleksej Viktorovich (RU),  
Pajor Vladimir Alekseevich (RU),  
Savelev Roman Vyacheslavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **DEVICE FOR DETERMINING STATIC AND DYNAMIC FRICTION OF LOOSE MATERIALS**

(57) Abstract:

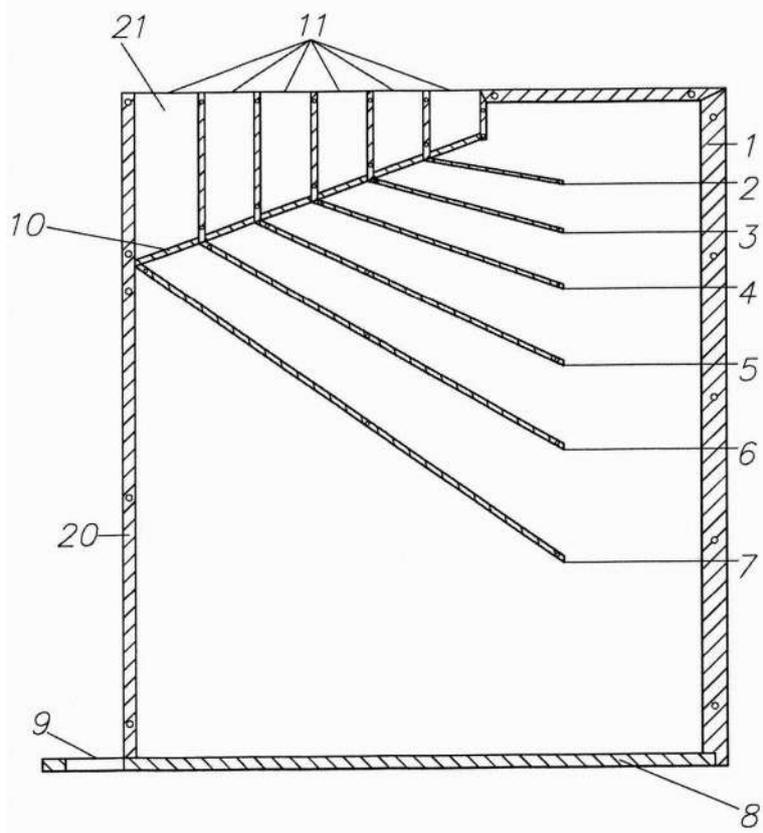
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to devices for measuring static (frictional rest) and dynamic friction of loose materials and can be used in chemical, mining, pharmaceutical, food, metallurgical and other industries. Device for determining static and dynamic friction of loose materials, comprising housing in form of parallelepiped and hopper for supply of loose material, made of transparent material. Inside housing parallel to front wall is detachably detachable inner wall, in base of housing there is a hole of rectangular shape under hopper for supply of loose materials, into which are installed a sliding panel with handle, cover of rectangular shape with hole of rectangular shape, which is made above the hopper for loose materials supply, which is made in the form of trapezium and is rigidly

fixed to the upper part of the rear wall of the housing, in the lower part of the loose material supply hopper a gate valve with a handle is installed, which is installed in slides fixed in supporting axes, inside housing to rear wall on one side and inner wall on other side are fixed with possibility of removal of measuring shelves, each of which is located at angles of 10° up to 35°, with possibility of changing angle to 5°, at that, on the front wall inside the housing there is a box for the WEB-camera, in which there is a WEB-camera connected to the personal computer by a USB wire.

EFFECT: this device can be used for estimation of physical parameters of bulk materials at simulation using DEM-method of various equipment, which involves use of loose materials.

1 cl, 5 dwg



ФИГ. 1

Изобретение относится к устройствам для измерения статического (трения покоя) и динамического трений сыпучих материалов и может быть использовано в химической, горнорудной, фармацевтической, пищевой, металлургической и других отраслях промышленности.

5 Известен прибор для определения коэффициента силы трения покоя (патент RU №2247360, опубл. 27.02.2005 г.). Прибор содержит платформу, шарнирно закрепленную на станине, со шкалой, коробку без днища, заполненную вязкопластичным материалом, тяговое устройство, опорный контур с возможностью его регулирования по высоте посредством прокладок и направляющих, размещенных на плите. В слое материала  
10 размещены частицы, коробка без днища связана с платформой амортизирующим звеном с ограничительным поводком.

Недостатками данного прибора является низкая точность, связанная со сложностью конструкции, а именно со сложностью определения угла наклона по шкале; истиранием и обрывом нитей в области контакта с неподвижными блоками; необходимостью  
15 связывания сыпучего материала вязкопластичным материалом; отсутствием поправочных коэффициентов, связанных с использованием вязкопластичных материалов; нестабильной дискретностью изменения угла наклона платформы.

Известен прибор для определения коэффициента силы трения покоя (патент RU №2488094, опубл. 20.07.2013 г.), содержащий платформу, шарнирно закрепленную на станине, шкалу и тяговое устройство. На платформе закреплена пластина из  
20 исследуемого материала с продольными пазами полукруглой формы радиусом (R), большим максимального размера ( $r_{\max}$ ) кривизны контура поперечного сечения частиц исследуемого сыпучего материала, но с меньшим диаметром (2R) их длины (1).

Недостатками данного прибора является низкая точность, что связано с деформацией  
25 и дальнейшем провисании нитей тягового устройства при эксплуатации прибора; истиранием и обрывом нитей в области контакта с неподвижными блоками; необходимостью создания пластин из рассматриваемого сыпучего материала; использование пластин исследуемого материала в качестве альтернативы самому сыпучему материалу; сложностью определения угла наклона по шкале и зависимостью  
30 точности измерения от погрешности шкалы; нестабильной дискретностью изменения угла наклона платформы.

Известен прибор для определения коэффициента силы трения покоя (патент RU №2511615, опубл. 10.04.2014 г.), который содержит опорную платформу. Также прибор содержит коробку без днища, грузовую чашку, шнур, блок и нажимную платформу с  
35 грузами. При этом коробка без днища снабжена винтовыми опорами.

Недостатками данного прибора является низкая точность измерения, что обуславливается влиянием дополнительных параметров, в том числе отсутствие поправочного коэффициента относительно влияния винтовой опоры на конечный  
40 результат получаемой силы трения; зависимостью точности измерения от используемых гирь; растяжение и провисание нити при избыточной нагрузке; истиранием нити в области контакта с угловой поверхностью опорной платформы; истиранием и формированием излишне шероховатой или излишне гладкой поверхности опорной платформы под действием винтовой опоры и сыпучего материала.

Известно устройство для определения момента трения скольжения при испытании  
45 фрикционных муфт предельного момента (патент RU №2064668, опубл. 27.07.1996 г.) содержащее приводной двигатель и нагрузочную машину в виде двигателя постоянного тока независимого возбуждения, которые подсоединены к ведущей и ведомой полумуфтам. Источник тока подключен к якорю двигателя постоянного тока. Валы

датчиков скоростей подключены к ведомой и ведущей полумуфтам, а выходы датчиков скоростей, а также датчики токов якоря и возбуждения нагрузочной машины - к вычислительному блоку.

5 Недостатками данного устройства являются высокая степень механизации, наличие громоздкого оборудования; влияние магнитного и электрического полей на показатели датчиков необходимость использования выпрямителей переменного тока; износ коллектора двигателя.

10 Известно устройство для измерения динамического трения (патент US №4594878, опубл. 24.06.1983 г.), содержащее участок измерения трения, имеющий диск с прикрепленным к нему резиновым элементом для измерения трения, приводной диск, выполненный с возможностью вращения соосно с диском, и динамометр, который соединяет диск и приводной диск. Тахометр измеряет скорость резинового элемента во время вращения участка измерения трения. Регистратор X-Y записывает два электрических выхода участка измерения трения и тахометра в прямоугольные координаты.

Недостатками данного устройства является истирание вспомогательных деталей конструкции, в том числе шкивов, стержней и дисков, наличие громоздкого оборудования; повышенный уровень шума при проведении эксперимента; необходимость высокоточной соосной центровки.

20 Известно устройство для измерения угла естественного откоса сыпучих материалов способ прогнозирования уноса пылевидного угля с использованием устройства (патент KR 20130120674 А, опубл. 05.11.2013 г.), которое содержит опорную пластину, которая расположена на днище, и наклонную пластину, которая шарнирно соединена с одной стороны опорной пластины, двигатель привода крепится ко днищу, намотан вокруг 25 вращающегося вала приводного двигателя на другой стороне концов наклонной пластины Измерение степени измельчения и внутренней влажности пылевидного угля с использованием устройства для измерения угла естественного откоса порошка, реализуется за счет неподвижной проволоки и контейнера, верхняя поверхность которого открыта и заполнена пылевидным углем и расположена на верхней 30 поверхности наклонной пластины. Этап измерения угла естественного откоса пылевидного угля и степени измельчения пылевидного угля, а также внутренней влажности и угла естественного откоса использовался для расчета следующей формулы: Индекс впитывания пылевидного угля =  $-1,5 * \text{Угол покая} - 31,1 * \text{Удельная влажность} - 0,2 * \text{Степень пульверизации} + 143,7$  Способ прогнозирования уноса пылевидного угля 35 обеспечивается посредством этапа вычисления индекса уноса пылевидного угля.

Недостатками данного устройства является истиранием и обрывом нитей в области контакта с неподвижными блоками, зависимость точности определения угла наклона пластины от гониометра, зависимость дискретизации угла наклона пластины от вида используемого двигателя и его технических показателей.

40 Известен прибор для определения угла естественного откоса песчаных грунтов УВТ-3, (<https://www.geo-ndt.ru/pribor-3330-pribor-opredeleniya-ygla-estestvennogo-otkosa-peskov-yvt-3m.htm>;

[https://znaytovar.ru/gost/2/RSN\\_5184\\_Inzhenernye\\_izyskaniy.html](https://znaytovar.ru/gost/2/RSN_5184_Inzhenernye_izyskaniy.html) в приложении 10) принятый за прототип, состоящий из параллелепипеда, выполненного из прозрачного материала, внутрь которого подвешивается бункер подачи сыпучего материал 45 разделенный на две части для параллельного измерения угла откоса для двух материалов. На стенках бункера, выполненного из прозрачного материала высечена шкала, позволяющая определить необходимый угол наклона для естественного

высыпания угла.

Недостатками данного устройства являются сложность визуальной оценки угла откоса по нанесенной шкале в следствии отсутствие контрастных цветов и малого размера бункера; низкая точность метода, связанная со сложностью соблюдения  
5 необходимой дискретности при изменении угла наклона вручную; зависимость точности определения угла наклона от погрешности измерения нанесенной шкалой.

Техническим результатом является создание устройства с повышенной точностью определения, достигнутой за счет минимизации количества движущихся деталей, использования WEB-камеры и алгоритмов прогнозирования, а также использования  
10 6 полок, расположенных под разными углами для охвата всего возможного диапазона коэффициента трения.

Технический результат достигается тем, что внутри корпуса параллельно передней стенке закреплена с возможностью съема внутренняя стенка, в основание корпуса выполнено отверстие прямоугольной формы под бункером для подачи сыпучих  
15 материалов, в которое установлено выдвижная панель с ручкой, крышка прямоугольной формы с отверстием прямоугольной формы, которое выполнено над бункером для подачи сыпучих материалов, который выполнен в форме трапеции и жестко закреплен к верхней части задней стенки корпуса, в нижней части бункера для подачи сыпучих материалов вмонтирована задвижка с ручкой, которая установлена в салазки  
20 закрепленные в поддерживающие оси, внутри корпуса к задней стенке с одной стороны и внутренней стенке с другой стороны крепятся с возможностью снятия, измерительные полки, каждая из которых расположена под углами от  $10^\circ$  до  $35^\circ$ , с возможностью изменения угла до  $5^\circ$ , при этом на передней стенке внутри корпуса установлен бокс для WEB-камеры, в котором размещена WEB-камера, соединенная с персональным  
25 компьютером USB проводом.

Устройство для определения статического и динамического трений сыпучих материалов поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - вид спереди устройства для определения статического и динамического трений сыпучих материалов

30 фиг. 2 - вид сбоку устройства для определения статического и динамического трений сыпучих материалов

фиг. 3 - вид сзади устройства для определения статического и динамического трений сыпучих материалов

фиг. 4 - вид сзади ручки задвижки бункеров подачи сыпучего материала

35 фиг. 5 - 3D модель устройства для определения статического и динамического трений сыпучих материалов, где:

1 - корпус;

2 - измерительная полка под углом  $10^\circ$ ;

3 - измерительная полка под углом  $15^\circ$ ;

40 4 - измерительная полка под углом  $20^\circ$ ;

5 - измерительная полка под углом  $25^\circ$ ;

6 - измерительная полка под углом  $30^\circ$ ;

7 - измерительная полка под углом  $35^\circ$ ;

8 - выдвижная панель;

45 9 - ручка;

10 - задвижка

11 - бункеры подачи сыпучего материала;

12 - ручка задвижки;

- 13 - бокс для web - камеры;
- 14 - WEB-камера;
- 15 - USB провод;
- 16 - персональный компьютер;
- 5 17 - салазки для передвижения задвижки;
- 18 - поддерживающая ось для передвижения задвижки;
- 19 - внутренняя стенка;
- 20 - задняя стенка;
- 21 - основание;
- 10 22 - передняя стенка;
- 23 - крышка

Устройство для определения статического и динамического трений сыпучих материалов содержит (фиг. 1-5) корпус 1 с крышкой 23. Корпус 1 выполненный в форме параллелепипеда. В основании 21 корпуса 1 выполнено отверстие прямоугольной  
15 формы под бункером для подачи сыпучих материалов 11, в которое установлено выдвигаемая панель 8 с ручкой 9. Внутри корпуса 1 параллельно передней стенке закреплена с возможностью съема внутренняя стенка 19 из оргстекла, прозрачного пластика или иных прозрачных материалов, устойчивых к истиранию. Крышка 23  
20 прямоугольной формы с отверстием такой же формы над бункерами для подачи сыпучих материалов 11.

Внутри к верхней части задней стенки 20 корпуса 1 жестко крепятся бункеры подачи сыпучего материала 11 трапециевидной формы, с задвижкой 10. На задвижке 10 жестко закреплена ручка задвижки 12, задвижкой 10 установлена в салазки для передвижения задвижки 17, которые закреплены в поддерживающей оси для передвижения задвижки  
25 18.

Внутри корпуса 1 к задней стенке 20 и прозрачной стенке 19 крепятся с возможностью съема, саморезами или винтами, измерительная полка под углом  $10^\circ$  2, измерительная полка под углом  $15^\circ$  3, измерительная полка под углом  $20^\circ$  4, измерительная полка под углом  $25^\circ$  5, измерительная полка под углом  $30^\circ$  6, измерительная полка под углом  $35^\circ$   
30 7, измерительные полки выполненные с изменением угла в  $5^\circ$ . Расстояние между измерительными полками выбирают равным шести диаметрам частицы, при этом диаметр частиц не должен превышать 10 мм, для предотвращения застраивания материала.

Бокс для WEB-камеры вмонтирован на передней стенке 22 внутри корпуса 1 в него  
35 установлена WEB-камера 14, соединенная с персональным компьютером 16 USB проводом 15.

Устройство для определения статического и динамического трений сыпучих материалов работает следующим образом. В бункеры подачи сыпучего материала 11 подается исследуемое сыпучее вещество. После чего выдвигается задвижка 10  
40 посредством ее вытягивания из паза за ручку задвижки 12. Задвижка 10 двигается по салазкам для передвижения задвижки 17, расположенным в поддерживающей оси для передвижения задвижки 18 до тех пор, пока не зафиксируется в корпусе 1. Сыпучий материал скатывается по измерительная полка под углом  $10^\circ$  2, измерительная полка под углом  $15^\circ$  3, измерительная полка под углом  $20^\circ$  4, измерительная полка под углом  
45  $25^\circ$  5, измерительная полка под углом  $30^\circ$  6, измерительная полка под углом  $35^\circ$  7 на выдвигаемое днище 8. Ход эксперимента фиксируется на WEB-камеру 14, установленную в бокс для WEB-камеры 13 и фиксирующая проведение эксперимента через внутреннюю стенку 19. Получаемый видеофайл передается через USB провод 15 на персональный

компьютер 16. После проведения эксперимента выдвижная панель 8 выдвигается посредством вытягивания ручки 9 и сыпучий материал удаляется.

Данное устройство может быть использовано для оценки физических параметров сыпучих материалов при моделировании с использованием DEM-метода различного оборудования, предполагающее использование сыпучих материалов.

#### (57) Формула изобретения

Устройство для определения статического и динамического трений сыпучих материалов, содержащее корпус в форме параллелепипеда и бункер подачи сыпучего материала, выполненные из прозрачного материала, отличающийся тем, что внутри корпуса параллельно передней стенке закреплена с возможностью съема внутренняя стенка, в основании корпуса выполнено отверстие прямоугольной формы под бункером для подачи сыпучих материалов, в которое установлены выдвижная панель с ручкой, крышка прямоугольной формы с отверстием прямоугольной формы, которое выполнено над бункером для подачи сыпучих материалов, который выполнен в форме трапеции и жестко закреплен к верхней части задней стенки корпуса, в нижней части бункера для подачи сыпучих материалов смонтирована задвижка с ручкой, которая установлена в салазки, закрепленные в поддерживающие оси, внутри корпуса к задней стенке с одной стороны и внутренней стенке с другой стороны крепятся с возможностью снятия измерительные полки, каждая из которых расположена под углами от  $10^\circ$  до  $35^\circ$ , с возможностью изменения угла до  $5^\circ$ , при этом на передней стенке внутри корпуса установлен бокс для WEB-камеры, в котором размещена WEB-камера, соединенная с персональным компьютером USB проводом.

25

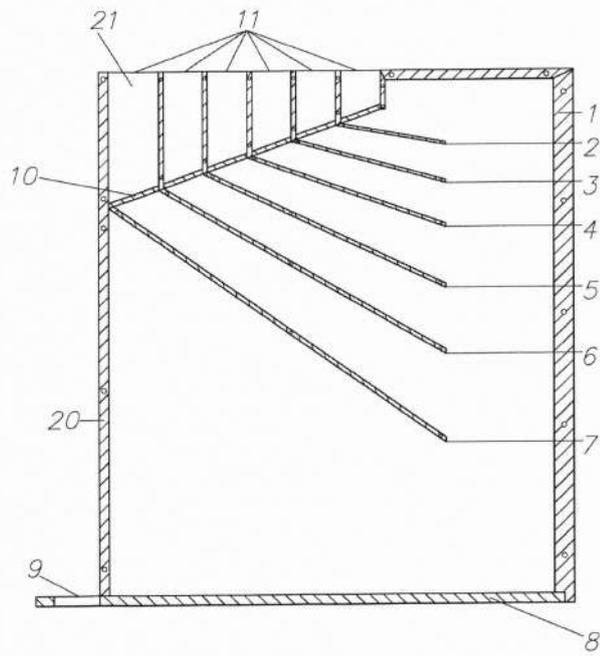
30

35

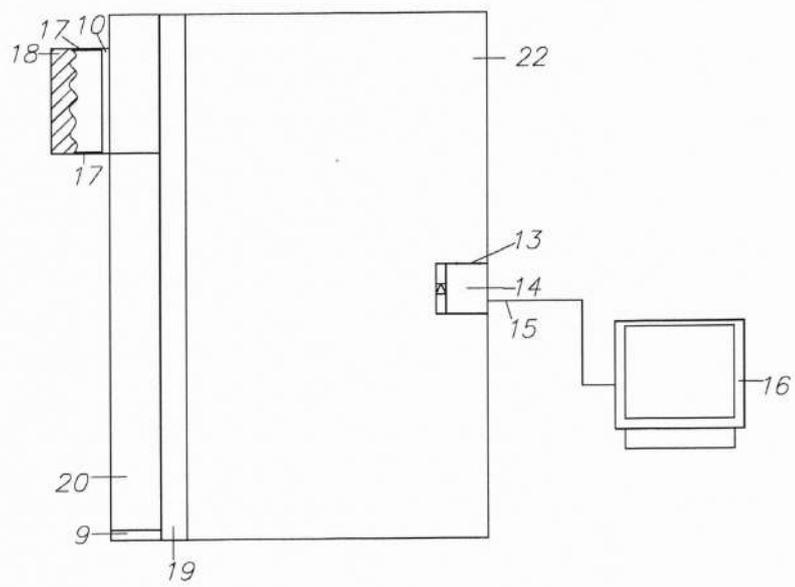
40

45

1

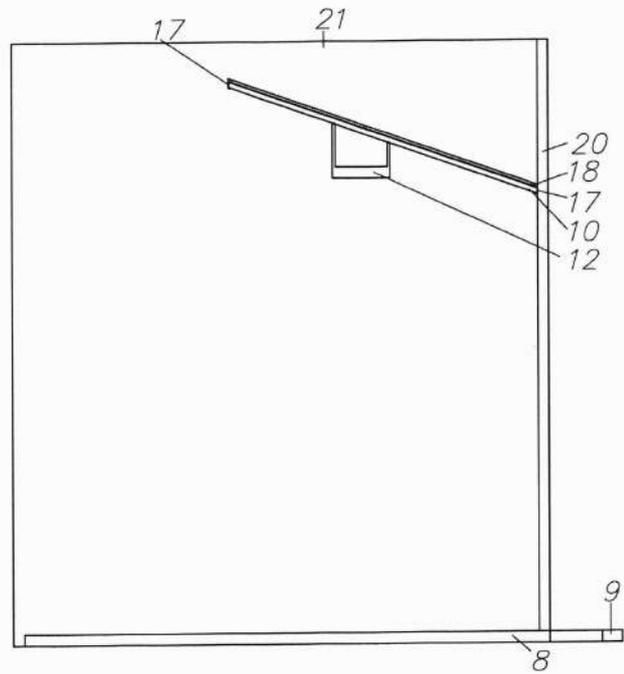


ФИГ. 1

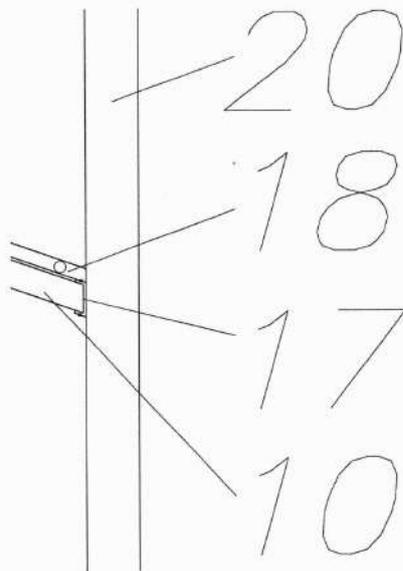


ФИГ. 2

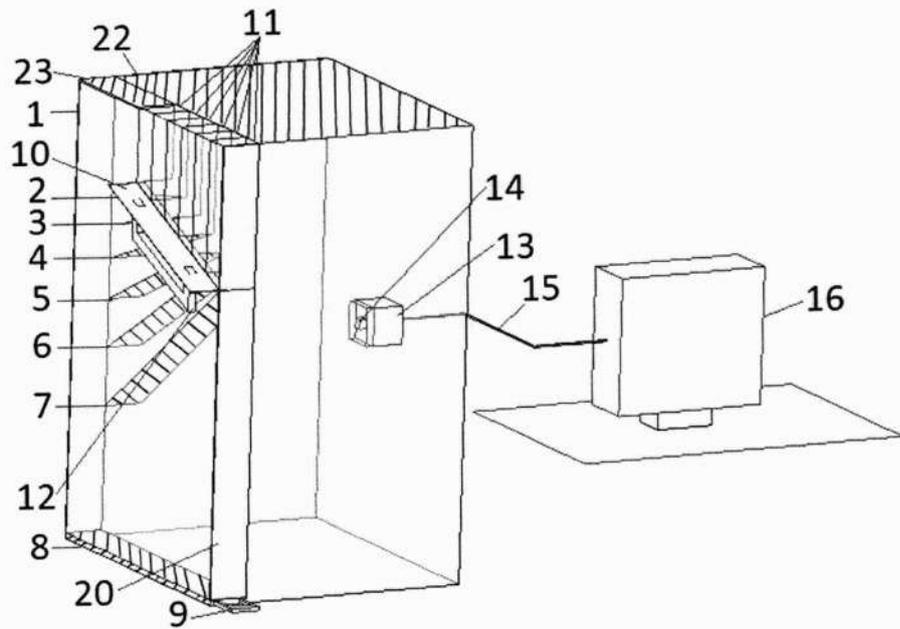
2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5