

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2807004

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД РЕЗАНИЮ

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

Авторы: *Игнатьев Сергей Анатольевич (RU), Васильев Дмитрий Александрович (RU), Ракитин Илья Витальевич (RU), Ожигин Анатолий Юрьевич (RU)*

Заявка № 2023124424

Приоритет изобретения 22 сентября 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 08 ноября 2023 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 22 сентября 2043 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 3/00 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023124424, 22.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.09.2023

Дата регистрации:
08.11.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.09.2023

(45) Опубликовано: 08.11.2023 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., д. 2,
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГУ,
патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Игнатъев Сергей Анатольевич (RU),
Васильев Дмитрий Александрович (RU),
Ракитин Илья Витальевич (RU),
Ожигин Анатолий Юрьевич (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 2581387 C1, 20.04.2016. RU
2676208 C1, 26.12.2018. RU 2755591 C1,
17.09.2021. RU 2461809 C1, 20.09.2012.

(54) СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД РЕЗАНИЮ

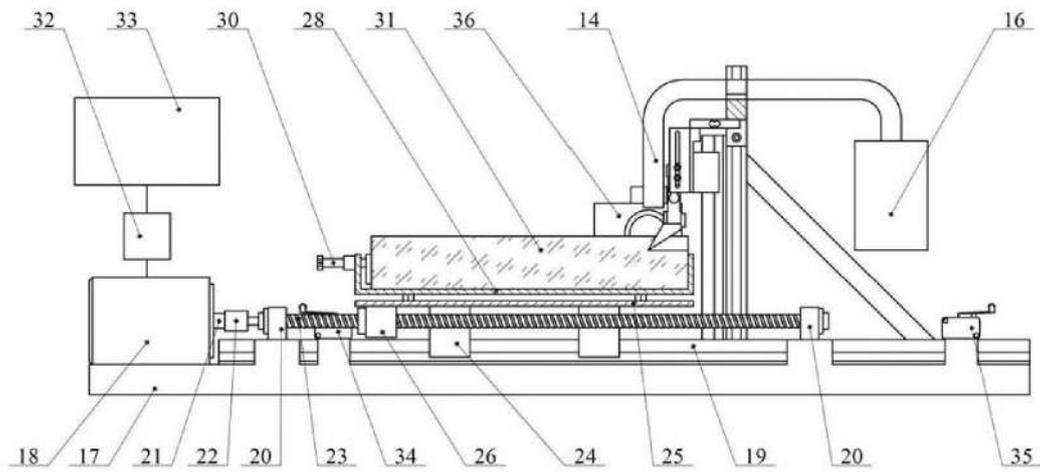
(57) Реферат:

Изобретение относится к стендовому оборудованию для исследования сопротивления горных пород резанию, в частности при бурении скважин в ледниковых покровах Антарктиды и Гренландии. Техническим результатом является повышение эффективности бурения легкобуримых горных пород. Технический результат достигается за счет возможности определения на стенде для исследования сопротивления горных пород резанию оптимальной геометрии породоразрушающего инструмента, разработанного для конкретной

горной породы, kern которой испытывается на стенде. Работа стенда моделирует процесс резания при вращательном бурении, что обеспечивается за счёт применения в конструкции высокоскоростной шарико-винтовой передачи, серводвигателя с высоким вращательным моментом и блока циклонного улавливания. Достоверность результатов эксперимента обеспечена возможностью множественного испытания одного и того же образца горной породы за счёт механизма его поперечного перемещения относительно реза. 4 ил.

RU 2 807 004 C1

RU 2 807 004 C1



Фиг. 1

RU 2807004 C1

RU 2807004 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 3/00 (2023.08)

(21)(22) Application: **2023124424, 22.09.2023**

(24) Effective date for property rights:
22.09.2023

Registration date:
08.11.2023

Priority:

(22) Date of filing: **22.09.2023**

(45) Date of publication: **08.11.2023** Bull. № 31

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., d. 2,
FGBOU VO Sankt-Peterburgskij GU, patentno-
litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Ignatev Sergei Anatolevich (RU),
Vasilev Dmitrii Aleksandrovich (RU),
Rakitin Iliia Vitalevich (RU),
Ozhigin Anatolii Iurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **BENCH FOR STUDYING ROCK RESISTANCE TO CUTTING**

(57) Abstract:

FIELD: drilling.

SUBSTANCE: bench equipment for studying the cutting resistance of rocks, in particular when drilling wells in the ice sheets of Antarctica and Greenland. The technical result is achieved due to the ability to determine, on a bench for studying the cutting resistance of rocks, the optimal geometry of a rock-cutting tool designed for a specific rock, the core of which is tested on the stand. The operation of the stand simulates the cutting process during rotary drilling, which is ensured

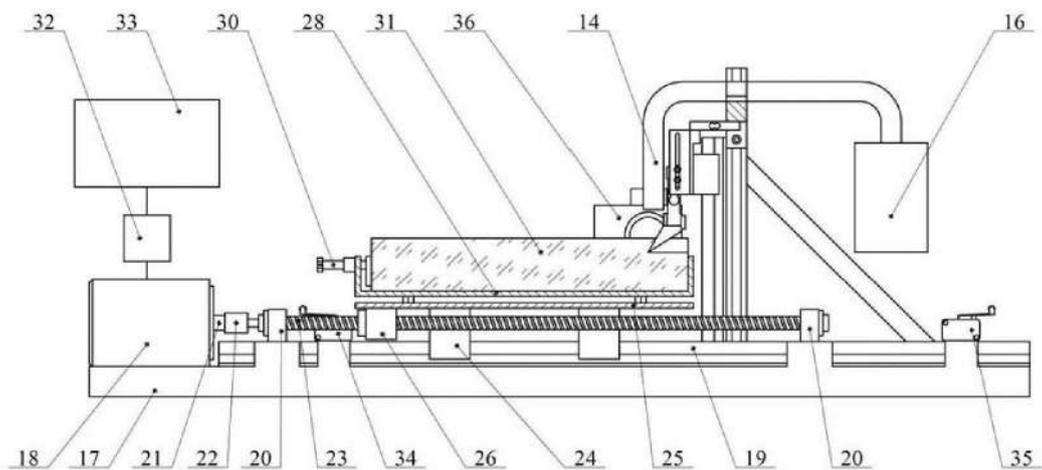
by the use of a high-speed ball screw, a servomotor with high torque and a cyclone catching unit in the design. The reliability of the experimental results is ensured by the possibility of multiple tests of the same rock sample due to the mechanism of its transverse movement relative to the cutter.

EFFECT: increasing the efficiency of drilling easily drillable rocks.

1 cl, 4 dwg

RU 2 807 004 C 1

RU 2 807 004 C 1



Фиг. 1

RU 2807004 C1

RU 2807004 C1

Изобретение относится к стендовому оборудованию для исследования сопротивления горных пород резанию, в частности при бурении скважин в ледниковых покровах Антарктиды и Гренландии.

5 Известен режущо-испытательный стенд (Габов, В.В., Шефнер, А.Д., Шишлянников, Д.И., Чекмасов, Н.В. Стенд для экспериментальных исследований процесса резания калийных руд одиночным резцом горных машин // Записки Горного института // 2012. Т.195. С.245-248.) состоящий из сварной рамы, силового гидроцилиндра, измерительного цилиндра, эталонного резца, насосной станции.

10 Недостатком конструкции является эталонный резец, в устройстве которого не предусмотрена регистрация радиальной составляющей силы резания, что не позволяет в полной мере исследовать процесс резания.

Известен стенд для исследования разрушения горных пород (патент RU №2160365, опубл. 01.06.1999), включающий в себя раму с направляющими, зажимное приспособление, режущий инструмент, струеформирующее устройство, подвижные
15 сегменты, подвижный короб, гидроцилиндры подачи и др.

Недостатком конструкции является струеформирующее устройство, которое применяется для выноса продуктов разрушения из зоны контакта резца с породой струей воды высокого давления, что негативно влияет на получение достоверных
20 данных о процессе резания.

Известен стенд для исследования рабочих органов землеройных машин (RU №2239689, опубл. 13.08.2002), включающий в себя рамную конструкцию, направляющие, тележку, оси, штанги, каретку, рабочий орган и др.

Недостатком конструкции является нагрузочное устройство и гидроцилиндр, в устройстве которых не предусмотрена регистрация радиальной составляющей силы
25 резания, что не позволяет в полной мере исследовать процесс резания.

Известен стенд для измерения сопротивления грунтов и снежно-ледяных образований резанию (RU №2676208, опубл. 27.03.2018), включающий в себя раму, кронштейны, держатель, рабочий орган, горизонтальные тяги, тензодатчики и др.

Недостатком конструкции является рабочий орган, устройство которого не
30 обеспечивает отвод продуктов разрушения грунта из зоны резания, что негативно влияет на точность измерения сопротивления резанию.

Известен экспериментальный стенд (Herbert T Ueda, John Kalafut (1989) Experiments on the cutting process in ice. CRREL Report 89-5, 1-35) принятый за прототип, состоящий из резца, динамометра, тележки, захвата образца, горизонтальных, вертикальных, и
35 поперечных направляющих, линейных подшипников, пневматического привода, винта вертикального перемещения резца, винта поперечного перемещения резца, гибкого шланга, блока циклонного улавливания, станины, блока управления, средства видеорегистрации, датчика скорости, усилителя сигнала, устройства для записи на ленту, осциллографа.

40 Недостатком конструкции является устройство тележки и захвата исследуемого образца, конструкция которых не позволяет исследовать реальные образцы горных пород, в том числе льда, полученных при помощи колонкового бурения.

Техническим результатом является повышение эффективности бурения легкобуримых горных пород.

45 Технический результат достигается тем, что езец с возможностью съема установлен на нижней поверхности вертикально закрепленного тензометрического датчика, который установлен с возможностью съема на ползуне, который установлен с возможностью перемещения в градуированную направляющую и зафиксирован

прижимными гайками, которые установлены на шпильки, которые жестко закреплены в ползуне, при этом они проходят через направляющий паз, который выполнен в градуированной направляющей, основание которой жестко связано с парой вертикальных линейных подшипников, а верхний торец жестко закреплен на нижней поверхности тензометрического датчика, который установлен с возможностью съема на поперечной балке, а на тележке жестко установлены поперечные направляющие, в которые установлен захват образца, который выполнен в виде желоба трапецевидного сечения с возможностью перемещения и фиксации, в котором жестко закреплен прижимной механизм, а привод подачи образца состоит из серводвигателя с высоким вращательным моментом, который установлен на станине, и высокоскоростной шарико-винтовой передачи, которая состоит из винта, концы которого установлены в опорах с возможностью вращения, и гайки, жестко установленной на тележке, при этом сервопривод электрически связан с драйвером и блоком управления, а на станине установлены стартовый и концевой выключатели.

Стенд для исследования сопротивления горных пород резанию поясняется следующими фигурами:

- фиг. 1 - общий вид стенда;
- фиг. 2 - вид сверху стенда;
- фиг. 3 - общий вид модуля регистрации параметров процесса резания;
- фиг. 4 - общий вид устройства поперечного перемещения захвата образца, где:
 - 1 - резец;
 - 2 - датчик вибрации;
 - 3 - тензометрический датчик;
 - 4 - ползун;
 - 5 - градуированная направляющая;
 - 6 - прижимная гайка;
 - 7 - шпилька;
 - 8 - направляющий паз;
 - 9 - вертикальный линейный подшипник;
 - 10 - вертикальная рельсовая направляющая;
 - 11 - поперечная балка;
 - 12 - направляющая;
 - 13 - фиксатор;
 - 14 - гибкий шланг;
 - 15 - хомут;
 - 16 - блок циклонного улавливания;
 - 17 - станина;
 - 18 - сервопривод;
 - 19 - горизонтальная рельсовая направляющая;
 - 20 - опора;
 - 21 - вал;
 - 22 - муфта;
 - 23 - винт шарико-винтовой передачи;
 - 24 - горизонтальный линейный подшипник;
 - 25 - тележка;
 - 26 - гайка;
 - 27 - поперечная направляющая;
 - 28 - захват образца;

- 29 - резьбовое крепление;
- 30 - прижимной механизм;
- 31 - образец горной породы;
- 32 - драйвер;
- 5 33 - блок управления;
- 34 - стартовый выключатель;
- 35 - концевой выключатель;
- 36 - средство видеорегистрации;

Стенд для исследования сопротивления горных пород резанию состоит из резца 1 (фиг. 3) на котором жестко установлен датчик вибрации 2. Резец 1 с возможностью съема установлен на нижней поверхности вертикально закрепленного тензометрического датчика 3, установленного с возможностью съема на ползуне 4. Ползун 4 установлен с возможностью перемещения в градуированную направляющую 5 и с возможностью фиксации прижимными гайками 6, которые установлены на шпильки 7 (фиг. 3,4).

15 Шпильки 7 жестко закреплены в ползуне 4 и проходят через направляющий паз 8, который выполнен в градуированной направляющей 5. Основание градуированной направляющей 5 жестко связано с парой вертикальных линейных подшипников 9, установленных на вертикальных рельсовых направляющих 10. Верхний торец градуированной направляющей 5 жестко закреплен на нижней поверхности

20 тензометрического датчика 3, установленного с возможностью съема на поперечной балке 11. Поперечная балка 11 установлена с возможностью перемещения в пазы направляющих 12 и с фиксируется фиксатором 13. Направляющие 12 жестко связаны с вертикальными рельсовыми направляющими 10. Сбоку от резца 1 установлен гибкий шланг 14, который закреплен через хомут 15 на поперечной балке 11. Выходной конец

25 гибкого шланга 14 жестко закреплен в отдельно стоящем блоке циклонного улавливания 16. Направляющие 12 жестко закреплены на станине 17 (фиг. 1), на которой последовательно установлены сервопривод 18, горизонтальные рельсовые направляющие 19, и опоры 20. Вал 21 сервопривода 18 через муфту 22 жестко связан с винтом шарико-винтовой передачи 23, концы которого установлены в опорах 20 с

30 возможностью вращения. На горизонтальные рельсовые направляющие 19 через горизонтальные линейные подшипники 24 установлена тележка 25 с возможностью перемещения. На тележку 25 жестко установлена гайка 26, внутри которой установлен с возможностью вращения винт шарико-винтовой передачи 23. На тележке 25 жестко установлены поперечные направляющие 27. В поперечных направляющих 27 установлен

35 захват образца 28 с возможностью перемещения и фиксации через резьбовые крепления 29, которые жестко установлены в поперечных направляющих 27 (фиг. 4). Захват образца 28 выполнен в виде желоба трапециевидного сечения, в котором жестко закреплен прижимной механизм 30 (фиг. 1). Сервопривод 18 электрически связан с драйвером 32 и блоком управления 33. На станине 17 жестко установлены стартовый

40 выключатель 34 и концевой выключатель 35 (фиг. 2). Сбоку от резца 1 установлено отдельно стоящее средство видеорегистрации 36.

Стенд для исследования сопротивления горных пород резанию работает следующим образом. Перед проведением опыта производится проверка исходного положения тележки 25, в котором стартовый выключатель 34 (фиг. 2) замкнут, что активизирует

45 движение тележки 25 по направлению к резцу 1 при помощи драйвера 32. В захват образца 28 устанавливается образец горной породы 31, и фиксируется прижимным механизмом 30. Образец горной породы 31 представляет собой керн, полученный в ходе бурения, на котором выполнен продольный спил по всей длине. Положение образца

горной породы 31 относительно резца 1 в поперечном направлении подбирается путем перемещения захвата образца 28 по поперечным направляющим 27 (фиг. 4), и последующей затяжкой резьбового крепления 29. Далее производится проверка исходного положения резца 1, при котором передняя кромка резца лежит в одной плоскости с продольным спилом образца горной породы 31, что соответствует нулевой глубине резания. Исходное положение резца 1 устанавливается перемещением и фиксацией поперечной балки 11, а ползун 4 установлен в крайнее верхнее положение в градуированной направляющей 5. Глубина резания резцом 1 подбирается перемещением ползуна 4 по градуированной направляющей 5, а его положение фиксируется затяжкой прижимных гаек 6 установленных на шпильках 7, которые входят в направляющий паз 8. Горизонтальная составляющая силы резания регистрируется тензометрическим датчиком 3, напрямую связанным с резцом 1, а вертикальная составляющая регистрируется горизонтально расположенным тензометрическим датчиком 3 за счёт способности резца 1 к вертикальному перемещению относительно образца горной породы 31, что обеспечивается подвижным соединением между градуированной направляющей 5 и вертикальными рельсовыми направляющими 10. Значения частоты и амплитуды вибрации, возникающей в процессе резания, регистрируются датчиком вибрации 2. С помощью блока управления 33 и драйвера 32 выставляется частота вращения вала 21 сервопривода 18, определяющая скорость перемещения тележки 25 относительно резца 1. Перед началом эксперимента сбоку от места контакта передней кромки резца 1 и образца горной породы 31 подводится гибкий шланг 14. Средство видеорегистрации 36 устанавливается рядом со станиной 17 с фокусом на место контакта передней кромки резца 1 и образца горной породы 31.

Эксперимент начинается с запуска сервопривода 18, вал 21 которого передаёт вращательный момент через муфту 22 на винт шарико-винтовой передачи 23, закрепленный двумя концами в опоры 20. Вращение винта шарико-винтовой передачи 23 преобразуется в поступательное перемещение тележки 25, за счёт гайки 26. В момент соприкосновения образца горной породы 31 и резца 1 начинается процесс резания. Данные, о горизонтальной, вертикальной составляющей силы резания, и о частоте и амплитуде вибрации передаются на блок управления 33, где происходит их обработка и запись. Продукты разрушения горной породы из зоны резания удаляются через гибкий шланг 14 в блок циклонного улавливания 16. Процесс резания фиксируется средством видеорегистрации 36. По прохождении резца 1 по всей длине образца горной породы 31 тележка 25 продолжает своё движение до замыкания концевого выключателя 35. Концевой выключатель 35 подаёт управляющий сигнал на драйвер 32, останавливающий работу сервопривода 18, завершая эксперимент.

По окончании эксперимента резец 1 и тележка 25 выставляются в исходные положения с возможностью повторения эксперимента при изменении положения образца горной породы 31 или глубины резания.

Повышение эффективности бурения легкобуримых горных пород достигается за счет применения в конструкции стенда высокоскоростной шарико-винтовой передачи, серводвигателя с высоким вращательным моментом, блока циклонного улавливания, тензометрических датчиков, градуированной направляющей, поперечных направляющих, захвата образца, выполненного в виде желоба трапециевидного сечения, образца горной породы, который представляет собой керн, полученный в ходе бурения, что позволяет путем проведения экспериментов, моделирующих процесс резания, подобрать оптимальную геометрию породоразрушающего инструмента, разработанного для конкретной горной породы, керн которой испытывается на стенде.

Достоверность результатов эксперимента обеспечена возможностью множественного испытания одного и того же образца горной породы за счёт возможности его перемещения по поперечным направляющим и фиксации резьбовым креплением.

(57) Формула изобретения

5

Стенд для исследования сопротивления горных пород резанию, включающий резец, станину, горизонтальные и вертикальные направляющие, жестко закрепленные на станине, тележку с закрепленными на ней горизонтальными линейными подшипниками, гибкий шланг, установленный сбоку от резца, выходной конец которого жестко
10 закреплен в отдельно стоящем блоке циклонного улавливания, блок управления, средство видеорегистрации, отдельно стоящее сбоку от резца, отличающийся тем, что резец с возможностью съема установлен на нижней поверхности вертикально закрепленного тензометрического датчика, который установлен с возможностью съема на ползуне, который установлен с возможностью перемещения в градуированную
15 направляющую и зафиксирован прижимными гайками, которые установлены на шпильки, которые жестко закреплены в ползуне, при этом они проходят через направляющий паз, который выполнен в градуированной направляющей, основание которой жестко связано с парой вертикальных линейных подшипников, а верхний торец жестко закреплен на нижней поверхности тензометрического датчика, который
20 установлен с возможностью съема на поперечной балке, а на тележке жестко установлены поперечные направляющие, в которые установлен захват образца, который выполнен в виде желоба трапециевидного сечения с возможностью перемещения и фиксации, в котором жестко закреплен прижимной механизм, а привод подачи образца состоит из серводвигателя с высоким вращательным моментом, который установлен
25 на станине, и высокоскоростной шарико-винтовой передачи, которая состоит из винта, концы которого установлены в опорах с возможностью вращения, и гайки, жестко установленной на тележке, при этом сервопривод электрически связан с драйвером и блоком управления, а на станине установлены стартовый и концевой выключатели.

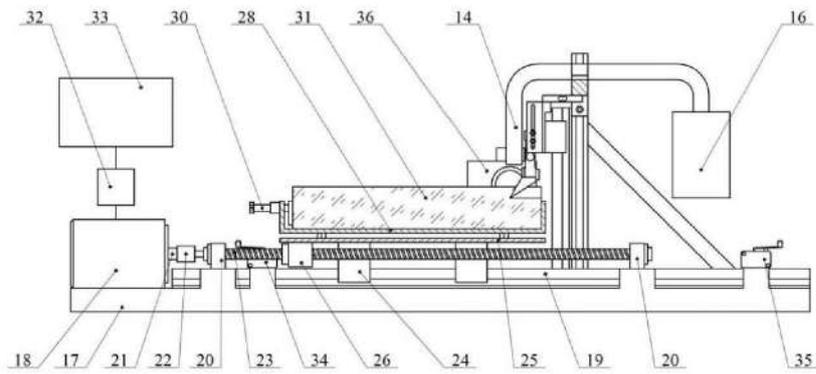
30

35

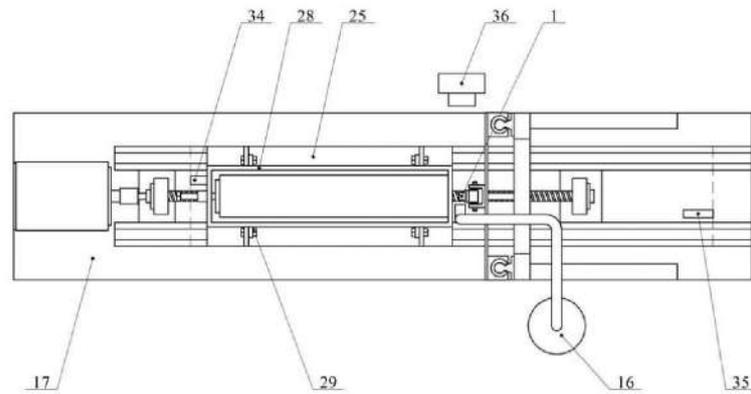
40

45

1

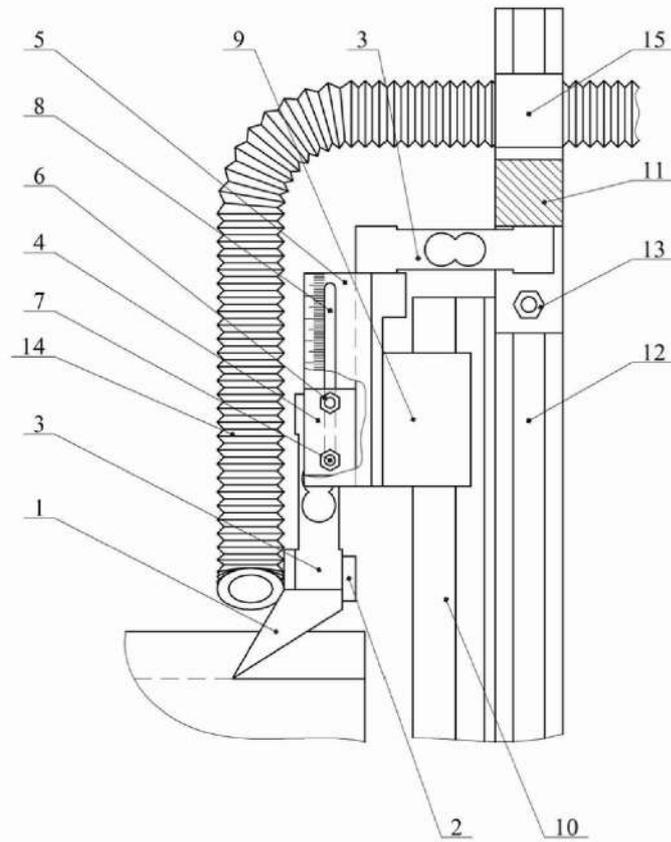


Фиг. 1

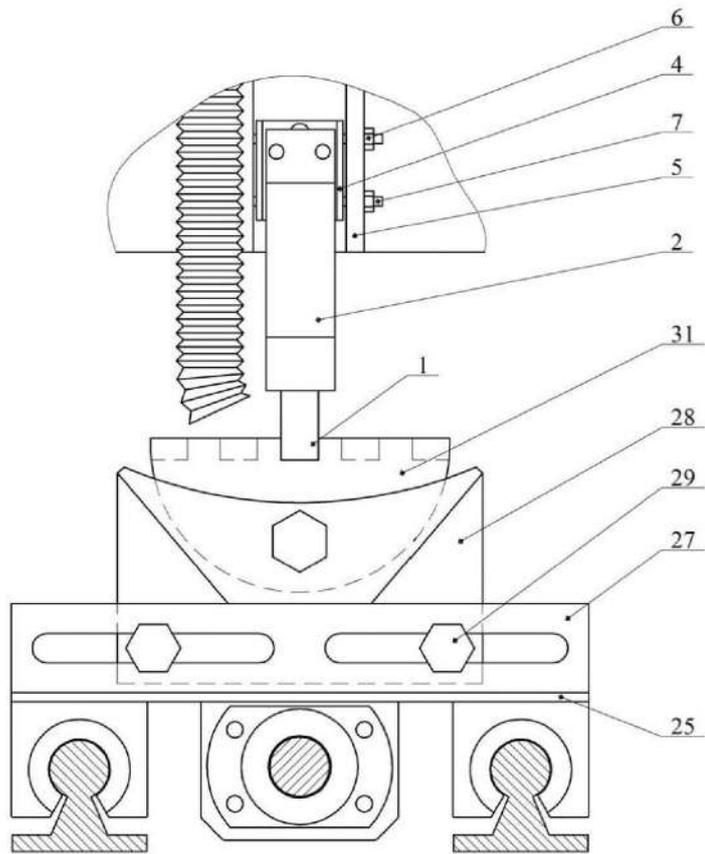


Фиг. 2

2



Фиг. 3



Фиг. 4