

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2831466

### СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВОЗВРАТНО- ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ

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

Авторы: *Шадрин Вячеслав Сергеевич (RU), Большунов Алексей Викторович (RU), Сербин Данил Васильевич (RU), Кадочников Вячеслав Григорьевич (RU)*

Заявка № 2024111110

Приоритет изобретения 23 апреля 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 09 декабря 2024 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 23 апреля 2044 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

E21B 45/00 (2024.08); G01H 1/10 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024111110, 23.04.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.04.2024

Дата регистрации:  
09.12.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.04.2024

(45) Опубликовано: 09.12.2024 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "СПб ГУ императрицы Екатерины  
II", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Шадрин Вячеслав Сергеевич (RU),  
Большунов Алексей Викторович (RU),  
Сербин Данил Васильевич (RU),  
Кадочников Вячеслав Григорьевич (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: XINYU LV et al. Research of  
mechanical model based on characteristics of  
fracture mechanics of ice cutting for scientific  
drilling in polar region, EGU sphere, 2024,  
<https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-2985>. SU  
1808959 A1, 15.04.1993. SU 1117398 A1,  
07.10.1984. SU 1244297 A1, 15.07.1986. RU  
2593612 C1, 10.08.2016. CN 107420086 A,  
01.12.2017. (см. прод.)

(54) СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВОЗВРАТНО-  
ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к стендовому оборудованию для исследования процесса разрушения горных пород возвратно-вращательным способом, в частности при бурении скважин в подледниковых горных породах Антарктиды и островах Арктической зоны, а также в условиях вечной мерзлоты. Техническим результатом является определение оптимальных режимных параметров бурения горной породы. Стенд для исследования процесса разрушения горных пород возвратно-вращательным способом включает колонковый набор, кабельный замок которого с возможностью съема связан с электрической лебедкой через грузонесущий кабель, проходящий

через шкив, который установлен на верхней части трехгранной вышки. При этом кабельный замок с возможностью съема связан с корпусом нагрузочной секции, которая с возможностью съема связана с корпусом шагового электродвигателя, который с возможностью съема связан с корпусом механической секции, на конце выходного вала которой установлен переходник, который связан с валом вертлюга, выходной вал вертлюга с возможностью съема связан с хвостовиком колонковой трубы, которая жестко соединена с буровой коронкой. В корпусе колонковой трубы выполнено отверстие, в которое установлен датчик вибрационных колебаний, датчик линейного перемещения,

жестко закрепленный на нижней поверхности верхней части трехгранной вышки, подвижную и неподвижную емкости. На внутренних стенках в нижней части неподвижной емкости с возможностью съема установлены тензометрические датчики крутящего момента. При этом свободный торец датчиков крутящего момента установлен с возможностью съема в креплении неподвижной емкости, а нагружаемый торец датчиков крутящего момента установлен в креплении подвижной емкости. Плунжерный насос и заборный насос, соединенный с фильтрационным баком через гибкий шланг, штуцер которого соединен гибким шлангом с входным патрубком плунжерного насоса, который через гибкий шланг соединен с датчиком

расхода жидкости, который через гибкий шланг связан с входным патрубком вертлюга. Вал плунжерного насоса механически связан с валом приводного электродвигателя. Электрическая лебедка электрически связана с частотным преобразователем, который электрически связан с щитом электроснабжения, приводной электродвигатель электрически связан с частотным преобразователем. Датчик вибрационных колебаний, тензометрические датчики крутящего момента, датчик расхода жидкости и датчик линейного перемещения электрически связаны с входами блока управления, информационные входы и выходы которого связаны с информационными входами и выходами компьютера. 1 ил.

(56) (продолжение):

PINLU CAO et al. Low-load diamond drill bits for subglacial bedrock sampling, *Annals of Glaciology*, 2014, N55(68), стр.124-130.

RU 2 8 3 1 4 6 6 C 1

RU 2 8 3 1 4 6 6 C 1

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

E21B 45/00 (2024.08); G01H 1/10 (2024.08)

(21)(22) Application: 2024111110, 23.04.2024

(24) Effective date for property rights:  
23.04.2024Registration date:  
09.12.2024

Priority:

(22) Date of filing: 23.04.2024

(45) Date of publication: 09.12.2024 Bull. № 34

Mail address:

190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "SPb GU imperatritsy Ekateriny II", Patentno-  
litsenzionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Shadrin Viacheslav Sergeevich (RU),  
Bolshunov Aleksei Viktorovich (RU),  
Serbin Danil Vasilevich (RU),  
Kadochnikov Viacheslav Grigorevich (RU)

(73) Proprietor(s):

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

## (54) TEST BENCH FOR STUDYING PROCESS OF ROCK DESTRUCTION BY RECIPROCATING-ROTARY METHOD

(57) Abstract:

FIELD: measuring.

SUBSTANCE: invention relates to bench equipment for research of rock destruction process by reciprocating-rotary method, in particular when drilling wells in subglacial rocks of Antarctica and islands of the Arctic zone, as well as in permafrost conditions. Test bench for studying the process of rock destruction by a reciprocating-rotary method includes a core retrieving barrel, the cable lock of which is detachably connected to an electric winch through a load-carrying cable passing through a pulley, which is installed on the upper part of a triangular derrick. In this case, the cable lock is removably connected to the housing of the loading section, which is removably connected to the housing of the stepper motor, which is removably connected to the housing of the mechanical section, at the end of the output shaft of which an adapter is installed, which is connected to the shaft of the swivel, swivel output shaft is detachably coupled with the shank of the core barrel rigidly jointed with the drill bit. In the body of the core barrel there is a hole in which there is a sensor of vibration oscillations, a sensor of linear

movement, which is rigidly fixed on the lower surface of the upper part of the triangular derrick, a movable and a fixed vessel. On the inner walls in the lower part of the fixed vessel, strain gauges of torque moment are installed with possibility of removal. Free end of the torque sensors is installed with possibility of removal in the fixture of the fixed vessel, and the loaded end of the torque sensors is installed in the fixture of the movable vessel. Plunger pump and intake pump are connected to the filtration tank through a flexible hose, the nozzle of which is connected by a flexible hose to the inlet nozzle of the plunger pump, which is connected through a flexible hose to a liquid flow sensor, which is connected to the inlet nozzle of the swivel through a flexible hose. Shaft of the plunger pump is mechanically connected to the shaft of the drive electric motor. Electric winch is electrically connected to frequency converter, which is electrically connected to power supply board, drive motor is electrically connected to frequency converter. Vibration sensor, strain gauges of torque, fluid flow sensor and linear displacement sensor are electrically connected to inputs of control unit, data

inputs and outputs of which are connected to data inputs  
and outputs of computer.  
EFFECT: determination of optimum operating

parameters of rock drilling.  
1 cl, 1 dwg

R U 2 8 3 1 4 6 6 C 1

R U 2 8 3 1 4 6 6 C 1

Изобретение относится к стендовому оборудованию для исследования процесса разрушения горных пород возвратно-вращательным способом, в частности при бурении скважин в подледниковых горных породах Антарктиды и островах Арктической зоны, а также в условиях вечной мерзлоты. Устройство может быть также использовано для исследования процесса бурения льда и подледниковых горных пород традиционным вращательным бурением.

Известен экспериментальный стенд для изучения нелинейной динамики на забое скважины при бурении (Ahmed Al Shekaili, Yang Liu and Evangelos Papatheou. Numerical and experimental investigation of nonlinear dynamics of downhole drilling // 2022. P. 2), включающий асинхронный двигатель в качестве основного привода вращения, буровое долото, редуктор (поворотную головку), пневматический пульт, роторно-винтовой компрессор, механизм подачи, отбойный молоток DTH.

Недостатком конструкции является ширина опорной плиты, не позволяющая исследовать реальные образцы горной породы с продольными и поперечными размерами более 30 см, что не обеспечивает соблюдение условий напряженно-деформированного состояния геомеханической модели искусственного забоя.

Известен экспериментальный стенд для анализа характеристик отклика параметров бурения скважины и поиска лучшего метода прогнозирования механических свойств горных пород на основе параметров бурения (Cancan Liu, Xigui Zheng, Niaz Muhammad Shahani, Peng Li, Cong Wang, Xiaowei Guo. An experimental investigation into the borehole drilling and strata characteristics // Journal PLOS ONE // 2021. P. 21), состоящий из опорной плиты, верхней неподвижной плиты, направляющей колонны, электробура, буровой штанги, буровой коронки, гравитационной нагрузочной плиты, образца горной породы, крепежных пластин, стержней, гайки. Система контроля и телеметрии режимных параметров процесса бурения состоит из датчика момента, датчика измерения давления звуком, датчика линейного перемещения и датчика частоты вращения, компьютера для мониторинга.

Недостатком конструкции является устройство породоразрушающего инструмента, наружный и внутренний диаметры которого не позволяют выполнять бурение с отбором керна.

Известен экспериментальный стенд для исследования буровых рабочих органов (патент РФ №2593612, опубл. 10.08.2016 г.), включающий опорную раму с закрепленными на ней направляющими стойками, ползун, установленный на направляющих стойках с возможностью вертикального перемещения ползуна, канатно-полиспадную систему подачи снаряда, бурильная штанга, представленная шнеком, бурильная головка.

Недостатком данного стенда является шнек, который позволяет вращать бурильную штангу лишь в одном направлении, что ограничивает область применения стенда.

Известен экспериментальный стенд для исследования зависимости эффективности вращательного бурения скальных пород от геометрии алмазного породоразрушающего инструмента при малых осевых нагрузках на забой (Pinlu CAO, Cheng Yang, Zhichuan Zheng, Rusheng Wang, Nan Zhang, Chunpeng LIU, Zhengyi Hu, Pavel Talalay. Low-load diamond drill bits for subglacial bedrock sampling // Annals of Glaciology // 2014. P. 7), состоящий из емкости, в которой располагается блок горной породы, бурильной трубы, датчика крутящего момента, датчика давления, датчика линейного перемещения, бурового станка и поршневого насоса с емкостями.

Недостатком конструкции является наружный диаметр торца коронки и наружный диаметр колонковой трубы, образующие при бурении малую толщину затрубного

пространства, не позволяющую установить датчик вибрационных колебаний у резцов коронки для изучения процесса бурения в полной мере.

Известен экспериментальный стенд для исследования процессов резания и бурения льда в лабораторных условиях (Xinyu Lv, Zhihao Cui, Ting Wang, Yumin Wen, An Liu, Rusheng Wang. Research of mechanical model based on characteristics of fracture mechanics of ice cutting for scientific drilling in polar region // EGU sphere // 2024. P. 21), принятый за прототип, состоящий из корпуса, блока льда, системы подачи блока горной породы на коронку, противовесов, утяжелителей, роликовых опор и их направляющих, шламособорника, приводного электродвигателя с коническим редуктором, датчика крутящего момента и датчика линейного перемещения.

Недостатком конструкции являются утяжелители, устанавливаемые на корпус, которые под действием силы тяжести создают равноускоренное движение блока горной породы, что не обеспечивает процесс бурения с равномерным осевым усилием на забой горной породы и снижает достоверность полученных данных.

Техническим результатом является определение оптимальных режимных параметров бурения горной породы.

Технический результат достигается тем, что колонковый набор, кабельный замок которого с возможностью съема связан с электрической лебедкой через грузонесущий кабель, проходящий через шкив, который установлен на верхней части трехгранной вышки, при этом кабельный замок с возможностью съема связан с корпусом нагрузочной секции, которая с возможностью съема связана с корпусом шагового электродвигателя, который с возможностью съема связан с корпусом механической секции, на конце выходного вала которой установлен переходник, который связан с валом вертлюга, выходной вал вертлюга с возможностью съема связан с хвостовиком колонковой трубы, которая жестко соединена с буровой коронкой, при этом в корпусе колонковой трубы выполнено отверстие, в которое установлен датчик вибрационных колебаний, датчик линейного перемещения, жестко закрепленный на нижней поверхности верхней части трехгранной вышки, подвижную и неподвижную емкости, при этом на внутренних стенках в нижней части неподвижной емкости с возможностью съема установлены тензометрические датчики крутящего момента, при этом свободный торец датчиков крутящего момента установлен с возможностью съема в креплении неподвижной емкости, а нагружаемый торец датчиков крутящего момента установлен в креплении подвижной емкости, плунжерный насос и заборный насос, соединенный с фильтрационным баком через гибкий шланг, штуцер которого соединен гибким шлангом с входным патрубком плунжерного насоса, который через гибкий шланг соединен с датчиком расхода жидкости, который через гибкий шланг связан с входным патрубком вертлюга, причем вал плунжерного насоса механически связан с валом приводного электродвигателя, электрическая лебедка электрически связана с частотным преобразователем, который электрически связан с щитом электроснабжения, приводной электродвигатель электрически связан с частотным преобразователем, при этом датчик вибрационных колебаний, тензометрические датчики крутящего момента, датчик расхода жидкости и датчик линейного перемещения электрически связаны с входами блока управления, информационные входы и выходы которого связаны с информационными входами и выходами компьютера.

Стенд для исследования процесса разрушения горной породы возвратно-вращательным способом поясняется следующими фигурами:

фиг.1 – общий вид экспериментального стенда в сечении:

1 – колонковый набор;

- 2 – кабельный замок;
- 3 – электрическая лебедка;
- 4 – грузонесущий кабель;
- 5 – шкив;
- 5 6 – трехгранная вышка;
- 7 – нагрузочная секция;
- 8 – шаговый электродвигатель;
- 9 – механическая секция;
- 10 – переходник;
- 10 11 – вертлюг;
- 12 – колонковая труба;
- 13 – буровая коронка;
- 14 – датчик вибрационных колебаний;
- 15 – датчик линейного перемещения;
- 16 – неподвижная емкость;
- 17 – тензометрический датчик крутящего момента;
- 18 – подвижная емкость;
- 19 – подшипниковая опора;
- 20 – заборный насос;
- 20 21 – фильтрационный бак;
- 22 – плунжерный насос;
- 23 – датчик расхода жидкости;
- 24 – приводной электродвигатель;
- 25 – блок управления;
- 26 – частотный преобразователь лебедки;
- 27 – частотный преобразователь насоса;
- 28 – компьютер;
- 29 – щит электроснабжения.

Стенд для исследования процесса разрушения горной породы возвратно-  
 30 вращательным способом состоит из колонкового набора 1 (фиг.1), кабельный замок  
 2 которого с возможностью съема связан с электрической лебедкой 3 через грузонесущий  
 кабель 4, проходящий через шкив 5, который установлен на верхней части трехгранной  
 вышки 6. Кабельный замок 2 с возможностью съема связан с корпусом нагрузочной  
 секции 7, которая с возможностью съема связана с корпусом шагового электродвигателя  
 35 8. Корпус шагового электродвигателя 8 с возможностью съема связан с корпусом  
 механической секции 9, на конце выходного вала которой с возможностью съема  
 установлен переходник 10, который с возможностью съема связан с валом вертлюга  
 11. Выходной вал вертлюга 11 с возможностью съема связан с хвостовиком колонковой  
 40 трубы 12, которая жестко соединена с буровой коронкой 13. В корпусе колонковой  
 трубы 12 выполнено отверстие, в которое установлен датчик вибрационных колебаний  
 14. Датчик линейного перемещения 15 жестко закреплен на нижней поверхности верхней  
 части трехгранной вышки 6. На внутренних стенках в нижней части неподвижной  
 емкости 16 с возможностью съема установлены тензометрические датчики крутящего  
 момента 17. Свободный торец датчиков крутящего момента 17 установлен с  
 45 возможностью съема в креплении неподвижной емкости 16. Нагружаемый торец  
 датчиков крутящего момента 17 установлен в креплении подвижной емкости 18, которая  
 установлена на подшипниковой опоре 19. Заборный насос 20 соединен с  
 фильтрационным баком 21 через гибкий шланг, штуцер которого соединен с входным



патрубком плунжерного насоса 22 через гибкий шланг. Выходной патрубок плунжерного насоса 22 через гибкий шланг соединен с датчиком расхода жидкости 23, который связан с входным патрубком вертлюга 11 через гибкий шланг. Вал плунжерного насоса 22 механически связан с валом приводного электродвигателя 24. Датчик 5 вибрационных колебаний 14, тензометрические датчики крутящего момента 17, датчик расхода жидкости 23 и датчик линейного перемещения 15 электрически связаны с входами блока управления 25. Электрическая лебедка 3 электрически связана с частотным преобразователем 26, который электрически связан с щитом электроснабжения 29. Приводной электродвигатель 24 электрически связан с частотным преобразователем 27, который электрически связан с щитом электроснабжения 29. Информационные входы и выходы компьютера 28 связаны с информационными входами-выходами блока управления 25.

Стенд для исследования процесса разрушения горной породы возвратно-вращательным способом работает следующим образом.

15 Перед проведением опыта нагрузочную секцию 7 заполняют утяжелителем, в роли которого может выступать песок, свинец и другие тяжелые материалы. В отверстие колонковой трубы 12 устанавливают датчик вибрационных колебаний 14. Осуществляют сборку колонкового набора 1. С помощью автоматического выключателя, установленного в щите электроснабжения 29, подают напряжение на клеммы частотного преобразователя 26, выходное напряжение которого подается на обмотки 20 электродвигателя электрической лебедки 3. В частотном преобразователе 26 выставляют необходимое значение скорости вращения электродвигателя. Начинает вращаться барабан электрической лебедки 3, и колонковый набор 1 занимает свое исходное положение.

25 Подвижную емкость 18 устанавливают на подшипниковую опору 19. Затем подвижную емкость 18 и фильтрационный бак 21 заполняют технической водой до необходимого уровня. В неподвижную металлическую емкость 16 с технической водой погружают заборный насос 20. С помощью автоматического выключателя, установленного в щите электроснабжения 29, осуществляют подачу напряжения на 30 клеммы частотного преобразователя 27, выходное напряжение которого подается на обмотки приводного электродвигателя 24 плунжерного насоса 22.

Включают компьютер 28. С помощью автоматического выключателя, установленного в щите электроснабжения 29, подают напряжение на блок управления 25. Выполняют проверку входных и выходных сигналов датчика расхода жидкости 23, датчика 35 вибрационных колебаний 14, тензометрических датчиков крутящего момента 17, датчика линейного перемещения 15 и сигналов управления шаговым электродвигателем 8.

Кнопками управления частотного преобразователя 27 запускают плунжерный насос 22. После того, как цилиндры плунжерного насоса 22 будут заполнены технической водой, осуществляют запуск заборного насоса 20 для создания замкнутой циркуляции 40 технической воды.

Эксперимент начинается с выставления значения частоты и амплитуды колебаний породоразрушающего инструмента в программном обеспечении компьютера 28. Реализуется возвратно-вращательное движение буровой коронки 13. С помощью кнопок управления частотного преобразователя 26 выставляют заданное значение скорости 45 подачи колонкового набора 1 на искусственный забой. В момент соприкосновения буровой коронки 13 с образцом горной породы начинается процесс бурения. Данные о скорости подачи колонкового набора 1 на искусственный забой, расходе промывочной жидкости, крутящем моменте, частоте и амплитуде колебаний буровой коронки,

вибрационных колебаниях передаются на блок управления 25, где осуществляется их обработка и запись, а затем выводятся в специализированном программном обеспечении компьютера 28.

5 Продукты разрушения горной породы удаляются заборным насосом 20 через гибкий шланг в фильтрационный бак 21, в котором происходит очистка технической воды от частиц горной породы через систему фильтров. Очищенная вода нагнетается плунжерным насосом 22 в центральное отверстие колонковой трубы через вертлюг 11. По достижении глубины бурения 20 см подачу колонкового набора 1 останавливают. С помощью кнопок управления частотным преобразователем 26 меняют направление  
10 вращения барабана электрической лебедки 3. Колонковый набор 1 поднимают вверх на 10 см и отключают напряжение на обмотках шагового электродвигателя 8, останавливая вращение буровой коронки 13. Останавливают работу плунжерного насоса 22 и заборного насоса 20.

По окончании эксперимента колонковый набор 1 занимает исходное положение.  
15 Осуществляют проверку работоспособности всех систем и датчиков.

Определение оптимальных режимных параметров бурения горной породы достигается за счет применения в конструкции станда шагового электродвигателя, реализующего возвратно-вращательное движение буровой коронки, датчика расхода жидкости, тензометрических датчиков крутящего момента, электрической лебедки,  
20 реализующей подачу колонкового набора на забой, нагрузочной секции, что позволяет путем проведения экспериментов, моделирующих процесс разрушения горной породы возвратно-вращательным способом, подобрать оптимальные значения частоты и амплитуды колебаний буровой коронки с учетом физико-механических свойств конкретной породы. Достоверность результатов эксперимента обеспечена  
25 возможностью проведения полнофакторных серий экспериментальных исследований.

#### (57) Формула изобретения

Стенд для исследования процесса разрушения горных пород возвратно-вращательным способом, включающий колонковый набор, кабельный замок которого с возможностью  
30 съема связан с электрической лебедкой через грузонесущий кабель, проходящий через шкив, который установлен на верхней части трехгранной вышки, при этом кабельный замок с возможностью съема связан с корпусом нагрузочной секции, которая с возможностью съема связана с корпусом шагового электродвигателя, который с возможностью съема связан с корпусом механической секции, на конце выходного вала  
35 которой установлен переходник, который связан с валом вертлюга, выходной вал вертлюга с возможностью съема связан с хвостовиком колонковой трубы, которая жестко соединена с буровой коронкой, при этом в корпусе колонковой трубы выполнено отверстие, в которое установлен датчик вибрационных колебаний, датчик линейного перемещения, жестко закрепленный на нижней поверхности верхней части трехгранной  
40 вышки, подвижную и неподвижную емкости, при этом на внутренних стенках в нижней части неподвижной емкости с возможностью съема установлены тензометрические датчики крутящего момента, при этом свободный торец датчиков крутящего момента установлен с возможностью съема в креплении неподвижной емкости, а нагружаемый торец датчиков крутящего момента установлен в креплении подвижной емкости,  
45 плунжерный насос и заборный насос, соединенный с фильтрационным баком через гибкий шланг, штуцер которого соединен гибким шлангом с входным патрубком плунжерного насоса, который через гибкий шланг соединен с датчиком расхода жидкости, который через гибкий шланг связан с входным патрубком вертлюга, причем

вал плунжерного насоса механически связан с валом приводного электродвигателя, электрическая лебедка электрически связана с частотным преобразователем, который электрически связан с щитом электроснабжения, приводной электродвигатель  
5 электрически связан с частотным преобразователем, при этом датчик вибрационных колебаний, тензометрические датчики крутящего момента, датчик расхода жидкости и датчик линейного перемещения электрически связаны с входами блока управления, информационные входы и выходы которого связаны с информационными входами и выходами компьютера.

10

15

20

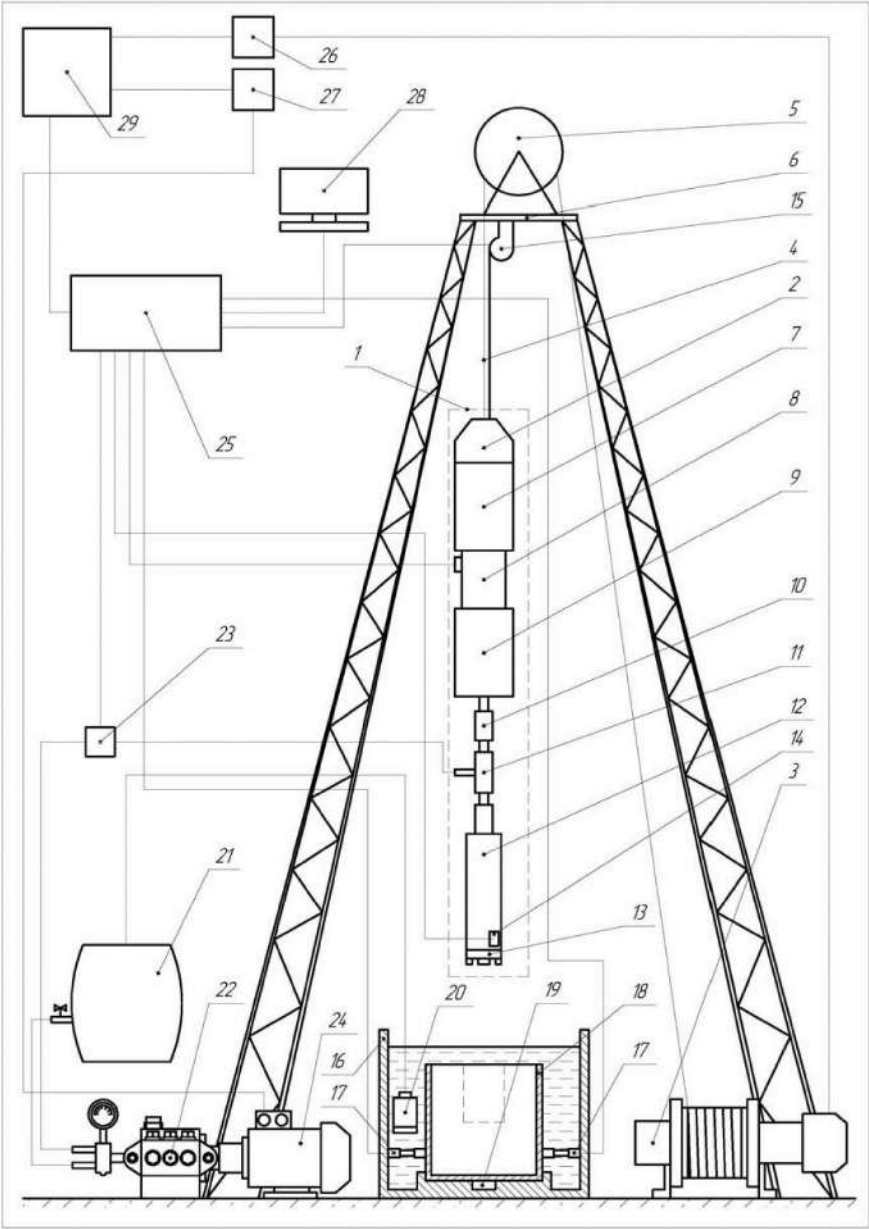
25

30

35

40

45



Фиг. 1