

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2850145

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

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

Авторы: *Кутузов Павел Андреевич (RU), Двойников Михаил Владимирович (RU)*

Заявка № 2025107717

Приоритет изобретения 17 декабря 2024 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 05 ноября 2025 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 17 декабря 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

E21B 47/007 (2025.08); G01N 3/08 (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025107717, 17.12.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2024Дата регистрации:
05.11.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.12.2024

(45) Опубликовано: 05.11.2025 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Кутузов Павел Андреевич (RU),
Двойников Михаил Владимирович (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

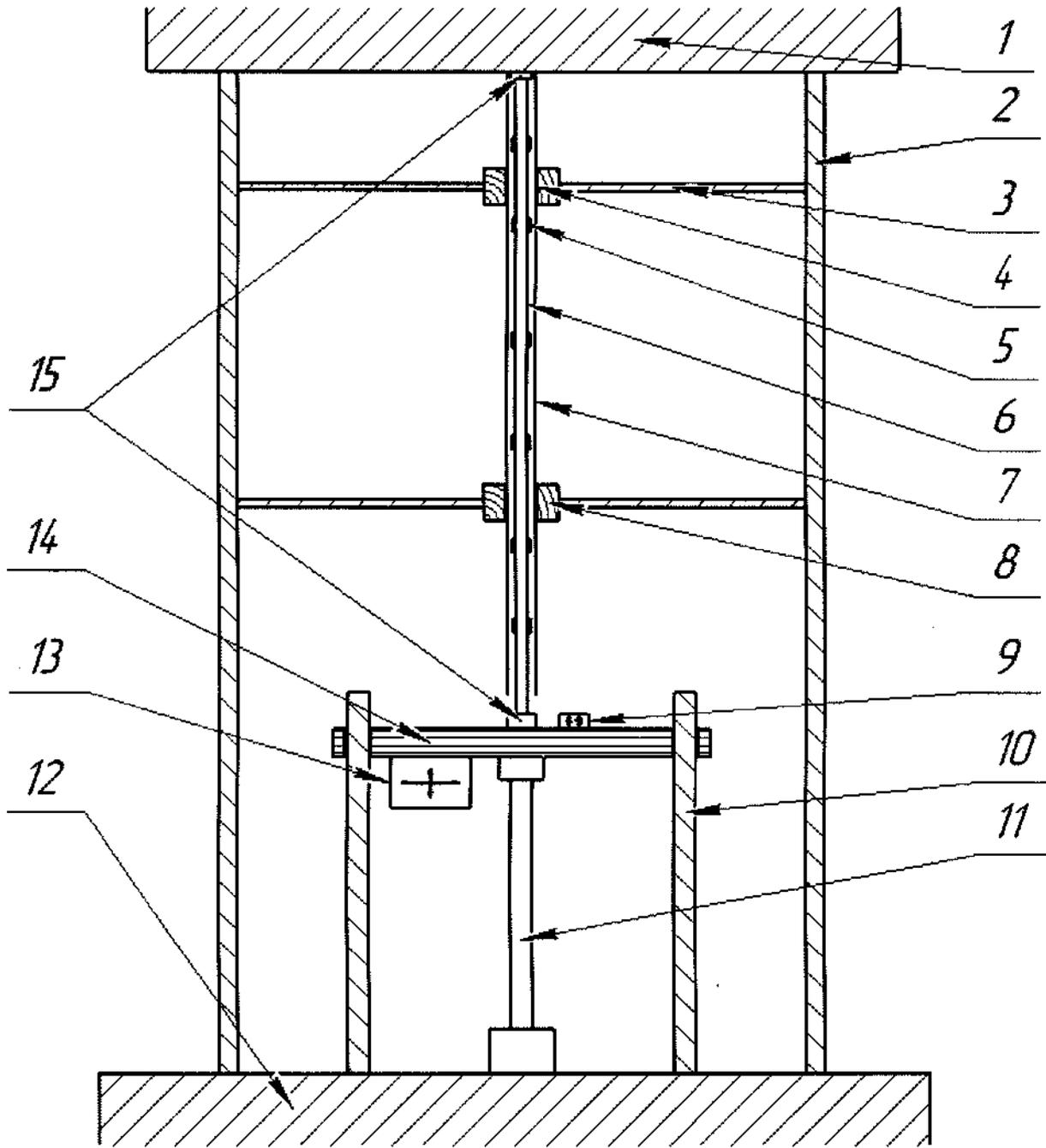
о поиске: CN 204419159 U, 24.06.2015. CN
204457738 U, 08.07.2015. RU 151455 U1,
10.04.2015. RU 2572402 C1, 10.01.2016. CN
101025083 B, 09.05.2012. RU 2180740 C2,
20.03.2002.

(54) ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области исследования внутрискважинных операций, а именно к лабораторным установкам, и может быть использовано для научных исследований деформации продольного изгиба модели бурильной колонны, в том числе при воздействии вибрации, и для демонстрации изгиба колонны в учебных целях. Предложена лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях, включающая ствол скважины, бурильную колонну, электрический привод с выдвижным штоком, тензодатчики, вибровозбудитель. Причем установка включает каркас, жестко соединенный с основанием, сверху которого установлена крыша. Ствол скважины соединен с каркасом ребрами жесткости, а бурильная колонна установлена внутри ствола скважины, причем в основании жестко и вертикально зафиксированы направляющие, в которые вставлена платформа, установленная на

электропривод с выдвижным штоком. Тензодатчики с фиксатором бурильной колонны жестко зафиксированы на нижней поверхности крыши и на верхней поверхности платформы, а бурильная колонна уперта в тензодатчики, выходы которых соединены со входом персонального компьютера. На нижней поверхности платформы закреплен вибровозбудитель, а с обратной стороны от вибровозбудителя на верхней поверхности платформы рядом с тензодатчиком с фиксатором бурильной колонны установлен многофункциональный датчик акселерометр-инклинометр, выход которого соединен со входом персонального компьютера с возможностью передачи информации через беспроводную сеть. Техническим результатом является расширение функциональных возможностей исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях. 2 ил.



Фиг.1

RU 2850145 C1

RU 2850145 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 47/007 (2012.01)
G01N 3/08 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 47/007 (2025.08); G01N 3/08 (2025.08)

(21)(22) Application: **2025107717, 17.12.2024**

(24) Effective date for property rights:
17.12.2024

Registration date:
05.11.2025

Priority:

(22) Date of filing: **17.12.2024**

(45) Date of publication: **05.11.2025** Bull. № 31

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO "SPGU", Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Kutuzov Pavel Andreevich (RU),
Dvojnikov Mikhail Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet imperatritsy Ekateriny II" (RU)**

(54) **LABORATORY SETUP FOR STUDYING LONGITUDINAL BENDING OF DRILLING COLUMN UNDER DYNAMIC CONDITIONS**

(57) Abstract:

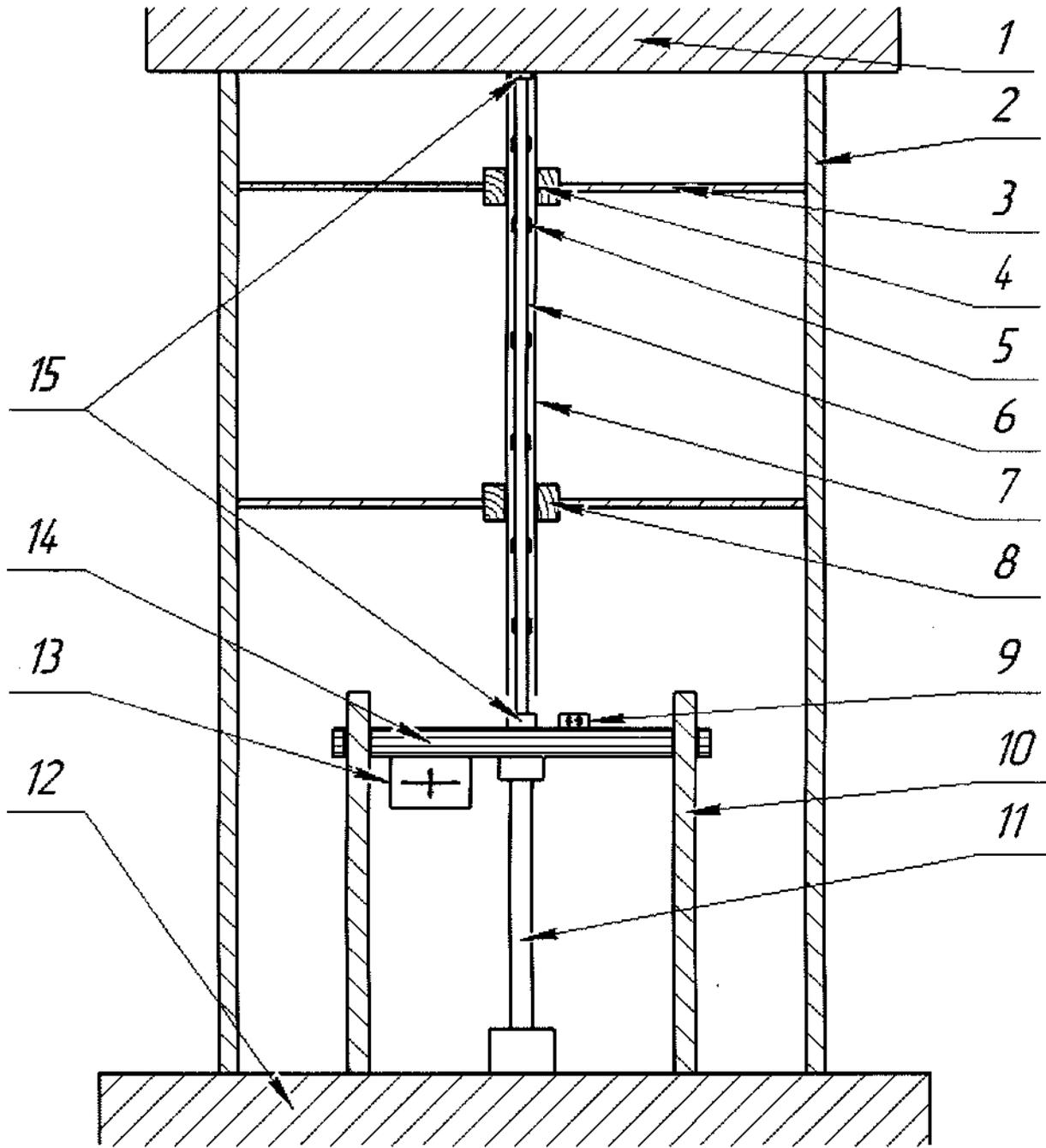
FIELD: laboratory installations.

SUBSTANCE: invention relates to the field of downhole operations and can be used for scientific research into the longitudinal bending deformation of a drill string model, including under the influence of vibration, and for demonstrating column bending for educational purposes. A laboratory setup is proposed for studying the longitudinal bending of a drill string under dynamic conditions, including a wellbore, a drill string, an electric drive with an extendable rod, strain gauges, and a vibration exciter. The setup includes a frame rigidly connected to the base, on top of which a roof is installed. The wellbore is connected to the frame by stiffeners, and the drill string is installed inside the wellbore, with guides rigidly and vertically fixed in the base, into which a platform mounted on an electric drive with an extendable rod is inserted. Strain gauges with

a drill string lock are rigidly fixed to the lower surface of the roof and the upper surface of the platform, and the drill string is pressed against the strain gauges, the outputs of which are connected to the input of a personal computer. A vibration exciter is fixed to the lower surface of the platform, and on the reverse side of the vibration exciter, on the upper surface of the platform, next to the strain gauge with a drill string clamp, a multifunctional accelerometer-inclinometer sensor is installed, the output of which is connected to the input of a personal computer with the ability to transmit information via a wireless network.

EFFECT: expansion of the functional capabilities of longitudinal bending testing of drill pipes under dynamic conditions.

1 cl, 2 dwg



Фиг.1

RU 2850145 C1

RU 2850145 C1

Изобретение относится к области исследования внутрискважинных операций, а именно к лабораторным установкам, и может быть использовано для научных исследований деформации продольного изгиба модели бурильной колонны, в том числе при воздействии вибрации, и для демонстрации изгиба колонны в учебных целях.

5 Известна установка для испытания на продольный изгиб (патент RU № 2180740, опубл. 20.03.2002), снабженная плитой с двумя направляющими, на которых установлены две траверсы. В качестве силового возбудителя используется свинцовая дробь, поступающая из верхней емкости, расположенной на верхней траверсе, через окно с затвором, управляемым электромагнитом. В цепь питания электромагнита включен
10 микровыключатель, который разрывает цепь питания при опускании приемной емкости с силовым возбудителем до достижения критического значения продольной нагрузки для образца.

Недостатком данной лабораторной установки является использование свинцовой дроби в качестве нагрузителя, что усложняет и удлиняет процесс нагружения
15 испытуемого образца и не позволяет автоматически разгружать образец после деформации, а также усложняет и делает менее точным процесс измерения критической нагрузки.

Известен учебный прибор для определения критической силы сжатого стержня (авторское свидетельство SU № 599280, опубл. 25.03.1978), содержащий нагружающее
20 устройство с фланцем, силоизмерительное и зажимные устройства, включающие болты. Каждое зажимное устройство выполнено в виде двух фланцев с отверстиями под болты, один из фланцев предназначен для крепления образца и имеет гнездо, расположенное на оси приложения нагрузки, а другой для крепления к фланцу нагружающего устройства и имеет выступ, взаимодействующий с гнездом. Установка обладает ограничителями
25 продольного изгиба, установленными на стойках.

Недостатками данной лабораторной установки являются расположение ограничителей в одной плоскости, что не позволяет моделировать спиральный продольный изгиб бурильной колонны, а также нагрузитель ручного действия, что усложняет и удлиняет процесс нагружения испытуемого образца.

30 Известна лабораторная установка для изучения явления потери устойчивости (Tan X.C., Forsman B. Buckling of slender string in cylindrical tube under axial load: Experiments and theoretical analysis. Exp. Mech. 1995. Vol. 35, № 1. P. 55–60), смонтированная в вертикальной раме с тремя колоннами. В данной лабораторной установке оба конца 3-метровой
35 стальной колонны диаметром 3 или 7 мм зажаты в прозрачной трубке с внутренним диаметром 30 мм, а два зажима закреплены в центре верхней и нижней стальных пластин. Верхняя пластина фиксируется на раме, а нижняя пластина расположена на тензодатчике. Осевая нагрузка прикладывается к нижнему концу с использованием портативного гидравлического насоса. Упорный подшипник между нижней пластиной и тензодатчиком устраняет крутящий момент, возникающий при приложении осевой
40 нагрузки, чтобы колонна испытывала только осевую нагрузку. Датчик перемещения, способный измерять перемещение до 20 мм, закреплен на раме, и его головка касается нижней пластины.

Недостатками данной лабораторной установки являются использование тензодатчика только на одном конце колонны, что приводит к снижению точности анализа
45 распределения осевой нагрузки вдоль испытуемого образца; использование фиксированного коэффициента трения между скважиной и испытуемым образцом, что затрудняет точное моделирование различных условий работы бурильных колонн.

Известна лабораторная установка для изучения явления потери устойчивости в

наклонных участках (Kuru E., Martinez A., Miska S. The buckling behavior of pipes and its influence on the axial force transfer in directional wells. SPE/IADC Drilling Conference, 1999. 52840). Данная лабораторная установка включает в себя акриловую трубу с внутренним диаметром 50,8 мм, состоящая из вертикального, искривленного и горизонтального
5 участков либо только из одного горизонтального участка. Для моделирования бурильной колонны используются стальные колонны с внешним диаметром 6,35 мм и 9,525 мм. Установка включает два тензодатчика, установленных на обоих концах стальных трубок, что позволяет измерять распределение осевой нагрузки по длине испытательного образца.

10 Недостатками данной лабораторной установки является большой диаметр ограничивающей изгиб трубки и малый диаметр испытываемых стальных колонн, что не соответствует принципам геометрического подобия, использование фиксированного коэффициента трения между скважиной и испытываемым образцом, что затрудняет точное моделирование различных условий работы бурильных колонн.

15 Известна лабораторная установка для исследования влияния эффектов сил трения и кривизны ствола скважины на потерю устойчивости (McCann, R.C., P.V.R. Suryanarayana. Experimental Study Of Curvature And Frictional Effects On Buckling. Offshore Technology Conference, Houston, Texas, May 1994), принятая за прототип, включающая акриловую прозрачную трубу, внутри которой размещается образец стержня, имитирующего
20 бурильную колонну. Один конец стержня фиксируется на шарнирной опоре, соединенной с тензодатчиком, измеряющим осевую нагрузку на нижний конец стержня. Верхний конец стержня также фиксирован и соединен с тензодатчиком, а также дистанционно управляемым линейным актуатором, который прикладывает осевую нагрузку. Установка оборудована датчиком перемещения, измеряющим смещение верхнего конца
25 стержня, и системой сбора данных, фиксирующей показатели нагрузки и перемещения. Регулируемые опоры поддерживают акриловую трубу и позволяют изменять её положение, создавая желаемую кривизну. Для уменьшения трения между трубой и стержнем используется вибрационное устройство, придающее акриловой трубе мало амплитудные высокочастотные колебания.

30 Недостатками данной лабораторной установки являются использование вибрационного устройства для моделирования влияния эффекта трения, так как вибрации также могут влиять на процесс формирования продольного изгиба и, соответственно, снижать точность получаемых результатов эксперимента, приложение
35 вибрации не к бурильной колонне, а к внешней трубке, что не позволяет моделировать вибрации непосредственно от бурильной колонны в процессе бурения скважины.

Техническим результатом является расширение функциональных возможностей исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях.

Технический результат достигается тем, что установка включает каркас, жестко
40 соединенный с основанием, сверху которого установлена крыша, причем ствол скважины соединен с каркасом ребрами жесткости, а бурильная колонна установлена внутри ствола скважины, причем в основании жестко и вертикально зафиксированы направляющие, в которые вставлена платформа, установленная на электропривод с выдвигаемым штоком, причем тензодатчики с фиксатором бурильной колонны жестко
45 зафиксированы на нижней поверхности крыши и на верхней поверхности платформы, а бурильная колонна уперта в тензодатчики, выходы которых соединены со входом персонального компьютера, причем на нижней поверхности платформы закреплен вибровозбудитель, а с обратной стороны от вибровозбудителя на верхней поверхности платформы рядом с тензодатчиком с фиксатором бурильной колонны установлен

многофункциональный датчик акселерометр-инклинометр, выход которого соединен со входом персонального компьютера с возможностью передачи информации через беспроводную сеть, при этом вдоль бурильной колонны закреплены кольца.

Лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 – общий вид лабораторной установки;
фиг. 2 – узел лабораторной установки укрупненный;

- 1 – крыша
- 2 – каркас
- 10 3 – ребро жесткости
- 4 – прокладка
- 5 – кольцо
- 6 – бурильная колонна
- 7 – ствол скважины
- 15 8 – зажим
- 9 – многофункциональный датчик акселерометр-инклинометр
- 10 – направляющие
- 11 – электропривод с выдвижным штоком
- 12 – основание
- 20 13 – вибровозбудитель
- 14 – платформа
- 15 – тензодатчик с фиксатором бурильной колонны

Лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях состоит из следующих элементов. Каркас 2 (фиг. 1) жестко соединен с основанием 12. Сверху на каркас 2 установлена крыша 1. Направляющие 10 и электропривод с выдвижным штоком 11 жестко и вертикально зафиксированы в основании 12. Платформа 14 вставлена в направляющие 10 и установлена на электропривод с выдвижным штоком 11. К электроприводу с выдвижным штоком 11 подведен электрический кабель от электрической сети (не показан на фигурах). На нижней поверхности платформы 14 закреплен вибровозбудитель 13. На верхней поверхности в центре платформы 14 жестко зафиксирован тензодатчик с фиксатором бурильной колонны 15. Выход тензодатчика с фиксатором бурильной колонны 15 соединен через информационный кабель и питающий кабель с возможностью соединения со входом персонального компьютера (не показаны на фигурах). С обратной стороны от вибровозбудителя 13 на верхней поверхности платформы 14 рядом с тензодатчиком с фиксатором бурильной колонны 15 установлен многофункциональный датчик акселерометр-инклинометр 9. Выход акселерометр-инклинометра 9 соединен с входом персонального компьютера (на фигуре не показан) с возможностью передачи информации через беспроводную сеть. Тензодатчик с фиксатором бурильной колонны 15 жестко зафиксирован и на нижней поверхности крыши 1. Ствол скважины 7 соединен с каркасом 2 ребрами жесткости 3. Зажимы 8 закреплены на концах ребер жесткости 3. Между зажимом 8 и стволом скважины 7 помещена прокладка 4, выполненная из эластичного материала, например, из резины. Внутри ствола скважины 7 установлена бурильная колонна 6, которая выполнена в форме стержня или прутка из латуни, алюминия или стали. Бурильная колонна 6 уперта в тензодатчики с фиксаторами бурильной колонны 15. Вдоль бурильной колонны 6 закреплены кольца 5.

В зависимости от задач эксперимента и необходимости моделирования утолщений на бурильной колонне и влияния сил трения на ее поведение в процессе деформирования,

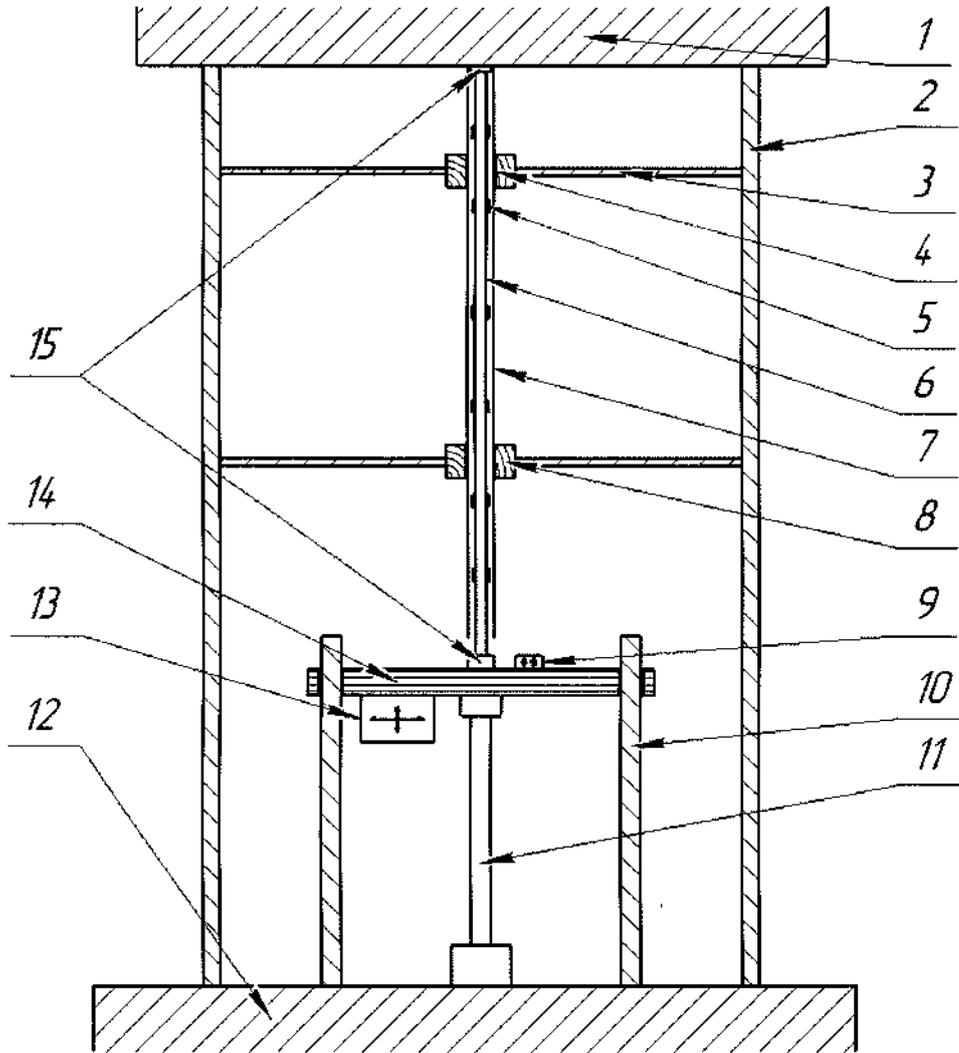
устанавливаются кольца 5. Кольца могут быть выполнены из различных материалов для воспроизведения определенных условий трения в паре контакта «кольцо-ствол скважины». Бурильная колонна 6 помещается в прозрачный ствол скважины 7, который фиксируется зажимами 8, расположенными на концах ребер жесткости 3. Фиксация зажимами 8 предотвращает упругую деформацию ствола скважины при последующем продольном изгибе бурильной колонны. Для предотвращения разрушения хрупкого материала ствола скважины 7 между зажимами 8 и стволом скважины устанавливаются прокладки 4 из эластичного материала. Бурильная колонна 6 устанавливается в фиксаторах тензодатчиков 15, установленных на платформе 14 и крыше 1 лабораторной установки. Далее на бурильную колонну 6 прикладывается осевая нагрузка, создаваемая сжатием платформой 14, перемещаемой по направляющим 10. Сжатие осуществляется за счет выдвижения штока электропривода 11, рассчитанного на нагрузку в проводимом эксперименте. Сжатие продолжается до достижения требуемого состояния деформации бурильной колонны, которое отслеживается визуально через прозрачный ствол скважины 7. При моделировании деформации колонны в динамических условиях дополнительно прикладывается осевое и поперечное вибрационное воздействие, генерируемое вибровозбудителем 13 и передаваемое через платформу 14. Сила, приложенная к бурильной колонне, измеряется тензодатчиками с фиксаторами бурильной колонны 15. Уровень вибрационного воздействия, а также положение платформы 14 контролируются с использованием многофункционального датчика акселерометра-инклинометра 9, информация с выхода которого передается на вход персонального компьютера по беспроводной сети.

Расширение функциональных возможностей лабораторной установки достигается за счет использования вибровозбудителя с контролем уровня вибрационного воздействия датчиком акселерометром-инклинометром, что приводит к более точному моделированию процесса продольного изгиба бурильной колонны при бурении.

(57) Формула изобретения

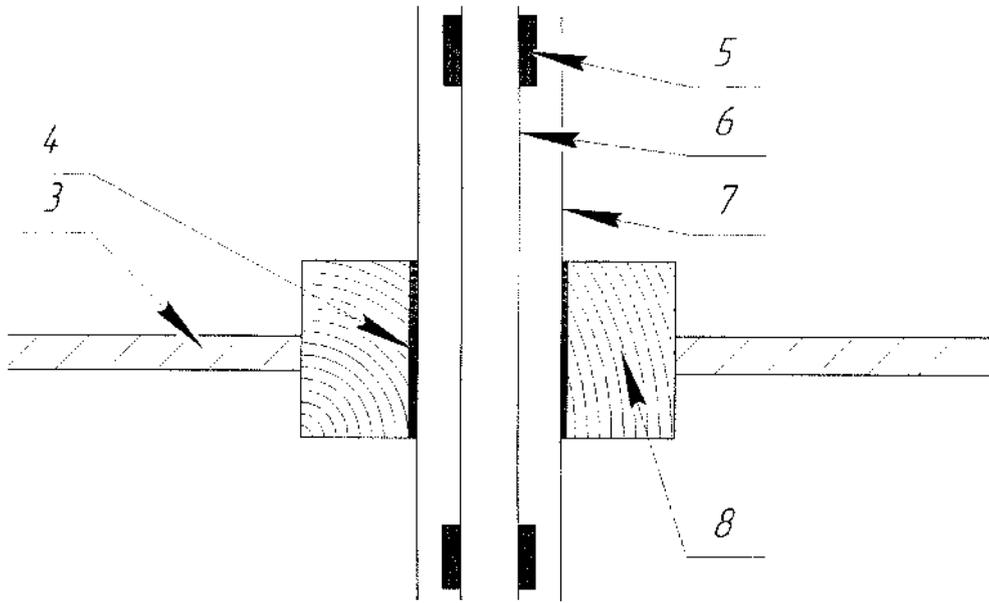
Лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях, включающая ствол скважины, бурильную колонну, электрический привод с выдвижным штоком, тензодатчики, вибровозбудитель, отличающаяся тем, что установка включает каркас, жестко соединенный с основанием, сверху которого установлена крыша, причем ствол скважины соединен с каркасом ребрами жесткости, а бурильная колонна установлена внутри ствола скважины, причем в основании жестко и вертикально зафиксированы направляющие, в которые вставлена платформа, установленная на электропривод с выдвижным штоком, причем тензодатчики с фиксатором бурильной колонны жестко зафиксированы на нижней поверхности крыши и на верхней поверхности платформы, а бурильная колонна уперта в тензодатчики, выходы которых соединены со входом персонального компьютера, причем на нижней поверхности платформы закреплен вибровозбудитель, а с обратной стороны от вибровозбудителя на верхней поверхности платформы рядом с тензодатчиком с фиксатором бурильной колонны установлен многофункциональный датчик акселерометр-инклинометр, выход которого соединен со входом персонального компьютера с возможностью передачи информации через беспроводную сеть, при этом вдоль бурильной колонны закреплены кольца.

1



Фиг.1

2



Фиг. 2