

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202490620** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.06.06

(22) Дата подачи заявки
2022.08.31

(51) Int. Cl. **G01B 7/12** (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)
G01B 5/00 (2006.01)
G01P 15/18 (2013.01)
G01P 17/00 (2006.01)

(54) ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДЕНДРОМЕТРЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ

(31) **63/239,804; 63/394,923**

(32) **2021.09.01; 2022.08.03**

(33) **US**

(86) **PCT/US2022/042152**

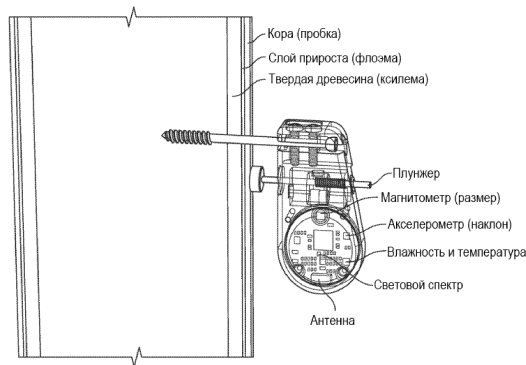
(87) **WO 2023/034380 2023.03.09**

(71) Заявитель:
ЭПЛЭНТ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Хайн Роджер Джордж, Хайн Грэхем
Ланкастер, Ри Кевин Хью, Уолкер
Дэвид Б., Кисоу Ш Курт А.Ф., Деллор
Эван Т. (US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) В настоящем документе описаны датчики, системы и способы измерения размера растения, например размера части растения, такой как стебель, ствол, плод, лоза растения и т.д., и/или других характеристик части растения. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит два или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности. Любой из датчиков, описанных в настоящем документе, может передавать данные на мобильное устройство или сервер, чтобы информировать пользователей о состоянии здоровья растения и/или отображать возможность подключения беспроводной сети датчиков.



**202490620
A1**

202490620

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-580683EA/030

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДЕНДРОМЕТРЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[1] Настоящая заявка испрашивает приоритет по предварительной заявке на патент США № 63/239804, поданной 1 сентября 2021 г. и предварительной заявке на патент США № 63/394923, поданной 3 августа 2022 г., описание каждой из которых полностью включено в настоящий документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[2] Настоящее изобретение в целом относится к контролю роста и/или других характеристик растений и/или частей растений.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[3] Дендрометры применяются для измерения размеров частей растения, обычно стебля, ствола или плода. В первую очередь они были инструментом исследования, но из-за богатства информации, которую можно получить в результате этих измерений, они начинают регулярно применяться фермерами.

[4] Распространены два типа дендрометров: ленточные дендрометры и точечные дендрометры. Ленточные дендрометры измеряют окружность стебля/ствола растения - обычно дерева - и могут представлять собой простые ленты без электроники, которые просматриваются человеком, смотрящим на шкалу или применяющим штангенциркуль или другой прибор для измерения изменения положений концов ленты с течением времени. Другие ленточные дендрометры представляют собой электронный прибор для автоматического измерения движения ленты и передачи этих данных в электронный регистратор данных. Точечные дендрометры обычно закрепляются в относительно неподвижной, относительно мертвой ксилеме или древесной ткани дерева и в них применяется точный линейный датчик, такой как линейно-регулируемый дифференциальный трансформатор (LVDT - англ.: linear variable differential transformer), для измерения толщины живой ткани под корой.

[5] Эти низкотехнологичные дендрометры предоставляют скудные данные и требуют значительных усилий и внимания для контроля. Таким образом, существует необходимость в усовершенствованных дендрометрах, *например*, для измерения роста растения с течением времени, в том числе в реальном времени. Такие дендрометры позволяют осуществлять как краткосрочный, так и долгосрочный контроль роста растения и могут взаимодействовать с другими устройствами (например, мобильными устройствами, включая смартфоны), обеспечивая, таким образом, разнообразные данные о росте растения для различных пользователей с помощью недорогого и простого в изготовлении устройства.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[6] В настоящем документе, *среди прочего*, предложены «интеллектуальные»

дендрометры, которые позволяют фермерам, садоводам, ландшафтным дизайнерам, муниципальным управляющим, управляющим земельными ресурсами, управляющим лесным хозяйством или любому другому специалисту контролировать рост растения в течение коротких и длительных периодов времени. Эти устройства могут показать изменение размера растения, которое может произойти из-за движения сока, а также рост в течение дня, часа или даже нескольких секунд или минут. В течение длительного времени эти устройства могут предоставлять данные о состоянии здоровья растения и необходимости вмешательства. Эти устройства, недорогие в изготовлении, могут устанавливаться на длительные периоды времени без технического обслуживания, могут быть герметичными в течение срока службы устройства, не требуют замены батарей в течение срока службы устройства и могут предоставлять разнообразные данные в реальном времени об изменениях размеров (с разрешением до микрона), а также о температуре, влажности, освещенности и т. д. Кроме того, как описано в настоящем документе, они могут быть установлены на различных типах и частях растений.

[7] Чтобы достичь этих целей и сделать их возможными для широкого применения, в настоящем документе предложены устройства, которые имеют очень низкую стоимость и могут точно измерять диаметры частей растений в широком разнообразии растений разных размеров. Эти устройства также могут передавать данные на мобильное устройство, сервер или другую компьютерную систему (*например*, беспроводным способом, напрямую или через сеть/сервер), что делает доступ к данным простым, и это осуществляется таким способом, который может быть применен просто для принятия решений или как часть автоматической системы управления орошением или удобрением.

[8] В некоторых аспектах в настоящем документе предложены датчики для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, содержащие: одно или более креплений, выполненных с возможностью размещения в части растения или вокруг нее; два или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из дендрометра, акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности; процессор; и источник питания.

[9] В некоторых вариантах осуществления процессор содержит печатную плату (PCB - англ.: printed circuit board). В некоторых вариантах осуществления один или оба из двух или более компонентов прикреплены к PCB. В некоторых вариантах осуществления все из двух или более компонентов прикреплены к PCB. В некоторых вариантах осуществления PCB содержит композитный материал на основе эпоксидной смолы и стекловолокна.

[10] В некоторых вариантах осуществления источник питания содержит батарею. В некоторых вариантах осуществления батарея представляет собой плоскую круглую батарею. В некоторых вариантах осуществления батарея прикреплена к PCB. В некоторых вариантах осуществления источник питания содержит солнечную панель. В некоторых вариантах осуществления источник питания содержит встроенную солнечную панель, гибридный конденсатор и литиевую батарею. В некоторых вариантах осуществления

солнечная панель прикреплена к РСВ.

[11] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит корпус, *например*, который окружает по меньшей мере процессор и источник питания. В некоторых вариантах осуществления корпус представляет собой или содержит пластик, *например*, формованный пластик. В некоторых вариантах осуществления корпус представляет собой или содержит полимерную смолу. В некоторых вариантах осуществления пластик или полимерная смола заполнены стеклом. В некоторых вариантах осуществления пластик или полимерная смола содержат от 10 до 40% стекла, *например*, около 30% стекла. В некоторых вариантах осуществления процессор и магнитометр заключены в герметичный корпус, полученный многокомпонентным литьем, содержащий уплотнительное кольцо. В некоторых вариантах осуществления корпус, полученный многокомпонентным литьем, содержит съемную крышку, закрывающую батарею. В некоторых вариантах осуществления корпус представляет собой единый элемент из пластика, полученного многокомпонентным литьем, в котором отсутствуют уплотнение, стык или крепление.

[12] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр. В некоторых вариантах осуществления дендрометр содержит: плунжер с крышкой и валом, причем крышка выполнена с возможностью размещения напротив части растения, причем плунжер выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении пропорционально изменению размера растения, когда крышка размещена напротив части растения; магнит, прикрепленный к валу или внутри него, причем магнит выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении вместе с плунжером; и магнитометр, выполненный с возможностью обнаружения положения магнита. В некоторых вариантах осуществления магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости. В некоторых вариантах осуществления магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита с микронным разрешением. В некоторых вариантах осуществления магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита вдоль нескольких осей, *например*, вдоль радиальной оси. В некоторых вариантах осуществления магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита с помощью логометрического измерения.

[13] В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения изменения диаметра или радиуса части растения. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения несколько раз в день или с интервалом 15 минут, 5 минут, 5 секунд, от 5 секунд до 1 часа или от 5 секунд до 15 минут. В некоторых вариантах осуществления магнит представляет собой неодимовый магнит. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит РСВ, причем магнитометр прикреплен к РСВ.

[14] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит акселерометр. В некоторых вариантах осуществления акселерометр представляет собой 3-осевой акселерометр. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит РСВ, и акселерометр прикреплен к РСВ. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит

датчик освещенности. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит РСВ, и датчик освещенности прикреплен к РСВ. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит датчик влажности. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит РСВ, причем датчик влажности прикреплен к РСВ. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит датчик температуры воздуха. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит РСВ, причем датчик температуры воздуха прикреплен к РСВ.

[15] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр и одно или более из акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр, акселерометр, датчик температуры воздуха, датчик влажности и датчик освещенности.

[16] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит передатчик или приемопередатчик. В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth, *например*, радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE - англ.: Bluetooth Low Energy). В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой приемопередатчик дальнего радиуса действия (LoRa - англ.: Long Range). В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой приемопередатчик малого радиуса действия (NFC - англ.: Near Field Communication). В некоторых вариантах осуществления передатчик прикреплен к РСВ.

[17] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат винт, резьбовой стержень или гвоздь, и причем винт, резьбовой стержень или гвоздь выполнены с возможностью размещения внутри части растения и крепления датчика к части растения. В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат один или более изогнутых рычагов, причем изогнутые рычаги выполнены с возможностью расположения вокруг части растения. В некоторых вариантах осуществления изобретения одно или более креплений содержат два изогнутых рычага, расположенных в форме буквы «U» или «V». В некоторых вариантах осуществления изобретения изогнутые рычаги выполнены с возможностью расположения вокруг части растения напротив крышки плунжера. В некоторых вариантах осуществления изобретения одно или более креплений дополнительно содержат эластичную ленту, выполненную с возможностью обертывания вокруг датчика и части растения. В некоторых вариантах осуществления винт, резьбовой стержень или гвоздь содержат нержавеющей сталь, латунь, алюминий или титан. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг винта между датчиком и частью растения. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит вторую гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг винта на поверхности датчика, удаленной от части растения. В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат винт, имеющий первый конец и второй конец, при этом датчик дополнительно содержит ограничивающий сжатие элемент, имеющий первое отверстие и второе отверстие, и невыпадающий винт; причем первый конец винта выполнен с

возможностью размещения внутри части растения и крепления датчика к части растения; первое отверстие ограничивающего сжатие элемента выполнено с возможностью приема второго конца винта; второе отверстие ограничивающего сжатие элемента выполнено с возможностью приема невыпадающего винта. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит стопорное кольцо, выполненное с возможностью расположения вокруг невыпадающего винта. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит первую гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг резьбового стержня между частью растения и датчиком, и вторую гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг резьбового стержня рядом с датчиком и на удалении от части растения. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит полый затвор, расположенный вокруг вала плунжера. В некоторых вариантах осуществления крышка плунжера дополнительно содержит карданный шарнир. В некоторых вариантах осуществления крышка плунжера представляет собой или содержит формованный пластик. В некоторых вариантах осуществления крышка плунжера имеет толщину менее около 3 мм. В некоторых вариантах осуществления крышка плунжера выполнена с возможностью контакта с частью растения на площади поверхности от около 10 мм² до около 100 мм². В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит пружину, расположенную вокруг плунжера или прикрепленную к нему. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит ушко, прикрепленное к валу плунжера напротив крышки плунжера. В некоторых вариантах осуществления вал плунжера содержит алюминий или нержавеющую сталь. В некоторых вариантах осуществления вал плунжера представляет собой частично или полностью полый цилиндр, а магнит представляет собой цилиндрический магнит, расположенный внутри вала плунжера.

[18] В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой дерево или древесное растение. В некоторых вариантах осуществления часть растения представляет собой стебель, ствол, штамп или ветвь. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой спелое дерево. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой цитрусовое растение, оливковое дерево, орех, дерево какао, дуб, сосну, красное дерево, земляничное дерево или клен. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой лозу. В некоторых вариантах осуществления часть растения представляет собой ствол, побег, ветвь, тростник, плод или стебель. В некоторых вариантах осуществления лоза представляет собой виноградную лозу.

[19] В некоторых аспектах в настоящем документе предложены датчики для измерения размера части растения, содержащие: а) одно или более креплений, выполненных с возможностью размещения вокруг части растения, при этом одно или более креплений содержат поворотный элемент, и поворотный элемент выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера растения при размещении вокруг части растения; б) магнит, при этом магнит выполнен с возможностью поворота в соответствии с поворотным элементом; в) датчик поворота, выполненный с возможностью

обнаружения поворота магнита; d) процессор; e) источник питания.

[20] В некоторых вариантах осуществления согласно любому из описанных в настоящем документе вариантов осуществления магнит выполнен так, что ось полюсов север-юг магнита перпендикулярна оси поворота поворотного элемента. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота представляет собой датчик Холла. В некоторых вариантах осуществления датчик Холла расположен таким образом, что ось Z датчика Холла параллельна оси поворота поворотного элемента. В некоторых вариантах осуществления степень поворота поворотного элемента линейна по отношению к размеру части растения с постоянным коэффициентом. В некоторых вариантах осуществления постоянный коэффициент составляет около 10 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения. В некоторых вариантах осуществления постоянный коэффициент является постоянным в динамическом диапазоне размера части растения. В некоторых вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до 24 мм в диаметре.

[21] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат по меньшей мере первый неподвижный рычаг, имеющий основание, и поворотный рычаг, имеющий основание, причем магнит расположен внутри поворотного рычага, при этом изменение размера части растения вызывает поворот поворотного рычага. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере первый неподвижный рычаг и поворотный рычаг изогнуты. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере первый неподвижный рычаг и поворотный рычаг изогнуты в противоположных направлениях. В некоторых вариантах осуществления часть растения контактирует с тремя линиями контакта, причем первая линия находится на первом неподвижном рычаге, вторая линия находится на поворотном рычаге и третья линия находится на датчике напротив первой и/или второй линии(-й). В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит торсионную пружину, причем торсионная пружина соединена с первым неподвижным рычагом и поворотным рычагом. В некоторых вариантах осуществления основание поворотного рычага и основание первого неподвижного рычага соединены на шарнире, содержащем торсионную пружину. В некоторых вариантах осуществления положение основания первого неподвижного рычага предусматривает возможность скольжения относительно основания поворотного рычага таким образом, что скольжение основания первого неподвижного рычага на большее расстояние от основания поворотного рычага вызывает увеличение минимального диаметра, который может быть измерен датчиком, и уменьшение минимального изменения размера, которое может быть измерено датчиком. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота расположен в корпусе датчика. В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений дополнительно содержат второй неподвижный рычаг. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота расположен внутри второго неподвижного рычага.

[22] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат зажим и гибкую ленту с первым концом и вторым концом; причем первый конец

прикреплен к поворотному барабану, а магнит расположен внутри поворотного барабана; второй конец выполнен с возможностью прикрепления к датчику с помощью зажима; первый участок гибкой ленты, содержащий первый конец, выполнен с возможностью наматывания на поворотный барабан; второй участок гибкой ленты, содержащий второй конец, выполнен с возможностью наматывания на часть растения и прикрепления к датчику с помощью зажима на втором конце; и поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения. В некоторых вариантах осуществления гибкая лента содержит перфорированный материал, полиэтилентерефталатгликоль (PETG), фторированный материал, композитный материал или любую их комбинацию. В некоторых вариантах осуществления композитный материал содержит кевлар, стекловолокно или их комбинацию.

[23] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержит полосу, застежку и поворотный барабан, причем магнит расположен внутри поворотного барабана; полоса выполнена с возможностью обертывания вокруг части растения и прикреплена к датчику с помощью застежки; поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит торсионную пружину, причем торсионная пружина соединена с поворотным барабаном; и торсионная пружина прикладывает крутящий момент к поворотному барабану или его соединению с датчиком.

[24] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений содержат ремень с множеством зубцов, застежку и зубчатый шкив, причем магнит расположен внутри зубчатого шкива; ремень выполнен с возможностью обертывания вокруг части растения и крепления к датчику с помощью застежки; зубчатый шкив выполнен с возможностью сцепления с одним или более зубцами ремня и поворота пропорционально изменению размера части растения. В некоторых вариантах осуществления ремень содержит кевлар, металл, стекловолокно или их комбинации. В некоторых вариантах осуществления зубцы расположены на расстоянии около 2 мм друг от друга. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота расположен в корпусе датчика.

[25] В некоторых вариантах осуществления согласно любому из описанных в настоящем документе вариантов осуществления датчик дополнительно содержит передатчик. В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth, *например*, радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE). В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит корпус. В некоторых вариантах осуществления корпус представляет собой или содержит формованный пластик. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота, процессор и/или источник питания размещены в корпусе. В некоторых вариантах осуществления источник питания содержит батарею и/или солнечную панель. В некоторых вариантах осуществления процессор содержит печатную плату (PCB). В некоторых вариантах осуществления датчик

дополнительно содержит визуальный идентификатор. В некоторых вариантах осуществления визуальный идентификатор представляет собой QR-код или штрихкод. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит метку радиочастотной идентификации (RFID). В некоторых вариантах осуществления часть растения представляет собой стебель, штамб, побег, тростник, основную часть, ветвь, лозу, ствол или плод растения.

[26] В других аспектах в настоящем документе предложены системы для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, содержащие: датчик в соответствии с любым из описанных выше вариантов осуществления; и мобильное устройство или сервер; причем датчик соединен с мобильным устройством или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления датчик соединен с мобильным устройством или сервером посредством средства Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), средства дальнего радиуса действия (LoRa) или их комбинации. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью передачи данных, связанных с датчиком поворота, размером части растения, уровнем сигнала беспроводной связи или их комбинации, на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления система содержит множество датчиков в соответствии с любым из вышеописанных вариантов осуществления, причем каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством или сервером посредством средства Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), средства дальнего радиуса действия (LoRa) или их комбинации. В некоторых вариантах осуществления каждый датчик из множества выполнен с возможностью передачи данных, связанных с уровнем сигнала беспроводной связи, на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления мобильное устройство содержит датчик GPS. В некоторых вариантах осуществления датчик GPS выполнен с возможностью получения информации о местоположении с помощью датчика GPS и связывания информации о местоположении с датчиком из множества. В некоторых вариантах осуществления мобильное устройство содержит камеру или другой датчик изображений. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью передачи данных, связанных с одним или более из магнитометра, размера части растения, уровня сигнала беспроводной связи, акселерометра, датчика освещенности, датчика влажности, датчика температуры воздуха или их комбинации, на мобильное устройство и/или сервер. В некоторых вариантах осуществления система дополнительно содержит сервер, причем каждый датчик из множества соединен с сервером и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство.

[27] В других аспектах, в настоящем документе предложен способ отслеживания размера части растения и/или других характеристик части растения, включающий в себя: измерение размера и/или других характеристик части растения с помощью датчика согласно настоящему изобретению, при этом измерение основано по меньшей мере частично на данных, собранных компонентом(-ами) датчика. В некоторых вариантах осуществления способ включает в себя, до измерения, установку датчика на растение или часть растения, при этом одно или более креплений размещают в части растения или вокруг нее. В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает измерение размера и/или других характеристик части растения с помощью датчика согласно настоящему изобретению во второй момент времени после первого момента времени, при этом измерение размера и/или других характеристик части растения во второй момент времени основано по меньшей мере частично на данных, собранных компонентом(-ами) датчика.

[28] В других аспектах в настоящем документе предложены способы отслеживания размера части растения и/или других характеристик части растения, включающие в себя: а) в первый момент времени измерение размера части растения и/или других характеристик части растения на датчике или системе в соответствии с любым из вышеописанных вариантов осуществления; и б) во второй момент времени после первого момента времени измерение размера части растения и/или других характеристик части растения на датчике или системе. В некоторых вариантах осуществления способы включают в себя измерение размера и/или других характеристик части растения множества частей растения, *например*, с помощью системы согласно настоящему изобретению.

[29] Следует понимать, что одно, некоторые или все свойства различных вариантов осуществления, описанных в настоящем документе, могут быть объединены для формирования других вариантов осуществления настоящего изобретения. Эти и другие аспекты изобретения станут очевидными для специалиста в данной области техники. Эти и другие варианты осуществления настоящего изобретения более подробно описаны в следующем подробном описании.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[30] Настоящее изобретение может быть понято со ссылкой на следующее описание в сочетании с сопроводительными фигурами.

[31] **На фиг. 1А** изображен вид в вертикальном разрезе дендрометра с зажимом в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[32] **На фиг. 1В** изображены виды сверху дендрометра с зажимом с тремя размерами стеблей в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Точками обозначены номинальные линии контакта с цилиндрическим объектом. Три контакта обеспечивают кинематически стабильный захват при любом размере стебля в пределах определенного диапазона. Кривизна показанных рычагов обеспечивает постоянное соотношение углового перемещения рычага и изменения диаметра стебля. Десять градусов равны одному миллиметру в диапазоне диаметров стеблей от 4 миллиметров до 24 миллиметров.

Рифленый выступ для пальца позволяет легко открывать рычаги зажима одной рукой.

[33] **На фиг. 1С** изображен дендрометр с зажимом на растении.

[34] **На фиг. 2А** изображен вид в горизонтальном разрезе ленточного дендрометра в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[35] **На фиг. 2В** изображен вид в вертикальном разрезе ленточного дендрометра в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[36] **На фиг. 2С** изображен ленточный дендрометр на растении.

[37] **На фиг. 3А** изображены три вида дендрометра с полосой в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Расходящиеся опорные рычаги обхватывают небольшие стебли в V-образных секциях и переходят в изогнутые части на стволах большего диаметра. Одно устройство является устойчивым на очень широком диапазоне диаметров стеблей.

[38] **На фиг. 3В** изображен дендрометр с полосой на горшечном растении. Дополнительная полоса позволяет установить дендрометр на гораздо более крупном растении. Малый диаметр барабана обеспечивает высокую чувствительность измерений. Полоса натягивается, а затем фрикционный зажим удерживает полосу на месте. Полоса тянет устройство к растению, а V-образная опора удерживает датчик от раскачивания.

[39] **На фиг. 4А** изображены вид в перспективе и два вида в разрезе дендрометра с зубчатым ремнем в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Верхний и нижний расходящиеся V-образные рычаги обеспечивают устойчивое размещение на стебле/стволе. Поворотный зажим для легкого крепления зубчатого ремня в нужном месте. Шкив с зубцами для зацепления зубчатого ремня. Пружина сопротивляется повороту, а магнит закреплен на нижнем конце шкива над датчиком Холла на РСВ в герметичном корпусе.

[40] **На фиг. 4В** изображен дендрометр с зубчатым ремнем с зажимом в частично открытом и открытом положениях. Удерживающие зубцы зацепляют ремень для его фиксации.

[41] **На фиг. 4С** изображен дендрометр с зубчатым ремнем на дереве.

[42] **На фиг. 5** изображено изменение диаметра шести стеблей растений томата, одного стебля каучуконосного растения и одного эталонного цилиндра с применением комбинации дендрометров в исполнении с зажимом (ed) и лентой (TM). Одно растение томата было измерено с помощью двух дендрометров, причем один дендрометр был расположен непосредственно над другим на стебле (ed3 и ed4).

[43] **На фиг. 6** изображено измеренное изменение диаметра дерева хурмы Фуйю при колебании уровня воды в течение примерно трех дней. Диаметр измеряли и регистрировали каждые 30 секунд с помощью ленточного дендрометра.

[44] **На фиг. 7А** изображено измеренное изменение диаметра шести деревьев, температура воздуха и относительная влажность в течение периода измерения.

[45] **На фиг. 7В** изображено измеренное изменение температуры магнитометра, уровня заряда батареи и интенсивности освещения в течение периода измерения.

[46] **На фиг. 7С** изображено измеренное изменение оси x, оси y и оси z акселерометра в течение периода измерения.

[47] **На фиг. 8А** изображено измеренное изменение диаметра одного дерева (верхняя панель), температуры воздуха (средняя панель) и относительной влажности (нижняя панель) в течение периода измерения.

[48] **На фиг. 8В** изображено изменение температуры магнитометра (верхняя панель), уровня заряда батареи (средняя панель) и интенсивности света (нижняя панель) в течение периода измерения.

[49] **На фиг. 8С** изображено измеренное изменение оси x (верхняя панель), оси y (средняя панель) и оси z (нижняя панель) акселерометра в течение периода измерения.

[50] **На фиг. 9А** изображено устройство, измеряющее диаметр дерева. Устройство содержит плунжер, магнитометр (размер), акселерометр (наклон), антенну и компоненты, измеряющие влажность, температуру и световой спектр. Дерево содержит кору (пробка), слой прироста (флоэму) и твердую древесину (ксилему).

[51] **На фиг. 9В** изображено устройство, измеряющее диаметр дерева после увеличения его диаметра. Устройство содержит плунжер, магнитометр (размер), акселерометр (наклон), антенну и компоненты, измеряющие влажность, температуру и световой спектр. Дерево содержит кору (пробка), слой прироста (флоэму) и твердую древесину (ксилему). Стрелка указывает на боковое перемещение плунжера по мере увеличения диаметра дерева.

[52] **На фиг. 10** изображено измеренное изменение диаметра дерева липы в течение двухмесячного периода. Указаны суточный максимум (раннее утро), суточный минимум (поздний день), суточная вариация, дефицит воды в дереве (TWD - англ.: tree water deficit) и размер человеческого волоса (приблизительно 80 мкм).

[53] **На фиг. 11** изображено устройство, применяемое для измерения изменения диаметра дерева липы за двухмесячный период.

[54] **На фиг. 12А** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[55] **На фиг. 12В** изображен вид в перспективе изнутри дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[56] **На фиг. 12С** изображен вид в поперечном сечении дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[57] **На фиг. 12D** изображен вид в поперечном сечении дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[58] **На фиг. 12Е** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[59] **На фиг. 12F** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[60] **На фиг. 12G** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[61] **На фиг. 12Н** изображен вид в поперечном сечении дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[62] **На фиг. 12I** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[63] **На фиг. 12J** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[64] **На фиг. 12K** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[65] **На фиг. 12L** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[66] **На фиг. 12M** изображен вид в перспективе дендрометра для измерения диаметров лоз и других стеблей малого диаметра.

[67] **На фиг. 12N** показаны два дендрометра, измеряющие диаметры двух виноградных лоз.

[68] **На фиг. 12O** показан вид крупным планом дендрометра, измеряющего диаметр виноградной лозы.

[69] **На фиг. 12P** показан вид в перспективе двух дендрометров, измеряющих диаметры двух виноградных лоз.

[70] **На фиг. 13A** показан вид в перспективе встроенного датчика дерева.

[71] **На фиг. 13B** показан вид в перспективе встроенного датчика дерева.

[72] **На фиг. 13C** показан вид в поперечном сечении встроенного датчика дерева.

[73] **На фиг. 13D** показан вид в поперечном сечении плунжера для встроенного датчика дерева.

[74] **На фиг. 13E** показан вид в перспективе встроенного датчика дерева.

[75] **На фиг. 13F** показан вид в поперечном сечении встроенного датчика дерева.

[76] **На фиг. 13G** показан вид в поперечном сечении встроенного датчика дерева.

[77] **На фиг. 13H** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[78] **На фиг. 13I** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[79] **На фиг. 13J** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[80] **На фиг. 13K** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[81] **На фиг. 13L** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[82] **На фиг. 13M** показан вид в перспективе изнутри встроенного датчика дерева.

[83] **На фиг. 13N** показан вид в поперечном сечении встроенного датчика дерева.

[84] **На фиг. 13O** показан вид в поперечном сечении изнутри встроенного датчика дерева.

[85] **На фиг. 13P** показан вид в перспективе наконечника карданного шарнира для плунжера встроенного датчика дерева.

[86] **На фиг. 13Q** показан вид в поперечном сечении изнутри встроенного датчика дерева.

[87] **На фиг. 14A-14C** показаны иллюстративные крепежные компоненты для

установки встроенного датчика дерева на ствол дерева или другую крупную часть растения. **На фиг. 14А** показан упрощенный вид сбоку встроенного датчика дерева с невыпадающим винтом и крепежным винтом с возможностью повторной регулировки. **На фиг. 14В** показан упрощенный вид сбоку встроенного датчика дерева, установленного на стволе дерева с помощью резьбового стержня и гаек. **На фиг. 14С** показан упрощенный вид в поперечном сечении встроенного датчика дерева, установленного на стволе дерева с помощью более длинного резьбового стержня и гаек, которые можно регулировать со временем, чтобы учесть радиальный рост дерева и переместить плунжер в соответствующее положение (*например*, на величину выдвигения).

[88] **На фиг. 15А и 15В** показаны иллюстративные данные акселерометра, полученные от двух встроенных датчиков дерева, установленных рядом друг с другом на наклоненной части эвкалипта лимонного. **На фиг. 15А** показан наклон с течением времени: синие точки (вверху) указывают на отклонение от оси x, а оранжевые точки (внизу) указывают на отклонение от оси y. **На фиг. 15В** показаны продольный наклон (верхняя панель), поперечный наклон (средняя панель) и температура воздуха (нижняя панель), измеренные с течением времени (дни).

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[89] В следующем описании представлены иллюстративные способы, параметры и т. п. Однако следует признать, что такое описание не является ограничением объема настоящего изобретения, а представлено в качестве описания иллюстративных вариантов осуществления.

Датчики для измерения размера части растения и/или других характеристик

[90] Некоторые аспекты настоящего изобретения относятся к датчикам для измерения размера растения (*например*, размера части растения, такой как стебель, штаб, побег, тростник, основная часть, ветвь, лоза, ствол или плод) и/или других характеристик части растения (*например*, характеристик самой части растения или ее ближайшего окружения). Считается, что за счет сбора данных от множества компонентов, встроенных в датчик, датчики согласно настоящему изобретению позволяют получить более разнообразные наборы данных, которые могут быть объединены друг с другом и подвергнуты перекрестной проверке относительно друг друга, тем самым обеспечивая более полную информацию о растении по сравнению с существующими устройствами.

[91] В некоторых вариантах осуществления датчик согласно настоящему изобретению содержит одно или более креплений, выполненных с возможностью размещения в части растения или вокруг нее; процессор; источник питания; и два или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из дендрометра, акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности. Например, в некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр и одно или более из акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр, акселерометр, датчик температуры воздуха, датчик влажности и датчик освещенности.

[92] В некоторых вариантах осуществления процессор датчика содержит печатную плату (PCB). В некоторых вариантах осуществления PCB содержит композитный материал на основе эпоксидной смолы и стекловолокна, *например*, в виде пластинчатых слоев (*например*, G10 или FR4). В некоторых вариантах осуществления PCB содержит материал, имеющий стабильные структурные свойства и низкие коэффициенты теплового расширения, *например*, по сравнению с пластиками, полученными литьем под давлением.

[93] В некоторых вариантах осуществления один или более компонентов датчиков согласно настоящему изобретению (*например*, магнитометр, передатчик, солнечная панель, акселерометр, датчик освещенности, датчик влажности, датчик температуры воздуха, батарея и/или крепежный винт или ограничивающий сжатие элемент согласно настоящему изобретению) прикреплены к PCB. Таким образом, PCB может выступать в качестве конструктивного элемента в дополнение к обработке/сбору данных. Пластиковые детали, изготовленные методом литья под давлением для крупносерийного недорогого производства, страдают от малозаметных изменений размеров, которые могут происходить медленно с течением времени под нагрузкой - зависящее от времени вязкопластическое течение, известное как ползучесть. Даже при очень низких нагрузках или при отсутствии нагрузок со временем могут происходить необратимые изменения формы из-за воздействия солнца, релаксации материала, изменения влажности и температуры. Поэтому желательно в точном измерительном устройстве, особенно в том, которое должно обеспечивать измерения в течение длительного времени, применять более стабильные материалы, такие как алюминий и сплавы на основе нержавеющей стали. Однако металлы относительно дороги и не подходят для кожухов, если должна передаваться или приниматься РЧ энергия. Электронные компоненты обычно устанавливаются на PCB, которые могут быть изготовлены из пластинчатых слоев композитного материала на основе эпоксидной смолы и стекловолокна, известного как G10 или FR4. Эти материалы имеют очень стабильные структурные свойства и низкий коэффициент теплового расширения, особенно по сравнению с пластиками, полученными литьем под давлением. Поэтому применение PCB для поддержки этих других компонентов может обеспечить стабильную и экономически эффективную конструкцию.

[94] В некоторых вариантах осуществления источник питания датчика содержит батарею, солнечную панель или элемент, или их комбинацию. В некоторых вариантах осуществления батарея представляет собой плоскую круглую батарею. В некоторых вариантах осуществления батарея прикреплена к PCB.

[95] В некоторых вариантах осуществления источник питания содержит встроенную солнечную панель, гибридный конденсатор и литиевую батарею. В некоторых вариантах осуществления датчик заряжает конденсатор/батарею при дневном свете и может работать в течение нескольких дней или недель в темноте на заряженном гибридном накопителе. Поскольку энергия поступает от солнца и ее количество меняется в зависимости от погоды, географического положения и размещения устройства на установке (или даже от возможности непосредственного контакта мусора или отложений с поверхностью

солнечной панели), устройство может работать по-разному в зависимости от наличия энергии. Более высокие скорости сбора данных и передачи данных возможны при высокой мощности, в то время как при уменьшении освещенности и, соответственно, мощности, устройство может снижать и ту, и другую скорость.

[96] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит корпус. В определенных вариантах осуществления корпус представляет собой или содержит пластик или полимерную смолу. В некоторых вариантах осуществления пластик или полимерная смола заполнены стеклом. Например, пластик или полимерная смола могут содержать около 10-40% стекла, около 20-40% стекла, около 30-40% стекла, около 10-30% стекла, около 15-35% стекла, около 25-35% стекла, около 10% стекла, около 15% стекла, около 20% стекла, около 25% стекла, около 30% стекла, около 35% стекла или около 40% стекла. В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус не является РЧ-экраном. В некоторых вариантах осуществления корпус не содержит РЧ-экранирующий материал.

[97] В некоторых вариантах осуществления датчик поворота, процессор и/или источник питания размещены в корпусе. В некоторых вариантах осуществления корпус охватывает по меньшей мере процессор и источник питания (*например*, батарею). В некоторых вариантах осуществления корпус охватывает по меньшей мере процессор и один или более дополнительных компонентов. В некоторых вариантах осуществления корпус охватывает по меньшей мере процессор и магнитометр. В некоторых вариантах осуществления корпус представляет собой герметичный корпус, полученный многокомпонентным литьем, содержащий уплотнительное кольцо. Например, батарея датчика может быть закрыта съемной крышкой, закрывающей батарею, что позволяет остальным частям датчика быть герметично закрытыми в корпусе. В некоторых вариантах осуществления датчик работает как герметичная печатная плата в сборе (РСА - англ.: printer circuit assembly), поскольку все механические компоненты магнитного плунжера прикреплены к РСА. После изготовления и тестирования вся РСА может быть покрыта с помощью многокомпонентного литья и герметично закрыта. Это защищает электронные компоненты от воды и загрязнений, в то время как другие компоненты могут быть открыты, например, солнечная панель, измерительные компоненты датчика влажности или температуры воздуха, светодиод, монтажная поверхность или плунжер. В некоторых вариантах осуществления корпус получен с помощью многокомпонентного литья как единое целое, *т. е.* без каких-либо уплотнений, стыков или креплений, таких как защелки, винты и т. п. В некоторых вариантах осуществления корпус получен с помощью многокомпонентного литья как единое целое (*т. е.* без каких-либо уплотнений, стыков или креплений, таких как защелки, винты и т. п.), а датчик содержит встроенную солнечную панель, гибридный конденсатор и литиевую батарею. Преимущественно предполагается, что это обеспечит источник питания, способный работать в течение всего срока службы датчика, и позволит применять цельный корпус, полученный методом многокомпонентного литья (поскольку корпус не нужно открывать для получения доступа к батарее и/или ее замены), обеспечивая тем самым постоянный и герметично закрытый

корпус для РСВ/РСА и других компонентов. Методы и системы для многокомпонентного литья, включая многокомпонентное литье под низким давлением, известны в данной области техники; *например*, как это применяется с термопластиком TECHNOMELT® Henkel. В некоторых вариантах осуществления корпус содержит термопластик, такой как термопластик Henkel TECHNOMELT®.

[98] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит дендрометр. В некоторых вариантах осуществления дендрометр содержит плунжер с крышкой и валом; магнит, прикрепленный к валу или внутри него; и магнитометр, выполненный с возможностью обнаружения положения магнита (*например*, вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости). В некоторых вариантах осуществления магнит выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении вместе с плунжером. В некоторых вариантах осуществления крышка выполнена с возможностью размещения напротив части растения, а плунжер выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении (*например*, вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости) пропорционально изменению размера растения при размещении крышки напротив части растения. Другие дендрометры, которые могут быть предусмотрены для применения в настоящем документе, описаны *ниже*. Любой из дендрометров согласно настоящему изобретению может найти применение в датчике, описанном в настоящем документе. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения изменения диаметра или радиуса растения или части растения.

[99] В некоторых вариантах осуществления магнитометр измеряет напряженность поля по двум ортогональным осям (*например*, по осям x и y). Таким образом, угол линий напряженности поля может быть рассчитан и связан с линейным положением плунжера с микронным разрешением. Например, может применяться логометрическое измерение положения плунжера на основе арктангенса положения оси x/y . Это отличается от более простого одноосевого магнитометра. В некоторых вариантах осуществления магнитометр прикреплен к РСВ или РСА согласно настоящему изобретению.

[100] В некоторых вариантах осуществления магнит представляет собой редкоземельный магнит. В некоторых вариантах осуществления магнит представляет собой неодимовый магнит. В некоторых вариантах осуществления магнит создает поле, характеризующееся криволинейной траекторией поля, которая изменяет угол относительно фиксированной точки при движении плунжера внутрь и наружу вслед за движением растения. В некоторых вариантах осуществления магнит характеризуется низкими изменениями характеристик поля в течение срока службы устройства, пока оно поддерживается при достаточно низких температурах, т. е. не нагревается искусственно. В некоторых вариантах осуществления магнит устанавливается в узел плунжера, который опирается на поверхность дерева или древесного растения, предпочтительно с очень небольшим количеством пробки между плунжером и флоэмой растения, которая расширяется и сжимается в зависимости от изменений тургора или водного потенциала растения. В некоторых вариантах осуществления магнит представляет собой

цилиндрический или дисковый магнит, расположенный внутри вала плунжера.

[101] В некоторых вариантах осуществления магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита с микронным разрешением. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита с минимальным разрешением по меньшей мере 1 мм, по меньшей мере 500 мкм, по меньшей мере 250 мкм, по меньшей мере 100 мкм, по меньшей мере 50 мкм, по меньшей мере 25 мкм, по меньшей мере 10 мкм, по меньшей мере 5 мкм или по меньшей мере 1 мкм. В некоторых вариантах осуществления магнит генерирует магнитное поле, характеризующееся изогнутыми линиями магнитного потока. В некоторых вариантах осуществления угол магнитного поля может быть определен на основе интенсивности магнитного поля вдоль по меньшей мере двух осей (*например*, вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости), обнаруженной магнитометром. В некоторых вариантах осуществления угол может быть равен или связан с арктангенсом интенсивности магнитного поля вдоль первой оси, деленным на интенсивность магнитного поля вдоль второй оси. Если датчик прикреплен к части растения, а диаметр этой части растения увеличивается или уменьшается, угол магнитного поля, генерируемого магнитом, может измениться. Изменение угла магнитного поля может быть связано с линейным изменением диаметра части растения. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра части растения может быть приблизительно линейно связано с изменением угла магнитного поля. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра может быть связано с изменением угла магнитного поля полиномом седьмого порядка. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра может быть связано с изменением угла магнитного поля полиномом седьмого порядка во время калибровки датчика.

[102] В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью обеспечения измерений в реальном времени растения или части растения согласно настоящему изобретению. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения несколько раз в день. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения с интервалом в 3 часа, 2 часа, 1 час, 30 минут, 15 минут, 10 минут, 5 минут, 1 минуту, 45 секунд, 30 секунд, 15 секунд или 5 секунд. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения с интервалом от 5 секунд до 1 часа, от 5 секунд до 15 минут, от 5 секунд до 5 минут, от 5 секунд до 1 минуты, от 1 минуты до 1 часа, от 1 минуты до 30 минут, от 1 минуты до 15 минут, от 10 минут до 1 часа или от 10 минут до 30 минут.

[103] Предполагается, что в датчиках согласно настоящему изобретению могут применяться различные виды креплений, и специалист в данной области техники может выбрать тип крепления, *например*, на основе типа измеряемой части растения. В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений могут включать винт, резьбовой стержень или гвоздь. Крепление(-я) может быть выполнено с возможностью размещения

внутри или на части растения и крепления датчика к части растения. Винт, резьбовой стержень или гвоздь могут быть изготовлены из различных материалов, включая, без ограничения, нержавеющую сталь, латунь, алюминий или титан. В некоторых вариантах осуществления винт может применяться для крепления датчика к части растения (*например*, древесной ветви или стволу) в сочетании с одной или более гайками, например, гайкой, выполненной с возможностью расположения вокруг винта между основной частью датчика и частью растения (*например*, гайка 1316 на **фиг. 13С и 13Q**), и/или гайкой, выполненной с возможностью расположения вокруг винта рядом с основной частью датчика, но на удалении от части растения. В некоторых вариантах осуществления винт прикреплен к РСВ/РСА согласно настоящему изобретению.

[104] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит ограничивающий сжатие элемент. В некоторых вариантах осуществления ограничивающий сжатие элемент может обеспечить прочное промежуточное средство между креплением (*например*, крепежным винтом) и остальной частью датчика. Например, ограничитель сжатия может быть установлен в РСВ/РСА согласно настоящему изобретению для обеспечения промежуточного средства между РСВ/РСА и креплением, таким как крепежный винт (*см.*, *например*, ограничитель 1322 сжатия на **фиг. 13С** или ограничитель 1404 сжатия на **фиг. 14А**). В некоторых вариантах осуществления крепление (*например*, винт) проходит через ограничивающий сжатие элемент. В некоторых вариантах осуществления ограничивающий сжатие элемент выполнен с возможностью расположения вокруг крепления (*например*, винта). В некоторых вариантах осуществления ограничивающий сжатие элемент содержит металл (*например*, металлический хомут) или пластик (*например*, пластиковое кольцо). В некоторых вариантах осуществления ограничивающий сжатие элемент представляет собой кольцо, уплотнительное кольцо, хомут или шайбу. В некоторых вариантах осуществления ограничивающий сжатие элемент применяется в сочетании с невыпадающим винтом таким образом, что крепежный винт (*например*, крепежный винт 1410 на **фиг. 14А**) расположен в части растения для крепления датчика, один конец ограничивающего сжатие элемента (*например*, ограничителя 1404 сжатия на **фиг. 14А**) выполнен с возможностью приема крепежного винта (*например*, на конце, противоположном концу, закрепленному в части растения), а другой конец ограничивающего сжатие элемента выполнен с возможностью приема невыпадающего винта (*например*, невыпадающего винта 1408 на **фиг. 14А**). В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт имеет круглую головку под шестигранный торцевой ключ. В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт имеет рифление или фланцы. В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт содержит шлиц с защитой от несанкционированного вмешательства. В некоторых вариантах осуществления крепежный винт имеет шестигранный фланец гайки, где дальняя поверхность обеспечивает плоскую поверхность, на которую опирается ближняя поверхность ограничивающего сжатие элемента. Такая форма гайки позволяет закручивать крепежный винт в часть растения с помощью стандартного гаечного ключа. В некоторых вариантах осуществления

дальний конец крепежного винта имеет выступ цилиндрической формы для размещения ограничивающего сжатие элемента и внутреннюю резьбу для приема невыпадающего винта. В некоторых вариантах осуществления крепежный винт имеет часть с резьбой и часть без резьбы. Например, часть без резьбы может применяться для указания правильной глубины установки. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит стопорное кольцо, выполненное с возможностью расположения вокруг невыпадающего винта.

[105] В некоторых вариантах осуществления одно или более креплений могут включать резьбовой стержень. В некоторых вариантах осуществления резьбовой стержень может применяться для крепления датчика к части растения (*например*, древесной ветви или стволу) в сочетании с одной или более гайками, например, гайкой, выполненной с возможностью расположения вокруг резьбового стержня между основной частью датчика и частью растения (*например*, гайка 1422 на **фиг. 14В** или гайка 1436 на **фиг. 14С**), и/или гайкой, выполненной с возможностью расположения вокруг винта рядом с основной частью датчика, но на удалении от части растения (*например*, гайка 1424 на **фиг. 14В** или гайка 1434 на **фиг. 14С**). В некоторых вариантах осуществления резьбовой стержень и гайка, выполненная с возможностью расположения вокруг резьбового стержня между основной частью датчика и частью растения, сварены, представляют собой единую деталь крепления, или гайка приклеена, припаяна мягким припоем, припаяна твердым припоем или приварена к резьбовому стержню. В некоторых вариантах осуществления гайка, выполненная с возможностью размещения вокруг винта рядом с основной частью датчика, но на удалении от части растения, имеет рифление или ушко. В некоторых вариантах осуществления обе гайки являются регулируемыми, *например*, для обеспечения возможности регулировки датчика относительно части растения без демонтажа (*см.*, *например*, **фиг. 14С**).

[106] В некоторых вариантах осуществления крепление(-я) может содержать один или более изогнутых рычагов, выполненных с возможностью расположения вокруг части растения. В некоторых вариантах осуществления изобретения крепление(-я) может содержать по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4, по меньшей мере 5 или по меньшей мере 6 рычагов. Например, может применяться два изогнутых рычага, расположенных в форме буквы «U» или «V», как показано на **фиг. 12А-12Р**. В некоторых вариантах осуществления один или более изогнутых рычагов обхватывают часть растения кинематически определенным образом. Эти варианты осуществления могут быть особенно полезны для небольших частей растения, таких как стебли, побеги, ветви или лозы (*например*, виноградные лозы). В некоторых вариантах осуществления изобретения крепление(-я) содержит два или более рычагов с расстоянием между рычагами 0,15, 0,5, 1, 1,5, 2 или 2,5 дюйма или более. Они достаточно невелики и легки, чтобы поместиться в ограниченном пространстве, и их легко надежно прикрепить к небольшим лозам, побегам, стеблям и ветвям. Например, в некоторых вариантах осуществления лозы, побеги, стебли или ветви имеют диаметр менее или равный 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 или 5 дюймов,

или более или равный 0,15 дюйма и менее или равный 1 дюйму.

[107] В некоторых вариантах осуществления одна или более эластичных лент, выполненных с возможностью обертывания вокруг датчика и части растения, также могут быть применены в сочетании с изогнутым рычагом(-ами) (см., например, эластичную ленту(-ы) 1230 на **фиг. 12N-12P**). В некоторых вариантах осуществления изобретения эластичная лента(-ы) устойчива к УФ-излучению.

[108] На **фиг. 9A и 9B** показан иллюстративный датчик в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Датчик содержит плунжер, магнитометр (размер), акселерометр (наклон), антенну и компоненты, измеряющие влажность, температуру и световой спектр. Датчик крепится к стволу дерева с помощью крепежного винта, к которому прижимается остальная часть датчика. По мере роста дерева и увеличения его диаметра расширение флоэмы толкает плунжер вбок (см. стрелку на **фиг. 9B**), и это изменение положения отслеживается магнитометром, который обнаруживает положение магнита, прикрепленного к плунжеру. Таким образом, датчик измеряет размер части растения (в данном случае ствола дерева). В дополнение к магнитометру, измеряющему диаметр дерева (с помощью положения магнита как косвенного показателя), датчик освещенности измеряет солнечный свет или его отсутствие, датчик температуры измеряет атмосферную температуру, датчик влажности измеряет относительную влажность, а акселерометр измеряет наклон дерева (который может быть предвестником падения дерева и/или указывать на поврежденную или ненадежную корневую систему).

[109] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит акселерометр. В некоторых вариантах осуществления акселерометр прикреплен к РСВ. В некоторых вариантах осуществления акселерометр представляет собой 3-осевой акселерометр. В некоторых вариантах осуществления акселерометр измеряет наклон растения или части растения, на которой установлен датчик. В некоторых вариантах осуществления под наклоном в данном документе понимается изменение угла наклона в течение определенного времени, например, в течение нескольких дней или более. В некоторых вариантах осуществления акселерометр измеряет качание растения или части растения, на которой установлен датчик. В некоторых вариантах осуществления изобретения под качанием в данном документе понимается движение в течение короткого периода времени, например, около 1 Гц или от 0,2 Гц до 20 Гц. В некоторых вариантах осуществления акселерометр измеряет ударное воздействие от растения или части растения, на которой установлен датчик. В некоторых вариантах осуществления изобретения под ударным воздействием в данном документе понимается резкое ускорение, которое может соответствовать тому, что растение получает силу от столкновения, например, с транспортным средством или устройством. В некоторых вариантах осуществления акселерометр может быть запрограммирован на подачу сигнала тревоги, когда измерение превышает заданное пороговое значение. Например, датчик может подавать сигнал тревоги, когда наклон дерева превышает заданное пороговое значение наклона, указывая на то, что дерево или часть растения подвергается риску падения.

[110] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит датчик освещенности. В некоторых вариантах осуществления датчик освещенности прикреплен к РСВ.

[111] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит датчик влажности. В некоторых вариантах осуществления датчик влажности прикреплен к РСВ. В некоторых вариантах осуществления корпус содержит отверстие для датчика влажности, чтобы выполнять измерения за пределами кожуха датчика. В некоторых вариантах осуществления датчик влажности измеряет относительную влажность.

[112] В некоторых вариантах осуществления датчик содержит датчик температуры воздуха. В некоторых вариантах осуществления датчик температуры прикреплен к РСВ.

[113] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит датчик GPS.

[114] В некоторых вариантах осуществления один или более компонентов датчика согласно настоящему изобретению могут быть запрограммированы на подачу сигнала тревоги, предупреждения или другого уведомления, когда измерение превышает заданное пороговое значение. В некоторых вариантах осуществления процессор согласно настоящему изобретению может быть запрограммирован на подачу сигнала тревоги, предупреждения или другого уведомления, когда измерение, полученное одним или более компонентами датчика, превышает заданное пороговое значение. Например, датчик может подать сигнал тревоги, предупреждение или другое уведомление, когда наклон дерева превышает заданное пороговое значение наклона на основе данных от акселерометра, что указывает на риск падения дерева или части растения.

[115] В некоторых вариантах осуществления датчик согласно настоящему изобретению дополнительно содержит передатчик. В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth, *например*, радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE). В некоторых вариантах осуществления передатчик выполнен с возможностью беспроводной передачи данных датчика (например, через Bluetooth, Wi-Fi или передатчик на частоте 900 МГц) на мобильное устройство или сервер. Другие возможные беспроводные сети включают узкополосный Интернет вещей (IoT), LTE-M и спутниковые сети, такие как Muriota или Swarm. В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой радиопередатчик. В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой приемопередатчик (*например*, приемопередатчик Bluetooth, приемопередатчик Wi-Fi и т. д.). В некоторых вариантах осуществления передатчик представляет собой приемопередатчик дальнего радиуса действия (LoRa) или приемопередатчик малого радиуса действия (NFC). В некоторых вариантах осуществления передатчик применяет систему радиопередачи данных Lora или сетевой протокол LoraWAN. Преимущественно это обеспечивает передачу с низким энергопотреблением на большие расстояния. В некоторых вариантах осуществления передатчик применяет частотный диапазон около 900 МГц. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит антенну на кристалле, *например*, Ignion NN2-2204. В некоторых вариантах

осуществления датчик представляет собой щелевую дипольную антенну, и два провода проходят по противоположным сторонам датчика. В некоторых вариантах осуществления передатчик применяет частотный диапазон около 900 МГц, и датчик имеет плоскость заземления длиной около 72 мм (четверть длины волны для частотного диапазона 900 МГц) или больше, чтобы дополнить активную сторону антенны, которая может представлять собой один провод, проходящий в противоположном направлении от плоскости заземления (вверх, если солнечная панель направлена вниз от крепежного винта). В некоторых вариантах осуществления плоскость заземления устройства может быть общей с солнечной панелью.

[116] Преимущественно сбор данных с нескольких датчиков может применяться для компенсации измерения изменения диаметра, косвенной компенсации для учета смешанного сигнала от коры, который может заглушать сигнал от живых слоев растения, калибровки и перекрестной проверки данных из нескольких источников, а также для понимания факторов роста деревьев и/или ежедневного расширения/сжатия. Например, эти данные могут применяться для аппроксимации и/или прогнозирования дефицита давления паров (VPD - англ.: vapor pressure deficit) и, таким образом, прогнозирования дендрометрической реакции организма. Данные могут быть отправлены на сервер или мобильное устройство через антенну, создавая распределенную сеть IoT для сбора данных. Эти данные имеют высокое разрешение, представлены в реальном времени и могут быть собраны в систему (*например*, содержащую множество датчиков, установленных на множестве растений), в которой можно проводить сравнения между множеством организмов (*например*, сравнивать рост между организмами, находящимися в схожих состояниях, сопоставимых видов, в сопоставимых географических регионах, в сопоставимых погодных условиях, в сопоставимых почвенных условиях, при сопоставимых режимах ухода/полива/орошения и т. д.). При помощи этих данных можно построить модель(-и) для каждого организма на основе наблюдаемого дендрометрического сигнала, собранных данных об окружающей среде или погоде и т. д., чтобы спрогнозировать будущую дендрометрию, *например*, на основе текущих сигналов об окружающей среде или условий. Кроме того, отклонение от модели может помочь указать на неизмеряемые факторы, включая влажность почвы, вредителей, болезни, токсичность, истребление хищниками, повреждения и так далее. Таким образом, считается, что датчики согласно настоящему изобретению могут обеспечить более разнообразные наборы данных и более полную картину растения и его непосредственного окружения, чем существующие датчики (*см.*, *например*, www.phytech.com/home).

[117] В некоторых вариантах осуществления плунжер согласно настоящему изобретению содержит крышку и вал. В некоторых вариантах осуществления крышка представляет собой или содержит формованный пластик. В некоторых вариантах осуществления крышка имеет толщину 5, 4, 3, 2 или 1 мм или менее. В некоторых вариантах осуществления крышка выполнена с возможностью контакта с частью растения на площади поверхности от около 10 мм² до около 100 мм², от около 10 мм² до около 50 мм², от около

10 мм² до около 500 мм² или от около 10 мм² до около 1000 мм². В некоторых вариантах осуществления крышка может быть сформована из пластика с низким коэффициентом трения, такого как ацеталь или PETG, *например*, с применением боковых вытяжек формы. В идеале крышка контактирует с растением или частью растения на достаточно большой площади для достижения стабильного измерения и не оказывает чрезмерного давления на область контакта. Однако некоторое давление может быть преимущественным для поддержания постоянного контакта с растением или частью растения и/или сжатия любых незначительных колебаний в пробке.

[118] В некоторых вариантах осуществления изобретения крышка дополнительно содержит карданный шарнир (*например*, наконечник 1308 карданного шарнира на **фиг. 13А и 13В**). В некоторых вариантах осуществления карданный шарнир выполнен в виде сферического шарика, подвергнутого механической обработке на стороне, обращенной к дереву, основного цилиндра плунжера, который помещается в соответствующую сферическую полость в части наконечника, которая может быть изготовлена пластика, полученного литьем под давлением. Преимущественно карданный шарнир позволяет контактной поверхности соответствовать поверхности растения или части растения, *например*, даже если датчик не установлен с идеальным выравниванием. Карданный шарнир обеспечивает определенную гибкость и угол наклона, что помогает поддерживать достаточную площадь контакта; в противном случае площадь контакта имеет тенденцию быть небольшой областью в форме полумесяца на стороне наконечника плунжера, который контактирует первым, и контактное давление будет варьироваться по этому участку контакта с наибольшим давлением в первой точке контакта. Это вводит переменную, которая может потенциально отрицательно влиять на измерения и давать противоречивые результаты в зависимости от точности установки.

[119] В некоторых вариантах осуществления вал содержит алюминий или нержавеющую сталь. В некоторых вариантах осуществления вал представляет собой цилиндр, а магнит представляет собой цилиндрический магнит, расположенный внутри вала плунжера. В некоторых вариантах осуществления цилиндр является полым. В некоторых вариантах осуществления цилиндр содержит алюминий. В некоторых вариантах осуществления вал является выдвижным, *например*, с резьбовым удлинением вала. В некоторых вариантах осуществления вал пропитан PTFE или маслом.

[120] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит полый затвор, расположенный вокруг вала плунжера (*см.*, *например*, **фиг. 13Q**). В некоторых вариантах осуществления затвор содержит смолу, *например*, стеклонаполненную смолу согласно настоящему изобретению.

[121] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит пружину, расположенную вокруг плунжера или прикрепленную к нему. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит ушко, прикрепленное к валу плунжера напротив крышки (*см.*, *например*, ушко 1208 на **фиг. 12А**).

[122] В некоторых вариантах осуществления датчик или корпус содержит съемную

заднюю панель, которая позволяет пользователю получить доступ к РСВ/РСА. В некоторых вариантах осуществления съемная задняя панель содержит один или более винтов, один или более болтов и/или одну или более заклепок.

[123] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит один или более идентификаторов. В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит визуальный идентификатор. В определенных вариантах осуществления визуальный идентификатор представляет собой QR-код или штрихкод. В некоторых вариантах осуществления датчик содержит метку радиочастотной идентификации (RFID - англ.: radio-frequency identification).

[124] Преимущественно, датчик согласно настоящему изобретению может применяться для измерения любого вида стебля растения, включая первичные стебли, вторичные стебли, черешки, стволы, тростники, цветоножки и т. п., а также любого вида штамба растения, побега, тростника, основной части, ветви, лозы, ствола или плода. Считается, что любая часть растения подвержена колебаниям размера из-за необратимого роста меристемы или обратимого набухания/сокращения в зависимости от гидравлического состояния растения или факторов окружающей среды (*например*, температуры, относительной влажности). Датчик согласно настоящему изобретению может применяться для измерения любого типа растения, включая, без ограничения, овощи (*например*, томаты и т. д.), деревья (*например*, каучуковые деревья, плодовые деревья и т. д.), пропашные культуры, декоративные растения и т. д. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой спелое дерево. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой цитрусовое растение, оливковое дерево, орех, дерево какао, дуб, сосну, красное дерево, земляничное дерево или клен. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой древесное растение. В некоторых вариантах осуществления растение представляет собой лозу, *например*, виноградную лозу. С помощью датчиков, систем и способов, раскрытых в настоящем документе, можно контролировать рост различных растений.

[125] В некоторых аспектах в настоящем документе предложен датчик, содержащий: а) одно или более креплений, выполненных с возможностью размещения вокруг части растения (*например*, стебля, основной части, ветви, лозы, ствола или плода растения), при этом одно или более креплений содержат поворотный элемент, и поворотный элемент выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения при размещении вокруг части растения; б) магнит, при этом магнит выполнен с возможностью поворота в соответствии с поворотным элементом; в) датчик поворота, выполненный с возможностью обнаружения поворота магнита; г) процессор; д) источник питания. Преимущественно эти простые и недорогие датчики способны обеспечить быстрый, непрерывный или почти непрерывный контроль роста растения в реальном времени, который может указывать на изменения в состоянии здоровья, росте, поливе, вредителях, солнечном свете, температуре, влажности или других условиях. Такие данные могут быть получены вблизи растения или на расстоянии (*например*, путем передачи

данных на мобильное устройство, сервер или другую компьютерную систему) и могут быть легко адаптированы для множества растений на большом расстоянии.

[126] В некоторых вариантах осуществления магнит выполнен так, что ось полюсов север-юг магнита перпендикулярна оси поворота поворотного элемента. В некоторых вариантах осуществления датчик поворота представляет собой датчик Холла. В некоторых вариантах осуществления датчик Холла выполнен с возможностью измерения перемещения (*например*, поворота) магнита путем измерения синусоидальной/косинусоидальной волны от магнита или его магнитного поля.

[127] В определенных вариантах осуществления датчик Холла расположен таким образом, что ось Z датчика Холла параллельна оси поворота поворотного элемента. В некоторых вариантах осуществления поворотный элемент выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению диаметра части растения, радиуса части растения, окружности части растения или их комбинации, *например*, после установки датчика на растение. В некоторых вариантах осуществления поворотный элемент выполнен с возможностью поворота в одном направлении пропорционально увеличению диаметра части растения, радиуса части растения, окружности части растения или их комбинации и поворота в другом направлении (*например*, в противоположном направлении) пропорционально уменьшению диаметра части растения, радиуса части растения, окружности части растения или их комбинации.

[128] В некоторых вариантах осуществления изобретения степень поворота поворотного элемента линейна по отношению к размеру части растения (*например*, диаметру, радиусу, окружности и т. д.) с постоянным коэффициентом. В определенных вариантах осуществления постоянный коэффициент составляет около 10 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения. В определенных вариантах осуществления постоянный коэффициент составляет около 5 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения. В некоторых вариантах осуществления постоянный коэффициент является постоянным в динамическом диапазоне размера части растения. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до около 24 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до около 24 мм в диаметре, а постоянный коэффициент составляет около 10 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до около 52 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до около 52 мм в диаметре, а динамический диапазон размера части растения составляет от около 1 мм до около 5 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 1 мм до около 5 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет до

включительно около 5 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 0,001 мм до около 5 мм в диаметре. В определенных вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 0,001 мм до около 1 мм в диаметре. В некоторых вариантах осуществления постоянный коэффициент составляет около 10 градусов поворота поворотного элемента на 1 мм изменения размера части растения, около 9 градусов поворота поворотного элемента на 1 мм изменения размера части растения, около 8 градусов поворота поворотного элемента на 1 мм изменения размера части растения, около 7 градусов поворота поворотного элемента на 1 мм изменения размера части растения, около 6 градусов поворота поворотного элемента на 1 мм изменения размера части растения, около 5 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения, около 2 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения, около 1 градуса поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения, около 15 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения, около 20 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения или около 25 градусов поворота поворотного элемента на около 1 мм изменения размера части растения. В некоторых вариантах осуществления динамический диапазон размера части растения составляет от около 4 мм до около 52 мм в диаметре, от около 4 мм до около 30 мм в диаметре, от около 4 мм до около 40 мм в диаметре, от около 4 мм до около 60 мм в диаметре, от около 1 мм до около 52 мм в диаметре, от около 1 мм до около 30 мм в диаметре, от около 1 мм до около 40 мм в диаметре, от около 1 мм до около 60 мм в диаметре, от около 1 мм до около 10 мм в диаметре, от около 0,5 мм до около 5 мм в диаметре, от около 0,1 мм до около 1 мм в диаметре, от около 0,01 мм до около 1 мм в диаметре, от около 0,1 мм до около 10 мм в диаметре или от около 0,01 мм до около 10 мм в диаметре. Специалисту в данной области техники будет понятно, что датчики согласно настоящему изобретению могут быть адаптированы к целому ряду полезных постоянных коэффициентов и/или динамических диапазонов.

[129] В некоторых вариантах осуществления в датчике согласно настоящему изобретению применяется магнит и система датчиков Холла с одной РСВ и батареей в пластиковом корпусе, полученном литьем под давлением, *например*, для получения точных измерений, которые могут передаваться по беспроводной линии передачи данных с низким энергопотреблением. Возможны другие датчики и элементы, а низкая стоимость пары магнит/датчик Холла делает ее очень выгодной.

Датчик с зажимом

[130] В некоторых вариантах осуществления датчика согласно настоящему изобретению одно или более креплений содержат по меньшей мере первый неподвижный рычаг, имеющий основание, и поворотный рычаг, имеющий основание, причем магнит расположен внутри поворотного рычага. В некоторых вариантах осуществления изменение размера части растения вызывает поворот поворотного рычага, *например*, в степени,

пропорциональной изменению размера (*например*, окружности, диаметра, радиуса и т. д.). Этот тип датчика в настоящем документе называется датчиком или дендрометром «с зажимом» или «в исполнении с зажимом».

[131] В определенных вариантах осуществления одно или более креплений дополнительно содержат второй неподвижный рычаг. В некоторых вариантах осуществления неподвижный рычаг(-и) и поворотный рычаг изогнуты. В определенных вариантах осуществления неподвижный рычаг(-и) и поворотный рычаг изогнуты в противоположных направлениях. В некоторых вариантах осуществления часть растения контактирует с тремя линиями контакта, причем первая линия находится на первом неподвижном рычаге, вторая линия находится на поворотном рычаге и третья линия находится на датчике напротив первой и/или второй линии (линий), *например*, части корпуса датчика или другого компонента датчика, отличного от рычагов.

[132] В некоторых вариантах осуществления датчик с зажимом дополнительно содержит торсионную пружину. В некоторых вариантах осуществления торсионная пружина соединена с поворотным рычагом, с одним из неподвижных рычагов (*например*, с первым неподвижным рычагом) или с их комбинацией. В некоторых вариантах осуществления торсионная пружина соединена с поворотным рычагом. В определенных вариантах осуществления торсионная пружина прикладывает крутящий момент к соединению с датчиком, *например*, к корпусу или другой неподвижной основной части датчика. В некоторых вариантах осуществления торсионная пружина соединена с первым неподвижным рычагом и поворотным рычагом. В определенных вариантах осуществления торсионная пружина прикладывает крутящий момент к соединению с поворотным рычагом. В некоторых вариантах осуществления основание поворотного рычага и основание первого неподвижного рычага соединены на шарнире, содержащем торсионную пружину.

[133] В некоторых вариантах осуществления датчика с зажимом датчик поворота расположен в корпусе датчика. В других вариантах осуществления датчика с зажимом датчик поворота расположен внутри одного из неподвижных рычагов (*например*, внутри первого неподвижного рычага или второго неподвижного рычага).

[134] Один вариант осуществления устройства содержит изогнутые «рычаги», которые имеют такую форму, что цилиндрический объект (идеализированная часть растения) контактирует по трем линиям: одна на основной части, и по одному контакту на каждом рычаге, так что достигается стабильный захват растения без каких-либо дополнительных ограничений. Один вариант осуществления такой конфигурации показан на **фиг. 1А и 1В**.

[135] В некоторых вариантах осуществления один или более рычагов могут быть изогнуты таким образом, чтобы угловое перемещение измерительного рычага было линейным по отношению к диаметру части растения, например, с постоянным коэффициентом, например, 10 градусов поворота рычага на 1 мм изменения размера части растения. В некоторых вариантах осуществления магнит встроен в рычаг таким образом,

что ось полюса N-S перпендикулярна оси поворота. В некоторых вариантах осуществления датчик Холла, который может измерять напряженность поля по осям X и Y, ориентированный таким образом, что ось Z выровнена с осью поворота, обнаруживает поворот рычагов в виде синусоидальной и косинусоидальной функций, и угол может быть легко рассчитан как ATAN2 сигналов датчика Холла по осям X и Y.

[136] В некоторых вариантах осуществления такие устройства содержат только 4 пластиковые детали, РСВ, магнит и пружину и могут быть изготовлены по очень низкой цене. Их очень легко применять к растению, для этого требуется только одна рука, чтобы просто закрепить их на месте и начать контроль. Поскольку рычаги одновременно захватывают и измеряют растение, не требуется никаких дополнительных средств для удержания системы. Иллюстративный датчик с зажимом показан на **фиг. 1С**.

Датчик со скользящим рычагом

[137] В некоторых вариантах осуществления датчика согласно настоящему изобретению (*например*, датчика с зажимом) положение основания одного из неподвижных рычагов предусматривает возможность скольжения относительно основания поворотного рычага таким образом, что скольжение основания неподвижного рычага на большее расстояние от основания поворотного рычага вызывает увеличение минимального диаметра, который может быть измерен датчиком, и уменьшение минимального изменения размера, которое может быть измерено датчиком. В других вариантах осуществления положение основания поворотного рычага предусматривает возможность скольжения относительно основания одного из неподвижных рычагов таким образом, что скольжение основания поворотного рычага на большее расстояние от основания неподвижного рычага вызывает увеличение минимального диаметра, который может быть измерен датчиком, и уменьшение минимального изменения размера, которое может быть измерено датчиком. В некоторых вариантах осуществления положение основания первого неподвижного рычага предусматривает возможность скольжения относительно основания поворотного рычага таким образом, что скольжение основания первого неподвижного рычага на большее расстояние от основания поворотного рычага вызывает увеличение минимального диаметра, который может быть измерен датчиком, и уменьшение минимального изменения размера, которое может быть измерено датчиком. В других вариантах осуществления положение основания поворотного рычага предусматривает возможность скольжения относительно основания первого неподвижного рычага таким образом, что скольжение основания поворотного рычага на большее расстояние от основания первого неподвижного рычага вызывает увеличение минимального диаметра, который может быть измерен датчиком, и уменьшение минимального изменения размера, которое может быть измерено датчиком.

[138] Описанный выше датчик с зажимом очень прост в установке и обладает удовлетворительной способностью измерять абсолютный размер всего, к чему он прикреплен, в пределах диапазона измерений. Однако в большинстве случаев для контроля состояния здоровья растения абсолютный размер части растения не так полезен, как

небольшие изменения размера, происходящие за короткий период времени. Измерения, проводимые дважды в минуту (или с аналогичной частотой) в течение пары или более дней, могут показать, что растение расширяется и сжимается нормально для здорового растения.

[139] Датчик с зажимом другого типа в соответствии с некоторыми вариантами осуществления может иметь меньший диапазон измерений, например, для обнаружения изменений диаметра максимум на 4 или 10 мм, и более высокую чувствительность в этом диапазоне за счет того, что рычаги могут скользить относительно измерительной части устройства во время установки, а затем скользить так, чтобы нулевая точка находилась вблизи малого конца активного диапазона измерений. Таким образом, устройство может быть установлено на 30-мм части растения, а измерительная часть установлена на около 1 в диапазоне 0-5. По мере роста и сжатия части растения в течение нескольких дней или недель она может изменяться от 30 мм до 33 мм, при этом изменения в пределах 0,001 мм будут обнаружены и сообщены устройством.

Датчик с измерительной лентой

[140] В некоторых вариантах осуществления датчика согласно настоящему изобретению одно или более креплений содержат зажим и гибкую ленту с первым концом и вторым концом; причем первый конец прикреплен к поворотному барабану, а магнит расположен внутри поворотного барабана; второй конец выполнен с возможностью прикрепления к датчику с помощью зажима; первый участок гибкой ленты, содержащий первый конец, выполнен с возможностью наматывания на поворотный барабан; второй участок гибкой ленты, содержащий второй конец, выполнен с возможностью наматывания на часть растения и прикрепления к датчику с помощью зажима на втором конце; и поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения. Этот тип датчика в настоящем документе называется датчиком или дендрометром «с измерительной лентой» или «с лентой».

[141] В некоторых вариантах осуществления поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения по мере изменения длины первого или второго участка гибкой ленты. В некоторых вариантах осуществления второй участок гибкой ленты, содержащий второй конец, выполнен с возможностью обертывания вокруг части растения и прикрепления к датчику на неподвижной части или основной части датчика, или на корпусе датчика. В некоторых вариантах осуществления гибкая лента содержит перфорированный материал, полиэтилентерефталатгликоль (PETG), фторированный материал, композитный материал или любую их комбинацию. В определенных вариантах осуществления композитный материал содержит кевлар, стекловолокно или их комбинацию.

[142] В некоторых вариантах осуществления датчик с измерительной лентой дополнительно содержит торсионную пружину; причем торсионная пружина соединена с поворотным барабаном; и торсионная пружина прикладывает крутящий момент к поворотному барабану или его соединению с датчиком. В определенных вариантах осуществления датчик поворота расположен в корпусе датчика.

[143] В этом варианте осуществления датчика применяется гибкая тонкая лента материала, намотанная вокруг барабана, который удерживается пружиной для втягивания ленты (**фиг. 2А и 2В**). Лента натягивается вокруг части растения, а дальний конец крепится к устройству с помощью зажима. По мере увеличения размера части растения лента вытягивается, и барабан поворачивается вокруг оси Z. Магнит закреплен в барабане аналогично датчику с зажимом, описанному выше, для получения измерительного сигнала от датчика Холла. Иллюстративный датчик с измерительной лентой показан на **фиг. 2С**.

[144] Если диаметр барабана относительно мал, то это устройство может выдать относительно большой измерительный сигнал при небольшом изменении диаметра части растения. Кроме того, за счет большого количества витков ленты вокруг барабана можно получить относительно длинную ленту, что позволит измерять более крупные части растения.

[145] Потенциальным недостатком этого типа датчика по сравнению с датчиком с зажимом является то, что для его установки обычно требуется две руки, он обязательно содержит больше деталей, трение между лентой и частью растения снижает точность измерения, и лента может препятствовать поступлению воздуха к части растения. Для снижения этих проблем лента может быть изготовлена из перфорированного материала с очень низкой поверхностной энергией и низким трением. PETG с лазерной обработкой представляет собой один из практических вариантов ленты, который хорошо работает и является экономически эффективным. Также возможно применение фторированных материалов и композитных лент, содержащих армирующие элементы из кевлара или стекловолокна.

Датчик с полосой

[146] В некоторых вариантах осуществления датчика согласно настоящему изобретению одно или более креплений содержит полосу, застежку и поворотный барабан, причем магнит расположен внутри поворотного барабана; полоса выполнена с возможностью обертывания вокруг части растения и прикреплена к датчику с помощью застежки; поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения. Этот тип датчика в настоящем документе называется датчиком или дендрометром «с полосой» или «с лентой».

[147] В некоторых вариантах осуществления изобретения поворотный барабан выполнен с возможностью поворота пропорционально изменению размера части растения при изменении положения полосы. В определенных вариантах осуществления датчик поворота расположен в корпусе датчика.

[148] В некоторых вариантах осуществления датчик дополнительно содержит торсионную пружину, причем торсионная пружина соединена с поворотным барабаном. В некоторых вариантах осуществления торсионная пружина прикладывает крутящий момент к поворотному барабану или соединению датчика с ним.

[149] Вариант датчика с лентой не имеет заданной длины ленты, а вместо этого содержит полосу, которая может иметь произвольную длину для обертывания вокруг

дерева любого размера (**фиг. 3А-3В**). Измеряется только изменение длины полосы, так как обычно интерес представляют небольшие изменения размера части растения (*например*, ствола или стебля и т. д.), а не абсолютное измерение размера. Полоса крепится к устройству на дальнем конце с помощью застежки, которая захватывает полосу за счет трения в любой точке.

Датчик с зубчатым ремнем

[150] В некоторых вариантах осуществления датчика согласно настоящему изобретению одно или более креплений содержат ремень с множеством зубцов, застежку и зубчатый шкив, причем магнит расположен внутри зубчатого шкива; ремень выполнен с возможностью обертывания вокруг части растения и крепления к датчику с помощью застежки; зубчатый шкив выполнен с возможностью сцепления с одним или более зубцами ремня и поворота пропорционально изменению размера части растения. Этот тип датчика в настоящем документе называется «датчиком с зубчатым ремнем».

[151] В некоторых вариантах осуществления ремень выполнен с возможностью обертывания вокруг части растения и крепления к датчику с помощью застежки с зубцами, обращенными наружу, в сторону от части растения. В определенных вариантах осуществления зубчатый шкив выполнен с возможностью зацепления с одним или более зубцами ремня и поворота пропорционально изменению размера части растения при изменении положения ремня.

[152] В некоторых вариантах осуществления ремень содержит кевлар, металл, стекловолокно или их комбинации. В определенных вариантах осуществления зубцы расположены на расстоянии около 2 мм друг от друга или менее. В определенных вариантах осуществления датчик поворота расположен в корпусе датчика.

[153] В другом варианте осуществления датчика применяется зубчатый ремень, так что при установке вокруг части растения зубчатая сторона ремня обращена наружу, а гладкая, твердая задняя сторона ремня прилегает к коре или внешней поверхности части растения. Ремень может иметь твердую скользкую поверхность в контакте с поверхностью, чтобы максимально увеличить его способность скользить во время расширения и сжатия ствола. Кевларовые, металлические или стекловолоконные волокна ремня противостоят растяжению и, таким образом, повышают точность измерения. Вместо обертывания вокруг барабана ремень зацепляется с зубчатым шкивом, который поворачивает магнит, чтобы произвести измерение (**фиг. 4А**). Другой конец может быть захвачен зажимом на устройстве в любой точке. Этот тип также позволяет измерять растение любого размера при условии, что зубчатый ремень достаточно длинный. Ремни длиной 10 м с 2-мм зубцами (профиль GT2) можно легко приобрести по низкой цене, поскольку они часто применяются в 3D-принтерах. Ремни с более мелкими зубцами, изготовленные специально для этого устройства, могут обеспечить еще более чувствительное измерение частей растения и предложить другие преимущества, особенно если внутренняя поверхность выполнена в виде очень твердой и скользкой поверхности. Иллюстративный датчик с зубчатым ремнем показан на **фиг. 4А и 4В**.

Системы и способы для измерения и отслеживания размера части растения

[154] В некоторых аспектах в настоящем документе предложена система для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, содержащая: а) датчик в соответствии с любым из описанных в настоящем документе вариантов осуществления; и б) мобильное устройство или сервер; причем датчик соединен с мобильным устройством или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер.

[155] В некоторых вариантах осуществления датчик соединен с мобильным устройством или сервером посредством средства Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), средства дальнего радиуса действия (LoRa) или их комбинации. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер. В определенных вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью передачи данных, связанных с датчиком поворота, размером части растения, уровнем сигнала беспроводной связи, или их комбинации, на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления датчик выполнен с возможностью приема данных от мобильного устройства или сервера.

[156] В некоторых вариантах осуществления система содержит множество датчиков в соответствии с любым из описанных в настоящем документе вариантов осуществления, причем каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство или сервер. В некоторых вариантах осуществления каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством или сервером посредством средства Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), средства дальнего радиуса действия (LoRa) или их комбинации. В определенных вариантах осуществления каждый датчик из множества выполнен с возможностью передачи данных, связанных с уровнем сигнала беспроводной связи, на мобильное устройство или сервер. В определенных вариантах осуществления мобильное устройство или сервер получает информацию об уровне сигнала беспроводной связи от каждого датчика из множества и генерирует карту уровня сигнала беспроводной связи по местоположениям множества датчиков. В некоторых вариантах осуществления мобильное устройство содержит датчик GPS. В определенных вариантах осуществления датчик GPS выполнен с возможностью получения информации о местоположении с помощью датчика GPS и связывания информации о местоположении с датчиком из множества. В некоторых вариантах осуществления мобильное устройство содержит камеру или другой датчик изображений (*например*, ПЗС- или КМОП-датчик).

[157] Для всех описанных в настоящем документе типов дендрометров приложение для смартфона может помочь собрать контекстную информацию с помощью обычных датчиков смартфона (GPS, компас, RFID, камера) и подсказок пользователю.

[158] Измерения дендрометром наиболее значимы, если хорошо понятен контекст. Тип растения, его местоположение и стадия роста - все это учитывается. Большую часть этой информации можно легко собрать с помощью смартфона. Дендрометрические

устройства могут иметь устройство связи малого радиуса действия (RFID), которое смартфон сможет обнаружить и применить для идентификации устройства. Альтернативно устройство может иметь QR-код, штрихкод или другой визуальный идентификатор, который человек или камера на смартфоне могут применять для идентификации устройства. Одна или более фотографий, сделанных на растении, где установлено устройство, которые будут содержать информацию, включая местоположение по GPS (геометке) телефона, и растение может быть идентифицировано с помощью облачного программного обеспечения для распознавания изображений по идентификатору растения. Мобильное приложение может предложить установщику ответить на несколько вопросов, например, укореняется ли растение или высаживается впервые.

[159] Каждое устройство, при сопряжении со смартфоном, может применяться в качестве устройства для проверки уровня сигнала сети. Устройство может иметь два канала беспроводной связи, например BLE (Bluetooth с низким энергопотреблением) и LoRa. Сигнал LoRa может быть основным средством передачи данных от датчика в интернет-систему из-за его большого радиуса действия и низкого энергопотребления, в то время как Bluetooth может применяться для непосредственной связи со смартфоном, поскольку большинство смартфонов поддерживают этот стандарт. Уровень сигнала LoRa может быть измерен устройством во время его связи со смартфоном по BLE. В результате обхода со всех сторон с сенсорным устройством или попыток размещения в различных возможных местах установки, например, по обе стороны дерева, телефон может быть применен для определения качества связи LoRa в каждом возможном месте установки. Эта информация может быть сохранена в виде данных с географической привязкой, чтобы наметить зоны с удовлетворительным качеством сигнала для данного местоположения шлюза. Процесс, при котором шлюз может быть временно установлен в пробном месте, а затем качество сигнала оценивается с помощью простого смартфона и любого сенсорного устройства, имеющего эту функцию двух радиопередатчиков, облегчит пользователям настройку надлежащей беспроводной сети для их местоположения и желаемого расположения датчиков. Для устройств с только одним радиопередатчиком, например, только LoRa, может быть применен тот же процесс, как если шлюз подключен к Интернету, а смартфон имеет возможность подключения к сети через сотовую связь или Wi-Fi. В этом случае сенсорное устройство сначала подключается к шлюзу, когда оно находится в зоне действия, а информация о качестве сигнала передается через Интернет на телефон по мере того, как человек перемещает сенсорное устройство. Отображение в реальном времени на экране смартфона качества сигнала, количества полосок и/или цвета: зеленый - хорошо, желтый - нормально, оранжевый - неудовлетворительно, красный - плохо, позволит установщику легко разместить датчики в местах с надлежащим уровнем связи. Одна сторона дерева может быть солнечной, и предпочтительно разместить датчик в тени, но это менее важно, чем наличие надлежащего уровня связи. С другой стороны, «желтый» уровень связи и тень лучше, чем «зеленый» уровень связи и солнце. Направление солнца может быть показано с помощью приложения для смартфона и информации о геолокации. Отображение обеих

частей информации на дисплее во время установки позволит приложению подсказать установщику наилучшее расположение датчиков.

[160] В некоторых аспектах в настоящем документе предложен способ отслеживания размера части растения и/или других характеристик части растения, включающий в себя: измерение размера и/или других характеристик части растения с помощью датчика согласно настоящему изобретению, *например*, на основе данных, собранных с помощью его встроенного компонента(-ов). В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает в себя измерение размера и/или других характеристик части растения с помощью датчика согласно настоящему изобретению во второй момент времени после первого момента времени, при этом размер и/или другие характеристики части растения измеряются с помощью датчика согласно настоящему изобретению, *например*, на основе данных, собранных с помощью его встроенного компонента(-ов). В некоторых вариантах осуществления размер и/или другие характеристики части растения сравниваются между первым и вторым моментами времени для отслеживания изменений размера и/или других характеристик части растения с течением времени (*т. е.* между первым и вторым моментами времени).

[161] В некоторых вариантах осуществления измерение размера основано, по меньшей мере частично, на положении магнита датчика (*например*, обнаруженном магнитометром согласно настоящему изобретению). В некоторых вариантах осуществления способ включает в себя, до измерения размера, установку датчика на растение или часть растения, причем одно или более креплений размещают в части растения или вокруг нее, а крышку плунжера размещают напротив части растения. В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает измерение размера части растения с помощью датчика согласно настоящему изобретению во второй момент времени после первого момента времени, причем измерение размера во второй момент времени основано по меньшей мере частично на положении магнита, а изменение положения магнита от первого до второго момента времени указывает на изменение размера части растения.

[162] В некоторых аспектах в настоящем документе предложен способ отслеживания размера части растения и/или других характеристик части растения, включающий в себя: а) в первый момент времени измерение размера части растения на датчике в соответствии с любым из вариантов осуществления, описанных в настоящем документе; и б) во второй момент времени после первого момента времени измерение размера части растения и/или других характеристик части растения на датчике, *например*, на основе данных, собранных с помощью его встроенного компонента(-ов). В некоторых вариантах осуществления размер и/или другие характеристики части растения сравниваются между первым и вторым моментами времени для отслеживания изменений размера и/или других характеристик части растения с течением времени (*т. е.* между первым и вторым моментами времени).

[163] В некоторых вариантах осуществления изменение размера части растения

между первым и вторым моментами времени вызывает поворот поворотного элемента пропорционально изменению размера. В некоторых вариантах осуществления разница в размере и/или других характеристиках части растения измеряется между двумя временными точками. В некоторых вариантах осуществления размер и/или другие характеристики части растения измеряются в каждой временной точке.

ПРИМЕРЫ

[164] Раскрытый в настоящем документе объект изобретения будет лучше понят со ссылкой на следующие примеры, которые приведены в качестве иллюстрации настоящего изобретения, а не с целью ограничения.

Пример 1. Измерение размера стебля растения с помощью дендрометров

[165] Девять дендрометров установили в закрытом помещении для выращивания на семи растениях и одном эталонном цилиндре. Шесть растений представляли собой томаты, одно - каучуконосное растение. На одном из томатов установили два дендрометра, один над другим на стебле (ed3 и ed4). Семь дендрометров были выполнены в исполнении с зажимом, а два (TM1 и TM2) - в исполнении с лентой. Светильники для выращивания включали с 5:30 утра до 7 вечера по местному (тихоокеанскому) времени. Операции полива регистрировали.

[166] **На фиг. 5** показан график измерений размера стебля, зарегистрированных каждым дендрометром, с течением времени. Можно проследить суточный цикл, а также операции полива. На эталонном стержне можно наблюдать суточное нарушение, связанное со сменой освещения и некоторой величиной оседания. Это ожидаемо для данных устройств и может быть исправлено.

Пример 2. Измерение размера ствола дерева хурмы Фуйю

[167] Дерево хурмы Фуйю находилось в относительно сухой почве. **На фиг. 6** показаны данные с дендрометра с измерительной лентой, установленного на дереве, который каждые 30 секунд передавал измерения по Bluetooth через шлюз на крыше в облачное хранилище данных. Измерения проводились в мм, а время указано как местное, тихоокеанское время. При измерении размера наблюдался суточный цикл в приблизительно 0,02 мм. Воду подавали на третий вечер в этот период исследования. На следующий день размер ствола увеличился на около 0,06 мм от минимального значения.

Пример 3. Измерение размера дерева, температуры воздуха, относительной влажности, температуры магнитометра, уровня заряда батареи, интенсивности освещения и осей акселерометра

[168] Контроль осуществлялся за шестью деревьями. **На фиг. 7A-7C** показаны данные с устройства согласно настоящему изобретению, установленного на каждое дерево. **На фиг. 8A-8C** показаны данные с устройства, установленного на одном дереве. Измерения диаметра были в мм. Температуру воздуха и температуру магнитометра измеряли в °C. Измерения относительной влажности были в % отн. влажности. Измерения уровня заряда батареи были в %. Измерения акселерометра были в м/с².

Пример 4. Измерение роста дерева

[169] С сентября 2021 года по ноябрь 2021 года осуществляли контроль дерева липы.

Его рост измеряли с точностью до 0,001 мм. **На фиг. 10** показан суточный максимум (раннее утро), суточный минимум (поздний день), суточная вариация и дефицит воды в дереве (TWD). Суточная вариация была примерно равна размеру человеческого волоса (приблизительно 80 мкм). **На фиг. 11** показано устройство на дереве липы. Без ограничения какой-либо теорией, считается, что основные факторы суточных колебаний размера связаны с напряжением, создаваемым транспирацией, и ограничениями, накладываемыми на гидравлическую проводимость почвой, путями оттока сока внутри растения, устьичной щелью и их соответствующими поверхностями контакта. С другой стороны, необратимое расширение тканей может быть вызвано делением и ростом клеток, *например*, в меристемах.

Пример 5. Контроль состояния воды в лозах и стеблях малого диаметра

[170] У многих культур стебли или лозы могут быть слишком маленького диаметра, чтобы на них можно было установить дендрометр, закрепленный с помощью винта. Однако как и в случае с деревьями, может быть предпочтительно контролировать размер стеблей и/или лоз растения, чтобы оптимизировать условия роста растения. Например, виноградные лозы должны выращиваться в условиях оптимальной величины недостатка воды, чтобы получить виноград с наиболее желательным вкусовым профилем. При чрезмерном поливе виноградные лозы могут давать водянистый виноград, который имеет нежелательный вкусовой профиль. При недостаточном поливе виноградные лозы также могут давать виноград, который имеет нежелательный вкусовой профиль. Кроме того, виноградные лозы, получающие недостаточный полив, могут дать меньше винограда, чем виноградные лозы, получающие оптимальное количество воды. Значительный недостаток влаги при поливе может в конечном итоге привести к гибели растений. Обычные методы контроля состояния воды в виноградных лозах могут включать ручное удаление виноградного листа, герметизацию листа в камере давления с выступающим из камеры стеблем листа, а затем измерение давления воды, которая скапливается на оторванном стебле листа. Эти обычные методы обычно выполняются непосредственно перед сбором урожая; таким образом, даже если эти методы покажут, что виноградная лоза не получает оптимального количества воды, до сбора урожая может не остаться достаточно времени, чтобы исправить условия выращивания для получения наиболее желаемого винограда. Кроме того, обычные методы занимают много времени, требуют ручного труда и подвержены ошибкам и предвзятости оператора. В частности, поскольку измерение показывает водный режим только конкретного листа, выбор листьев, точно отражающих состояние растения, может быть непростой задачей.

[171] Дендрометры, описанные в настоящем документе, могут быть адаптированы для контроля водного режима в лозах и других стеблях небольшого диаметра. В некоторых вариантах осуществления адаптированный дендрометр может обеспечить экономически эффективный и автоматический метод непрерывного измерения диаметра виноградной лозы или другого растения со стеблем небольшого диаметра, чтобы контролировать водный режим (например, избыточный полив, недостаточный полив и т. д.) указанного растения в

процессе роста растения. Адаптированный дендрометр согласно настоящему изобретению может также предоставлять информацию о росте и информацию об окружающей среде, которая может помочь в анализе измерения диаметра стебля. В некоторых вариантах осуществления информация о росте и окружающей среде, предоставляемая адаптированным дендрометром, может быть применена для принятия решений по управлению растениеводческим хозяйством (например, орошение). В некоторых вариантах осуществления пользователь может установить и контролировать большое количество (например, большее или равное 100, 500, 1000, 5000 и т. д.) адаптированных дендрометров на одном участке выращивания. Это может позволить пользователю измерить большое количество растений в различных местах на участке выращивания, что может позволить пользователю аккуратно и точно оценить условия выращивания в указанных местах. В некоторых вариантах осуществления адаптированный дендрометр может применяться для контроля более мелких, молодых побегов; такие побеги могут обеспечить более надежные данные, поскольку в них может содержаться меньше пробки.

[172] На **фиг. 12А** показан иллюстративный дендрометр, адаптированный для измерения диаметра лоз и других стеблей небольшого диаметра. В частности, на **фиг. 12А** показан дендрометр 1200, прикрепленный к стеблю 1226. Как показано, дендрометр 1200 может содержать плунжер 1202, множество рычагов 1204, корпус 1206 и ушко 1208. Ушко 1208 может быть механически соединено с плунжером 1202. Плунжер 1202 можно отвести от множества рычагов 1204, потянув за ушко 1208 в сторону от корпуса 1206. В некоторых вариантах осуществления пользователь может установить дендрометр 1200 на стебель 1226, отведя плунжер 1202 с помощью ушка 1208, поместив множество рычагов 1204 на соответствующий участок стебля 1226 и отпустив плунжер 1202 путем отпускания ушка 1208. Когда плунжер 1202 отпущен, он может перемещаться к множеству рычагов 1204 и фиксировать стебель 1226 между концом плунжера 1202 и множеством рычагов 1204. В некоторых вариантах осуществления множество рычагов 1204 может содержать по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4, по меньшей мере 5 или по меньшей мере 6 рычагов. В некоторых вариантах осуществления множество рычагов 1204 может содержать пару рычагов, которые проходят от корпуса 1206 в форме буквы «V» или «U». В некоторых вариантах осуществления расположение и форма множества рычагов 1204 могут быть предназначены для поддержки стебля 1226 кинематически определенным образом.

[173] В некоторых вариантах осуществления дендрометр 1200 может быть достаточно маленьким, чтобы поместиться между близко расположенными узлами на стебле или лозе (например, близко расположенными узлами на виноградной лозе). В некоторых вариантах осуществления максимальное расстояние между каждым рычагом из множества рычагов 1204 может составлять 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 или 3 дюйма или менее. В некоторых вариантах осуществления максимальное расстояние между каждым рычагом из множества рычагов 1204 может составлять 0,15, 0,5, 1, 1,5, 2 или 2,5 дюйма или более. В некоторых вариантах осуществления компактная форма дендрометра 1200 может минимизировать путь измерительной нагрузки, что может повысить точность измерений

диаметра, особенно при изменении температуры окружающей среды.

[174] В некоторых вариантах осуществления дендрометр 1200 может быть выполнен с возможностью крепления к стеблям или лозам, имеющим диаметры 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 или 5 дюймов или менее. В некоторых вариантах осуществления дендрометр 1200 может быть выполнен с возможностью крепления к стеблям или лозам, имеющим диаметры 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 или 5 дюймов или более. В некоторых вариантах осуществления дендрометр 1200 может быть выполнен с возможностью крепления к стеблям или лозам, имеющим диаметры более или равные 0,15 дюйма и менее или равные 1 дюйму.

[175] Дендрометр 1200 может быть изготовлен из легких материалов. В некоторых вариантах осуществления корпус 1206 может содержать стабильный полимер, такой как заполненный стеклом на 30% УФ-активируемый полимер, который может быть напечатан на 3D-принтере методом стереолитографии (например, материалы FormLabs Rigid10K). В некоторых вариантах осуществления корпус 1206 может содержать заполненный стеклом полимер, который может быть изготовлен методом литья под давлением (например, Noryl). В некоторых вариантах осуществления корпус 1206 может содержать материалы, которые выполнены с возможностью передачи радиочастотных сигналов.

[176] В некоторых вариантах осуществления в корпусе 1206 может находиться один или более электронных компонентов, которые выполнены с возможностью контроля изменений диаметра стебля, к которому прикреплен дендрометр 1200. Корпус 1206 может содержать съемную панель 1220, которая может позволить пользователю получить доступ к электронным компонентам, размещенным в корпусе 1206.

[177] Дополнительные виды в перспективе снаружи дендрометра 1200 показаны на **фиг. 12Е - фиг. 12М**.

[178] **На фиг. 12В** изображен внутренний вид в перспективе дендрометра 1200. Как показано, в корпусе 1206 может находиться печатная плата в сборе 1214, содержащая антенну 1216 и магнитометр 1218. Плунжер 1202 может содержать магнит 1210, расположенный на одном конце пружины 1212. Когда пользователь оттягивает плунжер 1202, отводя ушко 1208 из положения покоя, пружина 1212 может сжиматься. Когда ушко 1208 отпускают, пружина 1212 может быть вынуждена снова растянуться, что может заставить плунжер 1202 перемещаться к множеству рычагов 1204. Если множество рычагов 1204 помещены на стебель, например, стебель 1226, перемещение плунжера 1202 к множеству рычагов 1204 может быть остановлено стеблем.

[179] В некоторых вариантах осуществления магнит 1210 может генерировать магнитное поле, характеризующееся изогнутыми линиями магнитного потока. Магнитометр 1218 может быть выполнен с возможностью измерения интенсивности магнитного поля, генерируемого магнитом 1210 вдоль по меньшей мере двух осей, *например*, вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости. Угол магнитного поля может быть определен на основе интенсивности магнитного поля вдоль по меньшей мере двух осей (*например*, вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости),

обнаруженной магнитометром 1218. В некоторых вариантах осуществления угол может быть равен или связан с арктангенсом интенсивности магнитного поля вдоль первой оси, деленным на интенсивность магнитного поля вдоль второй оси. Если дендрометр 1200 прикреплен к стеблю или лозе, например, к стеблю 1226, и диаметр этого стебля/лозы увеличивается или уменьшается, угол магнитного поля, генерируемого магнитом 1210, может измениться. Изменение угла магнитного поля может быть связано с линейным изменением диаметра стебля или лозы. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра стебля или лозы может быть приблизительно линейно связано с изменением угла магнитного поля. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра может быть связано с изменением угла магнитного поля полиномом седьмого порядка. В некоторых вариантах осуществления линейное изменение диаметра может быть связано с изменением угла магнитного поля полиномом седьмого порядка во время калибровки дендрометра 1200.

[180] В некоторых вариантах осуществления пружина 1212 может быть выполнена достаточно прочной, чтобы позволить плунжеру 1202 захватить стебель или лозу, но достаточно слабой, чтобы плунжер 1202 не повредил стебель или лозу. Это может позволить легко прикреплять и снимать дендрометр 1200 с различных стеблей или лоз и/или различных мест вдоль стебля или лозы без повреждения растения(-й). В некоторых вариантах осуществления плунжер 1202 может быть выполнен с возможностью линейного перемещения с низким коэффициентом трения, чтобы плунжер 1202 был чувствителен к небольшим изменениям диаметра стебля или лозы. В некоторых вариантах осуществления плунжер 1202 может быть чувствителен к изменениям диаметра стебля с микронным разрешением.

[181] В некоторых вариантах осуществления антенна 1216 может быть выполнена с возможностью передачи данных, связанных с изменением диаметра стебля или лозы, на внешнее устройство (например, компьютер пользователя). В некоторых вариантах осуществления антенна 1216 может представлять собой радиочастотную антенну. В некоторых вариантах осуществления антенна 1216 может быть выполнена с возможностью беспроводной передачи данных с помощью цифрового радиопrotocola с низким энергопотреблением (например, Bluetooth с низким энергопотреблением 5 (BLE5) или LoraWAN). В некоторых вариантах осуществления антенна 1216 может непрерывно передавать данные на внешнее устройство в течение длительного периода времени (например, в течение всего вегетационного периода).

[182] Как упомянуто выше, корпус 1206 может содержать съемную заднюю панель 1220, которая может позволить пользователю получить доступ к печатной плате в сборе 1214. Съемная задняя панель 1220 может быть прикреплена к корпусу 1206 с помощью одного или более креплений 1222. В некоторых вариантах осуществления крепления 1222 могут содержать один или более винтов, один или более болтов и/или одну или более заклепок.

[183] В некоторых вариантах осуществления печатная плата в сборе 1214 может

содержать один или более датчиков в дополнение к магнитометру 1218. Один или более дополнительных датчиков могут включать датчик влажности, датчик освещенности, датчик температуры и/или акселерометр. Датчик влажности и датчик температуры воздуха могут быть применены для определения того, вызваны ли изменения диаметра стебля или лозы набуханием пробкового слоя стебля между плунжером и флоэмой. Может потребоваться провести различие между изменениями диаметра, вызванными набуханием пробкового слоя и расширениями флоэмы, поскольку расширения флоэмы могут представлять собой фактические изменения, представляющие интерес. В некоторых вариантах осуществления датчик влажности и датчик температуры могут применяться для сбора информации, связанной с возможностью транспирации во время фотосинтеза. Например, данные, собранные датчиком влажности и датчиком температуры, могут быть применены для расчета дефицита давления паров. Акселерометр может помочь определить, был ли дендрометр 1200 оттолкнут или смещен, и может предоставить информацию об устойчивости растения, к которому прикреплен дендрометр 1200, при изменяющихся условиях ветра. Датчик освещенности может применяться для определения того, находится ли дендрометр 1200 под прямыми солнечными лучами, для определения времени захода и восхода солнца, для подтверждения местоположения дендрометра 1200 и для предоставления информации о величине облачности.

[184] В некоторых вариантах осуществления, как показано на **фиг. 12С**, печатная плата в сборе 1214 может получать питание от батареи 1228. В некоторых вариантах осуществления батарея 1228 может представлять собой плоскую круглую батарею, выполненную с возможностью работы в течение всего вегетационного периода. Это может позволить установить дендрометр 1200 на стебле или лозе после весенней обрезки и снять его после сбора урожая.

[185] Дополнительные внутренние виды в перспективе дендрометра 1200 показаны на **фиг. 12D** и **фиг. 12H**.

[186] На **фиг. 12N-12P** показаны фотографии дендрометра(-ов) 1200, прикрепленного к виноградной лозе. Как показано, дендрометр 1200 может быть прикреплен к лозе с помощью одной или более эластичных лент 1230. В некоторых вариантах осуществления эластичные ленты 1230 могут быть устойчивы к ультрафиолетовому излучению. В некоторых вариантах осуществления одна эластичная лента 1230 может быть натянута на первый рычаг из множества рычагов 1204, вокруг стебля, вокруг задней стороны дендрометра 1200 и на второй рычаг из множества рычагов 1204.

Пример 6. Встроенный датчик дерева

[187] Датчик дерева может быть выполнен с возможностью способствовать удаленному контролю состояния здоровья и/или роста растения в течение нескольких лет без необходимости технического обслуживания после установки. Датчик дерева может содержать множество встроенных датчиков, способных контролировать состояние роста, состояние воды, наклон и/или качание. В некоторых вариантах осуществления встроенный

датчик дерева может быть выполнен с возможностью обнаружения и/или учета любых воздействий, которые датчик может оказывать на производимые им измерения. В некоторых вариантах осуществления продолжительность установки встроенного датчика дерева может быть ограничена только ростом самого дерева. Встроенный датчик дерева может питаться от одной или более батарей, которые выполнены с возможностью обеспечения питания в течение всего срока службы датчика дерева без необходимости замены.

[188] **На фиг. 13А-13В** показаны виды в перспективе встроенного датчика дерева в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В частности, на **фиг. 13А-13В** показаны виды в перспективе встроенного датчика дерева 1300, который прикреплен к стволу дерева. Встроенный датчик 1300 дерева содержит плунжер 1302 и крепежный винт 1304. Один конец плунжера 1302 может содержать наконечник 1308 карданного шарнира. Элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, может покрывать один или более электронных и/или управляющих компонентов датчика 1300. В некоторых вариантах осуществления поверхность датчика 1300, обращенная в сторону от ствола дерева, когда датчик 1300 установлен, может содержать одну или более солнечных панелей 1312, которые выполнены с возможностью приема солнечной энергии и преобразования ее в электрическую энергию для питания датчика 1300.

[189] **На фиг. 13С** показан вид в поперечном сечении встроенного датчика 1300 дерева. Как показано, элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, покрывает одну печатную плату 1324. В некоторых вариантах осуществления печатная плата 1324 может быть выполнена с возможностью поддержки всех механических и электрических компонентов датчика 1300 (т. е. все компоненты датчика 1300 могут быть прикреплены к печатной плате 1324). Электронные компоненты датчика 1300 могут содержать одну или более антенн, таких как антенна 1326 LORA и антенна 1332 NFC. В некоторых вариантах осуществления эти антенны могут быть выполнены с возможностью передачи данных на большие расстояния при потреблении небольших объемов энергии.

[190] В некоторых вариантах осуществления печатная плата 1324 может содержать материалы, обладающие стабильными структурными свойствами и низкими коэффициентами теплового расширения по сравнению с пластмассами, полученными литьем под давлением. В некоторых вариантах осуществления печатная плата 1324 может содержать пластинчатые слои композита на основе эпоксидной смолы и стекловолокна (например, G10 или FR4).

[191] В некоторых вариантах осуществления элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, может быть выполнен с возможностью герметичного закрытия печатной платы 1324. Элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, может быть нанесен с помощью системы многокомпонентного литья под низким давлением (например, Techno-Melt от Henkel). Элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, может быть выполнен с возможностью защиты одного или более электронных компонентов встроенного датчика дерева от воздействия воды и других загрязняющих

веществ. В некоторых вариантах осуществления элемент 1306, полученный многокомпонентным литьем, может быть нанесен таким образом, что один или более компонентов датчика 1300 остаются открытыми.

[192] В некоторых вариантах осуществления крепежный винт 1304 может быть выполнен с возможностью надежного крепления датчика 1300 к стволу дерева. Крепежный винт 1304 может представлять собой винт с круглой головкой и может содержать нержавеющую сталь, латунь, алюминий и/или титан. Крепежный винт 1304 может быть единственным винтом, необходимым для крепления датчика 1300. Применение одного винта может способствовать простой и эффективной установке датчика 1300, поскольку для одного винта требуется просверлить только одно отверстие в стволе дерева. Для обеспечения того, чтобы датчик 1300 стабильно проводил измерения в течение длительных периодов времени, может потребоваться, чтобы резьбовое соединение крепежного винта 1304 было затянутым и надежным.

[193] В некоторых вариантах осуществления ограничитель 1322 сжатия может быть установлен в печатную плату 1324, чтобы обеспечить прочное промежуточное средство между винтом 1306 и печатной платой 1324. Ограничитель 1322 сжатия может представлять собой металлический хомут и может быть установлен на печатную плату 1324 с помощью автоматического паяльного оборудования. После того как в стволе дерева просверлено отверстие для крепежного винта 1304, датчик 1300 можно прикрепить к стволу путем вставки крепежного винта 1304 в переднюю поверхность датчика 1300, через ограничитель 1322 сжатия и печатную плату 1324, чтобы он вышел из задней поверхности датчика 1300. На концевой части крепежного винта 1304 может быть установлена гайка 1316. Крепежный винт 1324 может быть вставлен на соответствующую глубину в отверстие в стволе дерева. Затем можно выровнять плунжер 1302. После выравнивания плунжера 1302 гайка 1316 может быть затянута сбоку с помощью ключа (например, серповидного гаечного ключа), чтобы предотвратить осевое перемещение крепежного винта 1324.

[194] В некоторых вариантах осуществления крепежное отверстие или прорезь в печатной плате 1324 может быть открыта, чтобы винт 1304 мог прикрепить датчик 1300 к дереву. В некоторых вариантах осуществления крепежный винт 1304 может представлять собой резьбовой стержень с гайкой, предварительно закрепленной на стержне с помощью клея, припоя или сварки. В некоторых вариантах осуществления гайка может быть подвергнута механической обработке как часть резьбового стержня. После размещения датчика 1300 соответствующим образом, можно установить и затянуть вторую гайку с передней поверхности датчика 1300. Это может позволить устанавливать и снимать датчик 1300 без полного извлечения крепежного винта 1304 из дерева.

[195] **На фиг. 13D** показан вид в поперечном сечении плунжера 1302. В плунжере 1302 может находиться магнит 1328. В некоторых вариантах осуществления магнит 1328 может содержать неодим. Магнит 1328 может генерировать магнитное поле. Когда датчик 1300 установлен на стволе дерева, изменения диаметра ствола дерева могут повлиять на физические свойства магнитного поля, генерируемого магнитом 1328. Датчик 1300 может

содержать магнитометр 1334, который выполнен с возможностью обнаружения изменений в магнитном поле, генерируемом магнитом 1328. В некоторых вариантах осуществления магнитное поле, генерируемое магнитом 1328, может характеризоваться изогнутой направленностью магнитного поля, которая изменяет угол относительно фиксированной точки по мере перемещения плунжера 1302 внутрь и наружу в результате изменения диаметра ствола дерева. Магнитометр 1334 может измерять интенсивность магнитного поля по двум ортогональным осям. На основе измеренных значений интенсивности можно рассчитать угол наклона линий магнитного поля относительно фиксированной точки. Этот угол может быть связан с линейным положением плунжера 1302. В некоторых вариантах осуществления линейное положение плунжера 1302 может быть определено с микронным разрешением. В некоторых вариантах осуществления характеристики магнитного поля, создаваемого магнитом 1328, могут быть устойчивы к изменениям в течение срока службы датчика 1300, если датчик 1300 не нагревается искусственно.

[196] В некоторых вариантах осуществления плунжер 1302 может быть частично размещен в направляющей 1318. Пружина 1330 может окружать плунжер 1302 внутри крышки 1318 направляющей. В некоторых вариантах осуществления плунжер 1302 может быть установлен путем оттягивания назад крышки 1310 плунжера для сжатия пружины 1330 и последующего отпускания крышки 1310 плунжера, чтобы плунжер 1302 вошел в контакт со стволом дерева. В некоторых вариантах осуществления на одном конце пружины 1330 внутри крышки 1318 направляющей может быть расположен штифт 1320, препятствующий повороту, чтобы предотвратить поворот плунжера 1302 и облегчить передачу усилия пружины на плунжер 1302.

[197] Как упомянуто выше, плунжер 1302 может содержать наконечник 1308 карданного шарнира. Наконечник 1308 карданного шарнира может быть выполнен с возможностью поворота плунжера 1302 вокруг оси. В некоторых вариантах осуществления наконечник 1308 карданного шарнира может быть выполнен с возможностью обеспечения площади контакта надлежащего размера между плунжером 1302 и стволом дерева, к которому прикреплен датчик 1300. В некоторых вариантах осуществления площадь поверхности наконечника 1308 карданного шарнира может составлять 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 или 50 квадратным миллиметром или более. В некоторых вариантах осуществления площадь поверхности наконечника 1308 карданного шарнира может составлять 1000, 500, 200, 100, 90, 80 или 70 квадратных миллиметров или менее. В некоторых вариантах осуществления изобретения площадь поверхности наконечника 1308 карданного шарнира может составлять 10-50, 10-100, 10-500, 10-1000 или 10-1500 квадратных миллиметров. В некоторых вариантах осуществления один конец плунжера 1302 может содержать сферический шаровой кончик. Наконечник 1308 карданного шарнира может содержать сферическую полость, выполненную с возможностью приема сферического шарового кончика плунжера 1302. В некоторых вариантах осуществления наконечник 1308 карданного шарнира может иметь толщину 5, 4, 3, 2 или 1 мм или менее. В некоторых вариантах осуществления наконечник 1308 карданного шарнира может иметь

толщину 0,5, 1, 2, 3 или 4 мм или более. В некоторых вариантах осуществления наконечник 1308 карданного шарнира может быть изготовлен методом литья под давлением и может содержать пластик (например, пластик с низким коэффициентом трения, такой как ацеталь или PETG). На **фиг. 13P** показаны виды в перспективе наконечника 1308 карданного шарнира.

[198] В некоторых вариантах осуществления солнечная панель 1312 может быть компонентом гибридного конденсатора/литиевой батареи 1336 и схемы управления зарядом, встроенной в печатную плату 1324 и выполненной с возможностью максимизации сбора энергии для датчика 1300. Солнечная панель 1312 может быть выполнена с возможностью подачи питания на датчик 1300 в течение всего срока службы датчика 1300. В некоторых вариантах осуществления датчик 1300 может быть выполнен с возможностью работы в течение длительного периода времени (например, нескольких дней или недель) в темноте за счет энергии, собранной солнечной панелью 1312 и хранящейся в гибридном конденсаторе 1336.

[199] На **фиг. 13Q** показан внутренний вид в поперечном сечении встроенного датчика 1300 дерева, прикрепленного к алюмосиликатной керамической пластине, применяемой для определения чувствительности к температуре и влажности (при работе датчик 1300 будет прикреплен к части растения, как описано в настоящем документе). На этой фигуре печатная плата 1324 представляет собой PCA-00012A, привинченную к корпусу, который в данном примере изготовлен из стеклонеполненной смолы Rigid 10K. Магнитометр 1334 прикреплен к PCA 1324, которая также может содержать множество других датчиков, *например*, как описано в настоящем документе. Датчик содержит магнит 1328, который может представлять собой неодимовый цилиндрический магнит, такой как D34-N52 (K&J Magnetics, Inc.). Крепежный винт 1304 крепится к керамической пластине гайками 1316 и 1318 с обеих сторон пластины, соответственно. Плунжер 1302 (вал из нержавеющей стали 18-8) опирается на керамическую пластину наконечником 1308, который может быть изготовлен из пластика, такого как полиоксиметиленовая (POM) полимерная смола DELRIN®. Затвор (в данном примере изготовленный из смолы Rigid 4000) напрессовывается на вал плунжера 1302, а крепежный винт 1304 удерживается на месте с помощью зажима (в данном примере изготовленного из стеклонеполненной смолы Rigid 10K).

[200] В некоторых вариантах осуществления датчик 1300 может содержать дополнительные датчики, которые выполнены с возможностью сбора дополнительных данных, связанных с состоянием здоровья и ростом ствола дерева. В некоторых вариантах осуществления датчик 1300 может содержать трехосевой акселерометр, выполненный с возможностью измерения изменений угла наклона ствола дерева в течение длительных (т. е. нескольких дней или более) периодов времени («наклон»). В некоторых вариантах осуществления акселерометр может быть выполнен с возможностью обнаружения перемещения ствола дерева в течение коротких периодов времени («качание»). В некоторых вариантах осуществления акселерометр может быть выполнен с возможностью

обнаружения резких ускорений ствола дерева («ударное воздействие»). В некоторых вариантах осуществления датчик 1300 может содержать датчик температуры. Датчик температуры может контролировать изменения температуры, которые могут вносить погрешности в измерение диаметра ствола.

[201] На **фиг. 14А-14С** показаны альтернативные крепежные компоненты. Для простоты на **фиг. 14А-14С** показаны только крепежные элементы. Преимущественно в датчиках согласно настоящему изобретению могут применяться различные варианты монтажа для прикрепления к различным типам деревьев и в различных ситуациях. Крепление является надежным для точных измерений в течение длительных периодов времени благодаря, *среди прочего*, высоким силам контакта и поверхности контакта металлов между поверхностями гайки или винта и ограничителем сжатия. В некоторых вариантах осуществления высокопрочное паяное соединение между ограничителем сжатия и печатной платой G10/FR4, на которой, в свою очередь, закреплены магнитометр и акселерометр, позволяет создать простую и стабильную измерительную платформу. На этом критическом пути измерительной нагрузки нет пластиковых деталей или фрикционных зажимов. Достижение простого и надежного крепления к дереву с помощью всего одного резьбового отверстия является преимуществом по сравнению с другими подходами, для которых может потребоваться сверление нескольких отверстий в дереве и точное выравнивание между этими несколькими отверстиями.

[202] На **фиг. 14А** показан встроенный датчик 1400 дерева и его печатная плата 1402 с крепежными элементами, включающими невыпадающий винт и крепежный винт с возможностью повторной регулировки. Невыпадающий винт 1408 удерживается в устройстве в сборе стопорным кольцом 1406, которое посажено с натягом относительно внутреннего диаметра ограничителя 1404 сжатия и свободно посажено вокруг узкой части невыпадающего винта 1408. Это может быть пластиковое кольцо с прорезью, позволяющей установить его на невыпадающий винт, или это может быть шайба, уплотнительное кольцо или другая подобная форма, или ограничитель сжатия может иметь особый элемент, который удерживает винт от выпадения. Невыпадающий винт может быть удобен для установщиков, поскольку исключает возможность падения гаек или других мелких предметов в листву и грязь вокруг основания дерева. В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт 1408 имеет круглую головку под торцевой шестигранный ключ для затягивания ключом. В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт 1408 имеет рифленую или фланцевую форму для обеспечения возможности затягивания без инструмента. В некоторых вариантах осуществления невыпадающий винт 1408 имеет шлиц с защитой от несанкционированного вмешательства, *например*, чтобы затруднить его удаление посторонними людьми.

[203] Устройство 1400 крепится к стволу дерева с помощью крепежного винта 1410. Обычно в дереве просверливается отверстие в месте крепления, и, особенно при наличии толстой коры, часть пробки может быть удалена в месте крепления. В некоторых вариантах осуществления крепежный винт 1410 имеет самонарезающую резьбу, поэтому не требуется

сверлить отверстие, или крепежный винт 1410 имеет форму гвоздя с рельефными элементами для улучшения сцепления и выполнен с возможностью забивания гвоздепистолетом, молотком или другим инструментом для вставки.

[204] В некоторых вариантах осуществления крепежный винт 1410 имеет мелкую резьбу (показана как M5×0,8) на части и гладкую часть ближе к головке. Длина гладкой части такова, что она указывает на правильную глубину установки, и она достаточно узкая, чтобы растущий стебель не стремился вытолкнуть винт и заполнил пространство вокруг винта, в которое может войти резьба, когда винт будет выкручен. Альтернативно крепежный винт 1410 может иметь резьбу по всей длине или ближе к головке. В некоторых вариантах осуществления головка крепежного винта 1410 имеет шестигранный фланец гайки, где дальняя поверхность обеспечивает плоскую поверхность, на которую опирается ближняя поверхность ограничителя 1404 сжатия. Такая форма гайки позволяет закручивать крепежный винт 1410 в дерево с помощью стандартного гаечного ключа. В некоторых вариантах осуществления дальний конец крепежного винта 1410 имеет цилиндрический выступ для размещения ограничителя 1404 сжатия и внутреннюю резьбу для приема невыпадающего винта 1408.

[205] В некоторых вариантах осуществления система мониторинга данных встроенного датчика 1400 дерева может предупредить операторов о том, что дерево выросло до такой степени, что плунжер находится в конце хода, и в этот момент встроенный датчик 1400 дерева может быть легко отрегулирован, чтобы снова продолжить работу в начале хода плунжера. Невыпадающий винт 1408 ослабляют, затем выкручивают крепежный винт 1410 до тех пор, пока не будет видна резьбовая часть, и встроенный датчик 1400 дерева устанавливают на место путем затягивания невыпадающего винта 1408.

[206] На **фиг. 14В** показан встроенный датчик 1400 дерева и его печатная плата 1402 с крепежными элементами, включающими резьбовой стержень 1420 и гайки 1422 и 1424. В некоторых вариантах осуществления резьбовой стержень 1420 (который в некоторых вариантах может быть установочным винтом) может иметь гайку 1422, предварительно установленную в нужном месте, и может быть закреплен на месте, *например*, с помощью клеящего состава (например, клеящего состава LOCTITE®), пайки, припоя или сварки. В некоторых вариантах осуществления резьбовой стержень 1420 и гайка 1422 выполнены в виде цельной крепежной детали. Встроенный датчик 1400 дерева затем может быть помещен на резьбовой стержень 1420 и закреплен гайкой 1424 на дальней стороне. В некоторых вариантах осуществления внешняя гайка 1424 может представлять собой гайку-барашек с рифлением или ушками, чтобы ее можно было закрутить без инструмента.

[207] На **фиг. 14С** показан встроенный датчик 1400 дерева и его печатная плата 1402 с крепежными элементами, включающими длинный резьбовой стержень. На деревьях, где ожидается значительный рост, может быть желательно установить встроенный датчик 1400 дерева с помощью длинного резьбового стержня (*например*, 1432 на **фиг. 14С**), который позволяет легко перемещать устройство без поворота винта относительно дерева. Как показано на верхней панели этого иллюстративного сценария, при первоначальной

установке плунжер 1430 встроенного датчика 1400 дерева находится в приблизительно 1 мм от полного выдвигения. По истечении времени и роста ствола дерева (фиг. 14С, средняя панель) плунжер 1430 почти полностью вдавлен после радиального роста ствола дерева на около 12 мм. Гайки 1434 и 1436 применяются для крепления встроенного датчика 1400 дерева к резьбовому стержню 1432, и обе они могут быть отрегулированы для перемещения встроенного датчика 1400 дерева в сторону от дерева после его роста. Как показано на нижней панели **фиг. 14С**, гайки 1434 и 1436 регулируются, при этом резьбовой стержень 1432 остается в прежнем положении. После регулировки плунжер 1430 снова находится в приблизительно 1 мм от полного выдвигения, как он был при первоначальной установке (**фиг. 14С**, верхняя панель).

[208] Возможны различные величины хода плунжера с некоторыми компромиссами. При показанной геометрии один магнит длиной $\frac{1}{4}$ дюйма будет создавать магнитное поле на магнитометре аналогичной величины, поворачиваясь на 300 градусов при линейном перемещении плунжера на протяжении около 12 мм хода. При меньшей геометрии магнит будет создавать такой же поворот при меньшем перемещении и может привести к еще более высокой чувствительности измерений. Большая геометрия приведет к меньшей чувствительности и большему ходу. Для достижения большого хода и высокой чувствительности можно применять магнит с несколькими чередующимися северными и южными полюсами, который обеспечивает непрерывное вращение магнитного поля за пределами 360 градусов с повторением для стольких пар полюсов, сколько предусмотрено в плунжере. При этом также потребуется более длинная опорная конструкция и пружинный узел. В некоторых вариантах осуществления один магнит и 12-мм рабочий диапазон измерений являются практическим компромиссом, обеспечивающим достаточную чувствительность измерений и приемлемое время повторной регулировки для многих типов деревьев и областей применения.

Пример 7. Отслеживание изменения наклона дерева с помощью встроенного датчика дерева

[209] Как раскрыто в настоящем документе, встроенный датчик согласно настоящему изобретению может содержать акселерометр, *например*, для измерения, отслеживания или обнаружения наклона дерева или падения деревьев или их частей (например, сучьев).

[210] Два встроенных датчика дерева были установлены рядом друг с другом на наклоненной части эвкалипта лимонного. **На фиг. 15А и 15В** показаны иллюстративные данные акселерометра, полученные от датчиков. **На фиг. 15А** показана зависимость наклона от времени, включая отклонение от оси x и оси y с течением времени. **На фиг. 15В** показаны углы продольного и поперечного наклона (в градусах) с течением времени, полученные от двух датчиков. Эти данные были скорректированы с учетом температуры. Тот факт, что данные от обоих датчиков так близко совпадают, говорит о точности измерений и указывает на прогрессирующий наклон дерева, когда угол поперечного наклона увеличился от контрольного значения 0 до приблизительно -0,3 градуса за период

наблюдения. В некоторых вариантах осуществления, если дерево наклоняется больше определенной степени изменения (*например*, больше 1,0 градуса), встроенный датчик может выдать предупреждение о том, что может существовать риск падения дерева или части дерева (*например*, ветви).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Датчик для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, содержащий:
 - a) одно или более креплений, выполненных с возможностью размещения в части растения или вокруг нее;
 - b) два или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из дендрометра, акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности;
 - c) процессор; и
 - d) источник питания.
2. Датчик по п. 1, в котором процессор содержит печатную плату (PCB).
3. Датчик по п. 2, в котором один или оба из двух или более компонентов прикреплены к PCB.
4. Датчик по п. 3, в котором все из двух или более компонентов прикреплены к PCB.
5. Датчик по любому из пп. 2-4, в котором PCB содержит композитный материал на основе эпоксидной смолы и стекловолокна.
6. Датчик по любому из пп. 1-5, в котором источник питания содержит батарею.
7. Датчик по любому из пп. 1-6, в котором источник питания содержит солнечную панель.
8. Датчик по п. 6 или п. 7, в котором источник питания содержит встроенную солнечную панель, гибридный конденсатор и литиевую батарею.
9. Датчик по п. 6, в котором батарея представляет собой плоскую круглую батарею.
10. Датчик по любому из пп. 6-9, в котором процессор содержит PCB, причем батарея прикреплена к PCB.
11. Датчик по любому из пп. 7-9, в котором процессор содержит PCB, причем солнечная панель прикреплена к PCB.
12. Датчик по любому из пп. 1-11, дополнительно содержащий корпус, который окружает по меньшей мере процессор и источник питания.
13. Датчик по п. 12, в котором корпус представляет собой или содержит формованный пластик.
14. Датчик по п. 12 или п. 13, в котором корпус представляет собой единый элемент из пластика, полученного многокомпонентным литьем, в котором отсутствуют уплотнение, стык или крепление.
15. Датчик по п. 14, в котором корпус дополнительно содержит уплотнительное кольцо.
16. Датчик по любому из пп. 12-15, в котором корпус представляет собой или содержит полимерную смолу.
17. Датчик по любому из пп. 13-16, в котором пластик или полимерная смола заполнены стеклом.
18. Датчик по п. 17, в котором пластик или полимерная смола на 10-40% состоят из стекла.

19. Датчик по п. 18, в котором пластик или полимерная смола на 30% состоят из стекла.
20. Датчик по любому из пп. 1-19, в котором датчик содержит дендрометр.
21. Датчик по п. 20, в котором дендрометр содержит:
 - 1) плунжер с крышкой и валом, причем крышка выполнена с возможностью размещения напротив части растения, а плунжер выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении пропорционально изменению размера растения, когда крышка размещена напротив части растения;
 - 2) магнит, прикрепленный к валу или внутри него, причем магнит выполнен с возможностью перемещения в боковом направлении вместе с плунжером; и
 - 3) магнитометр, выполненный с возможностью обнаружения положения магнита.
22. Датчик по п. 21, в котором магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита вдоль нескольких осей, радиальной оси или в одной плоскости.
23. Датчик по п. 21 или п. 22, в котором магнитометр выполнен с возможностью обнаружения положения магнита с микронным разрешением.
24. Датчик по любому из пп. 21-23, в котором магнит представляет собой неодимовый магнит.
25. Датчик по любому из пп. 21-24, в котором процессор содержит РСВ, причем магнитометр прикреплен к РСВ.
26. Датчик по любому из пп. 1-25, в котором датчик выполнен с возможностью измерения изменения диаметра или радиуса части растения.
27. Датчик по любому из пп. 1-26, в котором датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения несколько раз в день.
28. Датчик по п. 27, в котором датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения с интервалом 15 минут или менее.
29. Датчик по п. 27, в котором датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения с интервалом 5 минут или менее.
30. Датчик по п. 27, в котором датчик выполнен с возможностью измерения размера части растения с интервалом 5 секунд.
31. Датчик по любому из пп. 1-30, в котором датчик содержит акселерометр.
32. Датчик по п. 31, в котором акселерометр представляет собой 3-осевой акселерометр.
33. Датчик по п. 31 или п. 32, в котором процессор содержит РСВ, и причем акселерометр прикреплен к РСВ.
34. Датчик по любому из пп. 1-33, в котором датчик содержит датчик температуры воздуха.
35. Датчик по п. 34, в котором процессор содержит РСВ, причем датчик температуры воздуха прикреплен к РСВ.
36. Датчик по любому из пп. 1-35, в котором датчик содержит датчик влажности.
37. Датчик по п. 36, в котором процессор содержит РСВ, причем датчик влажности

прикреплен к РСВ.

38. Датчик по любому из пп. 1-37, в котором датчик содержит датчик освещенности.

39. Датчик по п. 38, в котором процессор содержит РСВ, причем датчик освещенности прикреплен к РСВ.

40. Датчик по любому из пп. 1-39, в котором датчик содержит дендрометр и одно или более из акселерометра, датчика температуры воздуха, датчика влажности и датчика освещенности.

41. Датчик по п. 40, в котором датчик содержит дендрометр, акселерометр, датчик температуры воздуха, датчик влажности и датчик освещенности.

42. Датчик по любому из пп. 1-41, дополнительно содержащий передатчик.

43. Датчик по п. 42, в котором передатчик представляет собой радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth.

44. Датчик по п. 43, в котором радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth представляет собой радиопередатчик или приемопередатчик Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE).

45. Датчик по п. 42, в котором передатчик представляет собой приемопередатчик дальнего радиуса действия (LoRa).

46. Датчик по п. 42, в котором передатчик представляет собой приемопередатчик малого радиуса действия (NFC).

47. Датчик по любому из пп. 42-46, в котором процессор содержит РСВ, причем передатчик прикреплен к РСВ.

48. Датчик по любому из пп. 1-47, в котором одно или более креплений содержат винт, резьбовой стержень или гвоздь, причем винт, резьбовой стержень или гвоздь выполнены с возможностью размещения внутри части растения и крепления датчика к части растения.

49. Датчик по любому из пп. 1-47, в котором одно или более креплений содержат один или более изогнутых рычагов, причем изогнутый(-е) рычаг(-и) выполнен(-ы) с возможностью расположения вокруг части растения.

50. Датчик по п. 49, в котором одно или более креплений содержат два изогнутых рычага, расположенных в форме буквы «V».

51. Датчик по п. 49 или п. 50, в котором изогнутый(-е) рычаг(-и) выполнен(-ы) с возможностью расположения вокруг части растения.

52. Датчик по любому из пп. 47-51, в котором одно или более креплений дополнительно содержат эластичную ленту, выполненную с возможностью обертывания вокруг датчика и части растения.

53. Датчик по любому из пп. 47-52, в котором одно или более креплений содержат винт, причем процессор содержит РСВ, а винт прикреплен к РСВ.

54. Датчик по п. 53, в котором РСВ содержит ограничивающий сжатие элемент вокруг винта.

55. Датчик по любому из пп. 21-54, в котором крышка плунжера содержит

карданный шарнир.

56. Датчик по любому из пп. 21-55, в котором крышка плунжера представляет собой или содержит формованный пластик.

57. Датчик по любому из пп. 21-56, в котором крышка плунжера имеет толщину менее чем около 3 мм.

58. Датчик по любому из пп. 21-57, в котором крышка плунжера выполнена с возможностью контакта с частью растения на площади поверхности от около 10 мм² до около 100 мм².

59. Датчик по любому из пп. 21-58, дополнительно содержащий пружину, расположенную вокруг плунжера или прикрепленную к нему.

60. Датчик по любому из пп. 21-59, дополнительно содержащий ушко, прикрепленное к валу плунжера напротив крышки плунжера.

61. Датчик по любому из пп. 21-60, в котором вал плунжера содержит алюминий или нержавеющую сталь.

62. Датчик по п. 61, в котором вал плунжера представляет собой полностью полый цилиндр, а магнит представляет собой цилиндрический магнит, расположенный внутри вала плунжера.

63. Датчик по любому из пп. 48-62, в котором винт, резьбовой стержень или гвоздь содержат нержавеющую сталь, латунь, алюминий или титан.

64. Датчик по любому из пп. 48-63, в котором одно или более креплений содержат винт, причем датчик дополнительно содержит гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг винта между датчиком и частью растения.

65. Датчик по п. 64, дополнительно содержащий вторую гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг винта на поверхности датчика, удаленной от части растения.

66. Датчик по любому из пп. 48-65, в котором одно или более креплений содержат винт, имеющий первый конец и второй конец, причем датчик дополнительно содержит:

(i) ограничивающий сжатие элемент, имеющий первое отверстие и второе отверстие, и

(ii) невыпадающий винт;

причем первый конец винта выполнен с возможностью размещения внутри части растения и крепления датчика к части растения;

первое отверстие ограничивающего сжатие элемента выполнено с возможностью приема второго конца винта; и

второе отверстие ограничивающего сжатие элемента выполнено с возможностью приема невыпадающего винта.

67. Датчик по п. 66, дополнительно содержащий стопорное кольцо, выполненное с возможностью расположения вокруг невыпадающего винта.

68. Датчик по любому из пп. 48-63, в котором одно или более креплений содержат резьбовой стержень, причем датчик дополнительно содержит первую гайку, выполненную

с возможностью расположения вокруг резьбового стержня между частью растения и датчиком, и вторую гайку, выполненную с возможностью расположения вокруг резьбового стержня рядом с датчиком и на удалении от части растения.

69. Датчик по любому из пп. 21-68, дополнительно содержащий полый затвор, расположенный вокруг вала плунжера.

70. Датчик по любому из пп. 1-69, причем растение представляет собой дерево или древесное растение.

71. Датчик по п. 70, причем часть растения представляет собой стебель, ствол, штамб или ветвь.

72. Датчик по п. 70 или п. 71, причем растение представляет собой спелое дерево.

73. Датчик по любому из пп. 70-72, причем растение представляет собой цитрусовое растение, оливковое дерево, орех, дерево какао, дуб, сосну, красное дерево или клен.

74. Датчик по любому из пп. 1-69, в причем растение представляет собой лозу.

75. Датчик по п. 74, причем растения представляет собой ствол, побег, ветвь, тростник, плод или стебель.

76. Датчик по п. 74 или п. 75, причем лоза представляет собой виноградную лозу.

77. Система для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, содержащая:

а) датчик по любому из пп. 1-76; и

б) мобильное устройство и/или сервер;

причем датчик соединен с мобильным устройством и/или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство и/или сервер.

78. Система по п. 77, в которой датчик соединен с мобильным устройством и/или сервером посредством средства Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), средства дальнего радиуса действия (LoRa), приемопередатчиком малого радиуса действия (NFC) или их комбинации.

79. Система по п. 77 или п. 78, содержащая мобильное устройство, причем датчик выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство.

80. Система по любому из пп. 77-79, содержащая сервер, причем датчик выполнен с возможностью передачи данных на сервер.

81. Система по любому из пп. 77-80, в которой датчик выполнен с возможностью передачи данных, связанных с одним или более из магнитометра, размера части растения, уровня сигнала беспроводной связи, акселерометра, датчика освещенности, датчика влажности, датчика температуры воздуха или их комбинации, на мобильное устройство и/или сервер.

82. Система по любому из пп. 77-81, в которой мобильное устройство содержит датчик системы глобального позиционирования (GPS), причем датчик GPS выполнен с возможностью получения информации о местоположении с помощью датчика GPS и связывания информации о местоположении с датчиком.

83. Система по любому из пп. 77-82, в которой мобильное устройство содержит камеру или другой датчик изображений.

84. Система по любому из пп. 77-83, содержащая множество датчиков по любому из пп. 1-75; причем каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством и/или сервером посредством беспроводной связи и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство и/или сервер.

85. Система для измерения размера части растения и/или других характеристик части растения множества растений, содержащая множество датчиков по любому из пп. 1-76, причем каждый датчик из множества выполнен с возможностью измерения размера части растения и/или других характеристик части растения одного растения из множества.

86. Система по п. 85, дополнительно содержащая мобильное устройство, причем каждый датчик из множества соединен с мобильным устройством и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство.

87. Система по п. 85 или п. 86, дополнительно содержащая сервер, причем каждый датчик из множества соединен с сервером и выполнен с возможностью передачи данных на мобильное устройство.

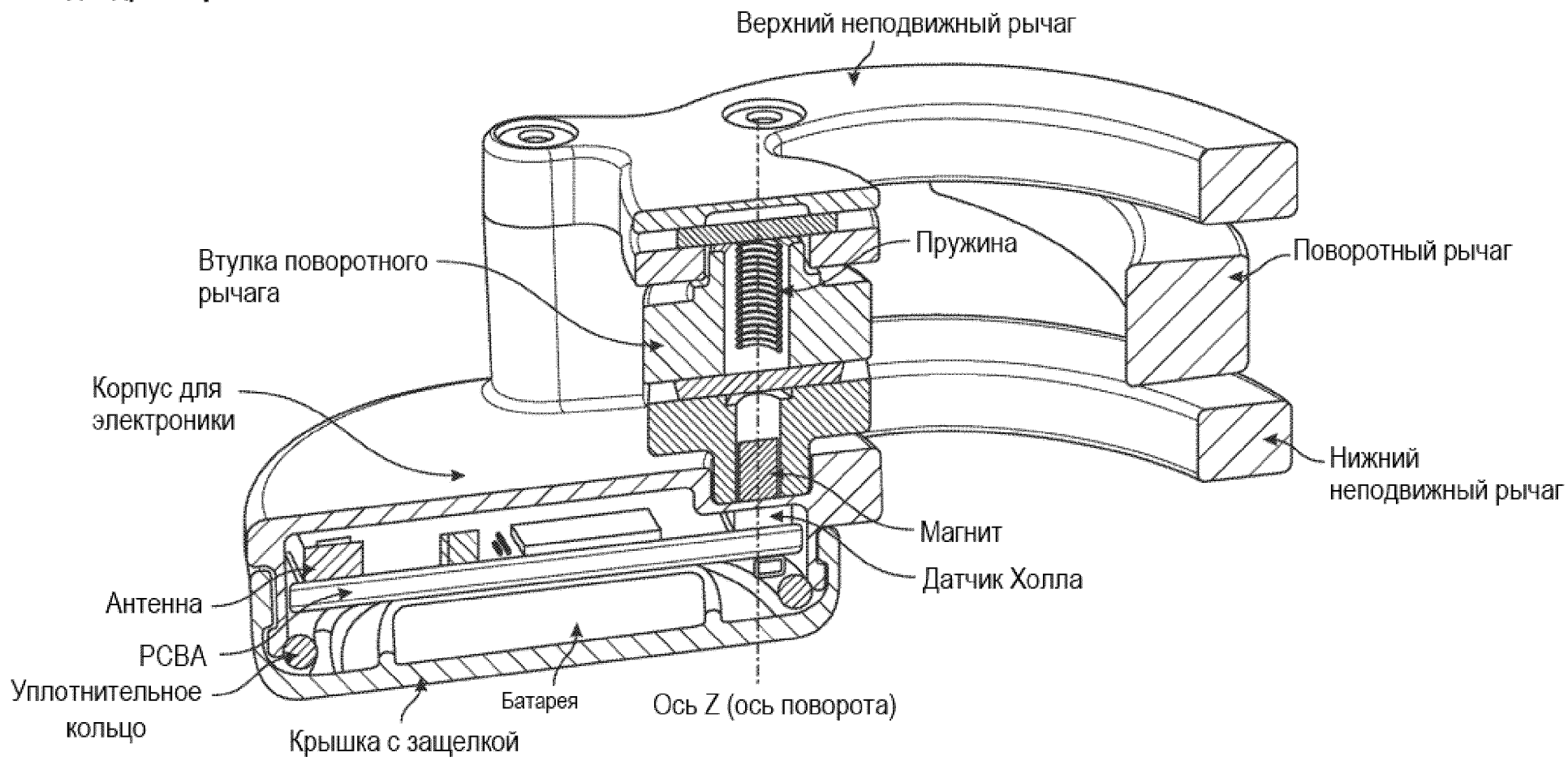
88. Способ измерения размера части растения и/или других характеристик части растения, включающий в себя:

- а) прикрепление датчика по любому из пп. 1-76 к части растения; и
- б) измерение размера и/или других характеристик части растения по меньшей мере частично на основе данных, собранных с двух или более компонентов датчика.

89. Способ по п. 88, в котором размер и/или другие характеристики части растения измеряют в первый момент времени, причем способ дополнительно включает измерение размера и/или других характеристик части растения во второй момент времени, отличный от первого момента времени; измерение размера и/или других характеристик части растения во второй момент времени по меньшей мере частично основано на данных, собранных с двух или более компонентов датчика.

По доверенности

Вид в вертикальном разрезе
дендрометра с зажимом



1/51

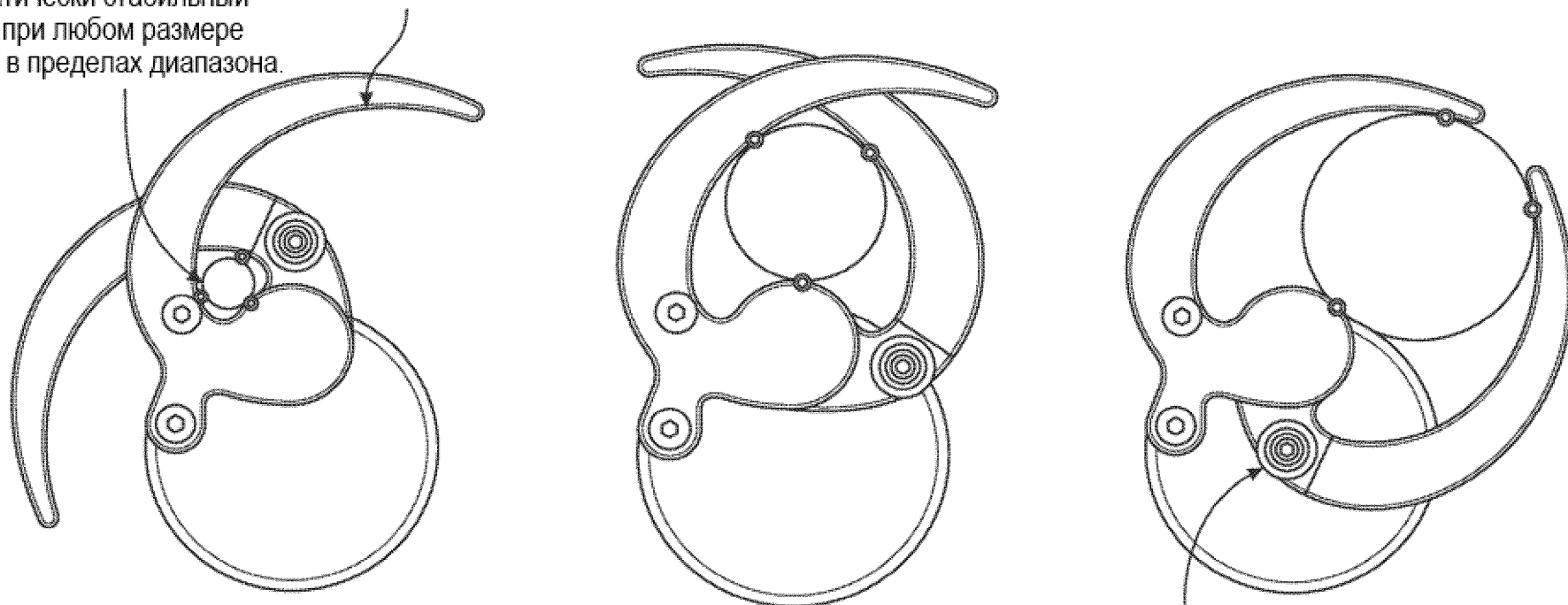
Фиг. 1А

580683

Виды сверху на дендрометр с зажимом со стеблями 3 размеров

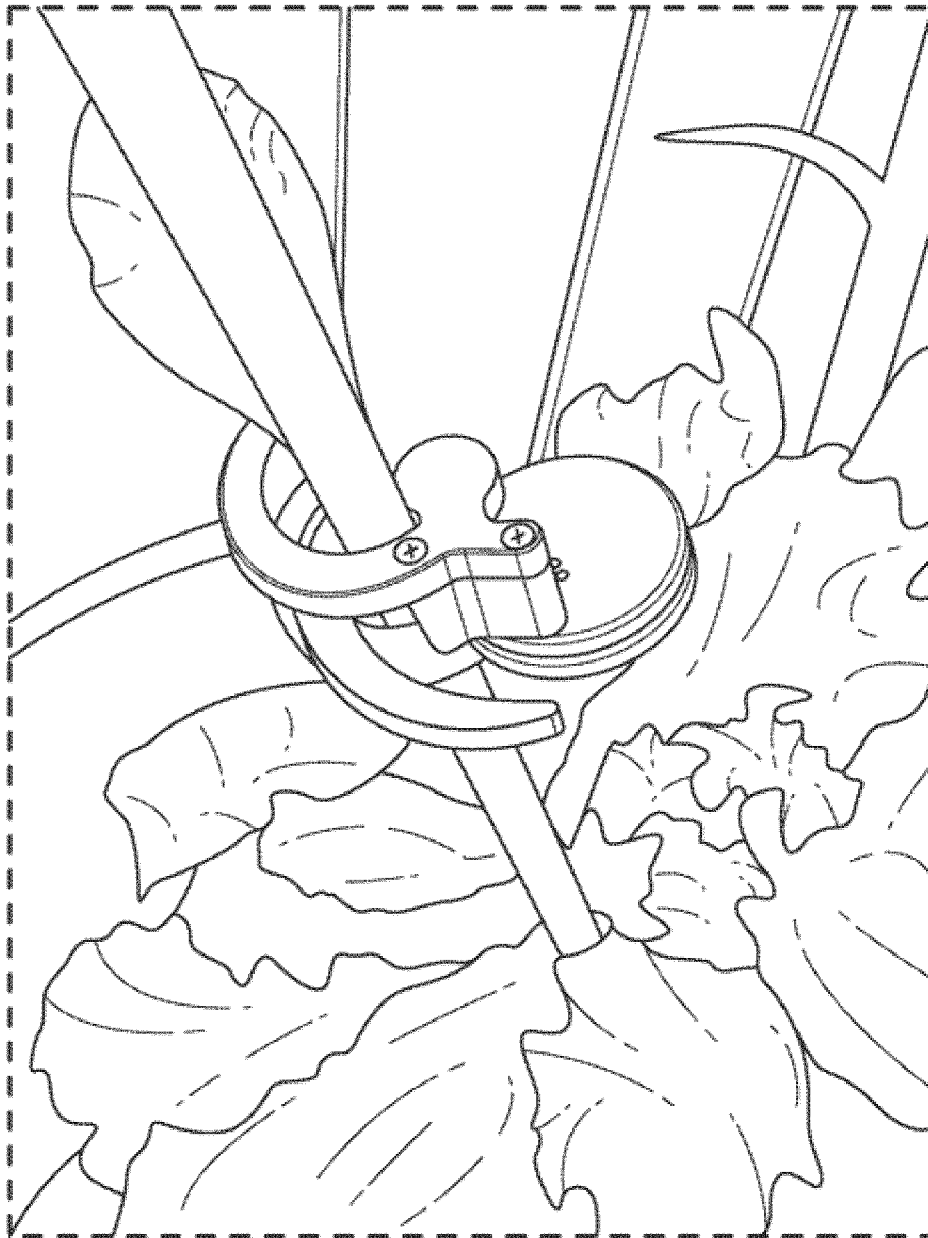
Точками обозначены номинальные линии контакта с цилиндрическим объектом. 3 контакта обеспечивают кинематически стабильный захват при любом размере стебля в пределах диапазона.

Кривизна показанных рычагов обеспечивает постоянное соотношение углового перемещения рычага и изменения диаметра стебля. 0 градусов = 1 мм в диапазоне диаметров стеблей от 4 мм до 24 мм.



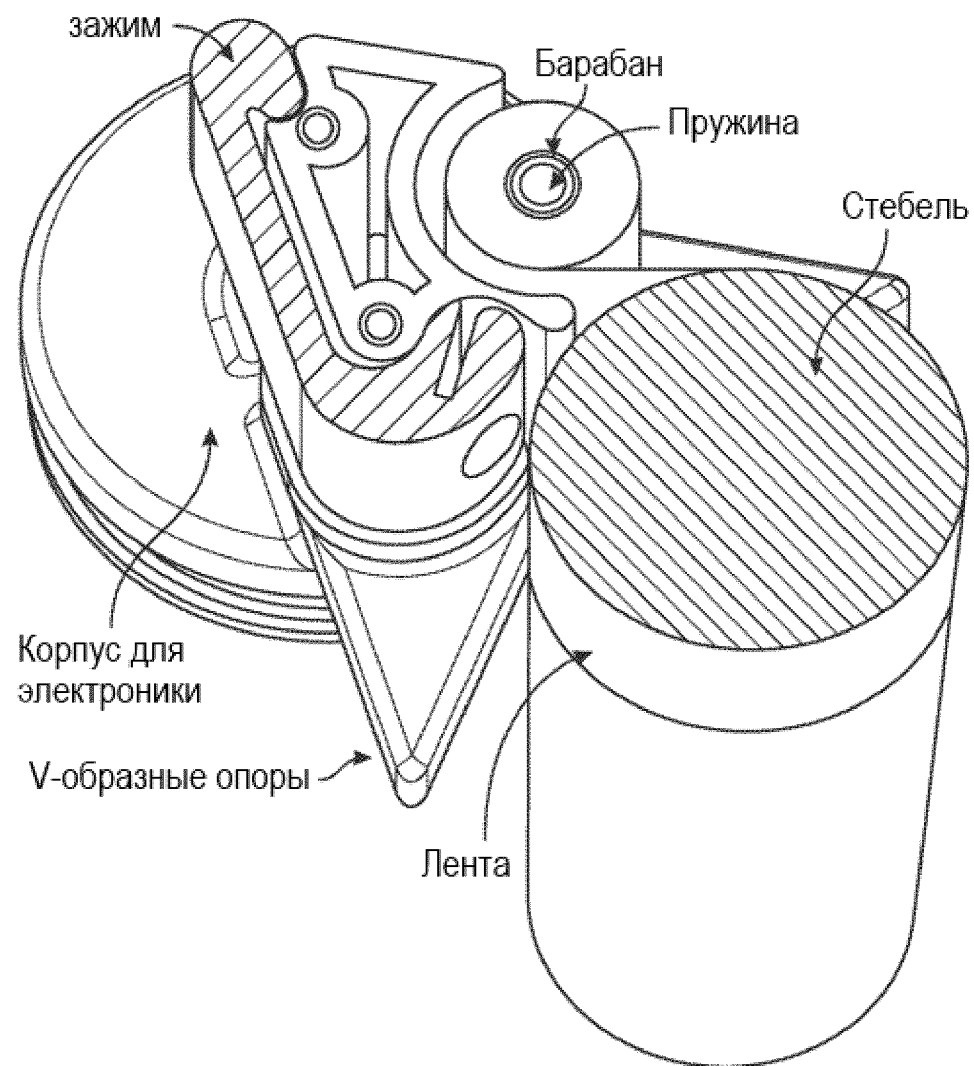
Фиг. 1В

Рифленый выступ для пальца позволяет легко открывать рычаги зажима одной рукой.



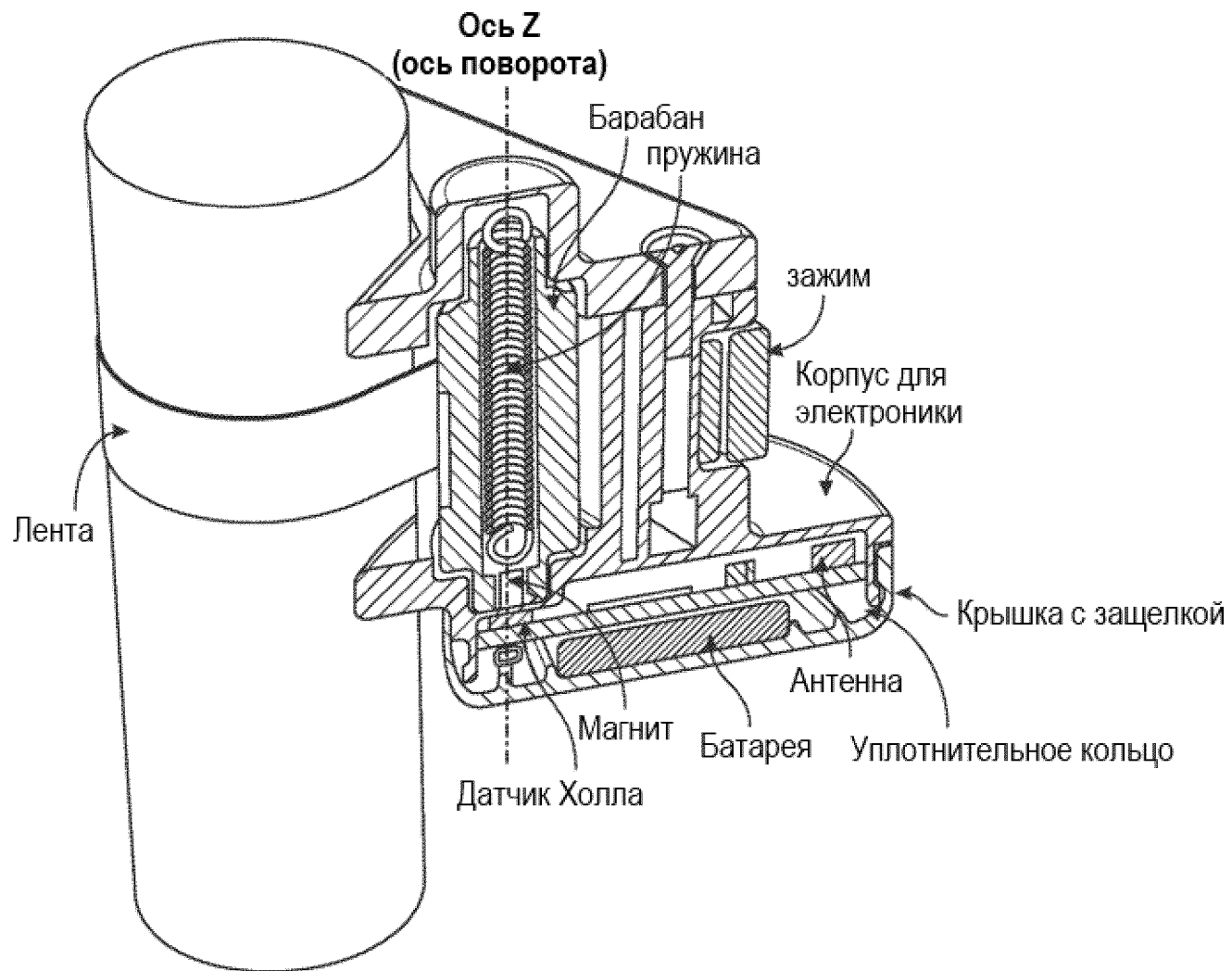
Фиг. 1С

Вид в горизонтальном разрезе ленточного дендрометра



Фиг. 2А

Вид в вертикальном разрезе ленточного дендрометра



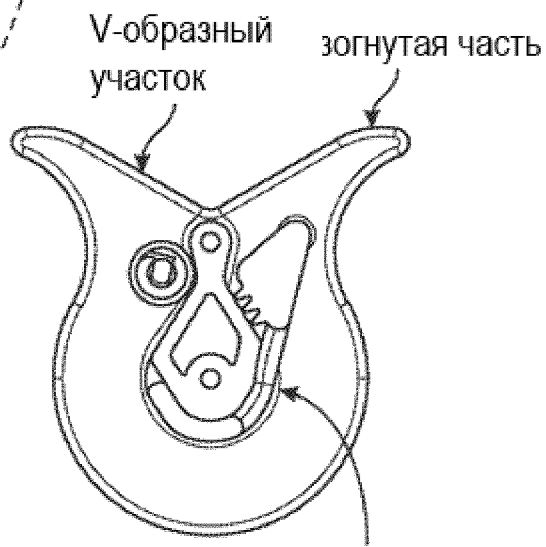
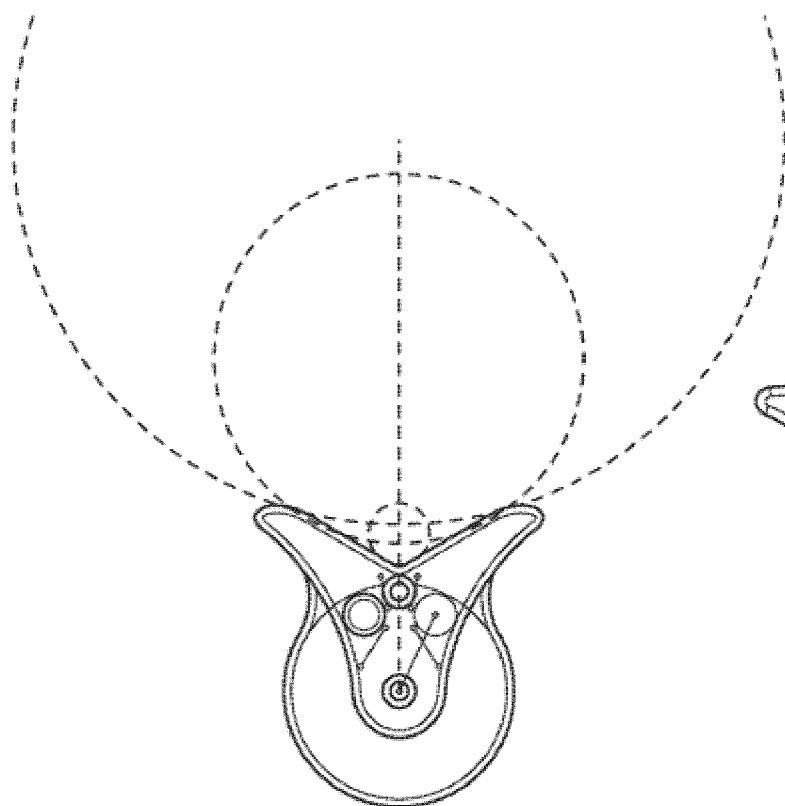
Фиг. 2В



Фиг. 2С

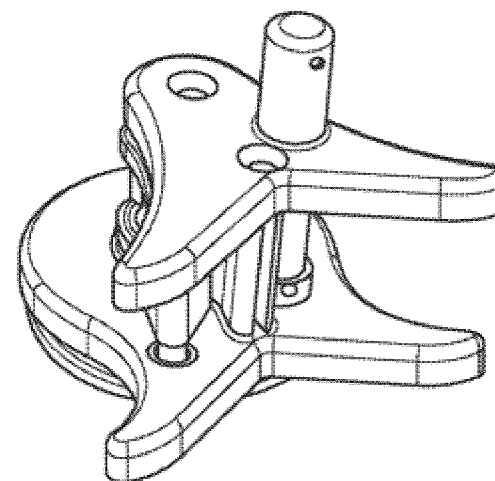
3 вида дендрометра с полосой

Расходящиеся опорные рычаги обхватывают небольшие стебли в V-образных секциях и переходят в изогнутые части на стволах большего диаметра. Одно устройство является устойчивым на очень широком диапазоне диаметров стеблей.



Вид в разрезе
фрикционного зажима

Фиг. 3А

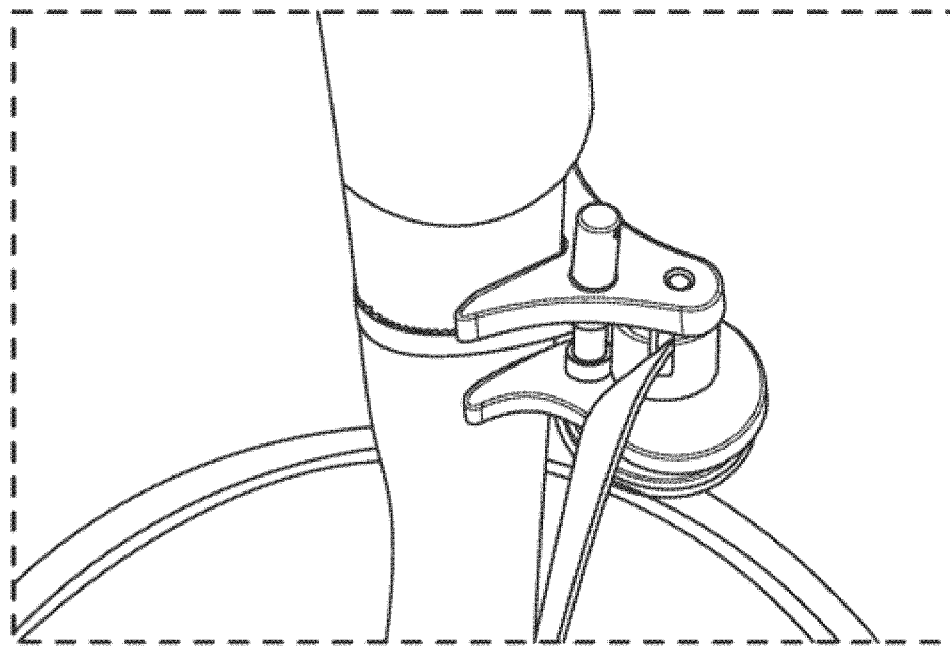
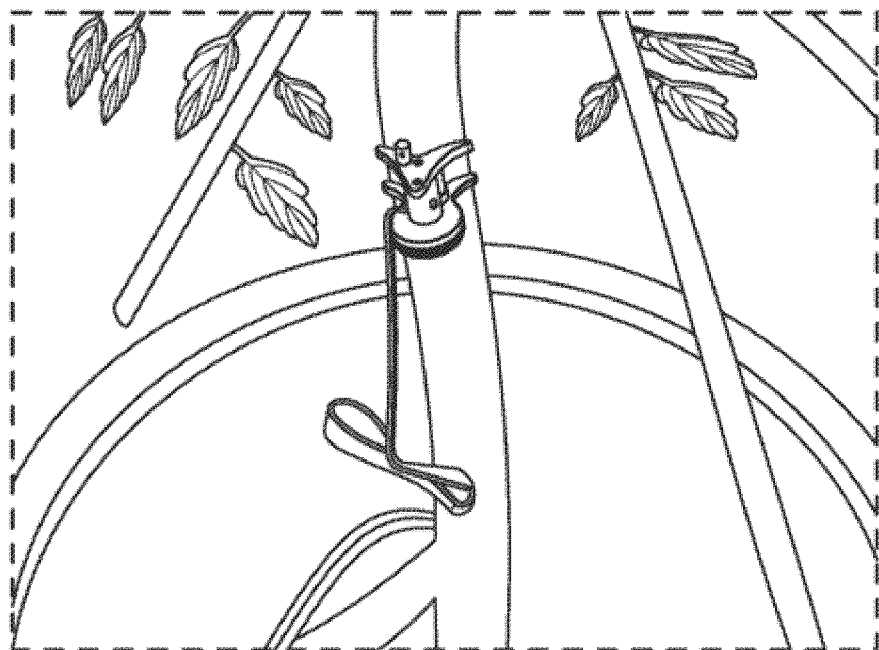


Вид в перспективе верхних и
нижних расходящихся опорных
рычагов.

Дендрометр с полосой на горшечном растении

Дополнительная полоса позволяет установить дендрометр на гораздо более крупном растении.

Малый диаметр барабана обеспечивает высокую чувствительность измерений. Полоса натягивается, а затем фрикционный зажим удерживает полосу на месте. Полоса тянет устройство к растению, а V-образные опоры удерживают датчик от раскачивания.

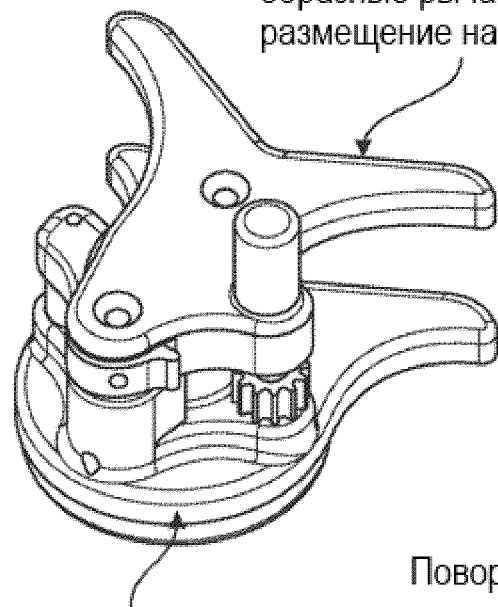


8/51

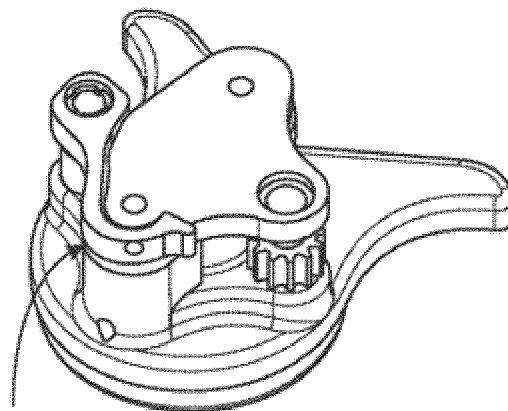
Фиг. 3В

Дендрометр с зубчатым ремнем, вид в перспективе и 2 вида в разрезе

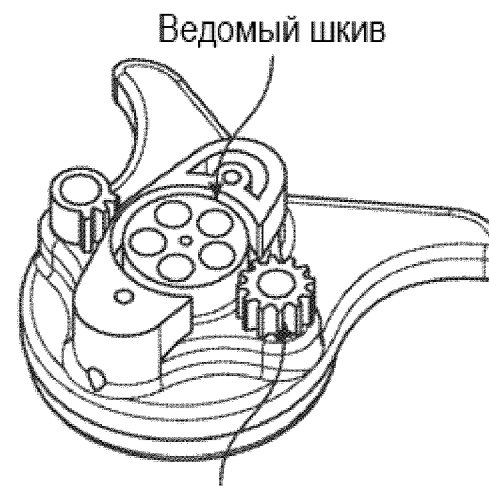
Верхний и нижний расходящиеся V-образные рычаги обеспечивают устойчивое размещение на стебле/стволе.



Корпус для электроники



Поворотный зажим для легкого крепления зубчатого ремня в нужном месте.

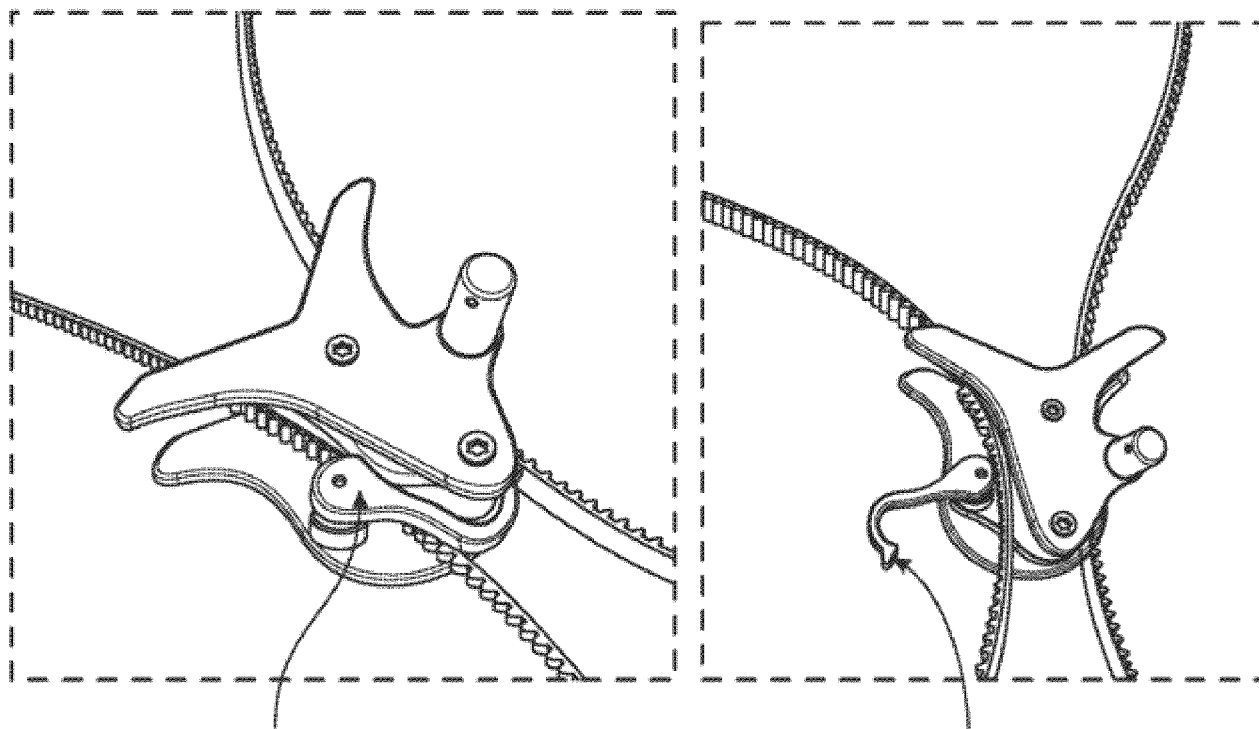


Ведомый шкив

Шкив с зубцами для зацепления зубчатого ремня. Пружина сопротивляется повороту, а магнит закреплен на нижнем конце шкива над датчиком Холла на РСВ в герметичном корпусе

Фиг. 4А

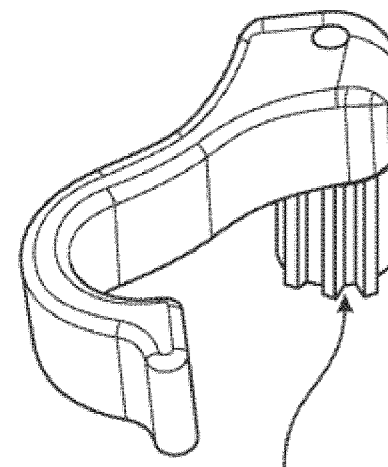
Фотографии дендрометра с зубчатым ремнем



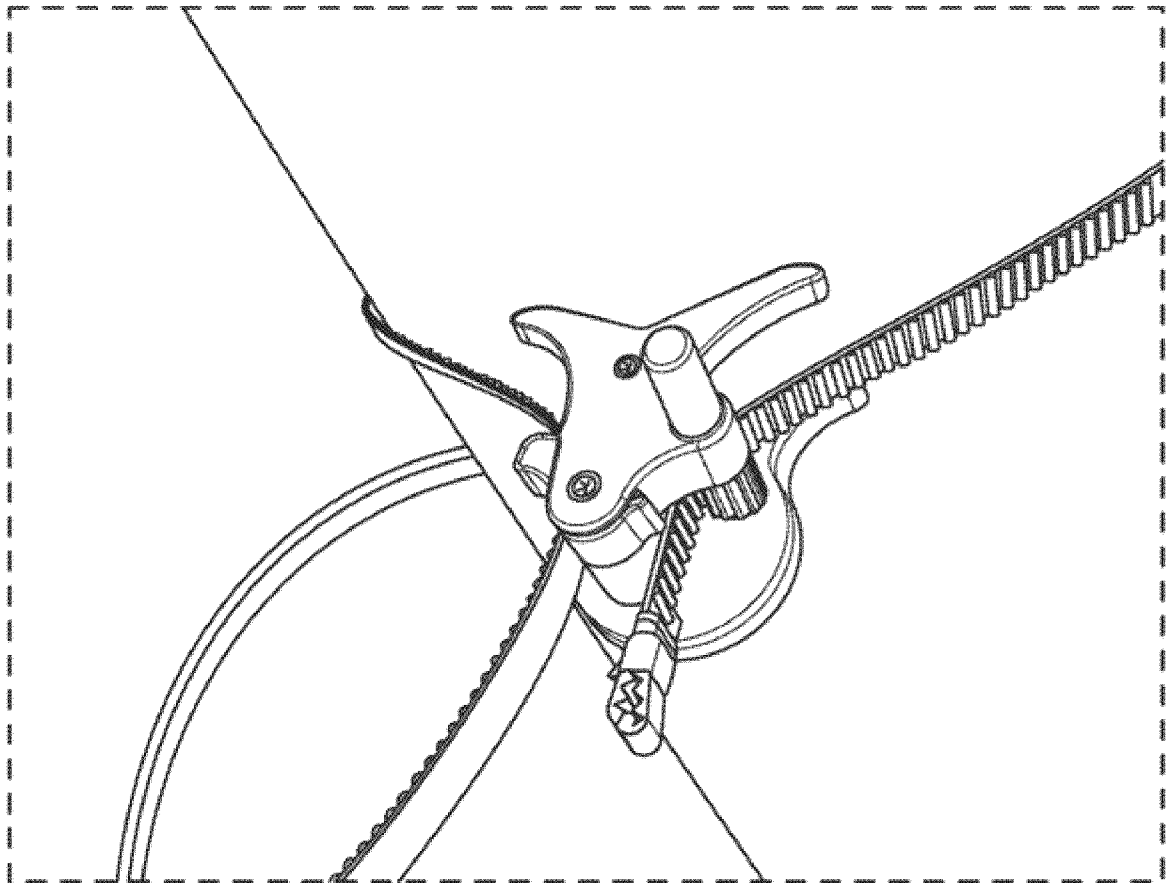
Зажим в частично открытом положении

Зажим в открытом положении

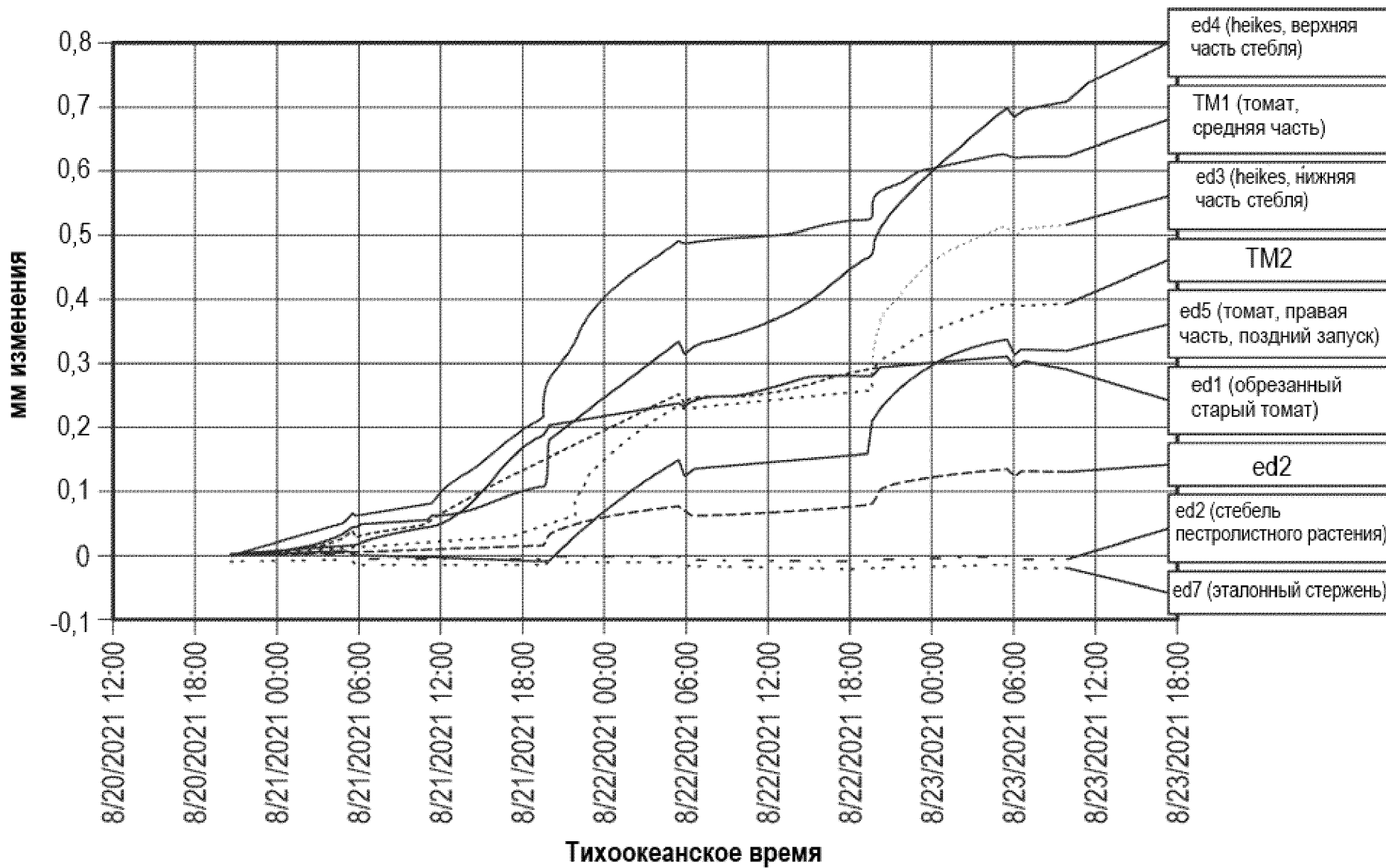
Фиг. 4В



Удерживающие зубцы
зацепляют ремень для
его фиксации

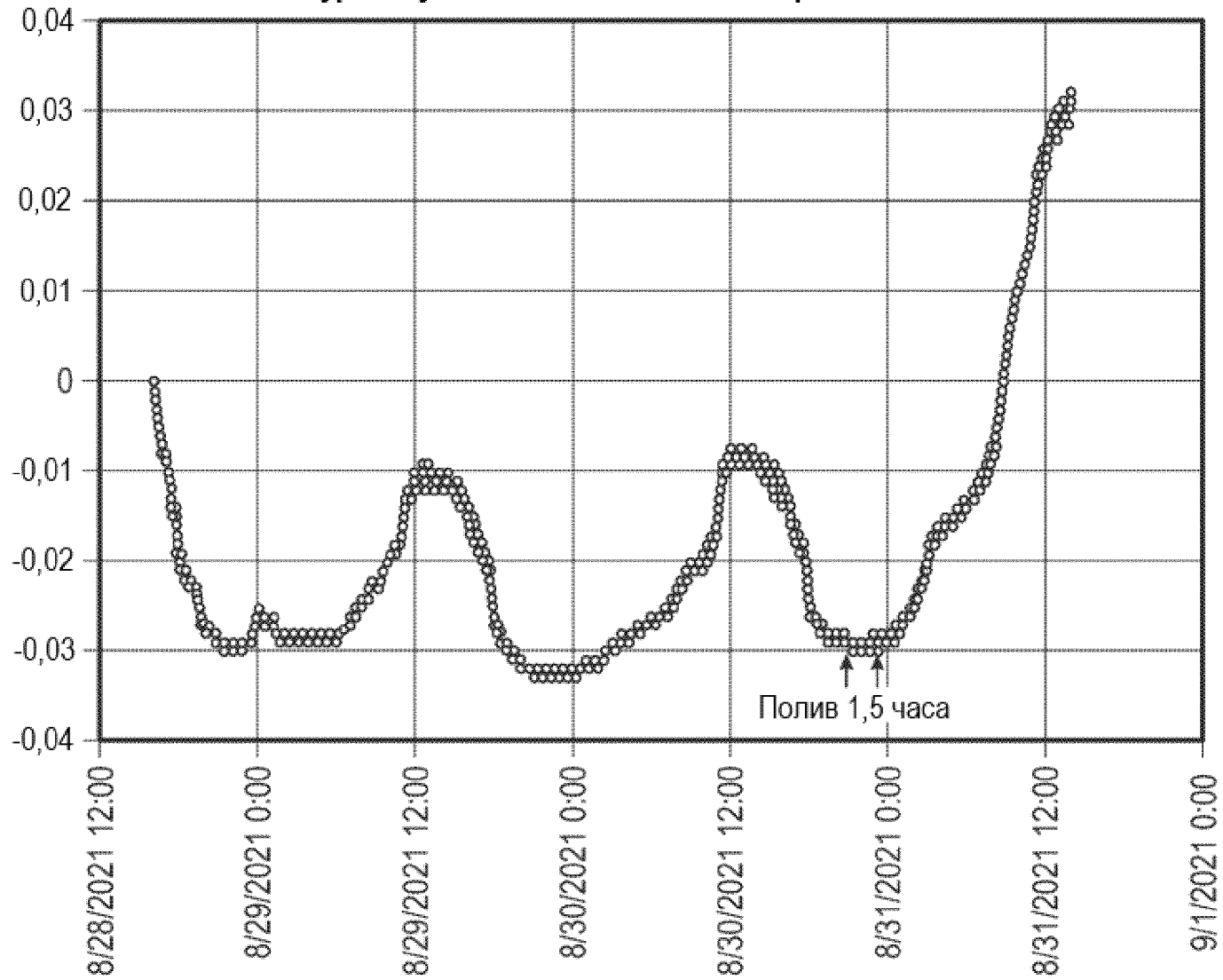


Фиг. 4С

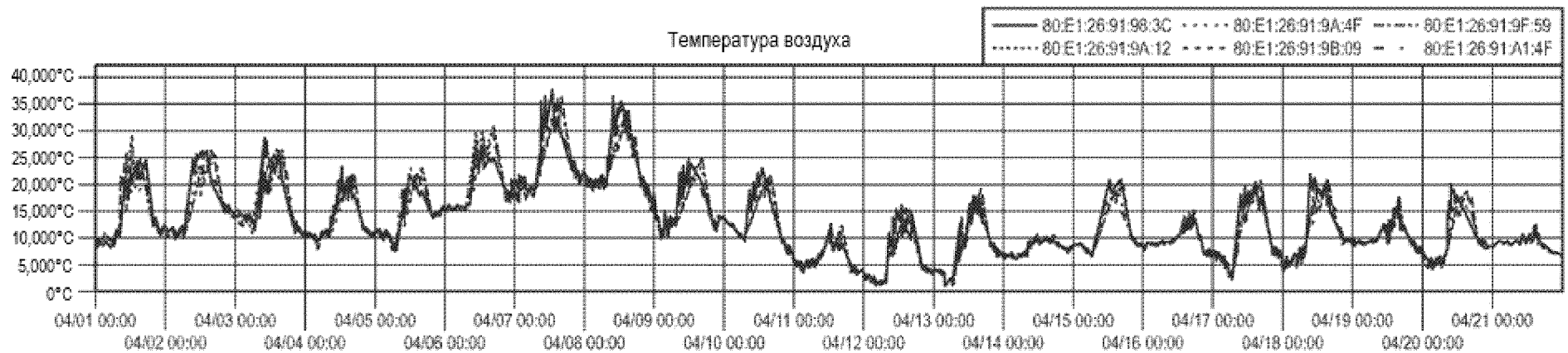
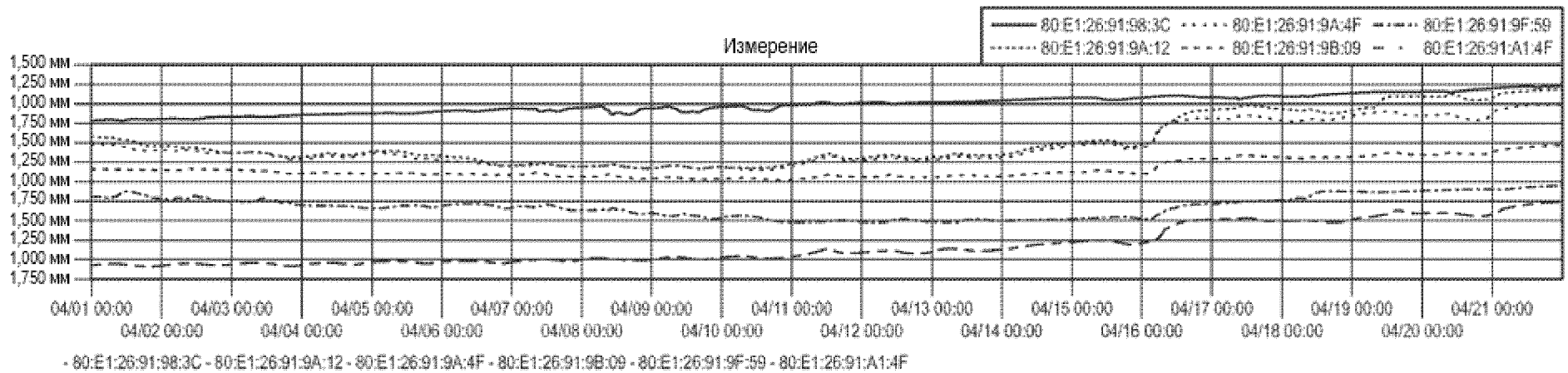


Фиг. 5

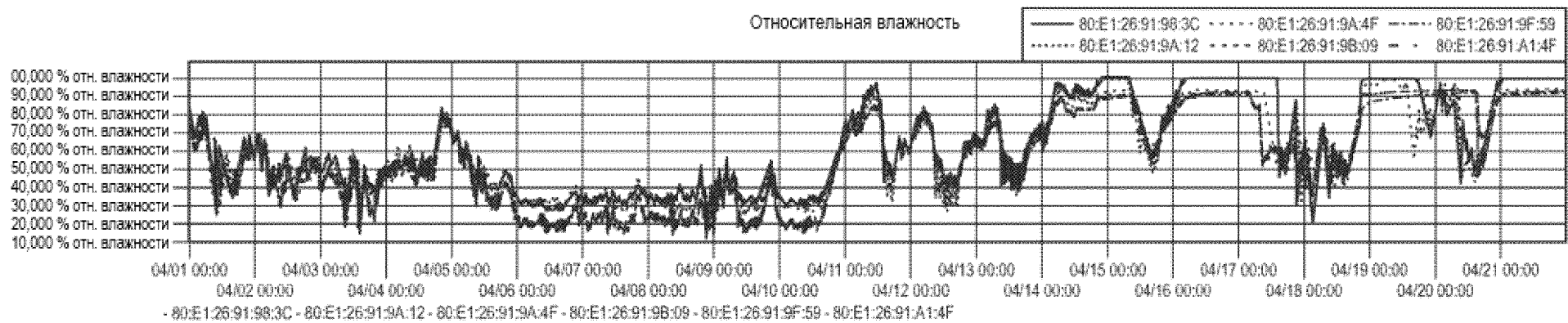
Хурма Фуйю — относительное измерение ТМЗ



Фиг. 6

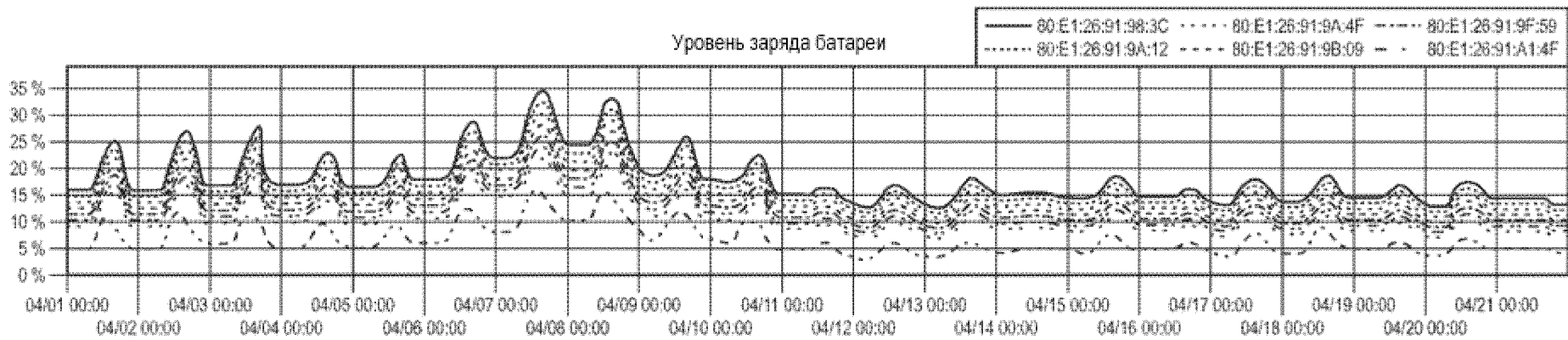
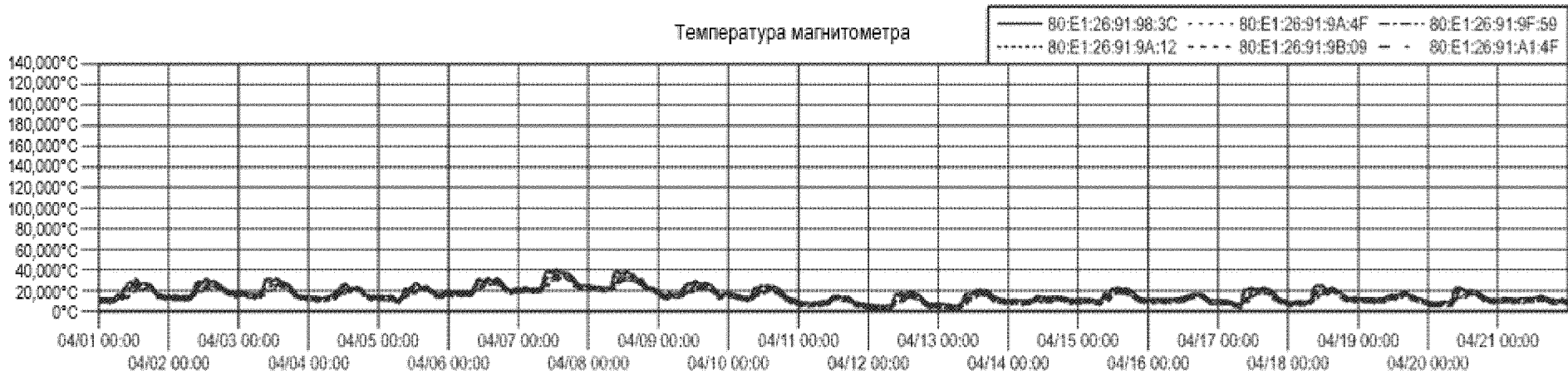


Фиг. 7А

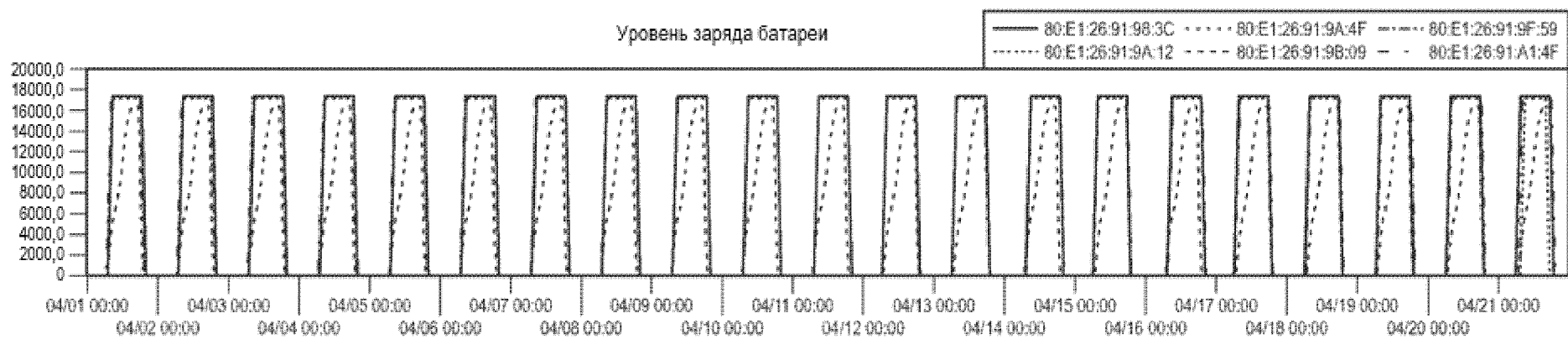


15/51

Фиг. 7А (продолжение)

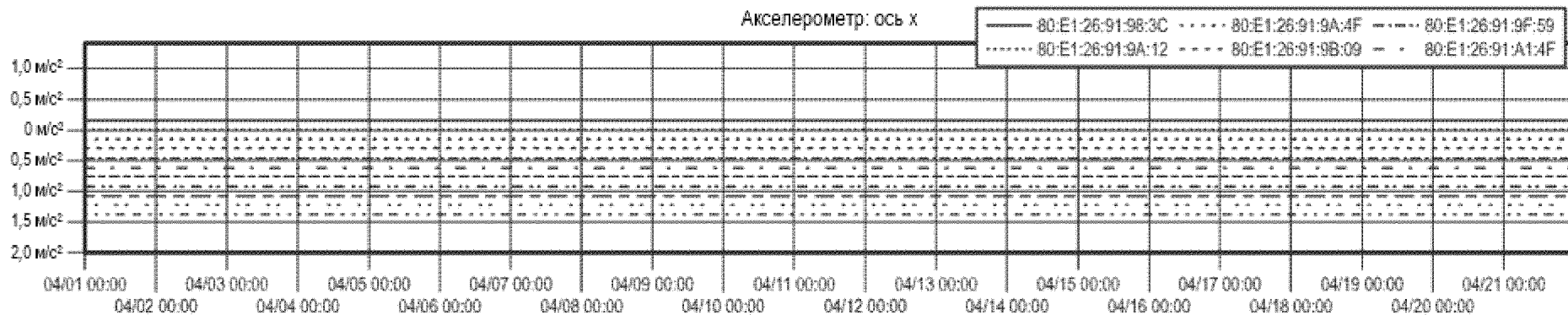


Фиг. 7В

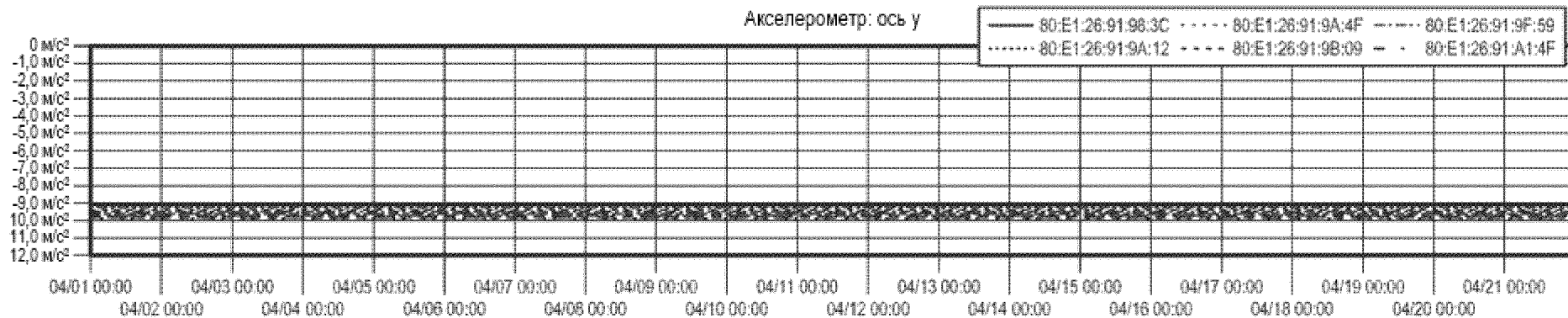


Фиг. 7В (продолжение)

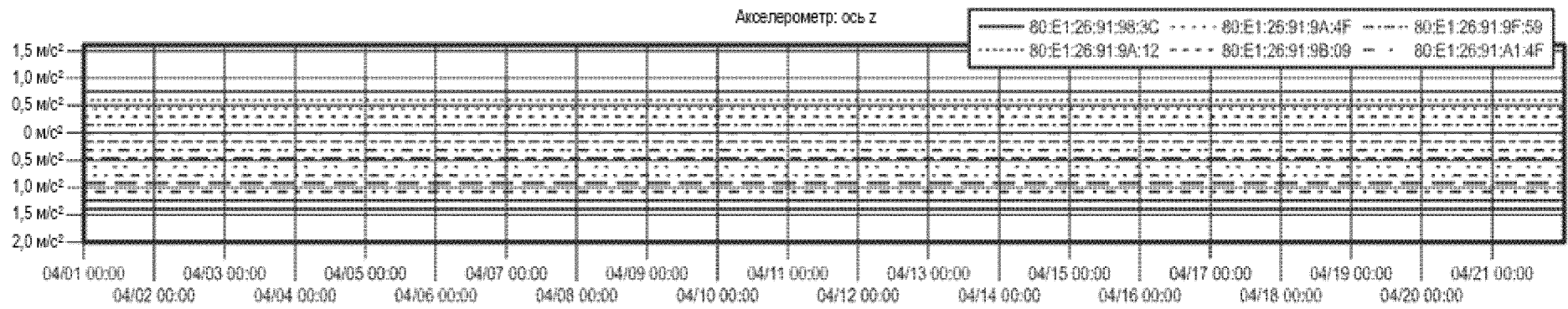
Акселерометр: ось x



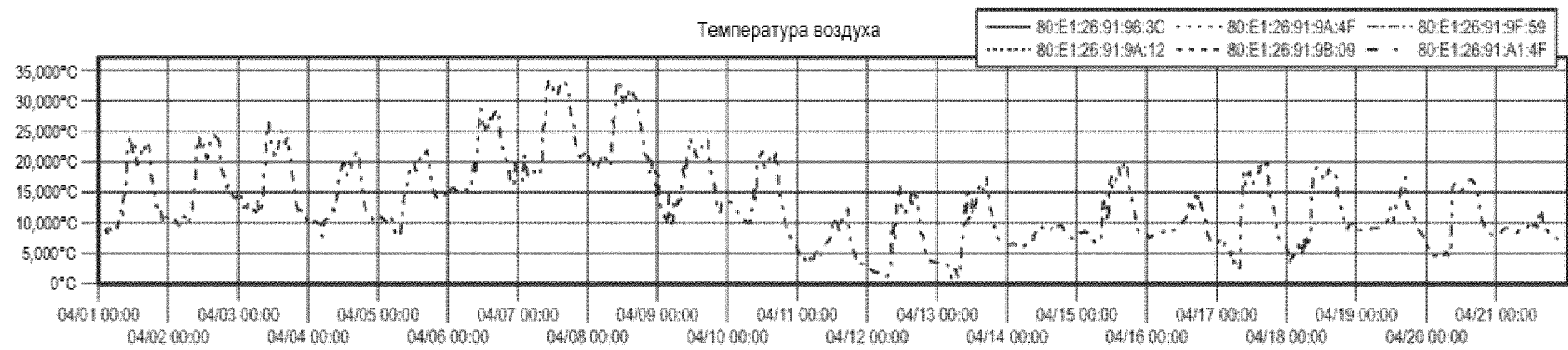
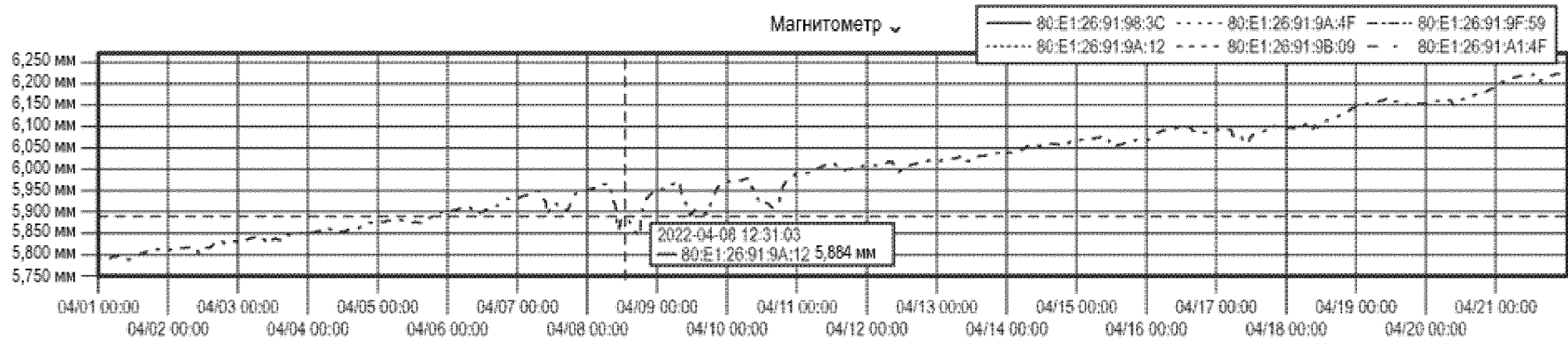
Акселерометр: ось y



Фиг. 7С



Фиг. 7С (продолжение)



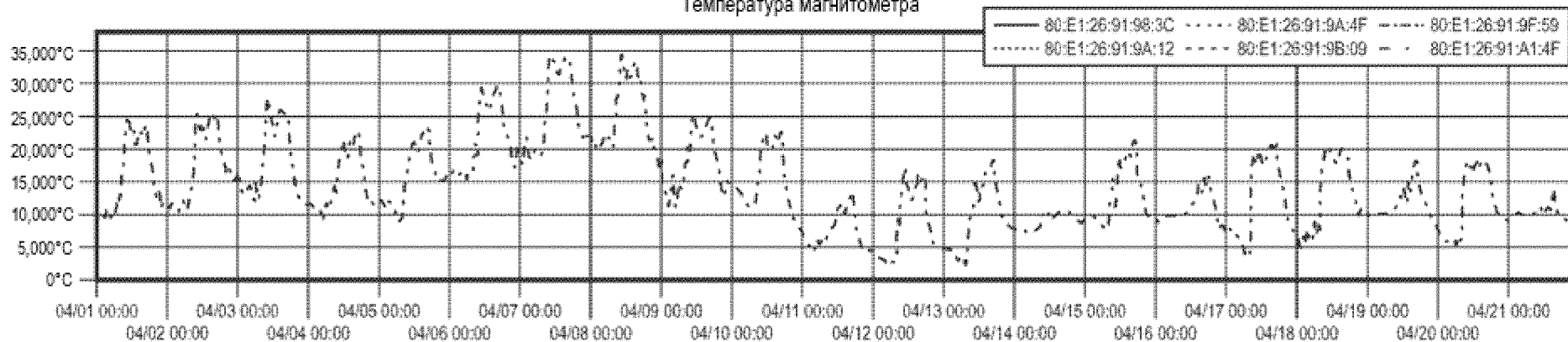
Фиг. 8А



21/51

Фиг. 8А (продолжение)

Температура магнитометра



Уровень заряда батареи

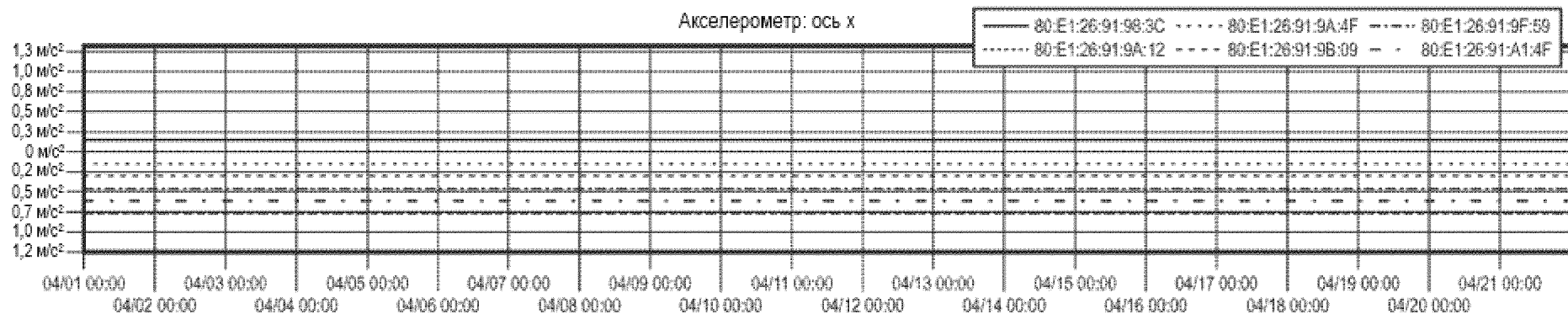


Фиг. 8В

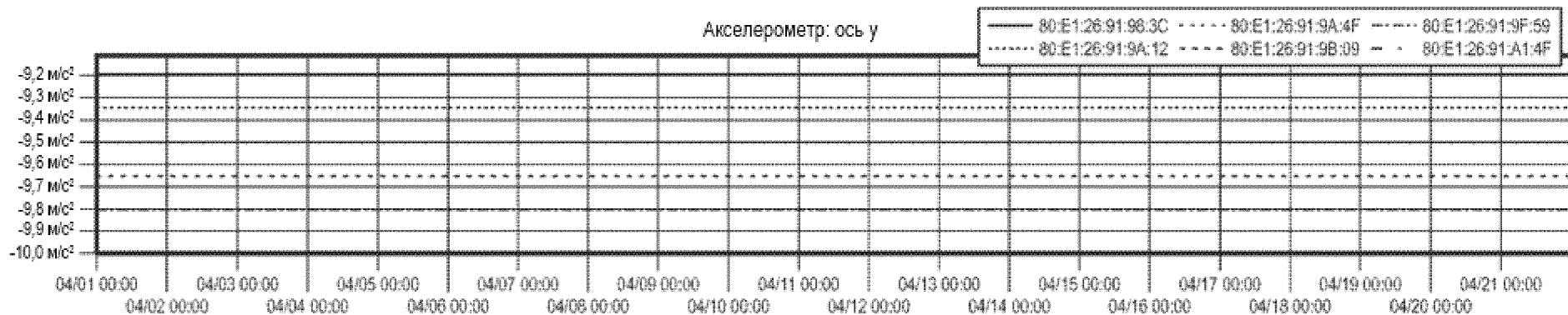


Фиг. 8В (продолжение)

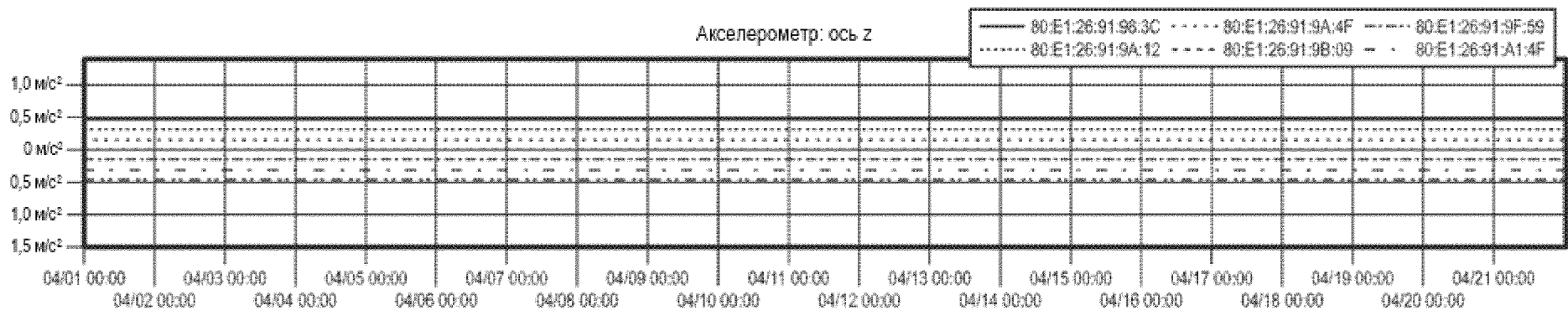
Акселерометр: ось x



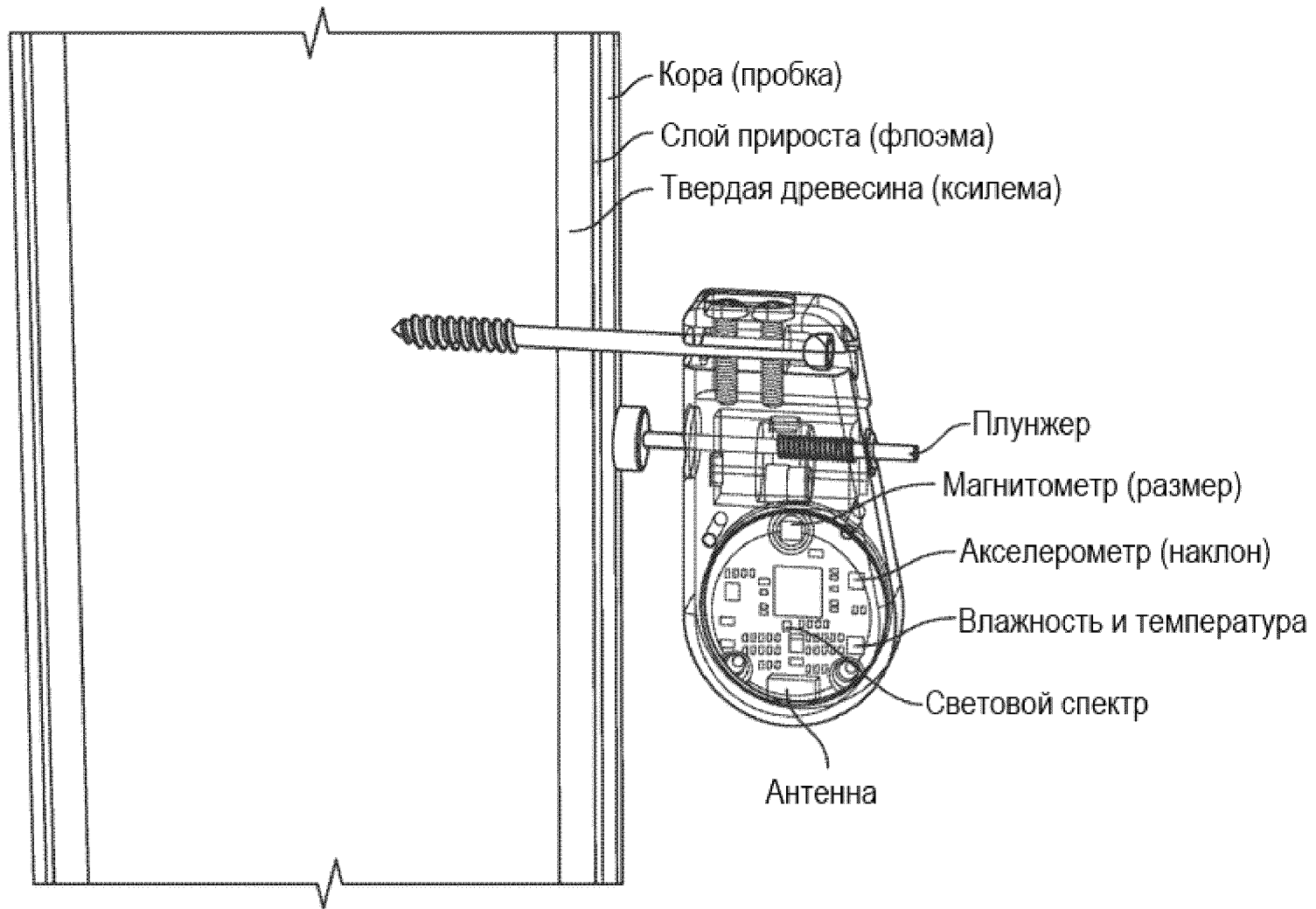
Акселерометр: ось y



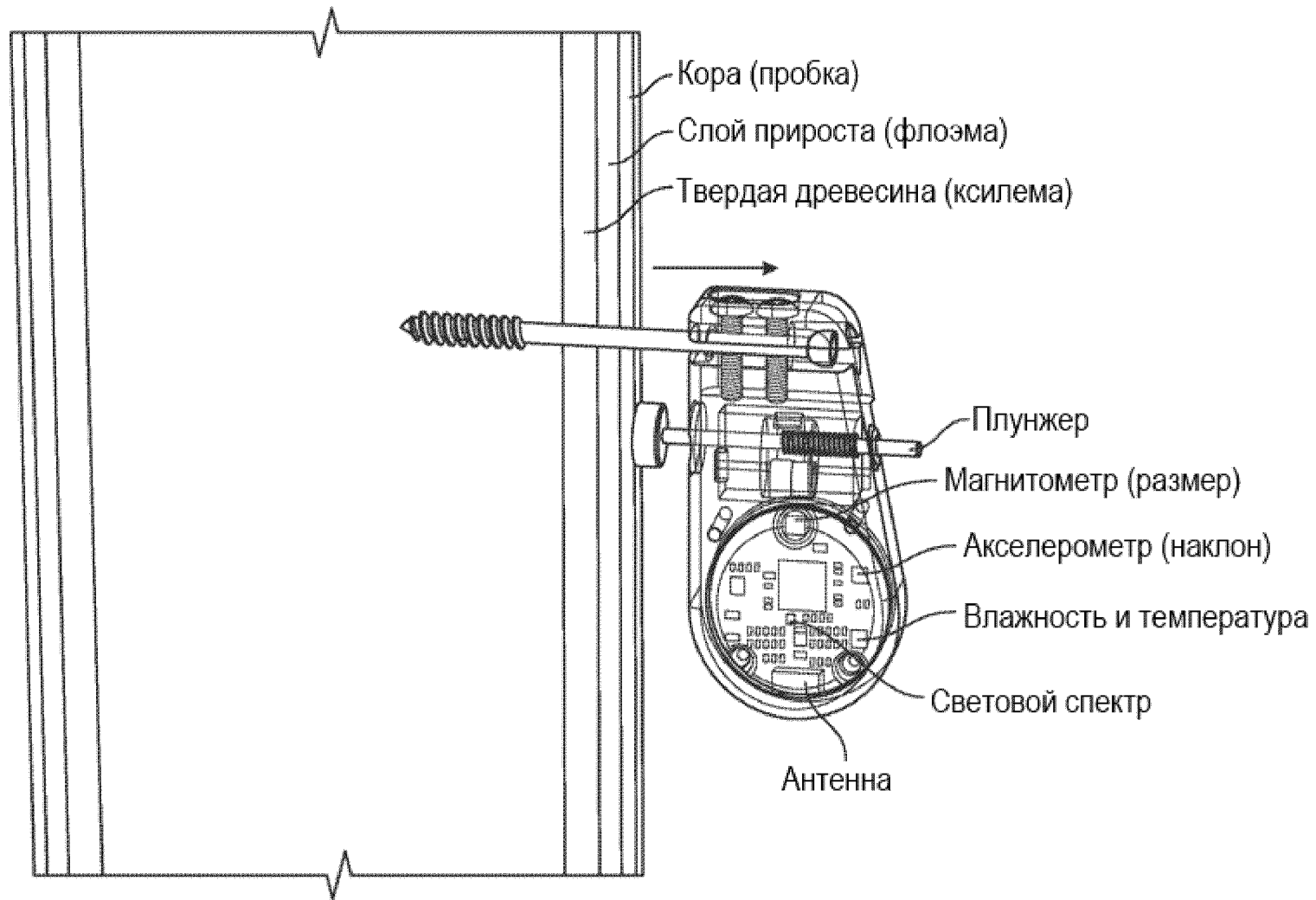
Фиг. 8С



Фиг. 8С (продолжение)

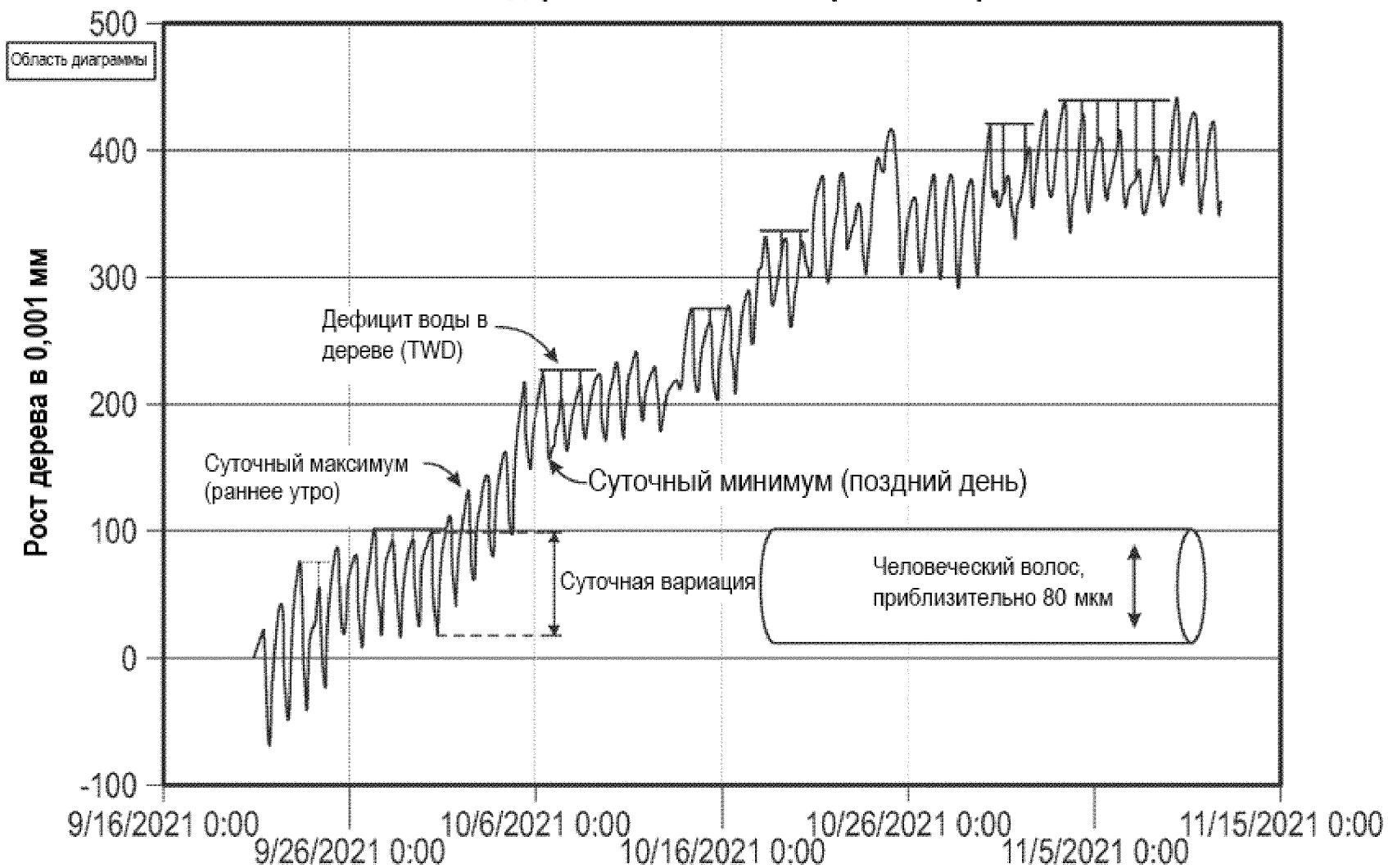


ФИГ. 9А



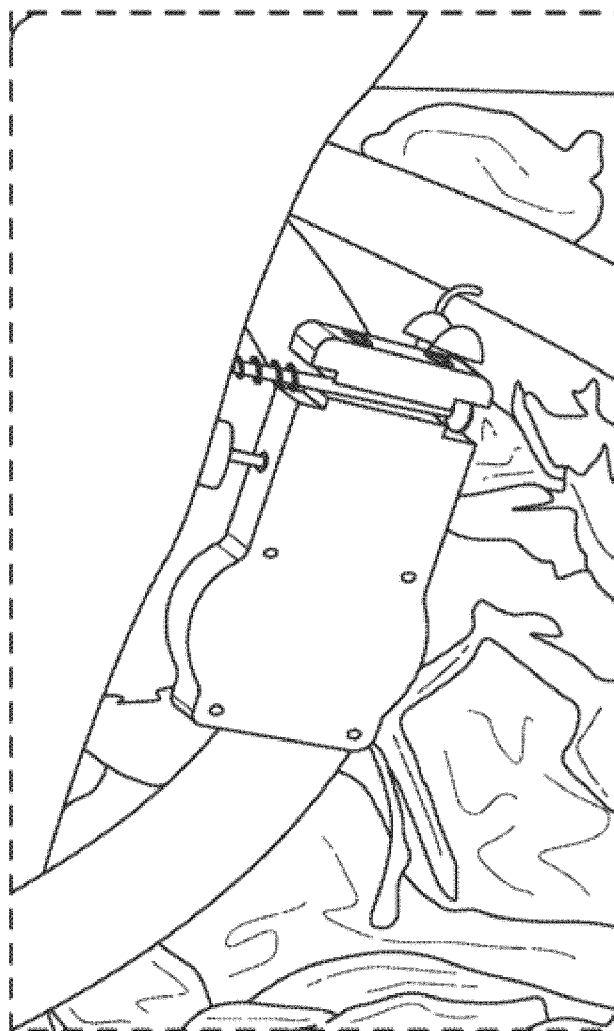
Фиг. 9В

GP13 – дерево липы – с сентября по ноябрь

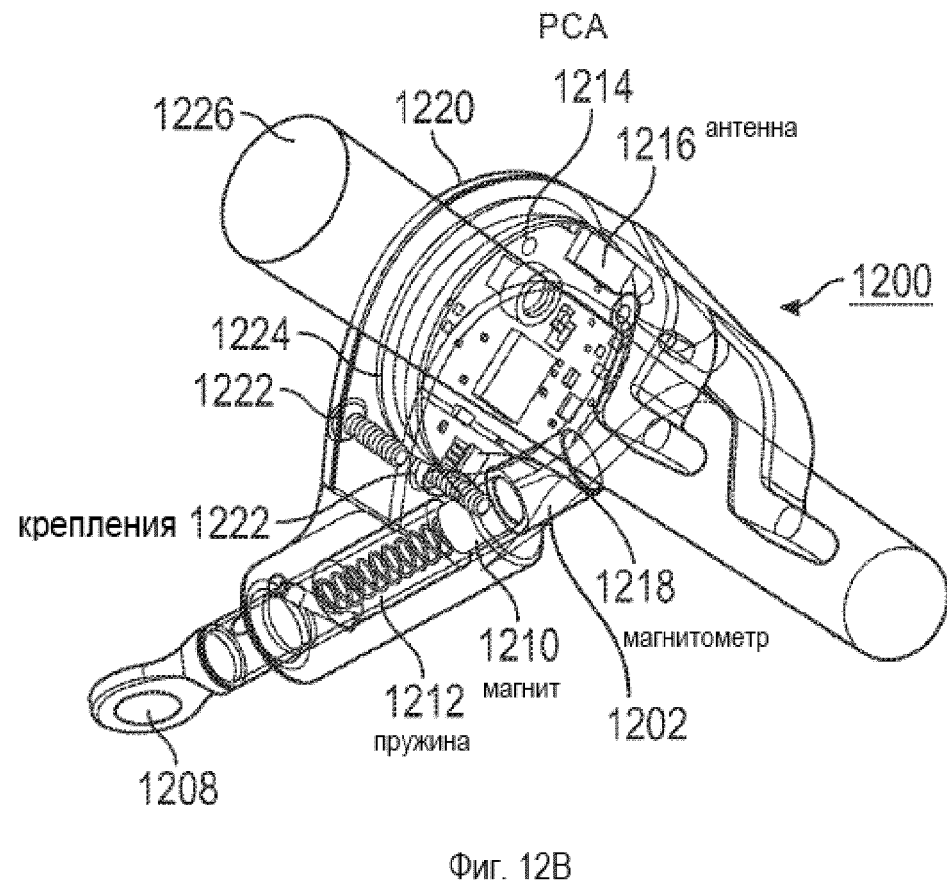
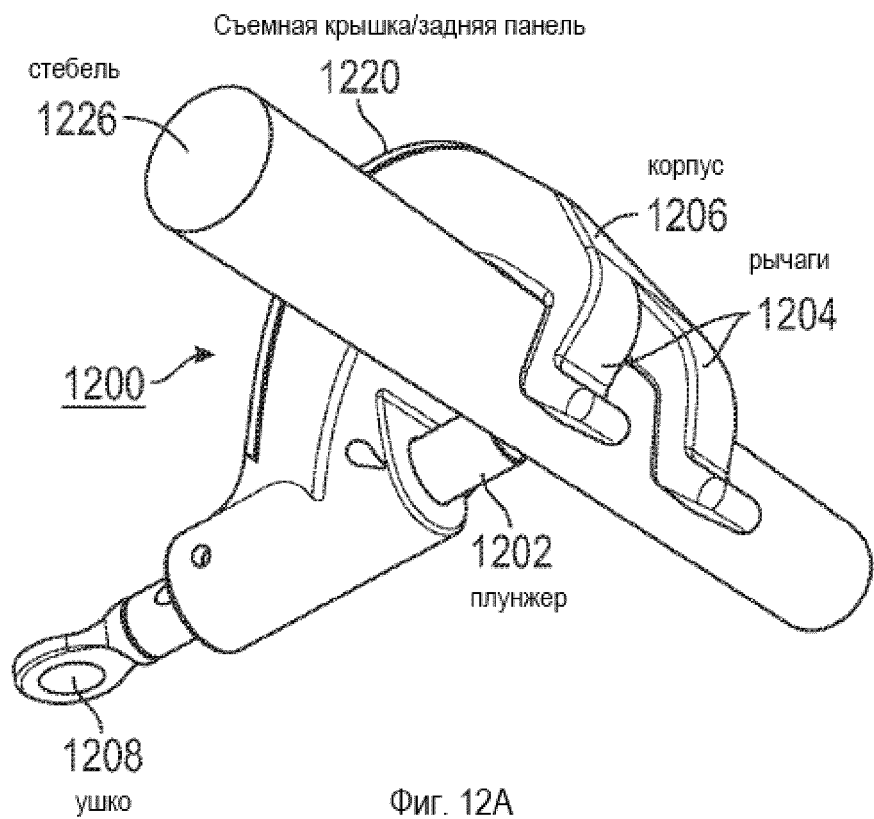


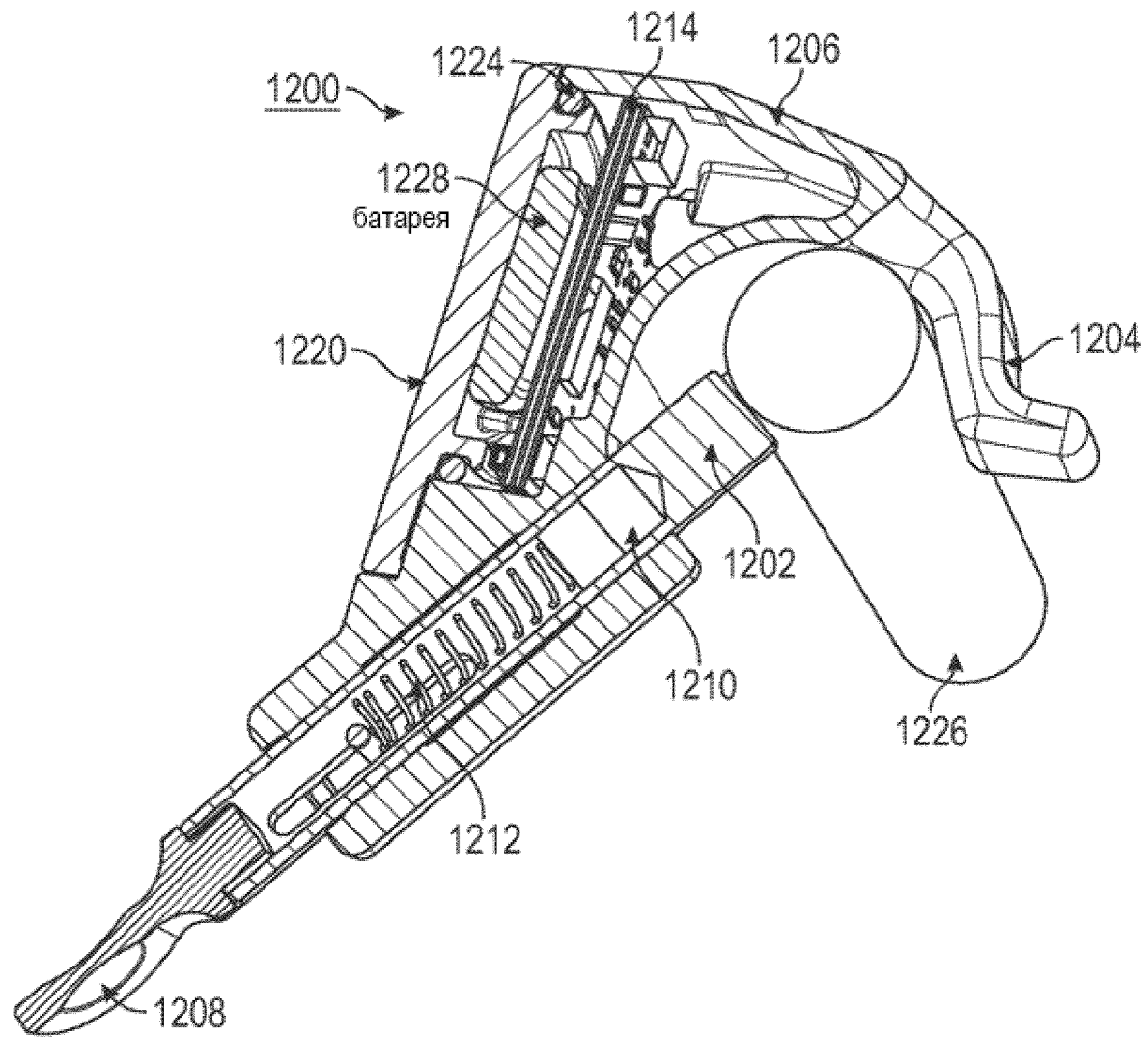
Фиг. 10

Датчик дерева на дереве липы

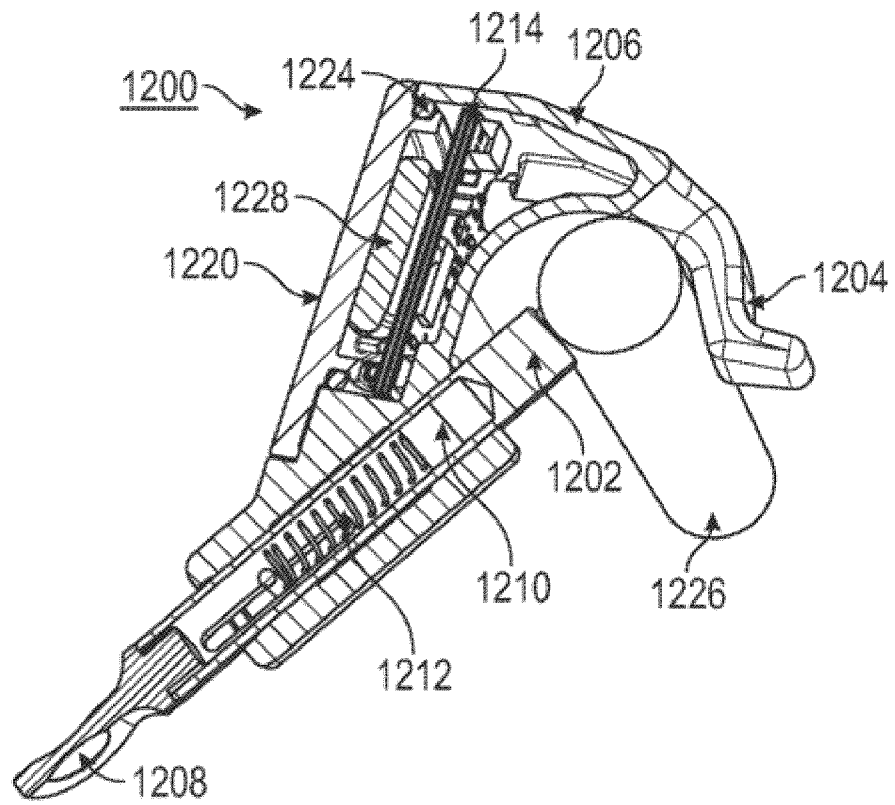


Фиг. 11

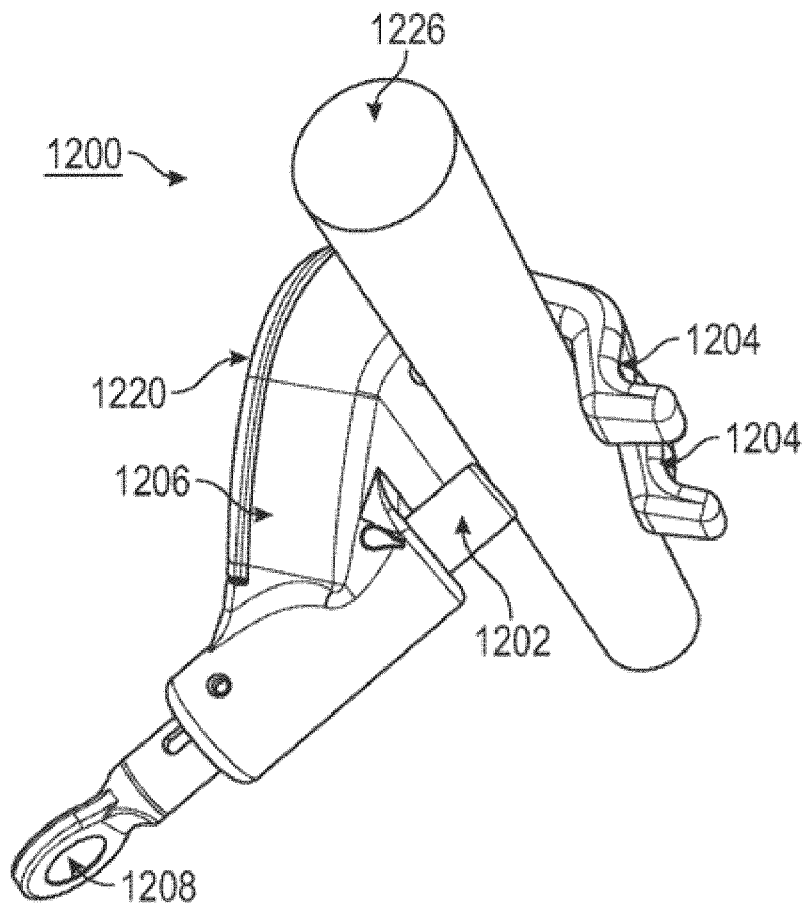




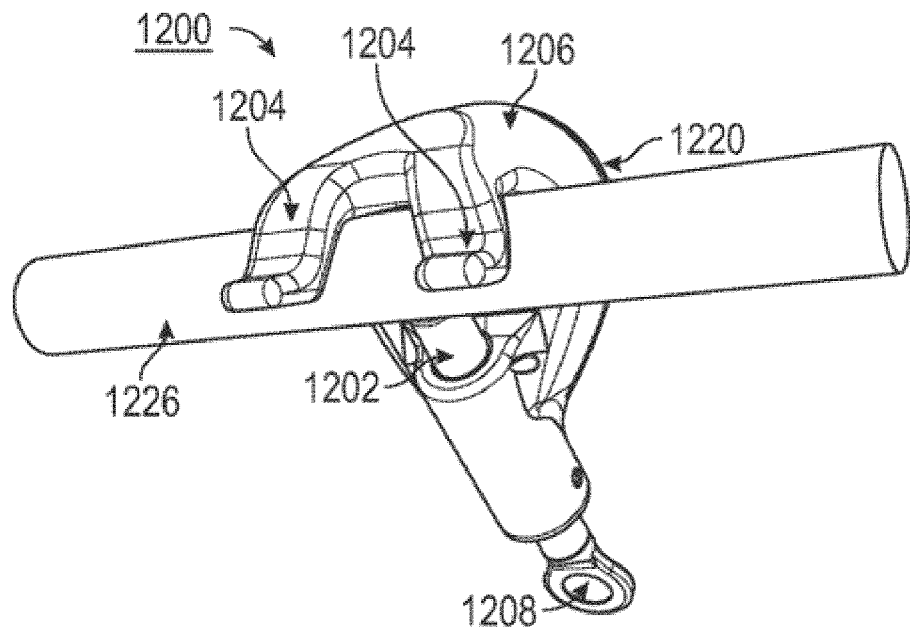
Фиг. 12С



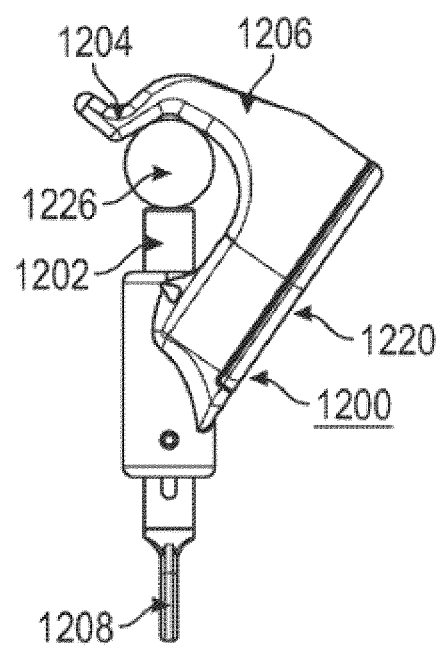
Фиг. 12D



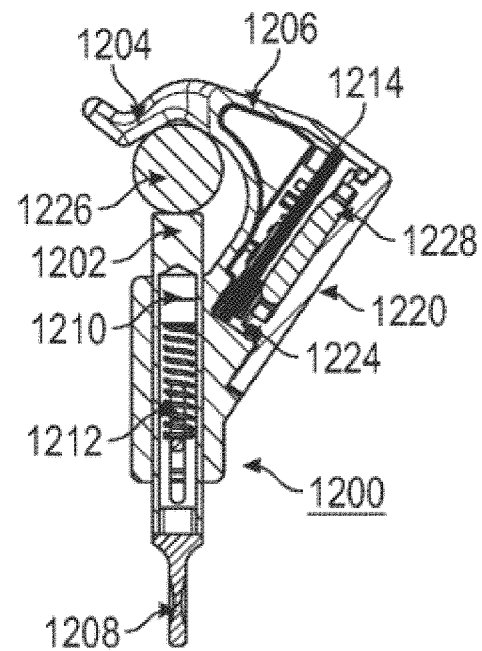
Фиг. 12E



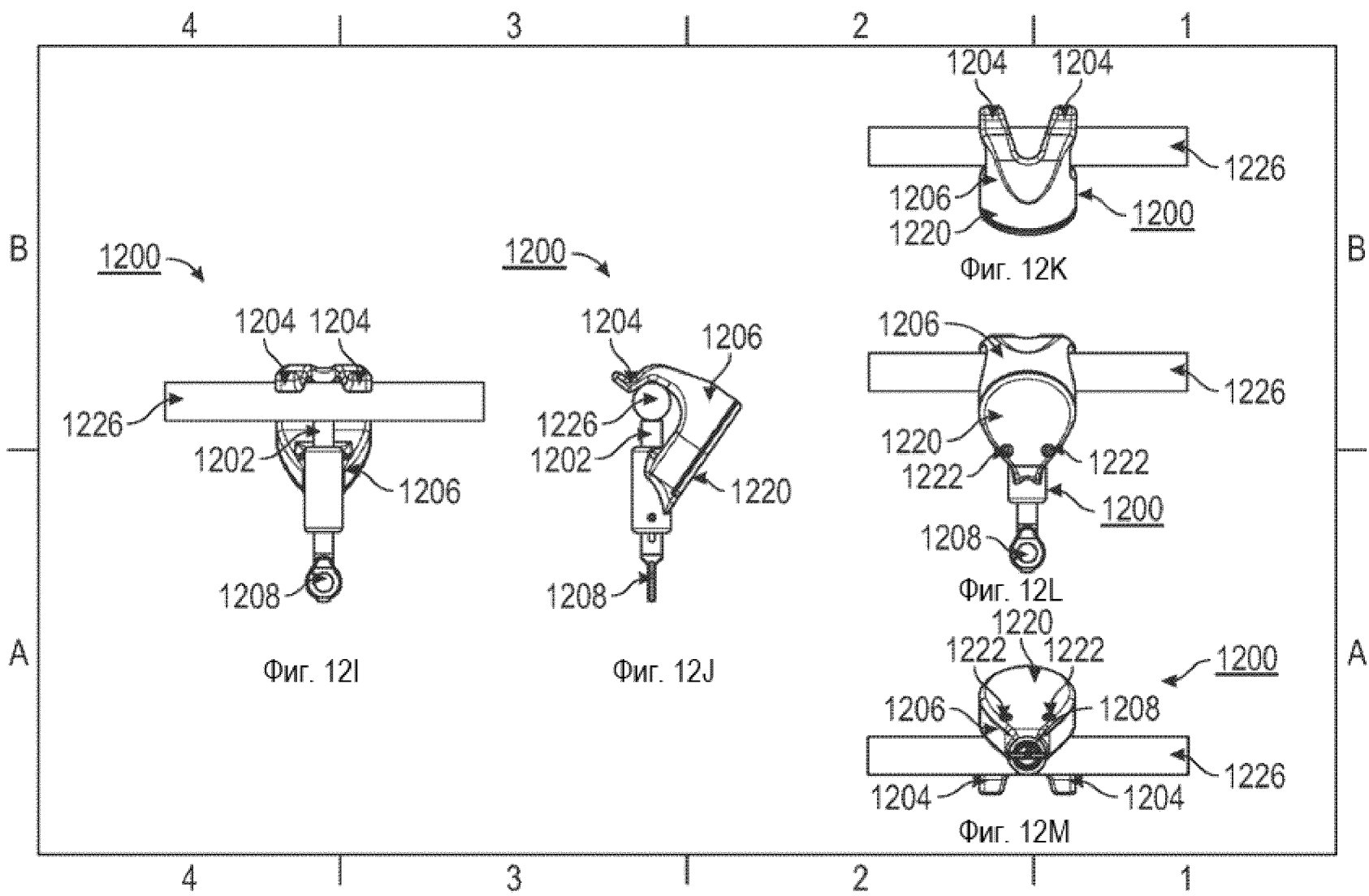
Фиг. 12F

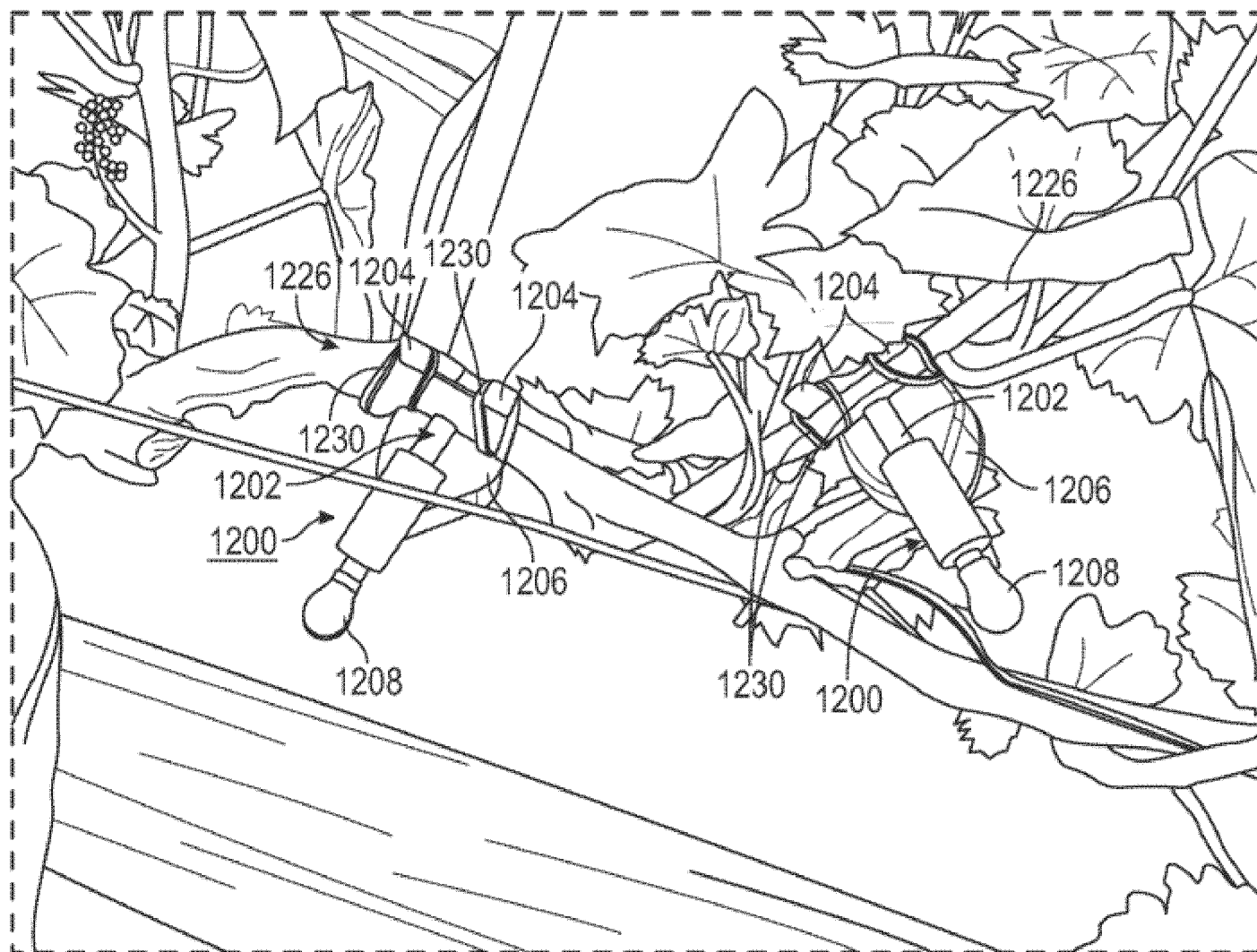


Фиг. 12G

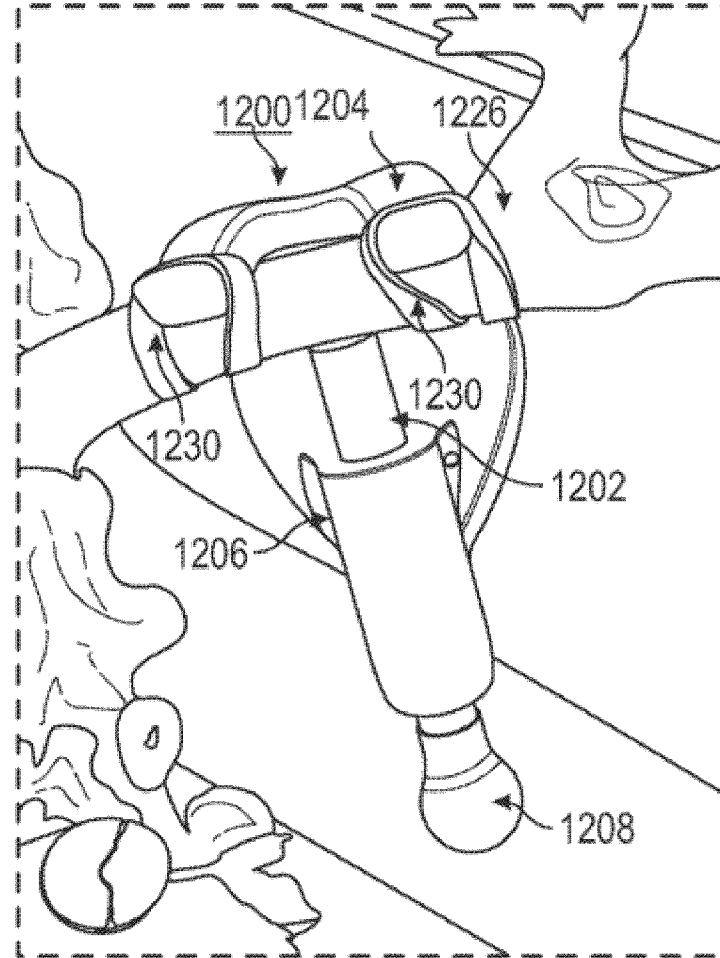


Фиг. 12H

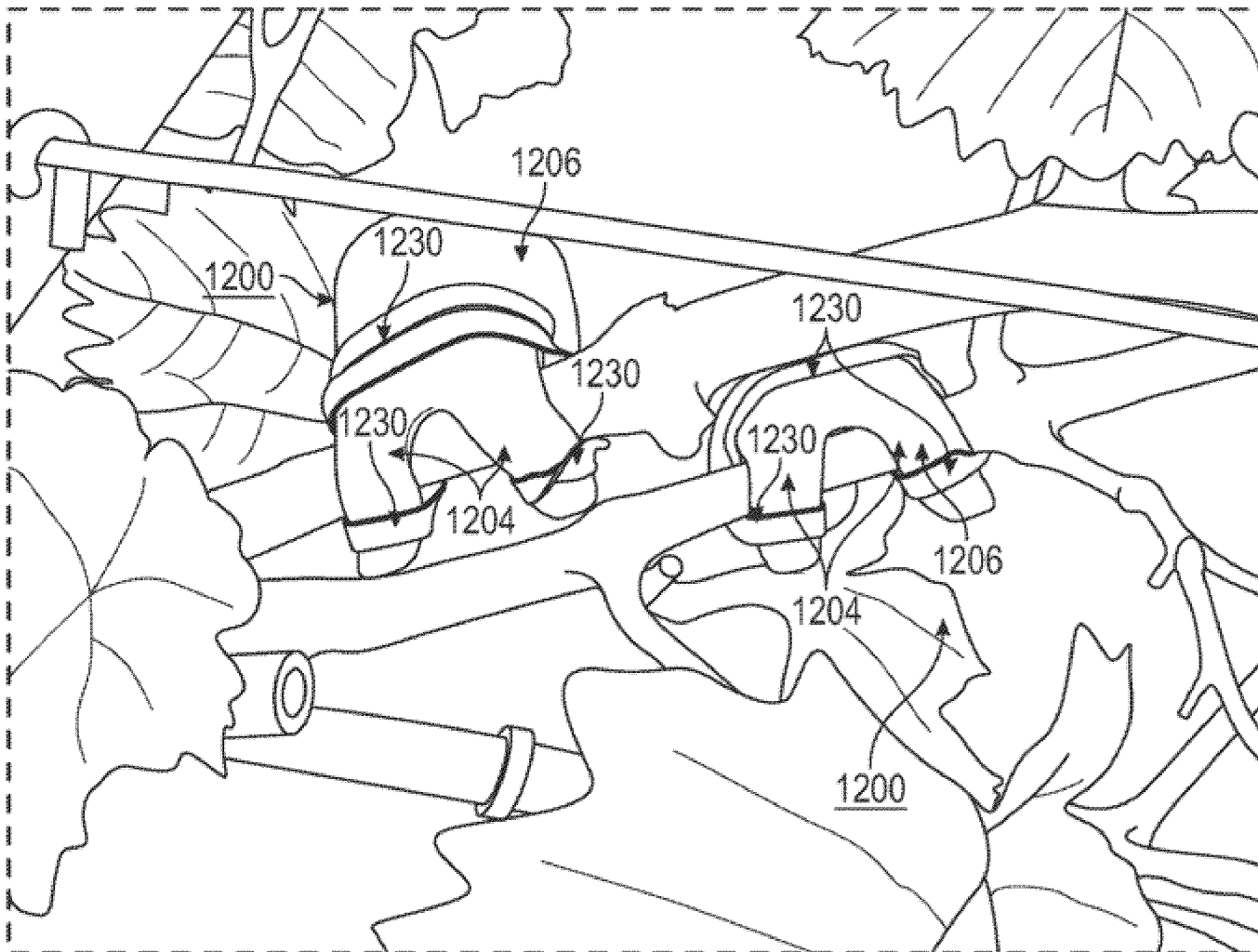




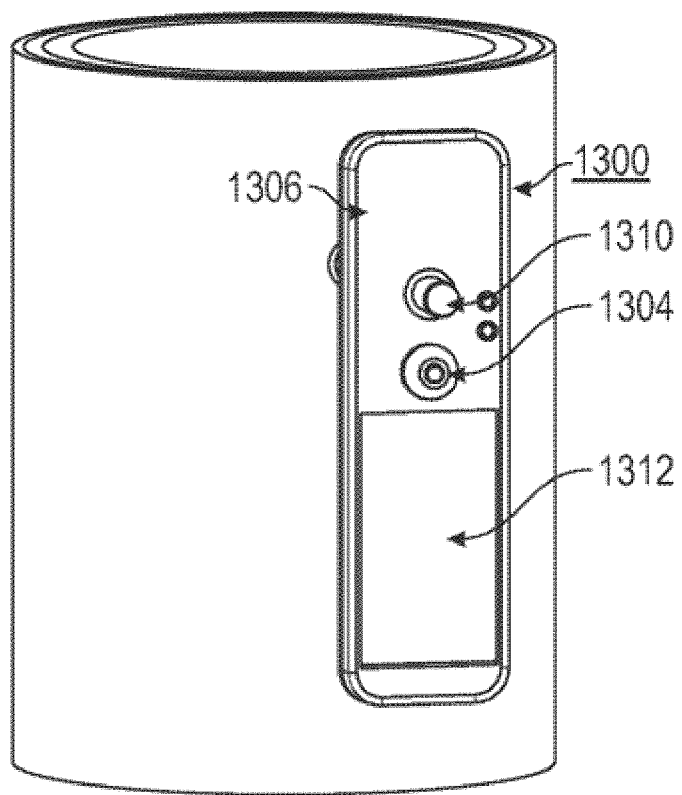
Фиг. 12N



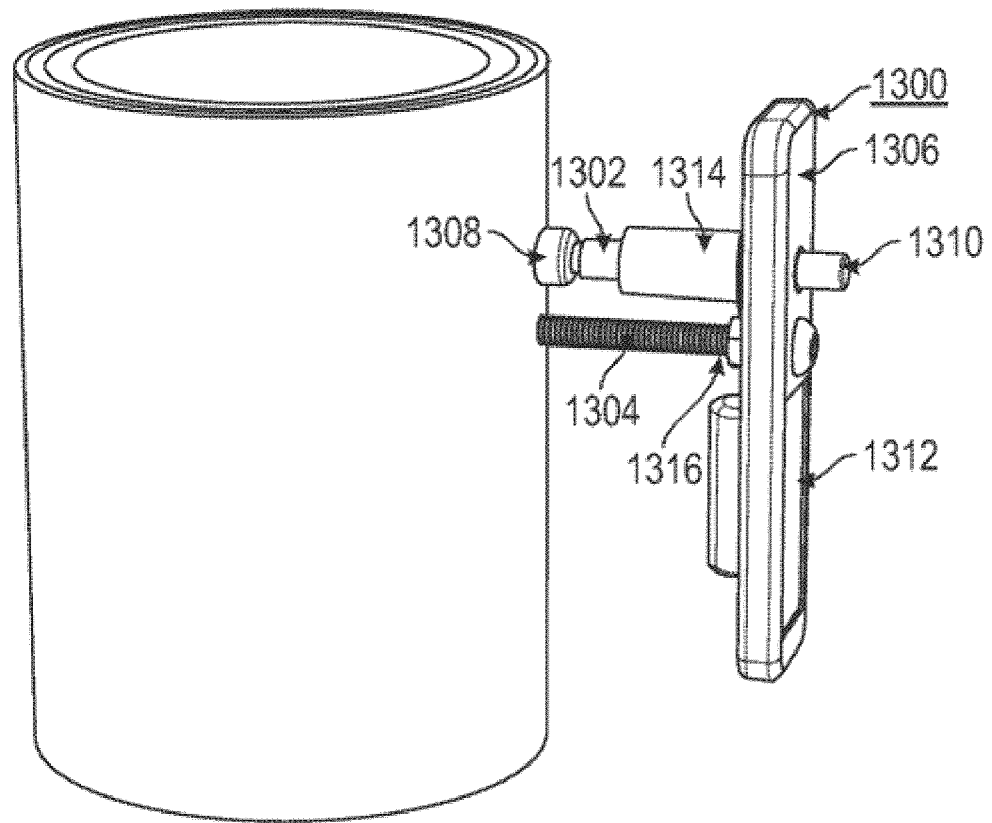
Фиг. 120



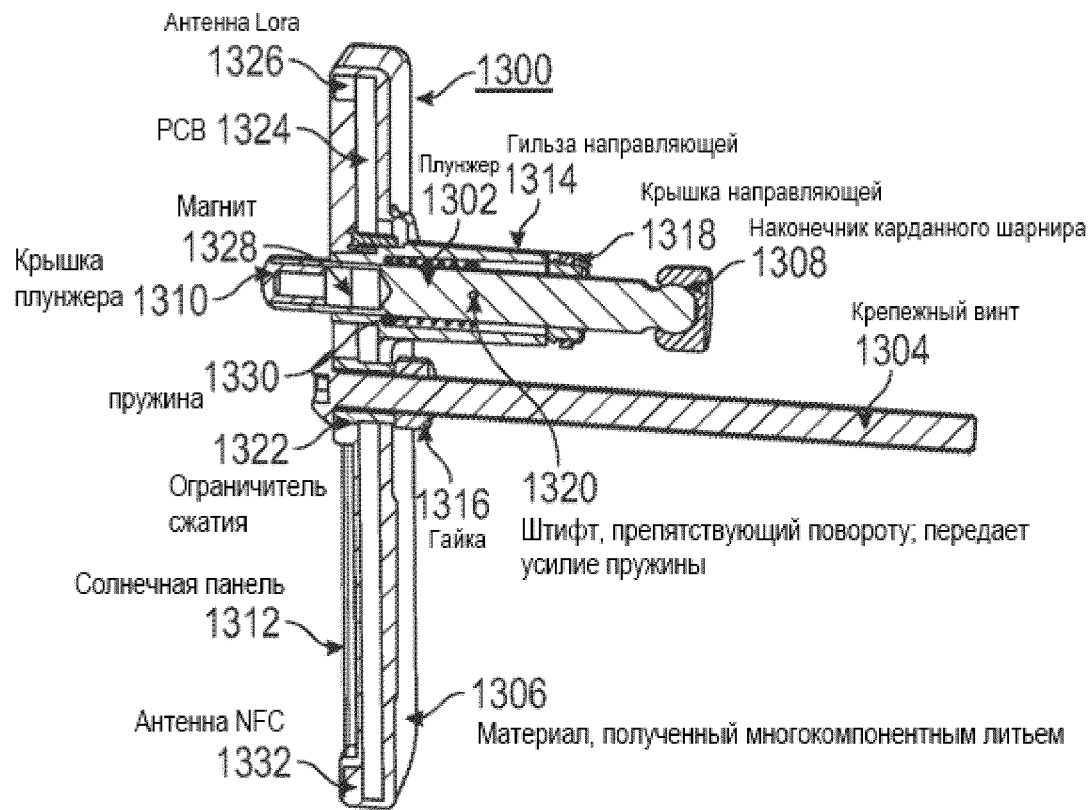
Фиг. 12Р



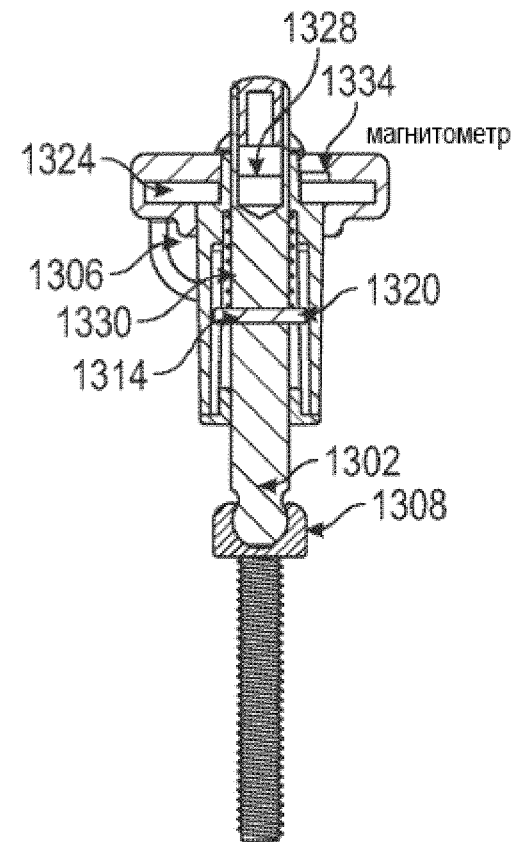
Фиг. 13А



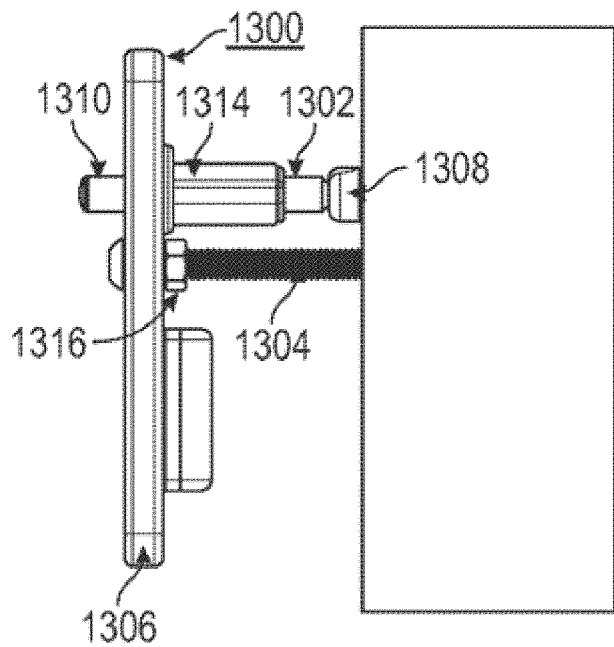
Фиг. 13В



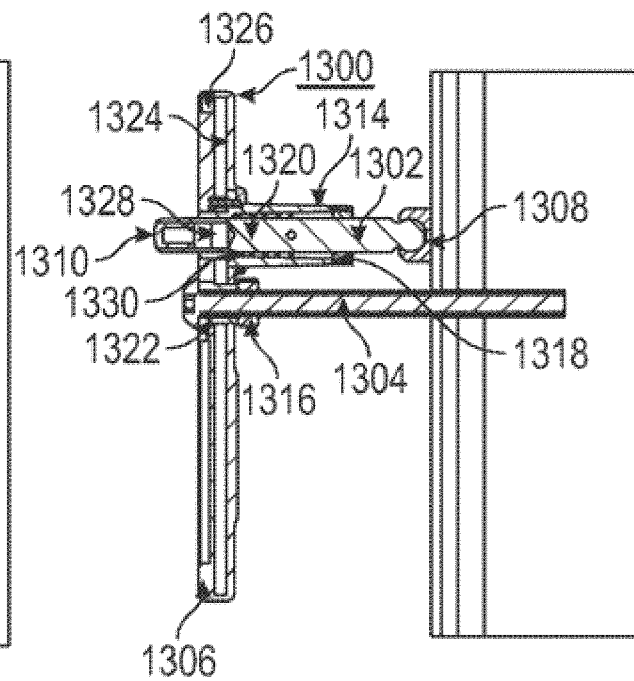
Фиг. 13С



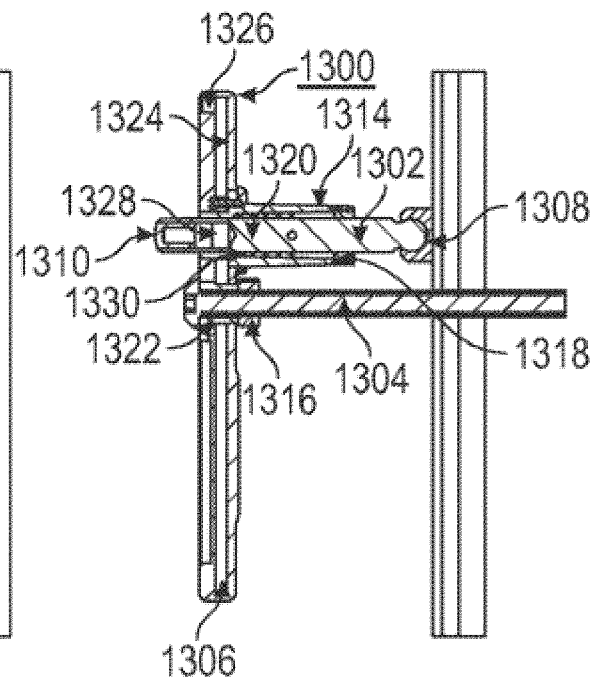
Фиг. 13D



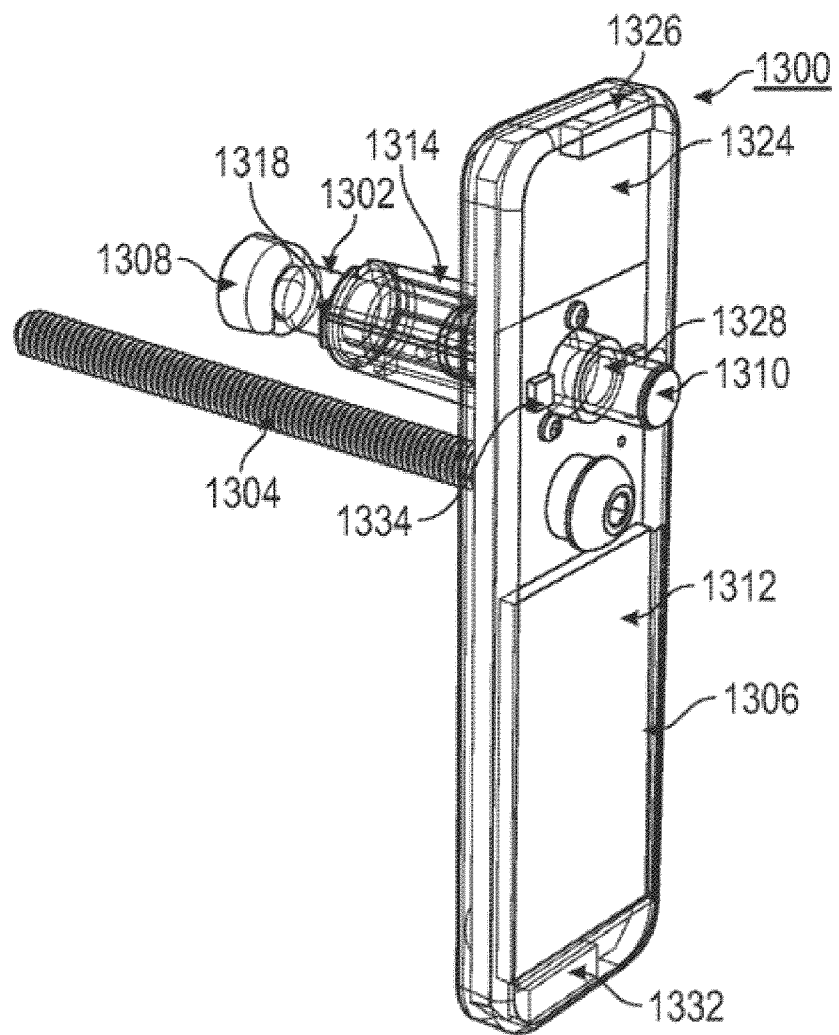
Фиг. 13Е



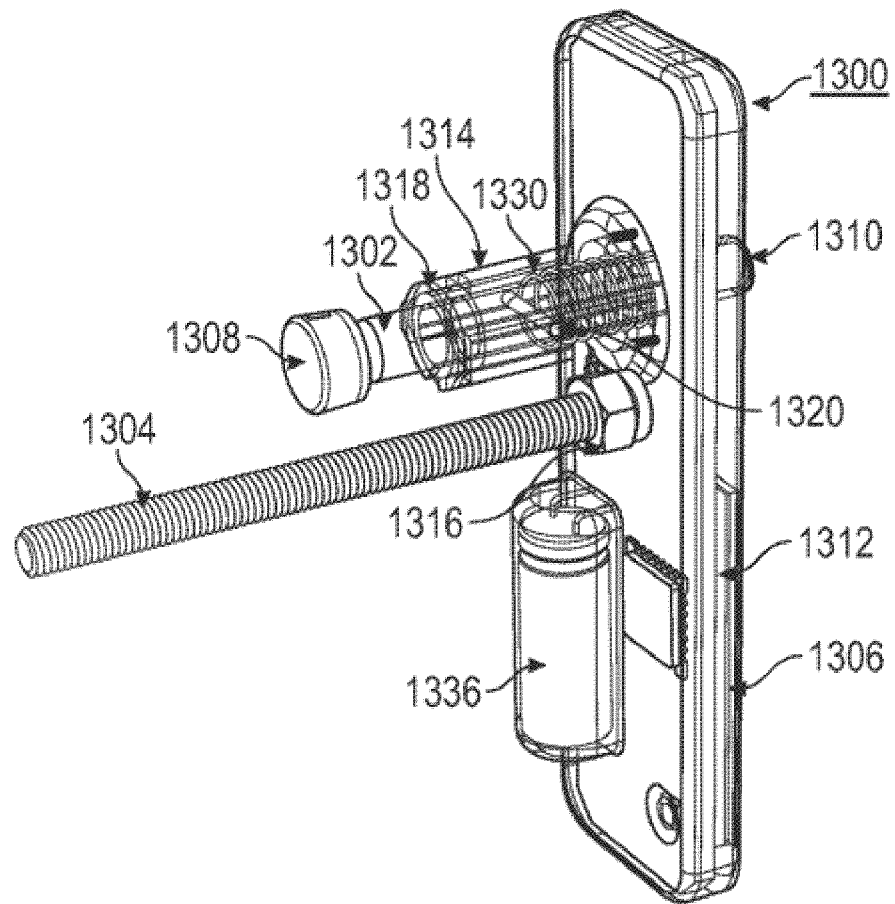
Фиг. 13F



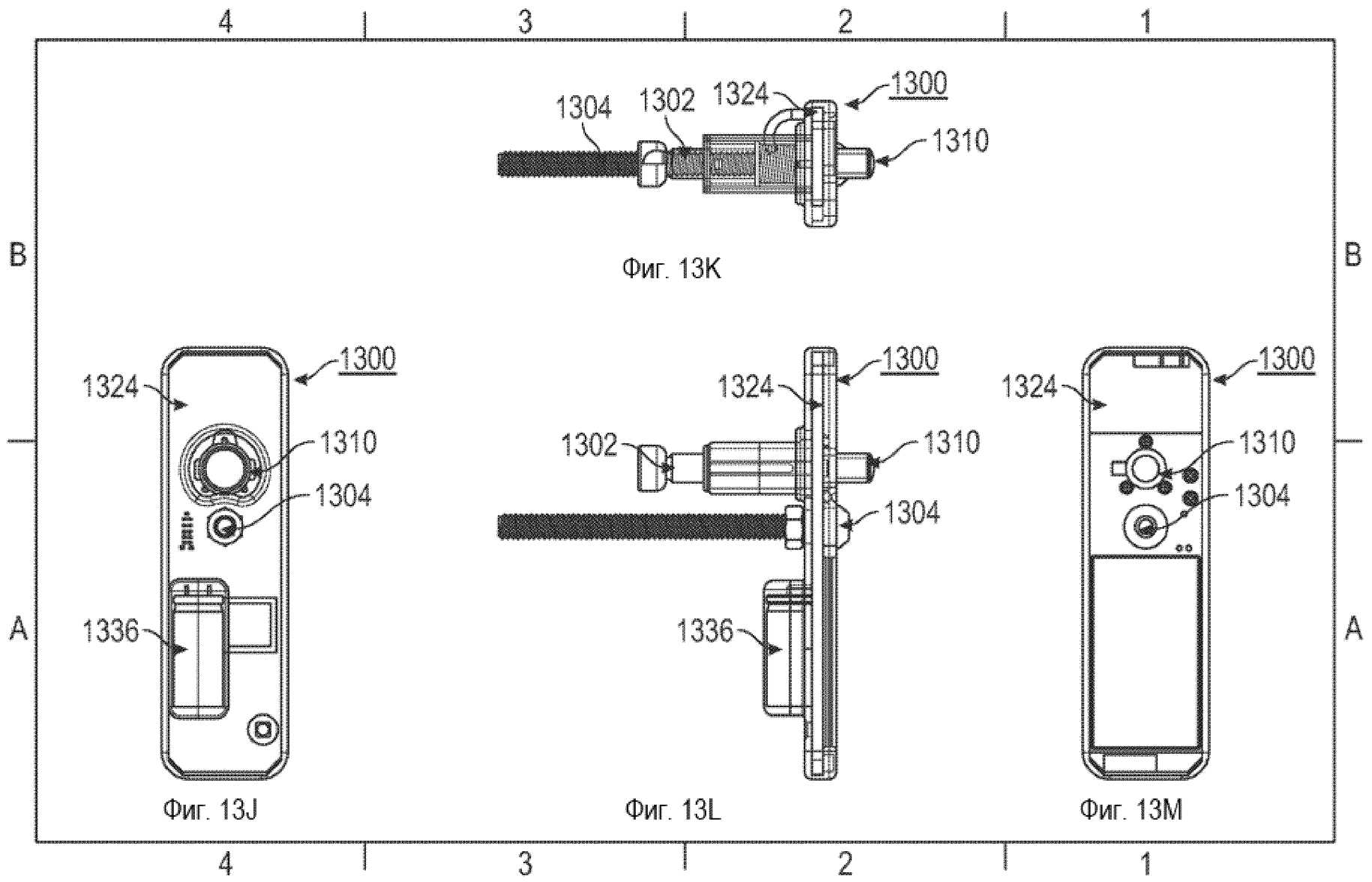
Фиг. 13G

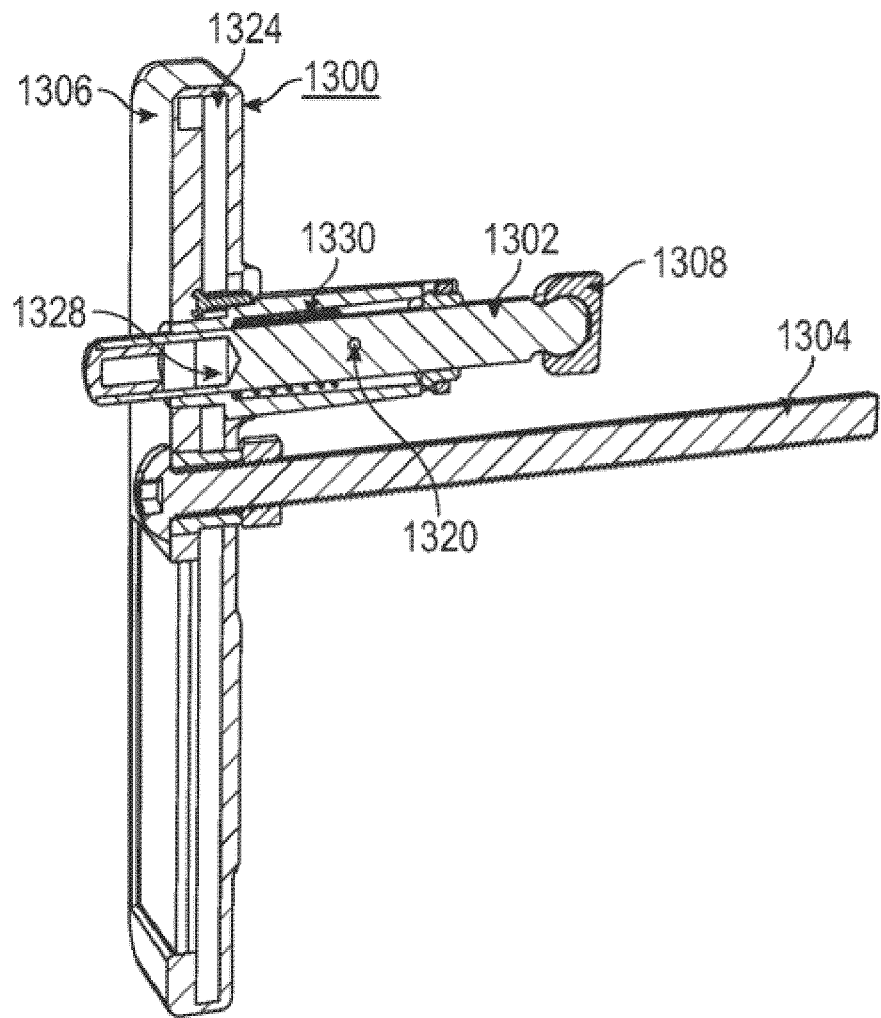


Фиг. 13H

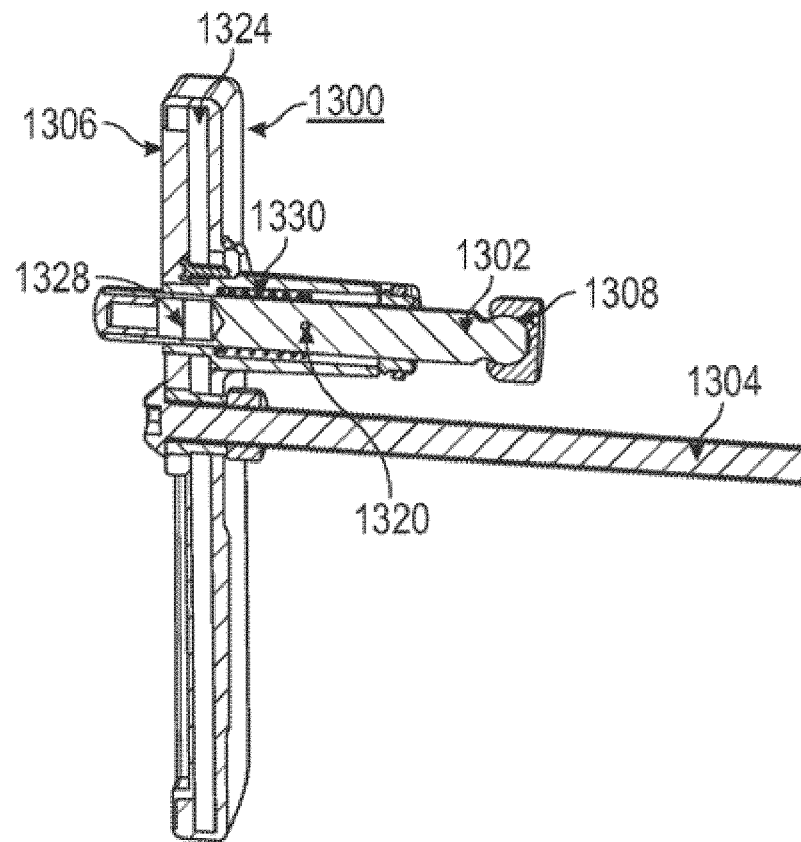


Фиг. 13I

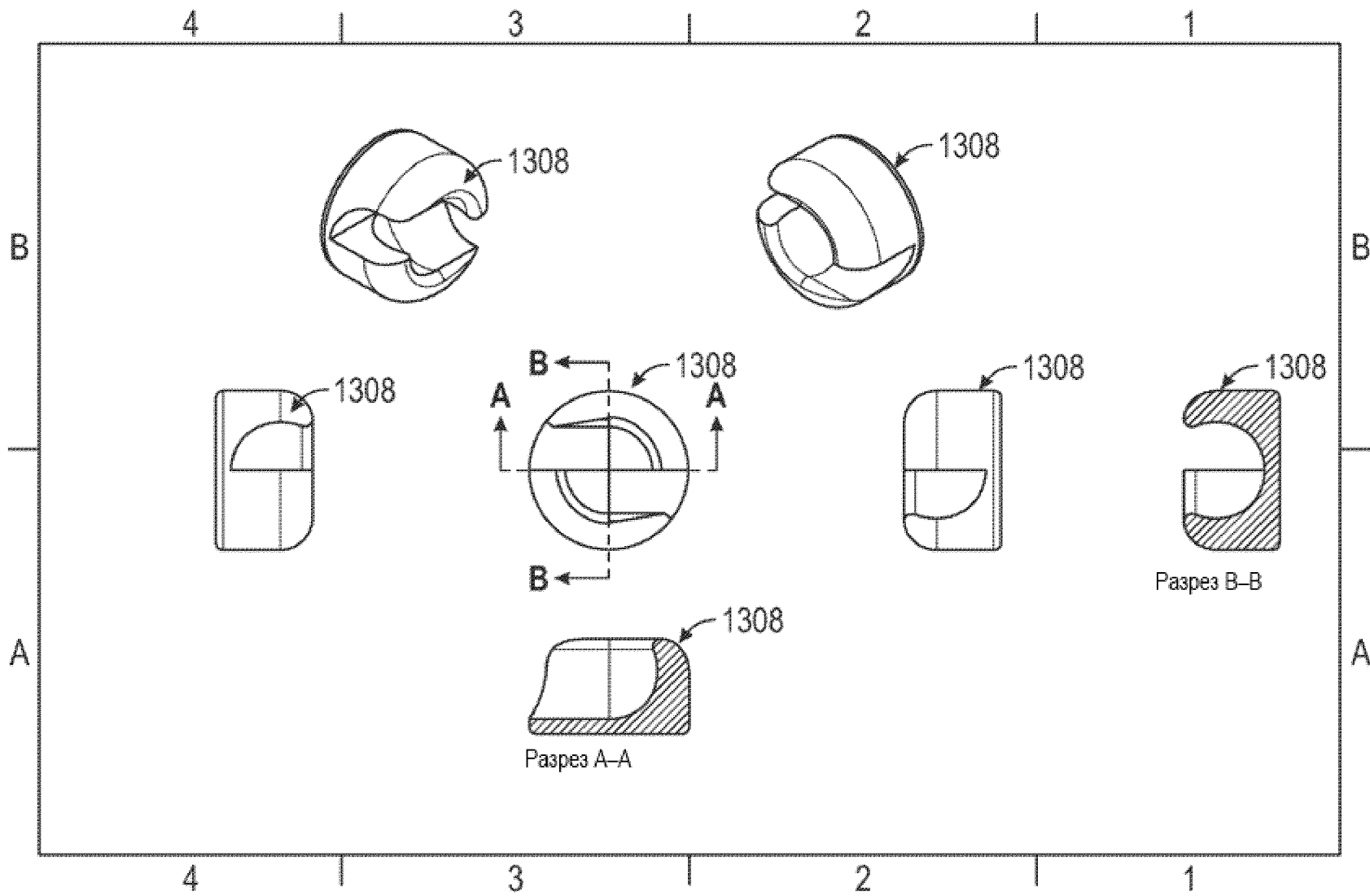




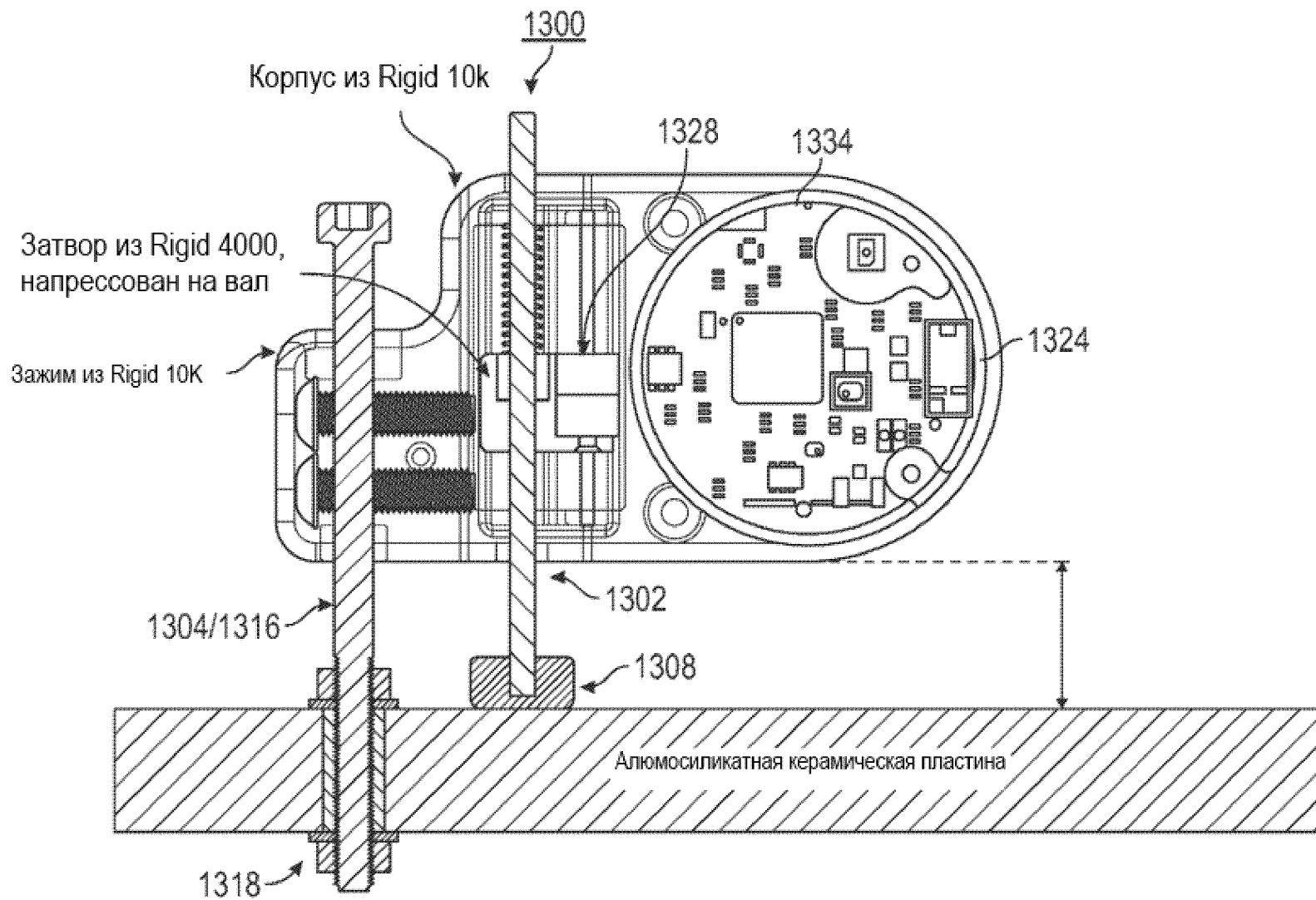
Фиг. 13N



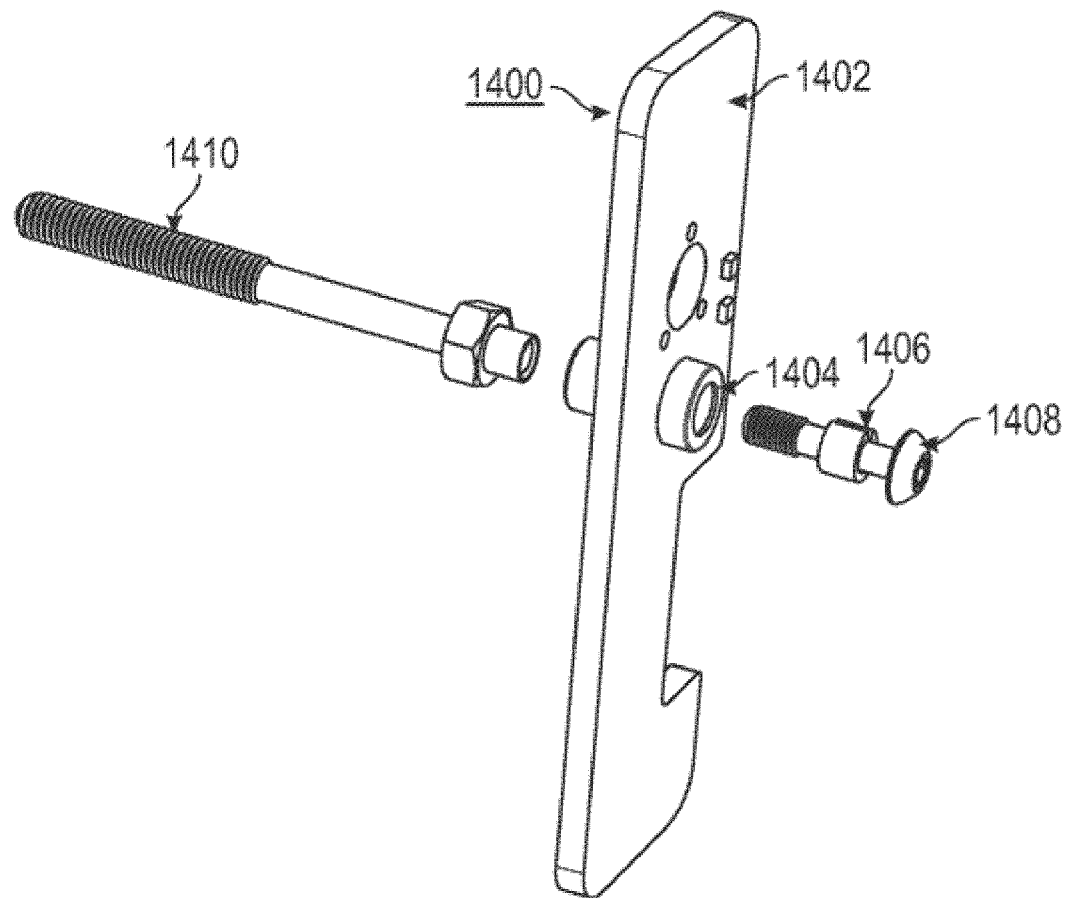
Фиг. 13O



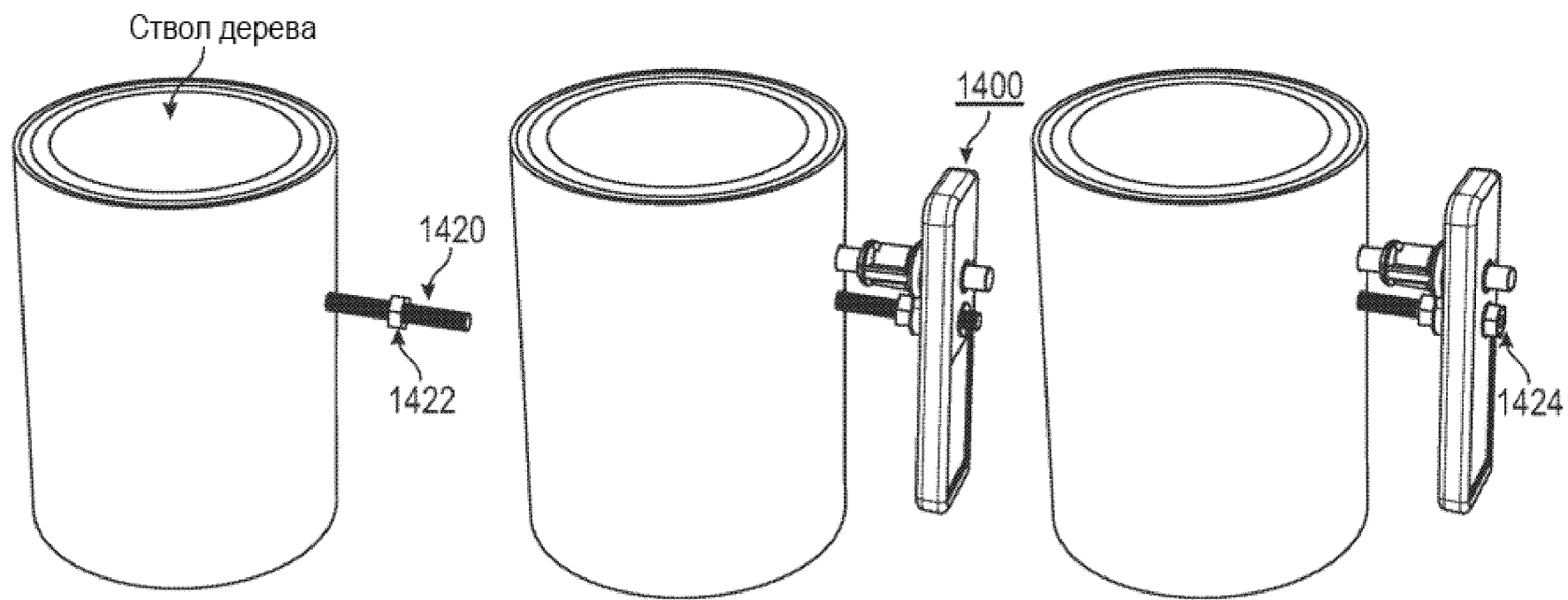
Фиг. 13Р



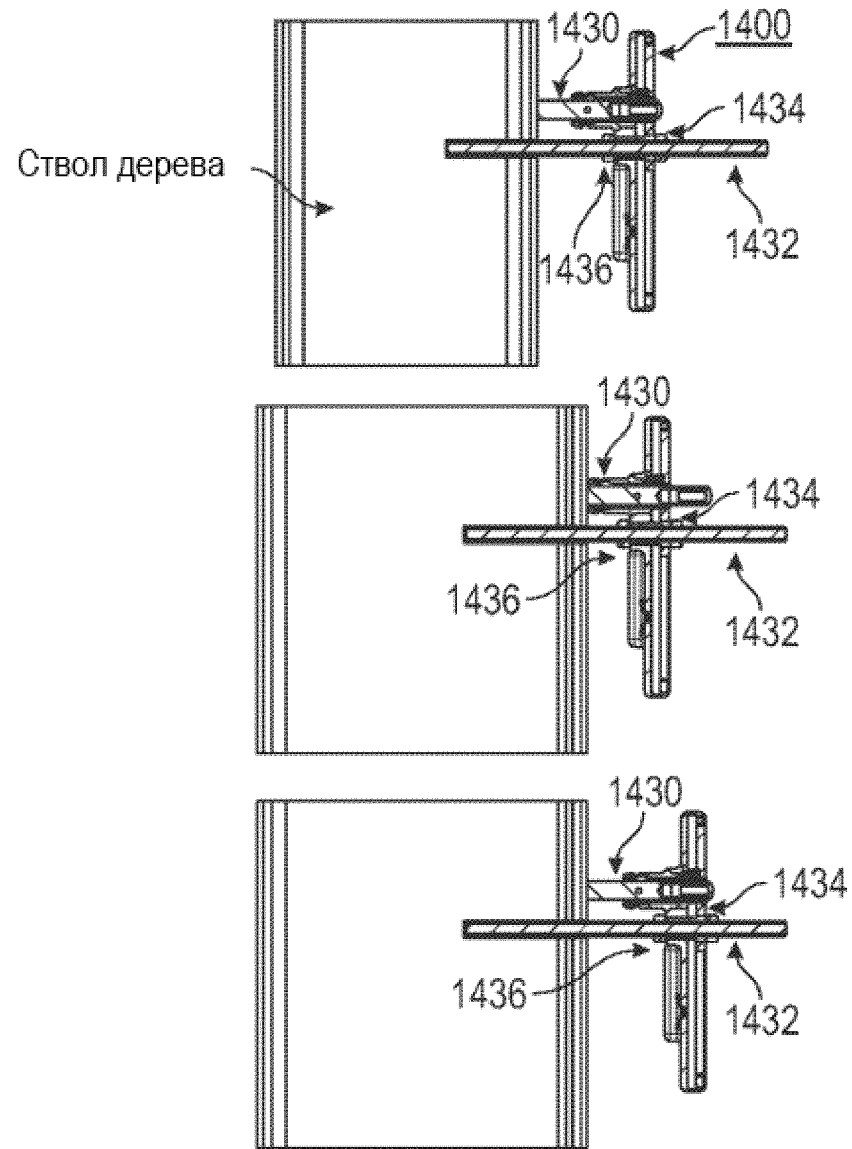
Фиг. 13Q



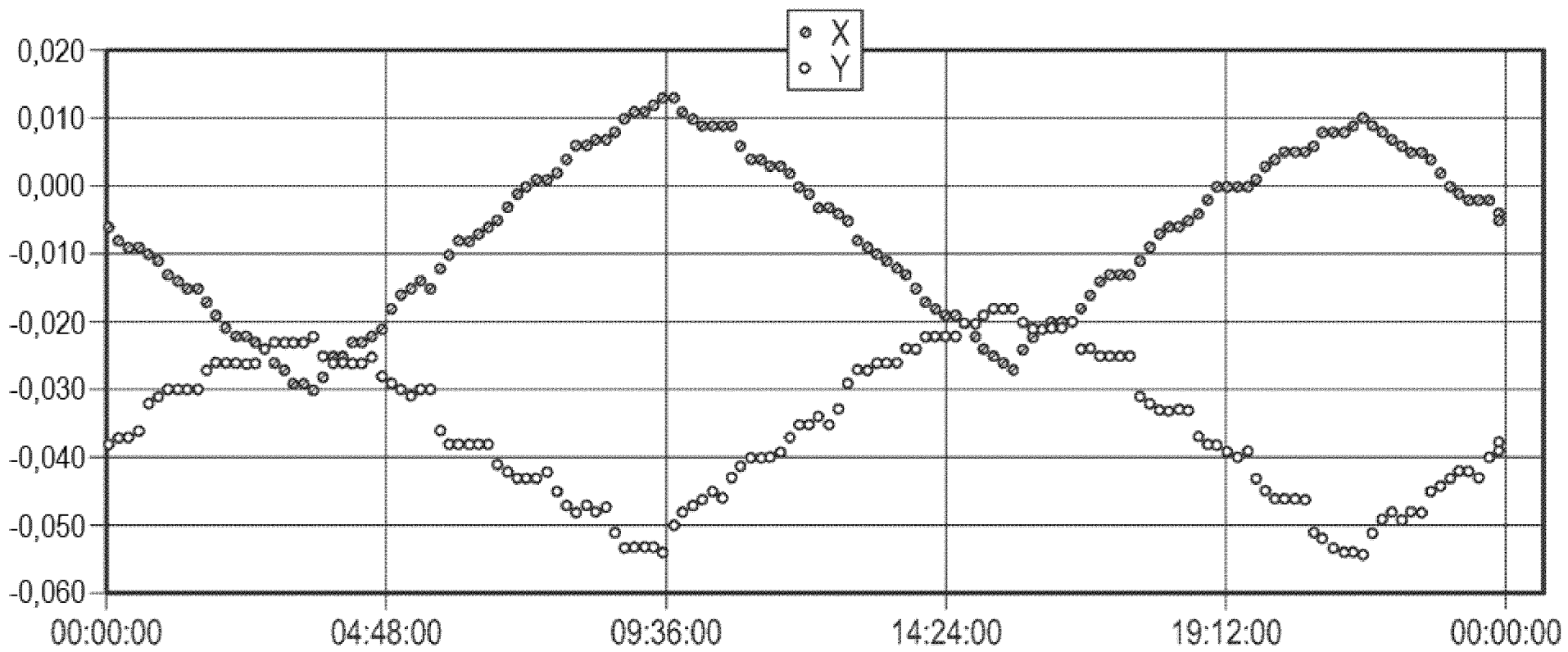
Фиг. 14А



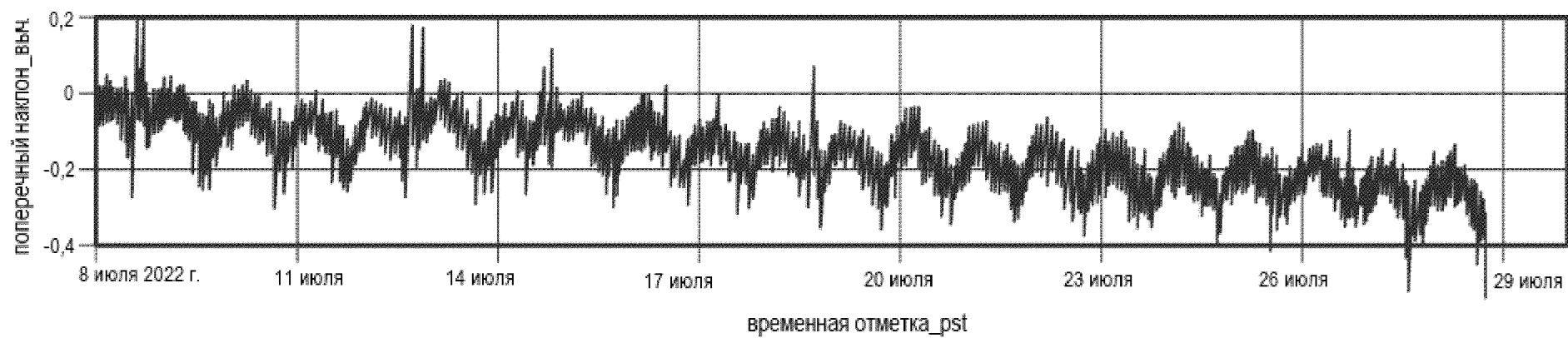
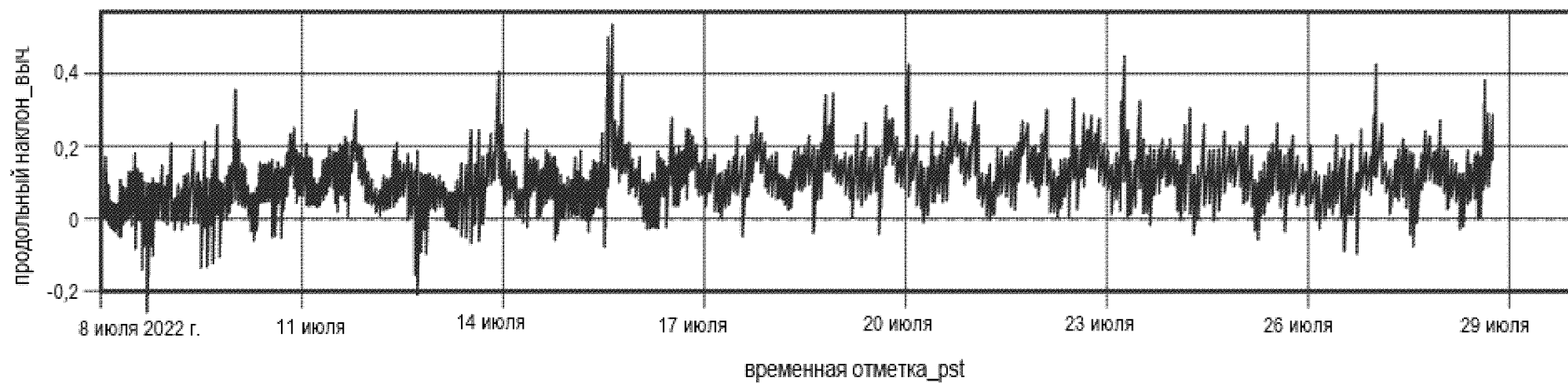
Фиг. 14В



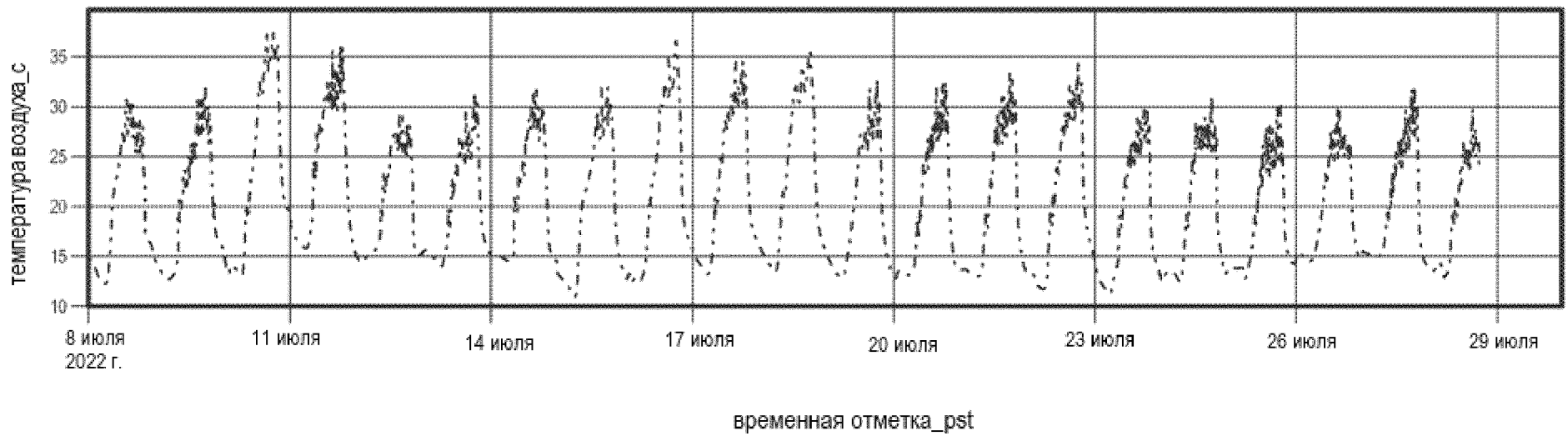
Фиг. 14С



Фиг. 15А



Фиг. 15В



Фиг. 15В (продолжение)