

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035479**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.06.23**

**(21)** Номер заявки  
**201800387**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2018.07.24**

**(51)** Int. Cl. **G01F 1/684** (2006.01)  
**A01G 7/06** (2006.01)  
**G01F 15/06** (2006.01)

---

**(54) БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА БИОДИАГНОСТИКИ КСИЛЕМНОГО ПОТОКА РАСТЕНИЙ**

---

**(31)** 2017143283

**(32)** 2017.12.11

**(33)** RU

**(43)** 2019.06.28

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
"СТАВРОПОЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ" (RU)**

**(72)** Изобретатель:  
**Федоренко Владимир Васильевич,  
Минаев Игорь Георгиевич,  
Самойленко Владимир Васильевич,  
Самойленко Ирина Владимировна,  
Ушкур Дмитрий Геннадьевич,  
Шмыткин Вадим Сергеевич,  
Марченко Артем Станиславович (RU)**

**(56)** MICHAEL J. CLEARWATER et al. An external heat pulse method for measurement of sap flow through fruit pedicels, leaf petioles and other small-diameter stems, Plant, Cell & Environment, 2009, vol. 32, pp. 1652-1663, реферат, фиг. 2  
RU-U1-49275  
RU-C2-2414704  
CN-A-106547261

**(57)** Изобретение относится к области систем и аппаратуры передачи данных и предназначена для неразрушающей биодиагностики ксилемного потока травянистых растений с использованием беспроводной передачи данных. Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемой беспроводной системы биодиагностики ксилемного потока растений, сводится к реализации возможности беспроводной передачи данных ксилемного потока контролируемых растений, а также возможности беспроводного контроля устройствами периферии. Технический результат достигается с помощью беспроводной системы биодиагностики ксилемного потока растений, содержащей датчик измерения ксилемного потока, закрепленный к стеблю растения и состоящий из нагревательного элемента и двух измерительных сенсоров, при этом измерительные сенсоры закреплены вертикально выше и ниже нагревательного элемента, при этом она дополнительно снабжена устройством хранения и обработки данных, устройством беспроводной передачи данных, сервером, периферийным устройством и блоком питания, при этом нагревательный элемент соединен своим информационным входом с информационным выходом устройства хранения и обработки данных, информационные выходы измерительных сенсоров соединены с информационными входами устройства хранения и обработки данных, вход и выход которого соединены с соответствующими выходами и входами устройства беспроводной передачи данных, при этом последнее соединено с сервером по беспроводному каналу связи, а устройство обработки и хранения данных своим управляющим выходом соединено с входом периферийного устройства, при этом входы питания устройства обработки и хранения данных и устройства беспроводной передачи данных соединены с соответствующими выходами блока питания.

**B1**

**035479**

**035479 B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области систем и аппаратуры передачи данных и предназначено для неразрушающей биодиагностики ксилемного потока травянистых растений с использованием беспроводной передачи данных.

### Уровень техники

Известны устройства для измерения сокодвижения в травянистых растениях и деревьях без необходимости эмпирической калибровки с использованием метода теплового баланса. Съёмное многоцветное устройство, работающее от нагревателя, прикреплённое к периферии стебля или ствола, множество датчиков температуры, встроенных в защитный кожух, и экранный щиток автоматически обрабатываются маленьким записывающим устройством с батарейкой, которое также периодически сохраняет в своей памяти данные скорости потока сока и накопленные данные с датчиков температуры [патент на изобретение №5269183 Соединённые Штаты Америки, МПК: G01F 1/68; G01F 15/18; G01N 33/483; (IPC1-7): G01F1/68 Apparatus for measuring sap flow (аппарат для измерения сокодвижения) / Van Bavel Cornelius H M, Van Bavel Michael G; заявитель и патентообладатель Bavel Cornelius H M Van, Bavel Michael G Van; заявл. 08.06.1991; опубл. 14.12.1993]

Недостатком данного устройства является его низкая энергоэффективность, обусловленная использованием батарейки, также устройство не реализует возможность беспроводной передачи данных.

Известны датчики, работающие на основе метода теплового баланса. Датчик состоит из нагревательного элемента, элемента восприятия теплового потока и детектора разности температур верхнего и нижнего потоков. Датчик нагревает стебель постоянно, измеряя разность температур, можно рассчитать движение жидкости в стебле. (Hirokazu Higuchi, Tetsuo Sakuratani, "The Sap Flow in the Peduncle of the Mango (*Mangifera indica* L.) Inflorescence as Measured by the Stem Balance Method" (Сокодвижение в плодоножке манго (*Mangifera indica* L), измеряемое методом теплового баланса), "Journal of the Japanese society for horticultural science", том № 74(2), 2005 г. с. 109-114., DOI: 10.2503/jjshs.74.109).

Недостатком таких устройств является невозможность беспроводной передачи данных.

Известны сенсоры, работающие на основе метода рассеяния тепла. Работа этих сенсоров основана на предположении, что тепло датчика в условиях устойчивого сокодвижения равно теплоотдаче (через конвекцию и проводимость) вдоль границы раздела между датчиком и деревом, когда датчик и дерево находятся в тепловом равновесии. Ежедневные колебания тепла, рассеиваемого от датчика, сравниваются с температурой не нагреваемого древесного сока и дерева. Чтобы измерить полученную и контрольную температуры, два зонда, вертикально выровненные, вставляются в ствол дерева. На основе ежедневного измерения разности температур можно вычислить плотность ксилемного потока. (Tyler W. Davis, Chen-Min Kuo, Xu Liang, Pao-Shan Yu, "Sap Flow Sensors: Construction, Quality Control and Comparison" (Датчики сокодвижения: конструкция, контроль качества, сравнение), журнал "Sensors", том №12(1), 2012 г. с. 954-971, DOI: 10.3390/s120100954).

Недостаток этого устройства заключается в том, что оно не обеспечивает неразрушающую диагностику растения, также данное устройство не предусматривает беспроводной передачи данных. Также данный датчик не подходит для измерения скорости сокодвижения у травянистых растений.

Известно устройство для измерения сокодвижения на основе метода теплового баланса, подходящее для растений с толстым стеблем. В соответствии с этим способом в стволе изготавливают два отверстия небольшого диаметра, предпочтительно один над другим, и в верхнее отверстие вводят нагревательный зонд, снабженный термопарой, и не нагревающий зонд вводится в нижнее отверстие. Сравнение температуры позволяет получить индекс потока К, который дает значение, которое связано с потоком и по закону типа  $K = A + \exp. B$ , где А и В - постоянные. [Патент на изобретение №4745805, Франция, МПК: G01N 25/18; G01N 33/46; (IPC1-7): G01F 1/68 "Process and device for the measurement of the flow of raw sap in the stem of a plant such as a tree" (Способ устройство для измерения сокодвижения в стволе растения, такого как дерево) / GRANDER ANDRE F, заявитель и патентообладатель Agronomique Inst Nat Rech; заявл. 30.05.1985; опубл. 24.05.1988].

Недостатком таких устройств является невозможность беспроводной передачи данных, также данный датчик не подходит для измерения сокодвижения у растений с диаметром стебля менее 40 мм и измерение этим датчиком подходит только для вычисления общего потока сока в растении при условии, что скорость сокодвижения в точке измерения уже известна.

Известно устройство для измерения скорости движения ксилемного потока в древесных растениях, которое включает измерительный блок и источник питания и отличается тем, что оно снабжено блоком датчиков температуры и импульсным линейным нагревателем, при этом датчики температуры выполнены в виде термопары медь-константан, включенной по дифференциальной схеме, а импульсный линейный нагреватель выполнен из манганиновой проволоки, при этом источник тока представляет собой конденсатор емкостью 800 мкФ. [Патент на полезную модель № 49275, Российская Федерация, МПК G01N 33/46, 2000.01, Устройство для измерения скорости движения ксилемного потока в древесных растениях / Химица Е.Г.; заявитель и патентообладатель Химица Екатерина Григорьевна; заявл. 27.06.2005; опубл. 10.11.2005; Бюл. № 31.].

Недостатком таких устройств является невозможность измерения растений с тонким стеблем, а

также отсутствие возможности беспроводной передачи данных.

Наиболее близким по технической сущности и принятым авторами за прототип является датчик, работающий на основе метода теплового импульса, закрепленный к стеблю растения и состоящий из нагревательного элемента и двух измерительных сенсоров, при этом измерительные сенсоры закреплены вертикально выше и ниже нагревательного элемента (Michael J. Clearwater, Zhiwei Luo, Mariarosaria Mazzeo, Bartolomeo Dichio, "An external heat pulse method for measurement of sap flow through fruit pedicels, leaf petioles and other small-diameter stems" (Метод внешнего теплового импульса для измерения сокодвижения в плодовых цветоножках, листовых черешках и других мелких стеблях), журнал "Plant cell and environment", том №32(12), 2009 г., с. 1652-1663, DOI: 10.1111/j.1365-3040.2009.02026.x).

Недостатком данного устройства является отсутствие реализации функции беспроводной передачи данных.

#### **Раскрытие изобретения**

Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемой беспроводной системы биодиагностики ксилемного потока растений, сводится к реализации возможности беспроводной передачи данных ксилемного потока контролируемых растений, а также возможности беспроводного контроля устройствами периферии.

Технический результат достигается с помощью беспроводной системы биодиагностики ксилемного потока растений, содержащей датчик измерения ксилемного потока, закрепленный к стеблю растения и состоящий из нагревательного элемента и двух измерительных сенсоров, при этом измерительные сенсоры закреплены вертикально выше и ниже нагревательного элемента, при этом система дополнительно снабжена устройством хранения и обработки данных, устройством беспроводной передачи данных, сервером, периферийным устройством и блоком питания, при этом нагревательный элемент соединен своим информационным входом с информационным выходом устройства хранения и обработки данных, информационные выходы измерительных сенсоров соединены с информационными входами устройства хранения и обработки данных, вход и выход которого соединены с соответствующими выходами и входами устройства беспроводной передачи данных, при этом последнее соединено с сервером по беспроводному каналу связи, а устройство обработки и хранения данных своим управляющим выходом соединено с входом периферийного устройства, при этом входы питания устройства обработки и хранения данных и устройства беспроводной передачи данных соединены с соответствующими выходами блока питания.

#### **Краткое описание чертежей**

На фигуре дана беспроводная система биодиагностики ксилемного потока растений, структурная схема.

#### **Осуществление изобретения**

Беспроводная система биодиагностики ксилемного потока растений состоит из датчика измерения ксилемного потока (на фиг. не обозначен), содержащего нагревательный элемент 1 (см. фиг.), измерительного сенсора 2 и измерительного сенсора 3, также система имеет в своём составе устройство хранения и обработки данных 4, устройство беспроводной передачи данных 5, сервер 6, периферийное устройство 7, блок питания 8, при этом информационный вход (на фиг. не обозначен) нагревательного элемента 1 электрически соединен с информационным выходом (на фиг. не обозначен) устройства обработки и хранения данных 4, а информационные выходы (на фиг. не обозначены) измерительных сенсоров 2 и 3 электрически соединены с информационными входами (на фиг. не обозначены) устройства обработки и хранения данных 4. Информационный вход (на фиг. не обозначен) устройства обработки и хранения данных 4 электрически соединен с информационным выходом (на фиг. не обозначен) устройства беспроводной передачи данных 5, а выход (на фиг. не обозначен) устройства обработки и хранения данных 4 электрически соединен с информационным входом (на фиг. не обозначены) устройства беспроводной передачи данных 5. Устройство беспроводной передачи данных 5 соединено по беспроводному каналу связи с сервером 6. Информационный вход (на фиг. обозначен) периферийного устройства 7 электрически подключен к управляющему выходу (на фиг. не обозначен) устройства обработки и хранения данных 4.

Выходы блока питания 8 электрически соединены с входом питания (на фиг. не обозначен) устройства обработки и хранения данных 4 и входом питания (на фиг. не обозначен) устройства беспроводной передачи данных 5.

Нагреватель 1 и измерительные сенсоры 2 и 3 размещают вертикально в стебле растения (на фиг. не показан) при этом измерительные сенсоры 2 и 3 находятся выше и ниже нагревателя 1.

Беспроводная система биодиагностики ксилемного потока растений работает следующим образом.

Устройство обработки и хранения данных 4 подает управляющий сигнал на информационный вход нагревательного элемента 1. Нагревательный элемент 1 передает тепловой импульс на ксилему растения (на фиг. не показана), а встроенные измерительные сенсоры 2 и 3 детектируют изменение температуры в точках крепления измерительных сенсоров 2 и 3. Результаты измерения через информационные выходы измерительных сенсоров 2 и 3 поступают на информационные входы устройства обработки и хранения данных 4, пересчитываются в скорость ксилемного потока и откладываются в энергонезависимую па-

мать (на фиг не показана). Вышеописанные измерения производятся циклично согласно установленной в устройстве обработки и хранения данных 4 уставке (к примеру 1 раз в час). Запрос с сервера 6 через беспроводной канал связи поступает на устройство беспроводной передачи данных 5, которое передает запрос в устройство обработки и хранения данных 4. Устройство обработки и хранения данных 4 через свой информационный выход отправляет пакет данных, состоящий из результатов измерений скорости ксилемного потока растений, отложенных в энергонезависимой памяти, на информационный вход устройства беспроводной передачи данных 5. После отправки пакета данных данные из энергонезависимой памяти стираются. Устройство беспроводной передачи данных 5 направляет вышеуказанный пакет данных серверу 6 по беспроводному каналу связи. Сервер 6 анализирует полученные данные и направляет запрос на регулирующее воздействие на устройство беспроводной передачи данных 5, которое передает его устройству обработки и хранения данных 4. Устройство обработки и хранения данных 4 подает информационный сигнал через управляющий выход на информационный вход периферийного устройства 7. Периферийное устройство 7 вносит изменение параметра микроклимата растения (в частности, количество жидкости передаваемой на полив). Блок питания 8 производит электропитание устройства обработки и хранения данных 4.

Был собран действующий образец беспроводной системы биодиагностики ксилемного потока растений, измеряемого методом теплового баланса. Датчик измерения ксилемного потока, состоящий из нагревательного элемента 1 и измерительных сенсоров 2 и 3, расположенных вертикально выше и ниже нагревательного элемента 1 и выполненных в виде двух медь-константановых (ТМКн - Тип Т) термопар, устанавливается в стебель растения. Этот датчик управляется устройством обработки и хранения данных 4, в качестве которого используется микропроцессорная плата Arduino Uno. Плата управляет датчиком измерения ксилемного потока, формируя временные промежутки создания тепловых импульсов нагревательным элементом 1, и затем записывает полученные данные с измерительных сенсоров 2 и 3, измерения производятся согласно уставке (например 1 ч). Arduino Uno электрически соединена с устройством беспроводной передачи данных, в качестве которого использовался модуль XBee. Полученные данные с измерительных сенсоров 2 и 3 передаются через модуль XBee на сервер 6 (персональный компьютер) по технологии ретранслируемой ближней радиосвязи 802.15.4/ZigBee, основанной на стандарте IEEE 802.15.4-2006. На сервере 6 с помощью специального программного обеспечения, а именно приложения MoteView, данные, полученные удаленно, обрабатываются и анализируются. Исходя из полученных данных на сервере 6 формируется обратный сигнал, который передается на Arduino Uno через модуль XBee. Этот сигнал необходим для инициализации управления периферийным устройством 7, в качестве которого используется устройство полива растения. Блок модулей (на фиг. не обозначен), состоящий из устройства обработки и хранения данных 4, устройства беспроводной передачи данных 5 и периферийного устройства 7, питается от блока питания 8, в качестве которого используется батарейка алкалиновая GP Batteries "Super Alkaline", тип крона, 9V. Устройство обработки и хранения данных 4 и устройство беспроводной передачи данных 5 имеют высокую энергоэффективность за счет низкого энергопотребления.

Предлагаемая беспроводная система биодиагностики ксилемного потока растений по сравнению с прототипом и другими известными техническими решениями имеет следующие преимущества: возможность беспроводной передачи данных; а также возможность беспроводного контроля устройствами периферии.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Беспроводная система биодиагностики ксилемного потока растений, содержащая датчик измерения ксилемного потока, закрепленный к стеблю растения и состоящий из нагревательного элемента и двух измерительных сенсоров, при этом измерительные сенсоры закреплены вертикально выше и ниже нагревательного элемента, отличающаяся тем, что она дополнительно снабжена устройством хранения и обработки данных, устройством беспроводной передачи данных, сервером, периферийным устройством и блоком питания, при этом нагревательный элемент соединен своим информационным входом с информационным выходом устройства хранения и обработки данных, информационные выходы измерительных сенсоров соединены с информационными входами устройства хранения и обработки данных, вход и выход которого соединены с соответствующими выходами и входами устройства беспроводной передачи данных, при этом последнее соединено с сервером по беспроводному каналу связи, а устройство обработки и хранения данных своим управляющим выходом соединено с входом периферийного устройства, при этом входы питания устройства обработки и хранения данных и устройства беспроводной передачи данных соединены с соответствующими выходами блока питания.

