

**УДК 634.1-13**

**ДАТЧИКИ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО СПОСОБА ОБНАРУЖЕНИЯ  
ШТАМБА ДЕРЕВА В САДУ**

**Андрей Александрович Земляной**

кандидат технических наук, старший преподаватель

1zemlyanoy1@mail.ru

**Борис Сергеевич Мишин**

кандидат технических наук, доцент

boris.sergeewitch@yandex.ru

**Артем Евгеньевич Морозов**

студент

tmych.morozov@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются современные датчики, которые могут быть использованы для бесконтактного обнаружения штамба дерева в саду. Для условий интенсивного сада наиболее применимы оптические и акустические способы обнаружения штамбов. Предложены для исследования лазерные и ультразвуковые датчики, приведены принципы работы и их технические характеристики. Рассмотрена схема экспериментального стенда для исследования датчиков.

**Ключевые слова:** бесконтактный способ обнаружения, штамп, интенсивный сад, дальномеры.

В современном садоводстве наибольшее применение находят интенсивные технологии возделывания плодов. Эти технологии характеризуются высокими урожаями в сравнении с традиционными технологиями и более стабильным качеством конечной продукции.

В подавляющем большинстве закладываются сады только на слаборослых подвоях. Такие сады характеризуются поверхностным и компактным размещением корневой системы. Между рядами засевают многолетними травами, а приствольные полосы содержат под черным паром. Трава в междурядьях периодически скашивается и остается в виде мульчи.

Почву обрабатывают для удаления сорной растительности, произрастающей в приствольных полосах плодовых насаждений. Для этого возможно применение различных методов [1-3]. Основу мер борьбы с сорняками в современном садоводстве составляют агротехнические методы и в первую очередь обработка почвы, т.е. механический способ [4-6]. Рациональная и современная обработка почвы на 50-60% снижают засоренность садов.

Одной из наиболее сложных задач в системе обработки приствольных полос, является обработка зоны приствольного круга, поскольку при выполнении технологического процесса должна быть решена задача безопасного, для штамба обрабатываемого дерева, контакта с рабочим органом. По принципу обеспечения обхода штамба, применяемые технические средства можно разделить на две основные группы: без вывода рабочего органа из приствольной полосы; с принудительным вводом-выводом рабочего органа при подходе к штамбу дерева. Как правило, и в первом и втором случае для обхода необходим механический контакт для «обнаружения» штамба. Обнаружение штамба осуществляется за счет реакции растения на рабочий орган либо на специальный защитный элемент или сигнальный щуп. Далее производится обход штамба путем ввода-вывода или проворачивания рамы с рабочим органом вокруг оси.

Недостатком подобных технических средств является возможность травмирования штамба дерева при контакте с выдвигной секцией или

сигнальным щупом в случае возникновения больших усилий со стороны рабочего органа.

Для исключения травмирования за счет реакции растения на рабочий орган предлагается бесконтактный (дистанционный) способ обнаружения штамба. В качестве датчиков, по сигналам которых можно обнаружить штаб, используются лазерные и ультразвуковые дальномеры.

В качестве базового принципа используемого нами лазерного дальномера используется технология LiDAR - измерение расстояний путем излучения света и замера времени возвращения этого отражённого света на приёмник.

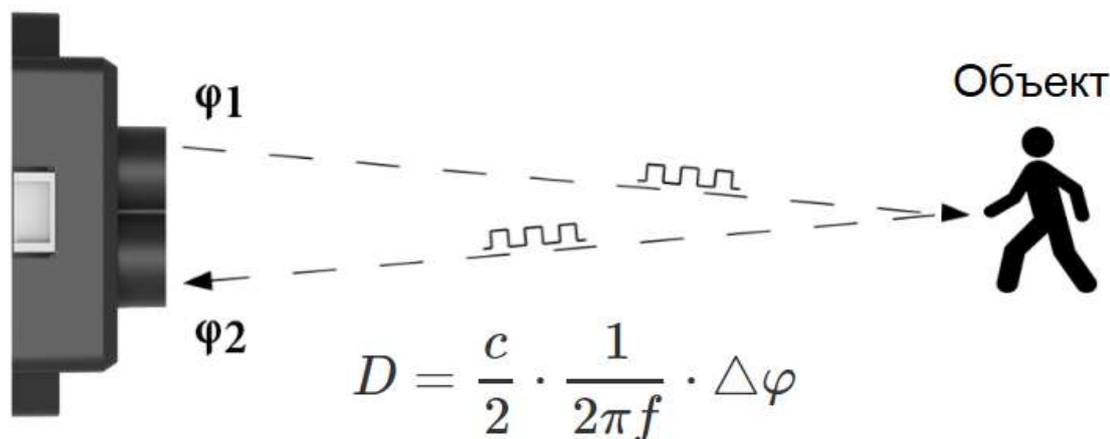
Современная электронная промышленность предлагает готовые решения для измерения расстояния до объектов в условиях повышенной освещенности. В качестве датчика планируется исследовать лазерный дальномер TFmini Plus Benewake [7]. На рисунке 1 приведен вид такого датчика.



*Рисунок 1 – Лазерный дальномер TFmini Plus Benewake*

Работа датчика основана на принципе Time of Flight (ToF) – времяпролетная технология. ToF - это высокоточная дистанционная картография и технология 3D-визуализации. Датчики, работающие по технологии Time-of-Flight периодически излучают короткий инфракрасный световой сигнал, который будет отражаться от объекта. Измерительный модуль получает время пролета светового сигнала путем измерения разности фаз, а затем вычисляет относительную дальность. Принцип работы наглядно показан на рисунке 2. В таблице 1 приведены основные характеристики дальномера TFmini Plus Benewake.

На дальность измерения расстояния может влиять интенсивность освещения окружающей среды и отражательная способность объекта обнаружения. Максимальное значение освещенности, при котором датчик может работать составляет около 70000 Лк. Как показано на рисунке 3, у датчика имеется 3 диапазона расстояний, в которых он имеет отличающиеся характеристики. Диапазон расстояний 1 представляет слепую зону обнаружения TFmini Plus. В пределах от 0 до 10 см датчик может выдавать ошибочные данные.



D — измеренное расстояние; c — скорость света в оптической среде; f — частота сканирующих импульсов; Δφ — фазовый сдвиг

Рисунок 2 – Принцип работы лазерного дальномера с технологией Time of Flight

Таблица 1

Основные характеристики дальномера TFmini Plus Benewake

Рабочий диапазон, м	0,1-12
Точность, см	±5 (0,1-6м)
	±1 (1-12м)
Единицы измерения	см
Разрешение диапазона, см	1
FOV (угол обзора), °	3,6
Напряжение питания, В	5
Номинальный ток, мА	<110
Максимальный ток, мА	140
Средняя мощность, мВт	550
Напряжение логических уровней, В	3,3

Диапазон расстояний 2 – от 0,1 до 4 м - представляет рабочий диапазон TFmini Plus, обнаруживающий черный объект с коэффициентом отражения

10%. Диапазон расстояний 3 – от 0,1 до 12 м - представляет рабочий диапазон TFmini Plus для обнаружения белых целей с коэффициентом отражения 90%.

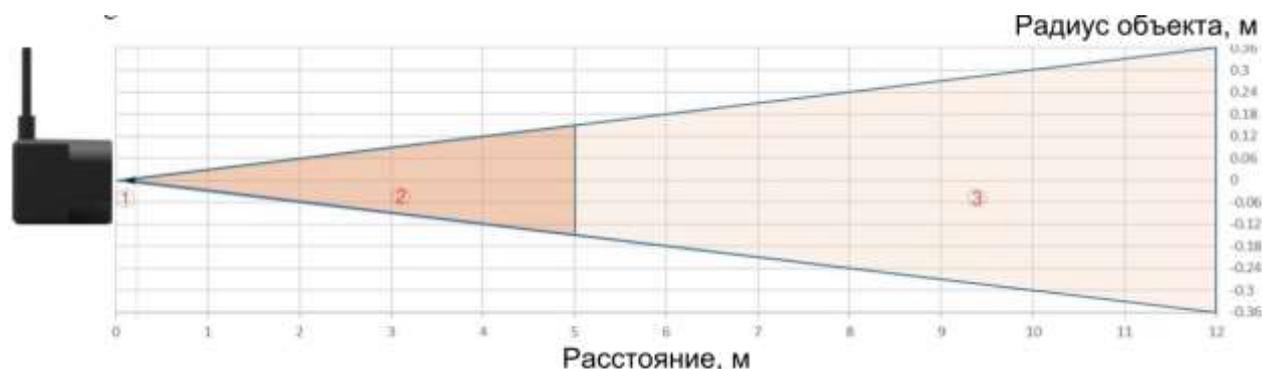


Рисунок 3 – Диапазоны измерения расстояния

Вертикальные координаты представляют радиус светового пятна для TFmini Plus на разных расстояниях. Диаметр светового пятна зависит от значения между углом приема и углом передачи. Если световое пятно достигает двух объектов с разным расстоянием, как показано на рисунке 4, значение выходного расстояния будет значением между фактическими значениями расстояния между двумя объектами. Для требований высокой точности на практике следует учитывать описанную выше ситуацию, чтобы избежать ошибки измерения.

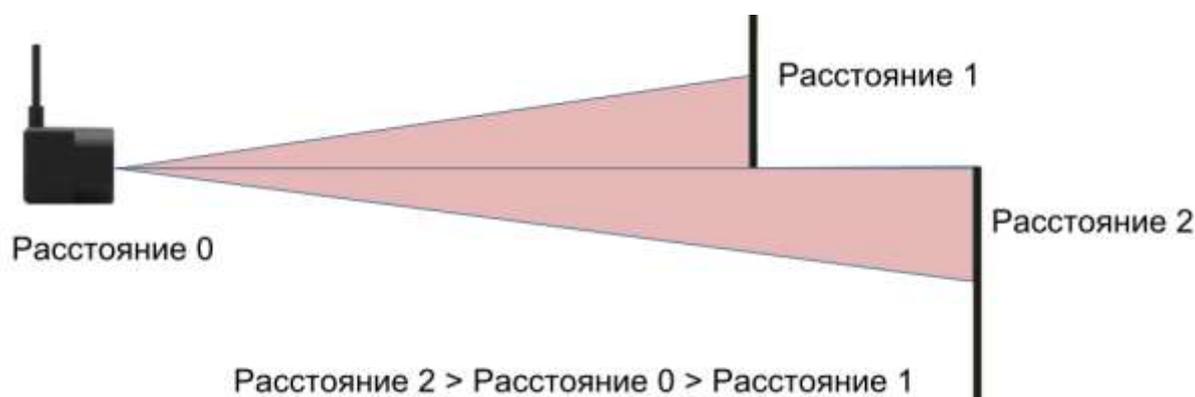


Рисунок 4 – Ситуация достижения светового сигнала двух объектов сразу

В качестве ультразвукового дальномера мы используем датчик DFRobot URM37. URM37 (рис.5) — это мощный ультразвуковой датчик [8] со встроенной температурной компенсацией, обеспечивающий точное измерение расстояния в условиях с изменяющейся температурой. Он имеет богатый интерфейс и предлагает различные выходные данные: аналоговый выход,

переключатель, последовательный (опционально уровень TTL и RS232), PWM. В таблице 2 приведены основные характеристики датчика. Принцип измерения расстояния с помощью ультразвукового датчика основан на эффекте эхо (рис.6). Когда звуковая волна излучается в окружающее пространство то, если она встречает на своем пути препятствие, она отражается от него и возвращается обратно к источнику в виде эхо. Все, что нужно сделать в этом случае, это определить время, за которое звуковая волна достигнет препятствия и вернется обратно. Поскольку скорость звука нам известна, то после небольших вычислений мы сможем на основе этого измеренного времени определить расстояние до препятствия.



Рисунок 5 – Ультразвуковой дальномер DFRobot URM37

Таблица 2

Основные характеристики дальномера DFRobot URM37

Рабочий диапазон, см	2-800
Точность, %	1
Разрешение диапазона, см	1
FOV (угол обзора), °	15
Напряжение питания, В	3,3 - 5,5
Номинальный ток, мА	20
Напряжение логических уровней, В	3,3 - 5,5
Период измерения, мс	<100 мс

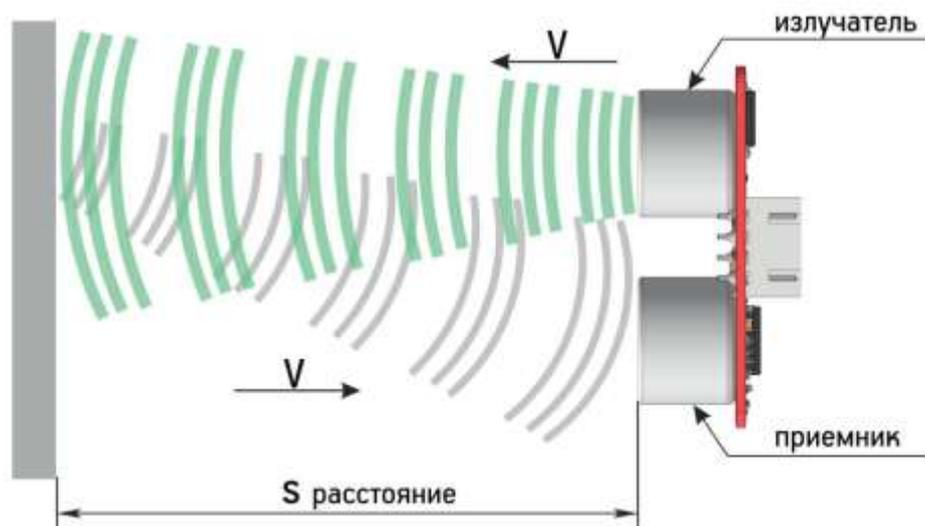
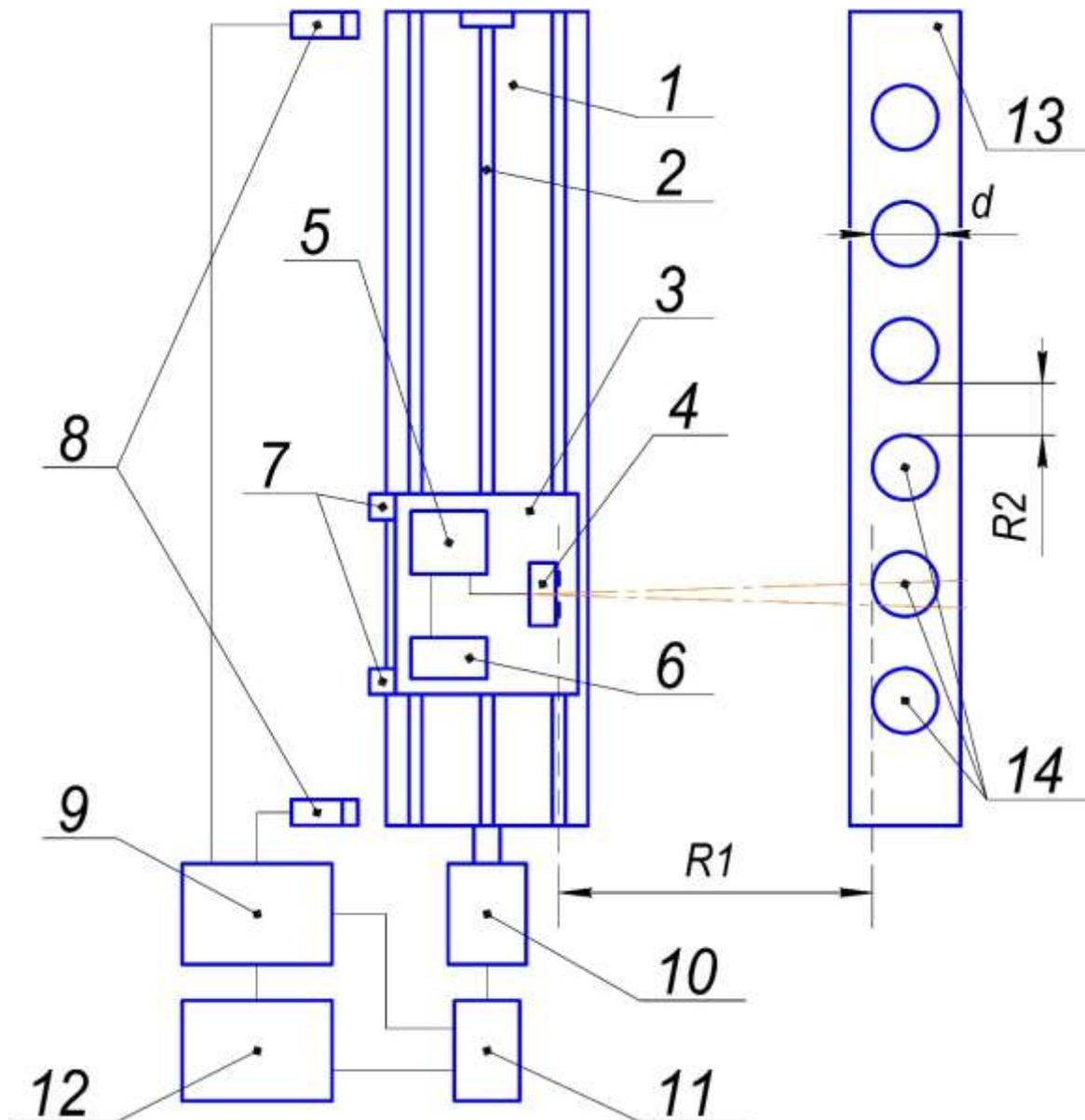


Рисунок 6 – Принцип работы дальномера DFRobot URM37

Для исследования датчиков в составе устройства для обнаружения штамба дерева разрабатывается стенд. Основная цель стенда это определение возможностей датчиков по обнаружению и расчету расстояния до штамбов деревьев при различных скоростных режимах транспортного средства. Также необходимо сделать выводы на основании исследования по минимально возможному диаметру штамбов деревьев, которые способны будут зафиксировать датчики при максимальной скорости движения в условиях сильной освещенности и «засоренности» (приближенной к реальным условиям интенсивного сада).

Структура стенда приведена на рисунке 7. Стенд состоит из неподвижной опоры 1, на которой располагается винтовая передача 2. На подвижной опоре 3, которая может перемещаться, расположены исследуемый дальномер 4, блок управления дальномером 5 и аккумулятор 6. По краям подвижной опоры 3 расположены две металлические метки 7, которые необходимы для срабатывания концевых датчиков 8. Каждый концевой датчик отвечает за выработку сигнала остановки в конечном положении. За линейное перемещение отвечает электродвигатель 10 и драйвер электродвигателя 11. Блок управления электроприводом винтовой передачи 9 имеет интерфейс взаимодействия с ПК, на котором непосредственно производится установка всех параметров работы стенда. Аккумулятор 12 предназначен для питания электропривода винтовой передачи. На площадке 13, устанавливаются макеты

штамбов деревьев 14 различных диаметров  $d$ . В стенде предусмотрена возможность регулировки расстояний  $R1$ , т.е. от датчика 4 до штамба 14, а также  $R2$  – расстояние между двумя соседними штамбами 14.



1 – неподвижная опора, 2 – винтовая передача, 3 – подвижная опора, 4 – дальномер, 5 – блок управления дальномером, 6 – аккумулятор для блок управления дальномером, 7 – металлические метки, 8 – концевые датчики, 9 – блок управления электроприводом винтовой передачи, 10 – электродвигатель, 11 – драйвер электродвигателя, 12 – аккумулятор для электропривода винтовой передачи, 13 – площадка для макетов штамбов, 14 - штамбы

Рисунок 7 – Структура стенда для исследованию датчиков обнаружения штамба дерева

### Список литературы:

1. Сухоцкий М.И. Применение гербицидов в садоводстве // Современное садоводство. 2015. №2. С. 123-125
2. Новоселов Н.А. Экологически безопасные методы борьбы с сорняками // Земледелие. 1989. №12. С. 24-27.
3. Особенности биологического способа борьбы с сорной растительностью в приствольной зоне облепихи / С.Н. Хабаров, А.А. Канарский, Т.М. Нелюбова, А.В. Шишкин// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. №6. С.28-33.
4. Балкаров Р.А. Ресурсосберегающие технологии и средства механизации механизированного ухода за плодовыми деревьями на террасированных склонах // Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. М. 2004. 36 с.
5. Анализ способов и технических средств для обработки приствольных полос в садах / Белоусов С.В., Бойко А.А., Бабенко О.С., Харченко А.А., Пасечников А.Д.// Сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. "Инновационные технологии в науке и образовании" ("ИТНО-2019"), посвящ. 90-летию ДГТУ (РИСХМ), Дон. гос. техн. ун-т. Ростов-на-Дону. 2019. С. 308-312
6. Кузнецов Г.Я. Механизация обработки почвы многолетних насаждений [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016. № 39 .С. 68-76. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/16/03/07.pdf>. (дата обращения: 29.03.2023)
7. TFmini-S 12m cost-effective distance sensor [Электронный ресурс] . URL:<http://en.benewake.com/product/detail/5c345e26e5b3a844c472329c.html> (дата обращения: 29.03.2023)
8. URM37 Ultrasonic Sensor [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dfrobot.com/product-53.html> (дата обращения: 29.03.2023).

**UDC 634.1-13**

**SENSORS FOR A NON-CONTACT METHOD OF DETECTING A  
TREE TRUNK IN A GARDEN**

**Andrey A. Zemlyanoi**

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

1zemlyanoy1@mail.ru

**Boris S. Mishin**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

boris.sergeewitch@yandex.ru

**Artem E. Morozov**

student

tmych.morozov@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** This article discusses modern sensors that can be used for contactless detection of a tree trunk in a garden. For intensive garden conditions, optical and acoustic methods of detecting strains are most applicable. Laser and ultrasonic sensors are proposed for research, the principles of operation and their technical characteristics are given. The scheme of an experimental stand for the study of sensors is considered.

**Keywords:** contactless detection method, strain, intensive garden, rangefinders.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023. The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.