

Научная статья
УДК 630.52:587/588

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ СТВОЛА ДЕРЕВА ПОСРЕДСТВОМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН

Илья Иванович Трофимов¹, Сергей Петрович Санников²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ ilyatrof1110@gmail.com

² ssp-2@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема автоматизации измерения высоты растущего дерева для лесной промышленности РФ. В статье приведено исследование концепции измерения высоты растущего дерева на основе ультразвуковых волн.

Ключевые слова: измерение высоты растущего дерева, автоматизация измерения высоты дерева, измерение высоты дерева, измерение высоты с помощью ультразвука

Scientific article

AUTOMATION OF THE MEASUREMENT OF THE HEIGHT OF A TREE TRUNK BY USING ULTRASONIC WAVES

Ilya I. Trofimov¹, Sergey P. Sannikov²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ ilyatrof1110@gmail.com

² ssp-2@mail.ru

Abstract. The problem of automation of measuring the height of a growing tree for the timber industry of the Russian Federation is considered. The article presents a study of the concept of measuring the height of a growing tree based on ultrasonic waves.

Keywords: growing tree height measurement, tree height measurement automation, tree height measurement, height measurement with ultrasound

В современном лесозаготовительном и лесовосстановительном производствах появляется необходимость в быстром и точном измерении параметров растущего дерева [1]. Особенно такого параметра, как высота дерева. Осложняется измерение высоты моральным и техническим устареванием технологий и приборов, используемых в данном процессе.

Предлагаемая концепция основана на распространении ультразвука вдоль волокон, а, следовательно, и вдоль всего ствола дерева. Измерение на основе данного принципа включает следующие вопросы:

- 1) расчет распространения ультразвука в древесном волокне;
- 2) выбор места установки ультразвукового излучателя;
- 3) получение данных и их преобразование в необходимую нам информацию.

Результатом измерения могут служить два параметра: время прохождения ультразвуковой волны до вершины дерева и обратно и ослабление амплитуды полученной волны [2].

Концепция, рассмотренная в данной статье, использует способ измерения и анализа времени прохождения ультразвуковой волны, поскольку измерение данного параметра упрощает вычисление высоты, а также облегчает реализацию измерительного прибора. Факторы, влияющие на распространение волны: температура, влажность дерева и плотность.

Поскольку эти параметры взаимосвязаны, корректировку можно производить по влажности или температуре. Плотность можно принять за табличный показатель. Дополнительный параметр, который необходимо будет учесть во время расчета, – это возраст дерева, так как он может влиять на скорость ультразвука.

Так, для деревьев в возрасте 12–20 лет скорость ультразвука составила 2251 м/с, для деревьев в возрасте 100–150 м/с отмечалась наименьшая скорость ультразвука 500 м/с [3].

Скорость распространения ультразвука в материале определяется известным выражением

$$v = \frac{2H}{t},$$

где H – высота дерева, м;

t – время распространения ультразвука в дереве, с.

В силу неидеальной структуры ствола дерева возникают фазовая и групповая скорости распространения ультразвуковой волны за счет множественного рассеивания энергии на разделах участков с разной плотностью древесины. Скорость распространения фиксированной фазы колебания описывается выражением

$$\varphi = \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) = \text{const},$$

при $\varphi = 0$:

$$\omega \left(dt - \frac{dx}{v} \right) = 0,$$

отсюда следует, что фазовая скорость равна

$$v = \frac{dx}{dt},$$

где φ – угол фазы, то есть угол смещения между исходным и принимаемым сигналами;

x – расстояние между измерениями;

t – время;

ω – угловая скорость (частота).

При выборе места установки ультразвукового излучателя необходимо учитывать особенности распространения ультразвука в древесном волокне. Варианты установки излучателя показаны на рис. 1.

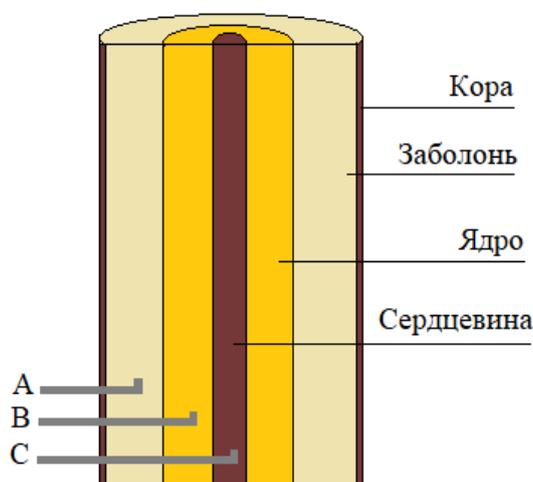


Рис. 1. Варианты установки излучателя (А, В, С)

Излучатель можно установить в сердцевинной (С), ядровой (В) и заболоневой (А) областях дерева.

Самая высокая скорость распространения ультразвуковой волны в плотной и влажной заболони, что обеспечивается достаточным содержанием влаги и сформировавшимися плотными волокнами.

В ядровой части скорость ультразвука значительно снижается ввиду малой плотности данного участка. Использование данного участка потребует большей мощности измерительного устройства.

Сердцевина дерева не так насыщена влагой, но преимуществом использования данного слоя является то, что он меняется не так стремительно, как слои заболони и ядра. Использование данного участка будет оправданным при диаметре ствола более 60 мм.

Слой камбия не пригоден для использования ввиду малой толщины участка, однако данный слой отлично подойдет как отражатель для ультразвуковой волны.

Установка излучателя потребует отверстия в стволе. Устанавливать излучатель лучше всего в пеньковой части, чтобы он не создавал помех при спиливании. Необходимо также принять во внимание тот факт, что скорость распространения ультразвуковых волн различается в разных направлениях дерева [4]. Так, наиболее оптимальным местом для установки излучателя будет северо-западная сторона ствола дерева.

Принцип установки устройства и его функционирования показан на рис. 2.

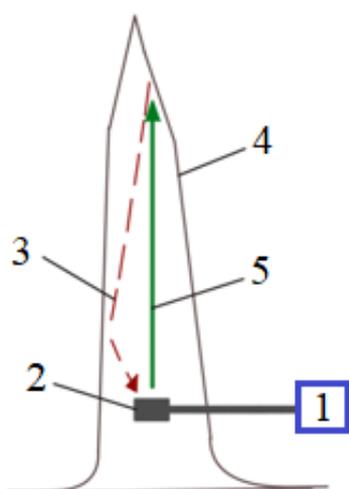


Рис. 2. Схема распространения ультразвука в дереве:
 1 – первичный измерительный преобразователь; 2 – ультразвуковой излучатель;
 3 – принимаемая волна; 4 – дерево; 5 – излучаемая звуковая волна

Получив отраженную волну, приемщик ультразвукового сигнала передаст сигнал в вычислитель (микроконтроллер). Там результаты измерения будут обработаны и использованы в вычислении высоты дерева.

Структурная схема устройства для измерения высоты дерева посредством ультразвука представлена на рис. 3.

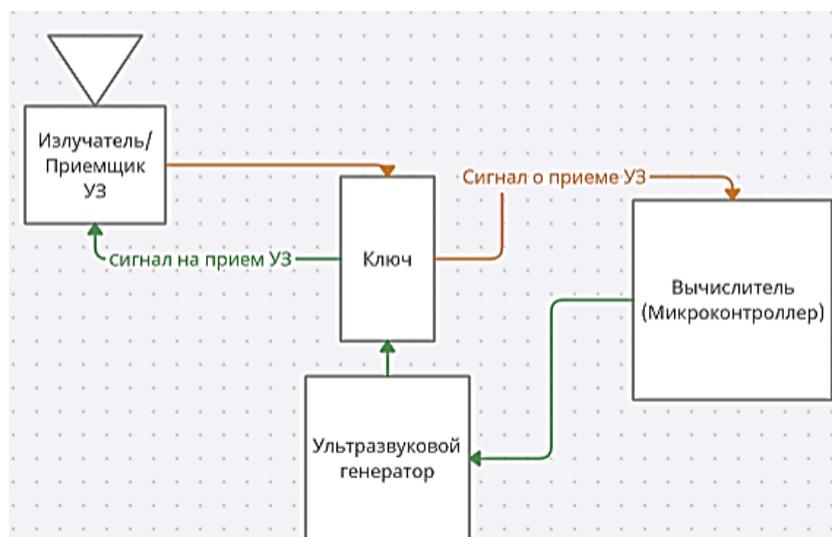


Рис. 3. Структурная схема устройства для измерения высоты дерева УЗ-Ультразвук

В работе предложен автоматизированный способ измерения высоты ствола дерева посредством ультразвуковых волн. Разработана структурная схема для конструирования измерительного устройства.

Список источников

1. Побединский, В. В. Система информационного обеспечения базы данных лесоуправления / В. В. Побединский, А. В. Мехренцев, С. П. Санников // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : материалы XI Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. – С. 77–81.

2. Кучин, Д. В. Измерение высоты растущего дерева / Д. В. Кучин, С. П. Санников // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». – Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. – С. 163–166.

3. Мельничук, И. А. Диагностика внутреннего состояния деревьев *Tilia cordata* Mill. с использованием комплекса аппаратуры акустической ультразвуковой томографии «Арботом®» / И. А. Мельничук, М. Й. С. Йассин, О. А. Черданцева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2012. – № S5. – С. 25–32. – EDN RCACAN.

4. Ефимов, А. А. Изменение скорости ультразвука по радиусу ствола / А. А. Ефимов // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 8. – С. 23–26. – EDN KWKL BZ.