

Научная статья
УДК 630.52:587/588

РАЗРАБОТКА МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВЫСОТЫ ДЕРЕВА

Илья Рамзилович Саляхов¹, Сергей Петрович Санников²

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

¹ transformer157@mail.ru

² ssp-2@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы проблем измерения высоты растущего дерева. Сделан анализ существующих возможностей по применению ультразвуковой волны (УЗВ). Предложен способ получать информацию о состоянии растущего дерева по скорости распространения УЗВ – о возрасте, спелости, высоте ствола дерева и пр.

Ключевые слова: ультразвук, измерение высоты дерева, скорость распространения акустической волны, магнитострикционный преобразователь

Original article

DEVELOPMENT OF A MAGNETOSTRICTIVE TREE HEIGHT CONVERTER

Ilya R. Salyakhov¹, Sergey P. Sannikov²

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

¹ transformer157@mail.ru

² ssp-2@mail.ru

Abstract. The problems of measuring the height of a growing tree are considered. The analysis of the existing possibilities for the use of ultrasonic waves (ultrasound) is made. A method is proposed to obtain information about the state of a growing tree by the rate of propagation of ultrasound – about the age, ripeness, height of the tree trunk, etc.

Keywords: ultrasound, tree height measurement, acoustic wave propagation velocity, magnetostrictive transducer

Концепция использования ультразвука для определения параметров ствола дерева изложена в работе [1]. В ней сделан анализ возможностей

ультразвука для исследования свойств древесины и предложена структурная схема ультразвукового излучателя на основе магнитострикционного преобразователя. Пьезоэлектрические и другие виды ультразвуковых преобразователей не годятся для разработки устройства достаточной мощности.

Ультразвук при измерении высоты дерева необходимо направить вдоль ствола к вершине на высоту, хотя бы на 20–25 м. Для этого необходим акустический импульс достаточной мощности. Древесина, из которой состоит ствол дерева, способна резонировать, т. к. она обладает определенной упругостью, вдоль волокон и поперек их. Это указывает, что древесина обладает определенными акустическими свойствами, т. е. распространяет волны под воздействием внешних механических колебаний. Физические свойства некоторых пород древесины представлены в табл. ниже [2].

Физические свойства некоторых пород древесины [2]

Порода дерева	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа		Скорость ультразвука* в дереве (//; \perp – вдоль и поперек волокон)		Отношение скоростей $C_{//} / C_{\perp}$
		$E_{//}$	E_{\perp}	$C_{//}$, м/с	C_{\perp} , м/с	
Ель	0,47–483	11 000	550	4 790	1 072	4,47
Сосна	0,52	12 000	460	4 760	932	5,11
Пихта	0,45	11 000	490	4 890	1 033	4,73
Береза	0,63	1 600	500	5 190	1 050	4,94

*Примечание. Значения скорости ультразвука в древесине зависят от ее плотности, породы и направления относительно волокон (// – вдоль волокон; \perp – поперек волокон) [2].

Анализ исследования показал, что скорость (от 4 до 5) распространения механических ультразвуковых колебаний вдоль волокон выше, чем поперек волокон. Из этого можно сделать вывод, что если направить механические колебания вдоль волокон, они будут распространяться внутри одного слоя. Часть энергии перейдет на соседний слой с некоторой задержкой и потерей. По этой причине, зная тестируемые или из справочника скорости распространения ультразвука, внутри ствола дерева можно сконструировать измеритель высоты ствола.

Целью работы является разработка измерительного устройства для определения высоты дерева с помощью ультразвука в лесу.

Из цели вытекают следующие задачи. Первая задача состоит в том, что устройство должно допустить малейшие потери для меньшей погрешности, а вторая задача заключается в том, что для достижения поставленной цели необходим мощный источник ультразвуковых волн (УЗВ) колебаний, поэтому третья задача вытекает из первых двух, т. е. нужно разработать магнитострикционный излучатель.

Из анализа существующих источников УЗ колебаний исключили пьезоэлектрические конструкции. Излучатель на основе пьезоэлектриков не обеспечит достаточную мощность и амплитуду колебаний (это проверено предварительными расчетами). Гидравлические УЗ излучатели обладают достаточной мощностью, но при этом теряется мобильность из-за массы и потребности компрессора или гидронасоса. Остановились на магнито-стрикционной конструкции.

Магнито-стрикционный преобразователь (генератор) излучения электро-механических колебаний содержит сердечник, который способен совершать продольные колебания посредством воздействия на него энергии магнитного поля. Эффект магнито-стрикции обратим, поэтому на основе этого принципа возможно сконструировать измерительный преобразователь.

Принцип работы конструкции магнито-стрикционного излучателя и приемника показан на рис. 1.

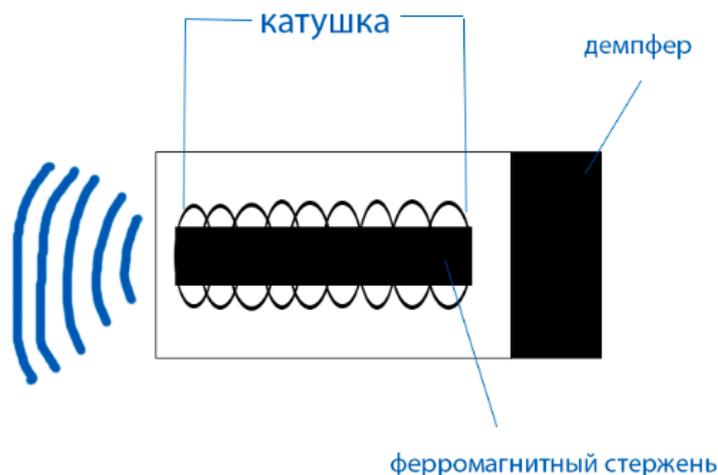


Рис. 1. Структурная схема магнито-стрикционного излучателя (приемника)

При воздействии электрического импульса на катушку ферромагнитный стержень начнет совершать продольные колебания, передавая катушку в ствол дерева. И наоборот, акустические колебания ствола дерева, воздействуя на ферромагнитный стержень, наведут электрический ток в катушке.

Таким образом, при подаче электрического импульса на катушку происходит изменение положения ферромагнитного стержня, который возбуждает акустические колебания. Эти колебания, отражаясь от плотных слоев дерева, возвращаются к стержню, который наводит ЭДС своими колебаниями. Промежуток времени между подачей импульса и приходом отраженного импульса через известную скорость (см. табл.) рассчитывается высота ствола дерева.

Для управления преобразователем, вычисления высоты дерева необходим электронный блок, который содержит преобразователь мощного высокого напряжения для формирования электромагнитного импульса в катушке, электронного ключа, который переключает катушку в режим приема ответного сигнала, микроконтроллер для измерения временного интервала и вычисления высоты дерева. Микроконтроллер выполняет функции управления измерительным устройством и передачи данных на сервер сбора информации.

Конструктивной особенностью является возможность направить колебания ферромагнитного стержня вдоль волокон. Для этого свободный конец ферромагнитного стержня (левый на рис. 1) необходимо снабдить концентратором, развернутым относительно оси стержня на 90° . Схема, поясняющая принцип работы этого узла, показана на рис. 2.

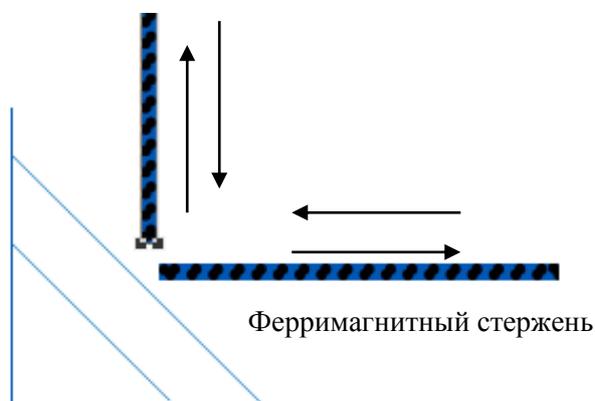


Рис. 2. Схема, поясняющая принцип работы передачи УЗВ через отражатель

Конструктивно эти узлы магнитоотрицательного преобразователя должны иметь следующие габариты: диаметр 12–16 мм; длина 200–500 мм. Более подробная информация о конструкции и схемных решениях представлена в курсовой работе «Разработка магнитоотрицательного преобразователя высоты дерева» по дисциплине «Средства автоматизации и управления» (САУ). Там же представлено описание и принцип работы отдельных узлов.

Разрабатываемый магнитоотрицательный преобразователь позволит наблюдать за ростом дерева ежегодно. Точность измерения по предварительным расчетам удовлетворительна, вычисляется микроконтроллер управления и формирования сигнала. Преобразователь, сконструированный на основе магнитоотрицательного преобразователя, способен вырабатывать мощный колебательный импульс, а совместно с усилителем и электронным ключом имеет небольшие габариты. Устанавливается в комлевой (пеньковой) части дерева.

Список источников

1. Саляхов И. Р., Санников С. П. Использование магнитострикционных преобразователей в разработке устройств измерения внутренних состояний дерева // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023, С. 571–575.
2. Глебов И. Т. Физика древесины : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 80 с.