

ВРЕМЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ЧЕРЕЗ КОНУСНЫЕ НАСАДКИ В СТАНДАРТНОМ ОБРАЗЦЕ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ В ПРОДОЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Темнова Е.Б.

*Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Эффективность применения способа неразрушающего ультразвукового испытания древесных изделий с неплоскими поверхностями, в частности по нашему патенту 2334984 на изобретение, во многом зависит от формы и размеров конусных насадок. Предлагаемая методика позволит выявить закономерности от размеров конусных насадок различной формы.

Измерения проводились на стандартном образце прямоугольной формы размерами 300×20×20 мм, изготовленном из древесины ели по ГОСТ 16483.31–74, в продольном направлении волокон (300 мм) ультразвуковым прибором «Пульсар-1.0» и набора конусных насадок на пьезоэлектрические датчики у излучателя и приемника.

Ключевые слова: древесина, образцы, ультразвуковое испытание

Эффективность применения способа неразрушающего ультразвукового испытания древесных изделий с неплоскими поверхностями, в частности по нашему патенту 2334984 на изобретение, во многом зависит от формы и размеров конусных насадок. Предлагаемая в статье методика позволит выявить закономерности изменения показаний ультразвукового прибора «Пульсар-1.0» в зависимости от размеров конусных насадок различной формы.

Измерения проводились на стандартном образце прямоугольной формы размерами 300×20×20 мм, изготовленном из древесины ели по ГОСТ 16483.31–74 [1], в продольном направлении волокон (300 мм) ультразвуковым прибором «Пульсар-1.0» и набора конусных насадок на пьезоэлектрические датчики у излучателя и приемника (табл. 1 и рис. 1).

Стандартный датчик от прибора «Пульсар-1.0» в табл. 1 показан под № 0 (рис. 1). Он имеет плоскую форму контактной поверхности и угол конуса в 180 град. Для неплоских поверхностей образца соприкос-

новение должно быть точечным (при пренебрежимо малом углублении в древесину). Поэтому за основу других типов конусных насадок была принята конструкция № 1 с цилиндрическим переходом от основания насадка конусу длиной 32,4 мм и углом конуса 42 град, при общей длине насадки 82,4 мм.

Затем в насадке № 2 для снижения погрешности измерения по времени прохождения ультразвуковых колебаний (УЗК) цилиндрический участок был исключен с оставлением первоначального угла острия конусной насадки в 42 град. При этом уменьшается и общая длина всей конусной насадки до 47,4 мм.

У конусной насадки № 3 сокращена длина до 34,9 мм с переходом острия на 4,0 мм от угла 57 град к начальному углу 42 град, то есть была выполнена двухконусная головка у насадки. Для дальнейшего уменьшения длины насадки № 4 до 22,9 мм с сохранением угла при острие 42 град. пришлось выполнить резкий переход от начального конуса в 4,0 мм затем на угол усе-

ченного конуса 81 град. При этом глубина проникновения остря в испытываемый материал будет фиксированной, то есть не более 4 мм. Но оказалось, что такой резкий переход приводит к преломлению УЗК и потерям времени.

Таблица 1

Характеристики применяемых конусных насадок

Управляемые параметры		Примечания по особенностям конструкции конусной насадки
Длина насадки L , мм	Угол конуса φ , град	
0,0	180	0. Стандартный от прибора Пульсар-1.0
82,4	42	1. Цилиндрический переход 32,4 мм
47,4	42	2. Переход 0,0 мм
34,9	42	3. Переход от конуса 4,0 мм на 57 град
22,9	42	4. Переход от конуса 4,0 мм на 81 град
22,9	42	5. Криволинейный переход до основания

В попытках максимального снижения возможных потерь времени прохождения УЗК через конусные насадки в месте перехода принимается криволинейный переход в виде головки с конструктивной формой № 5.

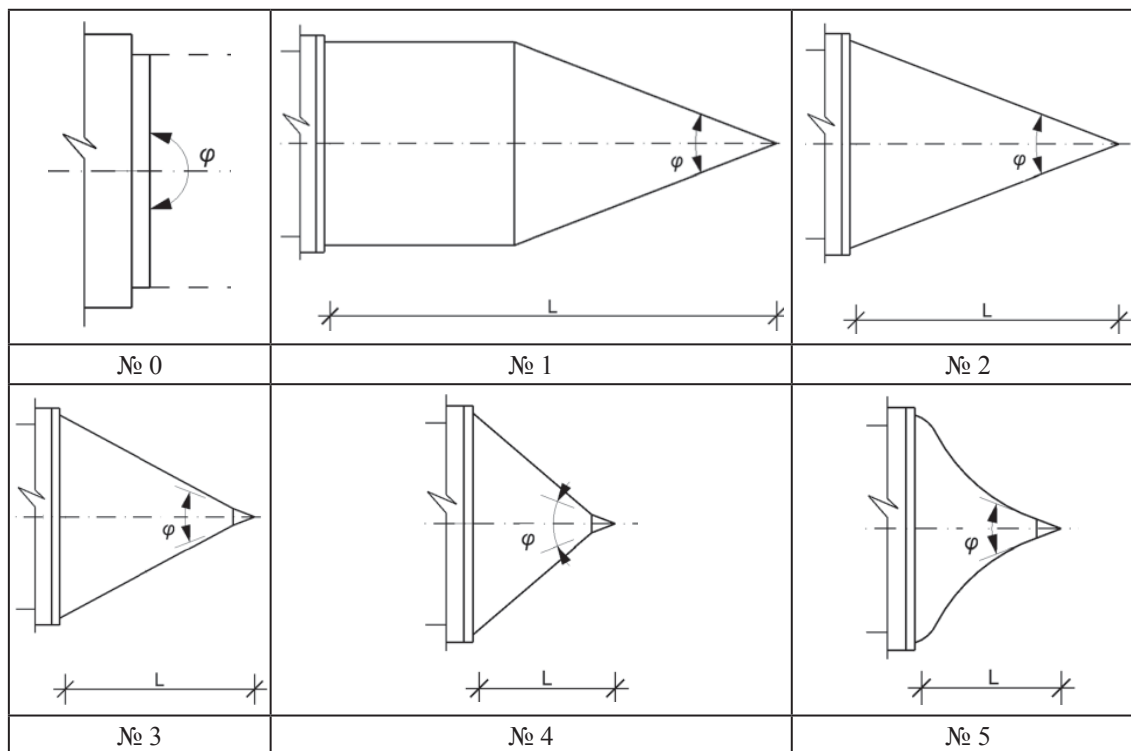


Рис. 1. Конусные насадки на излучателе и приемнике (№ конструкции по табл. 1)

Время t (микросекунды) прохождения УЗК через стандартный образец из древесины ели измерялось с тремя повторами. В табл. 2 представлены результаты измерений по всем

36 сочетаниям из шести пар конусных насадок у излучателя и приемника. На рис. 2 представлены двухфакторные изображения изменения времени прохождения УЗК.

Таблица 2

Время прохождения УЗК, мкс

Излучатель	Приемник					
	№ 0	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
№ 0	62,7	77,3	69,8	68,3	67,3	69,5
	62,7	77,3	69,7	68,3	67,3	69,5
	62,8	77,2	69,8	68,3	67,2	69,5
№ 1	76,9	91,1	84,4	82,6	81,6	83,4
	76,9	91,1	84,4	82,5	81,6	83,4
	77,0	91,1	84,4	82,6	81,6	83,4
№ 2	70,2	82,6	78,3	76,6	76,6	78,2
	70,0	82,6	78,3	76,6	76,5	78,3
	70,1	82,6	78,3	76,6	76,6	78,2
№ 3	69,0	82,3	75,9	76,6	75,2	74,3
	68,8	82,3	75,9	76,5	75,0	74,4
	68,9	82,3	75,9	76,7	75,1	74,2
№ 4	68,5	84,5	77,9	78,4	75,6	92,9
	68,3	84,5	77,8	78,4	75,7	92,8
	68,4	84,5	78,0	78,5	75,5	92,9
№ 5	69,7	81,7	74,9	74,8	74,4	74,0
	69,5	81,7	75,0	74,8	74,5	74,0
	69,7	81,7	74,8	74,8	74,4	74,0

График № 1 показывает влияние на время прохождения УЗК при постоянной плоской форме приемника при изменении параметров конусной насадки у излучателя. Влияние на время прохождения УЗК при постоянной плоской форме приемника, а также при постоянном угле конуса в 42 град, но разной формы у конусных насадок на датчике излучателя, показано на графике № 2.

На картинке № 3 показано влияние на время t при плоской форме излучателя, но при изменении формы и угла насадки у приемного датчика. Поверхность № 4 – это влияние на время прохождения УЗК при постоянной плоской форме излучателя и посто-

янном угле 42 град, но при разной форме у конусных насадок на датчике приемника.

График № 5 на рис. 2 был построен при одинаковой форме и угле 42 град конусных насадок на приемнике и излучателе. На графике № 6 представлено двухфакторное изображение влияния на показатель времени УЗК при одинаковой форме и углах конусных насадок на приемнике и излучателе, включая плоскую пару.

Из пространственного графика № 1 видно, что при длине конусной насадки более 35 мм угол конуса не влияет на время УЗК в древесине вдоль волокон. Причем, как видно из сравнения с рис. 3, на излучателе влия-

ние угла конусной насадки больше, чем у насадок видно, что форма конуса почти не влияет на приемнике. А из остальных рисунков на изменение времени УЗК.

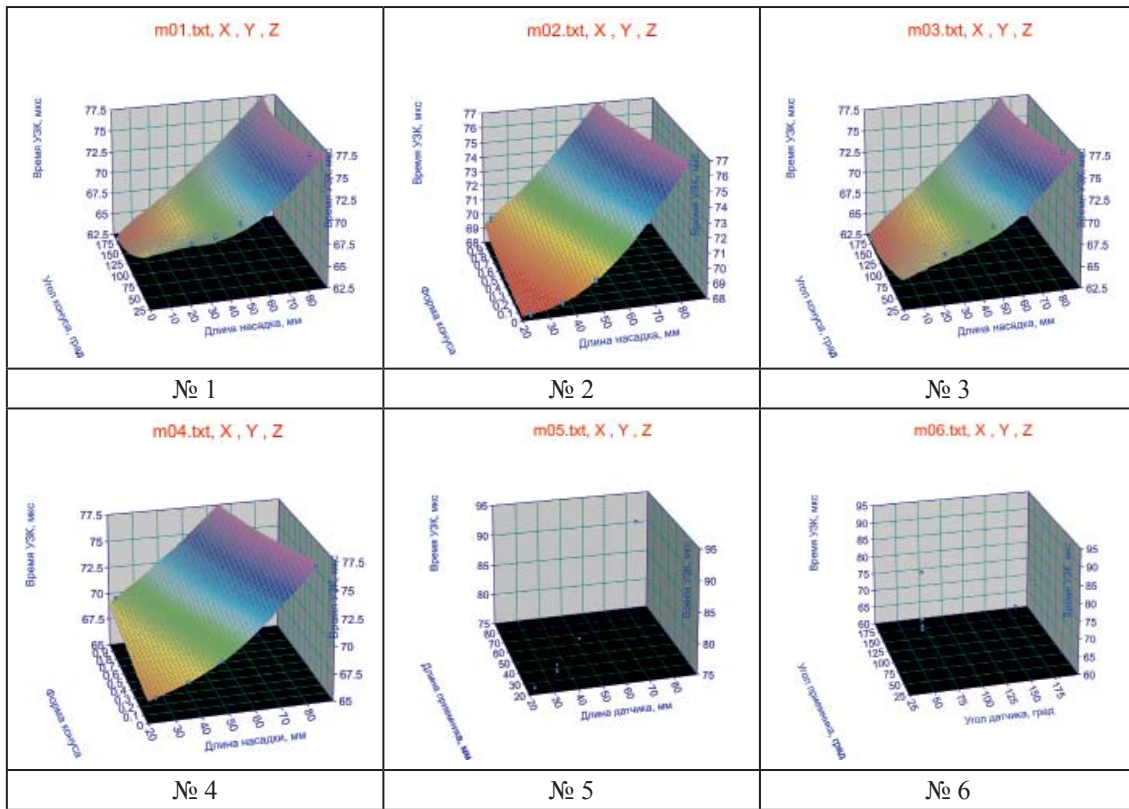


Рис. 2. Пространственные графики влияния формы и параметров насадки на время прохождения УЗК

В дальнейшем по данным из табл. 2 были получены формулы влияния каждого из учтенных факторов конусных накопителей (длины, угла, кода поверхностной

формы) в зависимости от расположения их на излучателе и приемнике, на изменение времени t прохождения УЗК по биотехническому закону [3] (рис. 3), мкс:

– от длины излучателя

$$t = 71,691 \exp(0,0018548 L_{и}); \quad (1)$$

– от длины приемника

$$t = 71,76372 \exp(0,0018268 L_{п}); \quad (2)$$

(в правом верхнем углу графиков показаны сумма квадратов отклонений и коэффициент корреляции)

– от угла конуса, град, у излучателя

$$t = 81,036216 \exp(-0,000882104 \varphi_{и}); \quad (3)$$

– от угла конуса, град, у приемника

$$t = 80,84146 \exp(-0,00084379 \varphi_{\text{п}}); \quad (4)$$

– от формы поверхности конуса у излучателя

$$t = 76,93444 \exp(-0,02665 i_{\text{и}}); \quad (5)$$

– от формы поверхности конуса у приемника

$$t = 76,17333 \exp(0,032843 i_{\text{п}}). \quad (6)$$

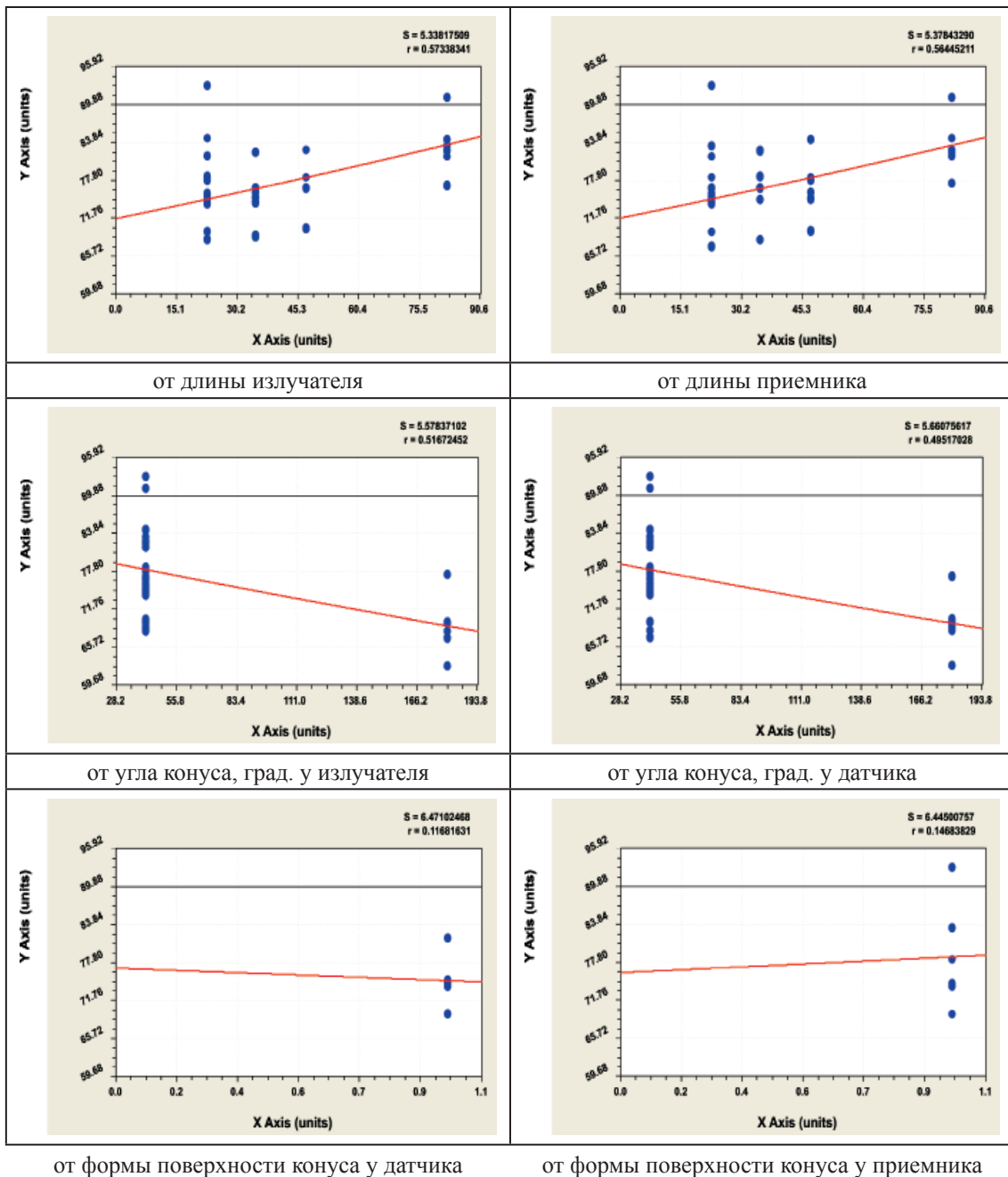


Рис. 3. Графики влияния длины, угла и формы поверхности конусных насадок на время УЗК

Из рис. 3 по графикам видно, что изменение времени УЗК от длины конусных насадок самое большое и коэффициент корреляции при изменении длины конусных насадок у излучателя равен $r = 0,573$, а у приемника $r = 0,564$. Следовательно, между этими параметрами имеется средняя теснота связи. От угла конусных насадок коэффициент корреляции равен у излучателя $r = 0,517$, у приемника $r = 0,495$, поэтому у этих показателей факторная связь чуть слабее. Форма поверхности конусных насадок практически не имеет влияния из-за того, что коэффициент корреляции меньше 0,3: по данным рис. 3 время прохождения УЗК в образце из древесины ели в зависимости от формы насадка имеет очень слабую связь у излучателя $r = 0,117$, и у приемника $r = 0,147$.

Сравнение показало, что длина конусной насадки более 35–40 мм удобнее в эксплуатации из-за того, что не мешает измерениям на неровной поверхности бесформенных образцов древесины. Для сертификации древесины в виде образцов неплюской формы, например, поленьев по патенту № 2334984 [2], оказался удобным угол конуса в 42 град. При тупом угле не удастся контактировать конусной насадкой в заданной точке бесформенного образца, а при меньшем угле заострения снижается прочность наконечника конуса.

Удобнее применять две одинаковых насадки на обоих датчиках (излучателе и приемнике). В табл. 3 приведены данные измерений времени УЗК.

Таблица 3

Время прохождения УЗК, мкс

Излучатель	Приемник					
	№ 0	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
№ 0	62,7					
	62,7					
	62,8					
№ 1		91,1				
		91,1				
		91,1				
№ 2			78,3			
			78,3			
			78,3			
№ 3				76,6		
				76,5		
				76,7		
№ 4					75,6	
					75,7	
					75,5	
№ 5						74,0
						74,0
						74,0

Сравнение пар по трем повторам показывает, что наибольшее время затрачивается при применении насадки № 1, а с изменением формы и размеров до № 5 время УЗК уменьшается.

В табл. 3 выделены показания прибора «Пульсар-1.0» со стандартными датчиками № 0 и с конусными наконечниками на них второго ранга, то есть излучатель и приемник № 2. Эта конструкция, как видно из чертежей на рис. 1, простая в изготовлении.

Среднее время УЗК будет равно для датчика № 0 $(62,7 + 62,7 + 62,8)/3 = 62,73$ мкс, а эти же датчики с насадками № 2 – $(78,3 + 78,3 + 78,3)/3 = 78,30$ мкс. Разница между ними составит $78,30 - 62,73 = 15,57$ или округленно 15,6 мкс. Тогда потери времени на прохождение через две одинаковых конусные насадки № 2 при испытании

древесины вдоль волокон будет равно 15,6 мкс.

Список литературы

1. ГОСТ 16483.31-74. Резонансный метод определения модулей упругости и сдвига и декремента колебаний. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 8 с.
2. Пат. 2334984 Российская Федерация, МПК G01N33/46 (2006.01). Способ ультразвукового испытания поленьев резонансной древесины / Мазуркин П.М., Темнова Е.Б. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – №2006126506/12; заявл. 20.07.2006; опубл. 27.09.2008.
3. Мазуркин, П.М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учебное пособие / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 292 с.

Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ.

TIME OF ULTRASONIC THROUGH CONE ACCESSORIES STANDARD SAMPLES FROM FIR WOOD IN THE LONGITUDINAL DIRECTION

Temnova E.B.

*Mari State Technical University, Yoshkar-Ola,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Effectiveness of the method of ultrasonic nondestructive testing of wood products with curved surfaces, particularly on our patent 2334984 for an invention, depends on the shape and size of cone nozzles. This methodology will identify patterns of the size of cone nozzles of different shapes.

The measurements were performed on a standard specimen of rectangular shape measuring 300×20×20 mm, made of fir wood according to GOST 16483.31–74 in the longitudinal direction of fibers (300 mm) ultrasonic device «Pulsar-1.0» and a set of conical nozzles on the piezoelectric sensors at the transmitter and receiver.

Keywords: wood, samples, ultrasonic testing