

УДК 647.038.3:681.2.083

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ПРИ КОНТРОЛІ ДЕФЕКТІВ ФАНЕРИ

**В. М. ГОЛОВАЧ**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри технології деревообробки,

*E-mail:* vale\_go@mail.ru;

**О. С. БАРАНОВА**,

аспірант кафедри технології деревообробки\*

**Національний університет біоресурсів та природокористування  
України**

olhabaranova@gmail.com

**Анотація.** Найпоширенішим методом автоматизованого неруйнівного контролю матеріалів і виробів є ультразвуковий метод. Він досить точний, технологічний, дає змогу автоматизувати процес виявлення внутрішніх дефектів фанери. Результати вимірювань можливо використовувати як для селективного сортування фанери, так і для автоматизованого коригування технологічних процесів виготовлення фанери. Однак ультразвуковий метод має деякі недоліки, а саме: для контролю цим методом потрібні досить стабільні зовнішні умови (температура, якість поверхні фанери, відсутність конвекційних повітряних потоків та ін.), що ускладнює конструкцію вимірювальної установки, реалізація метода є порівняно дорогою. У зв'язку з цим було поставлено мету створити систему для автоматизованого виявлення внутрішніх дефектів фанери, щоб уникнути згаданих недоліків. За основу в роботі взято метод вільних коливань. Суть методу полягає у вимірюванні властивостей коливального процесу, що виникає у виробках композиційних матеріалів за ударного впливу на їхню поверхню короткочасного удару. По ділянці досліджуваної поверхні композиційного матеріалу роблять короткочасний удар за допомогою ударника. Удар збуджує в пластині композиційного матеріалу акустичні коливання, які за допомогою п'єзоперетворювача ударного датчика, встановленого на матеріалі або на самому ударнику, перетворюються на електричні. Форма вихідних електричних сигналів на п'єзоелектричний перетворювач залежить від властивостей фанери.

**Ключові слова:** фанера, дефектоскопія, метод вільних коливань, розшарування, площа, глибина, місце залягання дефекту.

**Актуальність.** Виробництво фанери являє собою складну технологічну систему. Технологічні процеси виробництва фанери на сучасному етапі потребують значних трудових і матеріальних витрат, тому для ефективного управління фанерним підприємством необхідне використання сучасних методів керівництва, заснованих на оптимізації процесів із використанням обчислювальної техніки. Ефективності

\* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент В. М. Головач

© В. М. Головач, О. С. Баранова, 2016

управління досягають, насамперед, за рахунок пошуку оптимальних умов протікання технологічного процесу на основі оперативної обробки інформації про стан процесу, а також оптимальної стратегії управління процесом у реальному масштабі часу. При виробництві фанери можливе виникнення в ній внутрішніх дефектів, наявність яких у готовій продукції є неприпустимою. Причини утворення внутрішніх дефектів зумовлені, в основному, порушенням технологічного процесу виробництва фанери і нестабільною якістю вихідної сировини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найпоширенішим методом автоматизованого неруйнівного контролю матеріалів і виробів є ультразвуковий метод. Дослідження неруйнівних ультразвукових методів контролю і оцінки якості фанери відображено в працях В. Д. Нікішова, І. А. Голубова, Н. А. Гончарова, Е. К. Ашкеназі. Цей метод успішно використовують для контролю фанери на зарубіжних підприємствах. Метод досить точний, технологічний, дає змогу автоматизувати процес виявлення внутрішніх дефектів фанери. Результати вимірювань можливо використовувати як для селективного сортування фанери, так і для автоматизованого коригування технологічних процесів виготовлення фанери. Однак ультразвуковий метод має низку недоліків, а саме: для контролю цим методом потрібні досить стабільні зовнішні умови (температура, якість поверхні фанери, відсутність конвекційних повітряних потоків та ін.), що ускладнює конструкцію вимірювальної установки, реалізація метода є порівняно дорогою. У зв'язку з цим було поставлено мету створити систему для автоматизованого виявлення внутрішніх дефектів фанери, щоб уникнути описаних вище недоліків. За основу в роботі взято метод вільних коливань, теоретичні та експериментальні основи якого викладені в працях О. М. Поліщука, А. А. Піжуріна та ін. у галузі деревообробки, Б. А. Глаговського, І. Б. Московенко та ін. стосовно виробів машинобудівної промисловості. Переваги використання методу вільних коливань порівняно з іншими методами: можливість контролю виробу в умовах виробництва, контроль матеріалів з високими коефіцієнтами затухання пружних коливань, а також знаходження дефектів на значній глибині. Метод вільних коливань технічно досить просто реалізувати, система може бути мобільнішою, що уможливорює її установку і після заключного етапу виробництва, і безпосередньо після пресування.

**Мета дослідження** – аналіз експериментальних досліджень ударного методу контролю дефектів і створення пристрою для автоматизованого виявлення внутрішніх дефектів фанери.

**Матеріали і методи дослідження.** Суть методу полягає у вимірюванні властивостей коливального процесу, що виникає у фанері при ударному впливі на її поверхню короткочасного удару. По ділянці досліджуваної поверхні фанери наносять короткочасний удар за допомогою ударника. Удар збуджує в пластині фанери акустичні коливання, які за допомогою п'єзоперетворювача ударного датчика, встановленого на матеріалі або на самому ударнику, перетворюються на

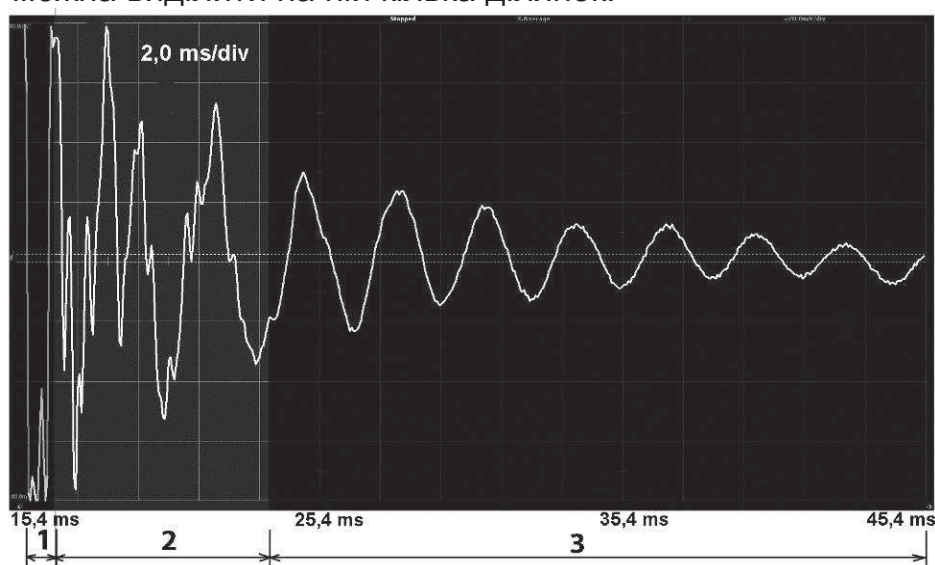
електричні. Форма електричних сигналів на виході п'єзоперетворювача залежить від властивостей фанери. За наявності дефекту в місці удару змінюються характеристики сигналів: амплітуда та частотний спектр. Вимірюючи і порівнюючи кількість імпульсів сигналу, їхні амплітуди, частоти та інші характеристики на різних ділянках поверхні фанери, можна отримувати інформацію про зміну її властивостей по площині і таким чином виявляти дефектні ділянки. Через складну структуру цих сигналів їхнє вивчення надійніше виконати експериментально.

Матеріали, які застосовували для досліджень, було поділено на дві групи.

До першої групи входили матеріали з дефектами та без. Це, зокрема, зразки фанери різної товщини і площі. Друга група – матеріали, досліджувані з метою розробки конструкції ударного датчика з оптимальними характеристиками, придатного для роботи у виробничих умовах, а саме метали і п'єзокераміка. Для проведення дослідів зразки фанери брали безпосередньо з потоків ПрАТ «Фанплит» (м. Київ) товщиною 7, 10, 14, 18, 22 мм. Розміри за площею вибирали від 100x100 мм до 400x400 мм. Використовували зразки як із виробничими дефектами, так і зразки, виготовлені із заданими характеристиками дефектів. Моделювали дефекти (розшарування) різної площі (від  $S_1 = 0,0079\text{м}^2$  до  $S_2 = 0,042\text{м}^2$ ) та глибини залягання (від 0,004 м до 0,018 м). Також вивчали вплив дефектів, розташованих усередині зразка і на краю, якщо його можна бачити візуально.

Як п'єзоперетворювач обрали п'єзокераміку типу ЦТС-19 як найбільш стійка до зовнішніх впливів. П'єзоелектрична кераміка з цирконату-титанату свинцю (ЦТС-19) має високу механічну міцність, високий коефіцієнт електромеханічного зв'язку, велику діелектричну проникність, стабільність щодо зовнішніх впливів.

Аналізуючи осцилограму вихідного сигналу п'єзоелементу ударного датчика, можна виділити на ній кілька ділянок.



**Рис. Осцилограма вихідного сигналу п'єзоелементу ударного датчика**

У початковий момент сигнал ударника зазвичай нестабільний (ділянка 1) через вплив різних факторів, таких як нерівність і шорсткість поверхні, по якій вдаряє ударник, наявність пилу тощо. За деякий час після удару, коли ударник починає повертатися у вихідне положення, в пластині виникають стійкі коливання (ділянка 2). Далі, з плином часу, сигнал набуває форми правильної синусоїди (ділянка 3). Частота сигналу на цій ділянці відповідає першому власному коливанню пластини. Ділянка 3 осцилограми з затухаючою синусоїдою несе інформацію тільки про частоту власного коливання пластини. На цей момент усі інші коливання, які мають місце при дефекті, вже затухають, і інформації про них у сигналі вже немає. Тому цю ділянку необхідно вилучити з процесу контролю вихідного сигналу ударного датчика.

Отже, було зроблено висновок, що найбільш інформативною ділянкою осцилограми є ділянка 2, тривалістю приблизно 7 мс.

Здійснити контроль за обраним часом на ділянці сигналу ударного датчика можна різними способами, апаратурно, застосувавши схеми затримки сигналу або використовуючи мікропроцесор як обчислювальний пристрій. У нашому випадку, на час проведення досліджень, було використано програмне забезпечення цифрового осцилографа OSCILL, яке дає змогу вибирати тимчасові ділянки сигналу і отримувати їхні характеристики.

Як вихідні параметри в досліджах були вибрані такі:

- кількість імпульсів  $n$  на осцилограмі вихідного сигналу з п'єзоелементу ударного датчика;
- частота вільних коливань  $f$  пластини фанери;
- коефіцієнт гармонійних спотворень  $K_g$  вихідного сигналу ударного датчика.

Усі значення вихідних параметрів у досліджах вимірювали одночасно, що виключає похибки від місця вимірювання, часу та різних властивостей зразків.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для порівняльного аналізу впливу факторів на різні вихідні параметри вихідного сигналу ударного датчика значення факторів кожного рівняння регресії в нормалізованому вигляді було зведено в таблицю.

Було вивчено пари рівнянь для кожного вихідного параметра: для рівняння вихідного відгуку датчика при установці його поза зоною виміру та при установці в зоні виміру. Для кожної пари рівнянь регресії було розраховано відносини різниці значень відповідних коефіцієнтів до їхньої суми в абсолютних величинах за формулою:

$$dn = \frac{||b_{i1}| - |b_{i2}|| \times 100}{|b_{i1}| + |b_{i2}|}.$$

Аналіз результатів обчислень показав:

- вплив усіх досліджуваних факторів на вихідний параметр  $n$  майже однаковий;
- найбільший вплив на вихідний параметр  $f$  має місце розташування дефекту  $P$ . Значення  $df = 97,1$  (коефіцієнт  $b_3$ ). Також на вихідний

параметр істотно впливає взаємодія факторів  $h$  та  $S$ . Для коефіцієнта парної взаємодії  $b_{12}$  значення  $df = 93,9$ ;

- на вихідний параметр  $K_e$  найбільше впливає площа дефекту, фактор  $S$ .  
Для коефіцієнта  $b_2$  значення  $dK_e = 82,9$ .

### Зведена таблиця значень коефіцієнтів рівнянь регресії

Фактор	Зона виміру	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{123}$
			$h$	$s$	$P$	$h \cdot S$	$h \cdot P$	$S \cdot P$	$h \cdot S \cdot P$
$n$	без дефекту	8,98	0,78	<b>0,23</b>	-1,40	0,48	-0,45	1,40	0,50
	з дефектом	11,06	0,24	-0,61	-3,59	-0,89	1,39	<b>0,09</b>	1,01
	$dn$	10,4	52,9	45,2	43,9	29,9	51,1	87,9	33,8
$f$ , Гц	без дефекту	2831	-333	-505,1	1570	359,6	301,3	303,3	<b>-255</b>
	з дефектом	1128	120,5	-187,3	<b>-23</b>	<b>-11,4</b>	166,6	130,4	-75,7
	$df$	43,0	46,9	45,9	97,1	93,9	28,8	39,9	54,2
$K_e$ , %	без дефекту	18,54	5,39	<b>-0,32</b>	-12,60	-3,52	-4,23	<b>1,72</b>	3,51
	з дефектом	42,72	-5,31	<b>0,03</b>	10,29	-3,47	<b>-1,67</b>	<b>-2,96</b>	5,96
	$dK_e$	39,5	0,7	82,9	10,1	0,7	43,4	26,5	25,9

Примітка: незначущі значення коефіцієнтів виділено напівжирним

Звідси випливає, що для отримання інформації про місце розташування дефекту потрібно вимірювати величину  $f$  частотної складової вихідного сигналу ударного датчика, а інформацію про площу дефекту найкраще отримувати, вимірюючи величину  $K_e$  коефіцієнта гармонік вихідного сигналу.

**Висновки і перспективи.** Аналізуючи наведену осцилограму, можна зробити такі висновки: при ударі ударника вимірювального пристрою об поверхню контрольованого матеріалу за відсутності дефекту резонує цілісна ділянка зразка; при ударі ударника вимірювального пристрою по ділянці фанери з дефектом резонують різні ділянки зразка. Отже, контролюючи кількість резонансів, можна висновувати про характер і місце розшарування дефекту у фанері.

### Список використаних джерел

1. Основы научных исследований в деревообработке : [учеб. для вузов для специальностей 260200 «Технология деревообработки», 170400 «Машины и оборудование лесного комплекса»] / А. А. Пижурин, А. А. Пижурин; Моск. гос. ун-т леса. – М. : Издательство Моск. гос. университета леса, 2005. – 304 с.
2. Защук И. В. Электроника и акустические методы испытания строительных материалов / И. В. Защук. – М. : Высшая школа, 1967. – 248 с.
3. Агранат Б. А. Ультразвук в гидрометаллургии / Б. А. Агранат, О. Д. Кириллов, Н. А. Преображенский, Н. Н. Хавский. – М. : Metallurgiya, 1969. – С. 12.

4. Бабаков Н. М. Теория колебаний / Н. М. Бабаков. – М. : Наука, 1968. – С. 329–342.
5. Головач В. М. Аналіз реакції елементів фанери на ударні впливи / В. М. Головач, О. С. Баранова // Електронний фаховий журнал «Лісове і садово-паркове господарство». – 2015. – № 8 Електронний режим доступу: [http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-8/ukr/holovach\\_baranova/](http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-8/ukr/holovach_baranova/).
6. Головач В. М. Аналіз впливу характеристик дефекту фанери на кількість пульсацій вихідного сигналу ударного датчика / В. М. Головач, О. С. Баранова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – № 25.10. – С. 280.

### References

1. Pizhurin, A. A., Pizhurin, A. A. (2005). Osnovy nauchnyih issledovaniy v derevoobrabotke : [ucheb. dlya vuzov dlya spetsialnostey 260200 "Tehnologiya derevoobrabotki", 170400 "Mashiny i oborudovanie lesnogo kompleksa"] [Machines and Equipment for Forestry]. Moscow: Izdatelstvo Mosk. gos. universiteta lesa, 2005, 304.
2. Zashuk, I. V. (1967). Elektronika i akusticheskie metody ispytaniya stroitelnyih materialov [Electronics and acoustic methods for testing of construction materials]. Moscow: Vysshaya shkola, 248.
3. Agranat, B. A., Kirillov, O. D., Preobrazhenskiy, N. A., Havskiy, N. N. (1969) Ultrazvuk v gidrometallurgii [Ultrasound in hydrometallurgy]. Moscow: Metallurgiya, 12.
4. Babakov, N. M. (1968). Teoriya kolebaniy [Theory of oscillations]. Moscow: Nauka, 329–342.
5. Holovach, V. M. (2015). Analiz reaktsii elementiv fanery na udarni vplyvy [Analysis of the reaction plywood elements on shock effects] . Elektronnyi fakhovyi zhurnal "Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo" [Electronic professional journal "Garden and park manage], 8 Electronic access: [http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-8/ukr/holovach\\_baranova/](http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-8/ukr/holovach_baranova/).
6. Holovach, V. M., Baranova, O. S. (2015). Analiz vplyvu kharakterystyk defektu fanery na kilnist pulsatsii vykhidnoho syhnalu udarnoho datchyka [Analysis of the impact of the defect characteristics of plywood on the amount of output ripple of shock sensor]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Journal NLTU Ukraine], 25.10, 280.

### АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПРИ КОНТРОЛЕ ДЕФЕКТОВ ФАНЕРЫ

В. М. Головач, О. С. Баранова

*Аннотация.* Наиболее распространенным методом автоматизированного неразрушающего контроля материалов и изделий является ультразвуковой метод. Метод достаточно точен, технологичен, позволяет автоматизировать процесс выявления внутренних дефектов фанеры. Результаты измерений можно использовать как для селективной сортировки фанеры, так и для автоматизированной корректировки технологических процессов

изготовления фанеры. Однако ультразвуковой метод имеет ряд недостатков, а именно: для контроля данным методом требуются достаточно стабильные внешние условия (температура, качество поверхности фанеры, отсутствие конвекционных воздушных потоков и т. д.), которые усложняют конструкцию измерительной установки, реализация метода сравнительно дорогая. В связи с этим была поставлена цель создать систему для автоматизированного выявления внутренних дефектов фанеры, которая бы исключала все выше описанные недостатки. За основу в работе взят метод свободных колебаний. Суть метода заключается в измерении свойств колебательного процесса, которые возникают в фанере при ударном воздействии на их поверхность кратковременным ударом. По области исследуемой поверхности фанеры наносят кратковременный удар с помощью ударника. Удар возбуждает в пластине фанере акустические колебания, которые с помощью пьезопреобразователя ударного датчика, установленного на материале или в самом ударнике, превращаются в электрические. Форма выходных электрических сигналов на пьезоэлектрическом преобразователе зависит от свойств фанеры.

**Ключевые слова:** фанера, дефектоскопия, метод свободных колебаний, расслоение, площадь, глубина, место залегания дефекта.

## ANALYSIS OF OUTPUT SIGNAL PARAMETERS DURING THE PLYWOOD DEFECTS CONTROL

V. Golovach, O. Baranova

**Abstract.** The most common method for automated nondestructive testing of materials and products is the ultrasonic method. The method is fairly accurate, allows to automate the process of plywood internal defects detecting. Measurement results can be used for selective sorting of plywood and for automated adjustment of plywood production processes. However, ultrasonic method has several disadvantages, namely this method requires a fairly stable environmental conditions (temperature, plywood surface quality, absence of convective air currents, etc.), which complicates the design of the measuring installation, implementation of method is relatively expensive. In this regard, the goal was to create a system for automated detection of internal defects of plywood, which would exclude all the disadvantages, described above. The work is based on the free oscillations method.

The method is based on measuring of the properties of vibrational process that occurs in the plywood after short-term impact. The studied area of plywood surface is affected by the short-term strike. Strike raises mechanical oscillations in the plate of plywood and can be converted into electrical signal using piezoelectric transducer. The form of output electrical signals at the piezoelectric transducer depends on the properties of the plywood.

**Keywords:** plywood, flaw detection, the method of free oscillations, bundle, area, depth, the place of occurrence of the defect.