

2. Фединець В.О. Математична модель газодинамічної підсистеми перетворювачів температури газових потоків / В.О. Фединець // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2008. – Вип. 68. – С. 108-111.

3. Фединець В. Вплив конструкції і способу монтажу первинних термоперетворювачів на похибку вимірювання температури енергоносіїв в трубопроводах / Василь Фединець // Системи транспортування, контролю якості та обліку енергоносіїв : Перша Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів, 1998. – С. 242-246.

4. Петунин А.Н. Измерение параметров газового потока / Анатолий Николаевич Петунин. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1974. – 260 с.

Фединец В.О. Исследование математической модели тепловой подсистемы термопреобразователей для измерения температуры газовых потоков

Проанализированы условия теплообмена термообразователя для измерения температуры газовых потоков через теплопроводимость чувствительного элемента с элементами конструкции, излучением с внутренней поверхностью камеры торможения и конвективным теплообменом с газовым потоком. Установлено, что приведенные аналитическая зависимость дает возможность осуществить расчет составляющей погрешности измерения температуры за счет теплообмена через теплопроводимость и излучение.

Ключевые слова: температура, газовый поток, измерение, теплообмен, термообразователь.

Fedynets V.O. Research of mathematical model of thermal subsystem of receivers of temperature is for measuring of temperature of gas streams

The terms of heat exchange of receivers of temperature (TR) are analysed for measuring of temperature of gas streams through the heat-conducting of pickoff with the elements of construction, radiation with the internal surface of braking chamber and convective heat exchange with a gas stream. It is set that resulted analytical dependences enable to carry out the calculation of constituents of error of measuring of temperature due to a heat exchange through a heat-conducting and radiation.

Keywords: temperature, gas stream, measuring, heat exchange, receivers of temperature.

УДК 628.517:004.9

Ст. викл. О.Л. Сторожук; ст. викл. Р.І. Тураш;
доц. І.Р. Кенс, канд. техн. наук; проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕРЕВИНИ АКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

Розроблено програмне забезпечення для вдосконалення та практичної реалізації акустичного методу виявлення дефектів у деревині. Це дасть змогу експериментально визначати час проходження тестового звукового сигналу в матеріалі. Експериментально досліджено особливості швидкості поширення акустичної хвилі у деревині. На основі отриманих результатів запропоновано методику виявлення дефектів у деревині акустичним методом.

Ключові слова: акустичні вимірювання, деревина, неруйнівний контроль, звукова карта, програмне забезпечення.

Актуальність досліджень. Акустичний контроль належать до неруйнівних методів виявлення дефектів та вимірювання фізичних характеристик капілярно-пористих матеріалів. Перевагами акустичного контролю є ви-

користання пружних хвиль, параметри яких тісно пов'язані з теплофізичними та механічними характеристиками матеріалів. Цей неруйнівний вид контролю застосовують до матеріалів, зокрема для деревини, які добре проводять акустичні хвилі.

Сучасний рівень розвитку елементної бази обчислювальної техніки дає змогу у реальному часі обробляти з необхідною точністю аналогові сигнали. Зокрема, для цього використовуються звукові карти з достатньою розрядністю і частотою дискретизації, наприклад до 192 кГц. Це дасть змогу на цій базі отримати аналізатор спектра, звуковий генератор, осцилограф, частотомір та інші. Для цього необхідно розробити спеціалізоване програмне забезпечення [6, 7, 12, 13].

Аналіз відомих результатів досліджень. Аналіз закономірностей зв'язку швидкості поширення акустичних хвиль від фізико-механічних характеристик деревини наведено у багатьох роботах [1-5, 8-11].

Зокрема, виконане у [11] акустичні дослідження на суцільних (непошкоджених) та з внутрішніми пошкодженнями (заповнені деревною тирсою) брусах ялини, показали зниження швидкості поширення акустичної хвилі до 35,4-72,7 % на пошкоджених ділянках (рис. 1).

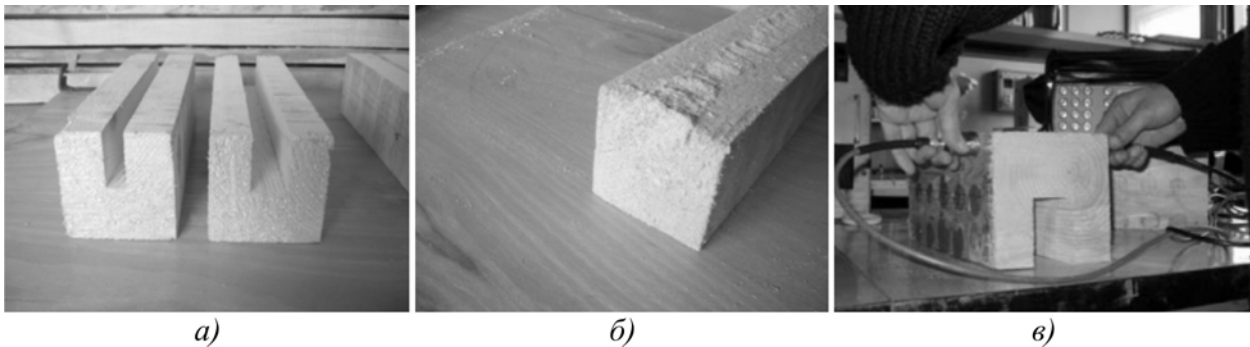


Рис. 1. Акустичні вимірювання на зразках ялини: а) брус ялини із поздовжнім пропилом; б) пропил заповнений деревною тирсою; в) місця акустичних вимірювань в поперечному перерізі

Варто зазначити, що в наведених вище роботах для акустичних досліджень використовувались прилади та установки промислового виробництва для неруйнівного контролю, які, через свою вартість у десятки тисяч гривень, стають у переважній більшості недоступними.

Мета досліджень. Розробити програмне забезпечення для системи комп'ютерного акустичного неруйнівного контролю дефектів в деревині. Така система комп'ютерного акустичного контролю реалізована на основі звукової карти персонального комп'ютера (ПК). Використання програмного забезпечення дає змогу визначити час між максимальним значенням амплітуди звукового сигналу правого і лівого каналу звукової карти, тобто між максимальними значеннями амплітуди звукового сигналу, який прийняли п'єзоелектричні зворотні перетворювачі.

Розроблення програмного забезпечення. Розроблену схему експериментального визначення швидкості звукової хвилі за часом проходження звукового тестового сигналу в деревині наведено на (рис. 2). Звукові коливання у зразки деревини (4) збуджуються за допомогою п'єзоелектричного випромі-

нювача (1). На цей випромінювач подається електричний звуковий тестовий сигнал прямокутної форми. Генератором звукових коливань виступає звуковий вихід (audio-out) звукової карти ПК. Випромінювач перетворює електричні коливання у механічні і передає ці коливання експериментальному зразку. Біля випромінювача і на протилежному кінці зразка розміщено п'єзоелектричні приймачі (правий і лівий канал звукової карти – 2,3) (рис. 2), які перетворюють звукові механічні коливання в електричні сигнали. Для приймачів, використано ідентичні із випромінювачем п'єзоелектричні зворотні перетворювачі. Амплітуда механічних коливань у зразку фіксується за допомогою звукового входу (audio-in) звукової карти ПК (рис. 3).

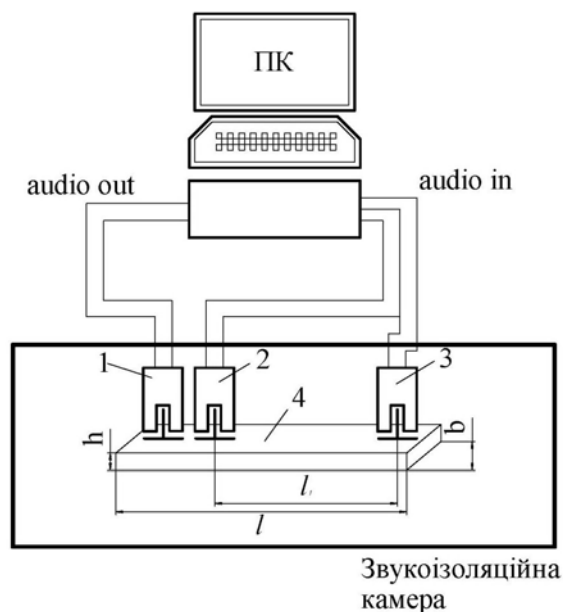


Рис. 2. Структурна схема системи експериментального визначення часу проходження звукового тестового сигналу в деревині: l , b , h – довжина, ширина, товщина дослідного зразка, м; l_1 – відстань між приймачами, м; 1 – п'єзоелектричний випромінювач; 2,3 – п'єзоелектричні приймачі; 4 – дослідний зразок

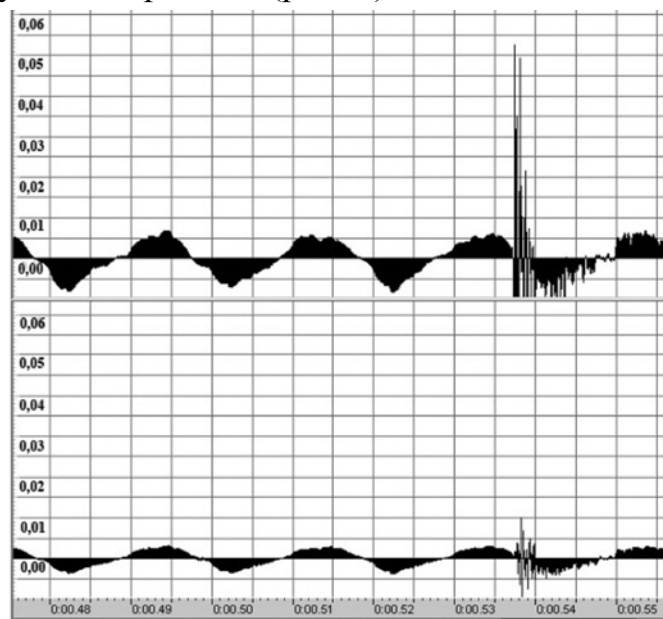


Рис. 3. Амплітуда прийнятого сигналу другим та третім п'єзоелектричним приймачем (другим – верхній сигнал; третім – нижній сигнал)

Надалі вибирають час максимальної амплітуди прийнятого акустичного сигналу, отриманого на правому (рис. 4) і лівому (рис. 5) каналах звукової карти. Різниця між часом отримання максимальної амплітуди на правому і лівому каналах визначає час проходження тестового сигналу в деревині між двома п'єзоелектричними приймачами.

Практично всі сучасні звукові карти не можуть працювати повністю в дуплексному режимі. Це зумовило встановлення на ПК додатково ще однієї звукової карти. Перша звукова карта використовувалась для генерування, друга – для прийому звукового сигналу.

Для створення звукових файлів, що містять звукові сигнали визначеної частоти та амплітуди використано програму GoldWave. Її перевагою є можливість генерування звукових файлів з частотою, яка задається в полі формул, формування різноманітних звукових тестових сигналів (рис. 6). Ок-

рім того, можна задавати різну форму сигналів (синусоїдальну, трикутну, прямокутну). За допомогою цієї програми генеруються звукові тестові сигнали, які надалі використовуються для прозвучування взірців.

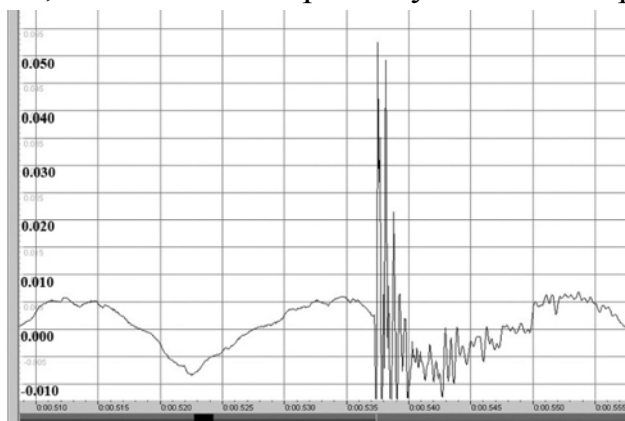


Рис. 4. Значення максимальної амплітуди та час її отримання на п'єзоелектричному приймачі 2

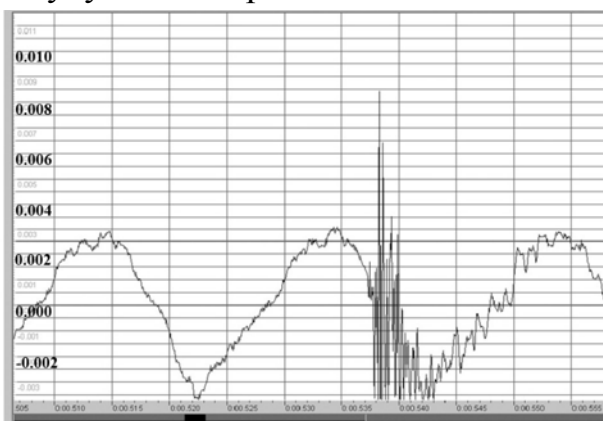


Рис. 5. Значення максимальної амплітуди та час її отримання на п'єзоелектричному приймачі 3

Для автоматичного визначення часу проходження звукового сигналу між приймачами (2) та (3) розроблено програмне забезпечення, інтерфейс якого представлено на рис. 7.

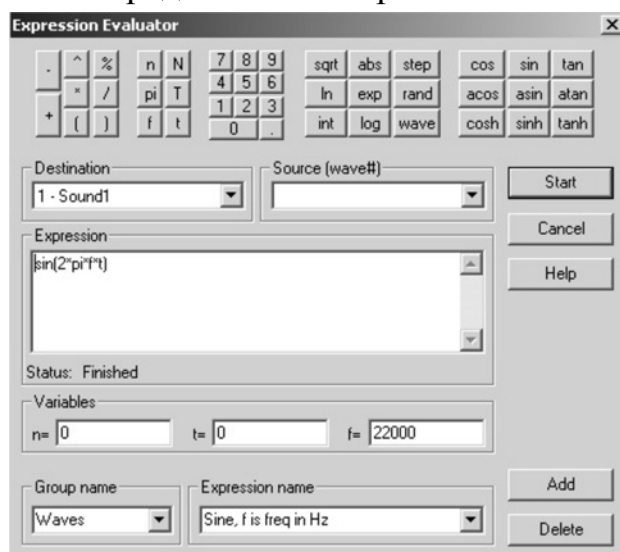


Рис. 6. Діалогове вікно, яке містить поле формул для опису звукового сигналу

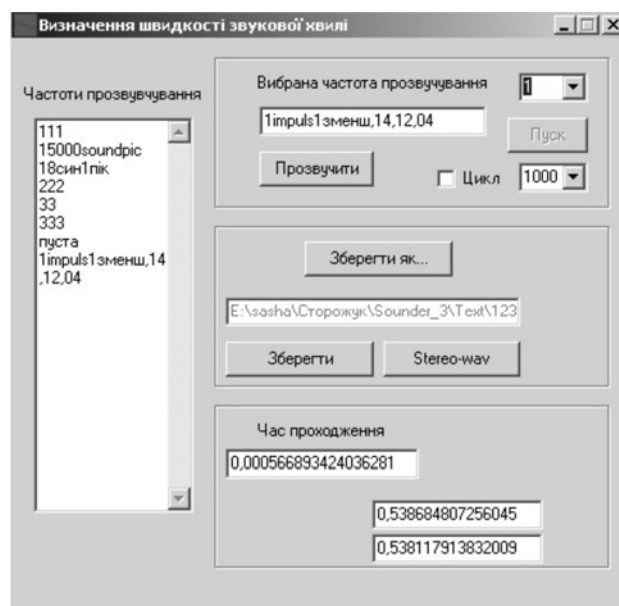


Рис. 7. Головне вікно програмного забезпечення для прозвучування деревини

Натискання на кнопку "прозвучити" розпочинає прозвучування тестовим сигналом який виділений у полі "частоти прозвучування". Після закінчення прозвучування в полі "час проходження" відображається значення різниці між максимальними амплітудами правого і лівого каналів звукової карти, тобто між максимальними значеннями амплітуди звукового сигналу, який прийняли (2, 3, рис. 2) п'єзоелектричні приймачі.

Натискання на кнопку "stereo-waw" дає змогу відкрити підкаталог \\stereo, в який можна записати отриманий звуковий файл. Під полем "час проходження" знаходяться ще два поля, які відображають час від початку

звукозапису правого і лівого каналів звукової карти, на якому зафіксована максимальна амплітуда прийнятого тестового сигналу. Для повторних багаторазових експериментальних випробовувань розроблено підпрограму яка задає кількість циклів та необхідну часову затримку між ними.

Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. Розроблене програмне забезпечення для системи комп'ютерного акустичного неруйнівного контролю дало змогу провести серію експериментальних досліджень для визначення швидкості поширення акустичної хвилі у зразках із бука, дуба.

Вимірювання здійснено на букових зразках (паркет буковий) довжиною 78 см. (рис. 8) та дубових зразках довжиною 35 см. (паркет дубовий). Відстань між п'єзоелектричними приймачами (2, 3, рис. 2) у букових зразках становила 68 см, у дубових – 25 см. П'єзоелектричний випромінювач (1, рис. 2) збуджує у зразки бука, дуба поперечну хвилю, яка поширюється вздовж волокон зі швидкістю, наведеною у таблиці. Тестовий сигнал для прозвучування був у вигляді радіоімпульса довжиною 5 мс із частотою заповнення 18 кГц. Прозвучування для кожного зразка повторювали 1000 разів.

Табл. Швидкість поширення акустичної хвилі у зразках з бука, дуба

Порода	Якість зразка	Середній час проходження, с	Швидкість акустичного тестового сигналу, м/с
Бук	Бук без дефектів	0,000450023	1511,035
	Бук з поздовжніми глибокими зовнішніми тріщинами	0,001717211	395,991
	Бук з внутрішніми малими тріщинами, які частково виходять назовні	0,000794558	855,822
Дуб	Дуб без дефектів	0,000133039	1879,155
	Дуб з поздовжніми глибокими зовнішніми тріщинами	0,000435306	574,308
	Дуб з внутрішніми малими тріщинами, які частково виходять назовні	0,000225147	1110,384

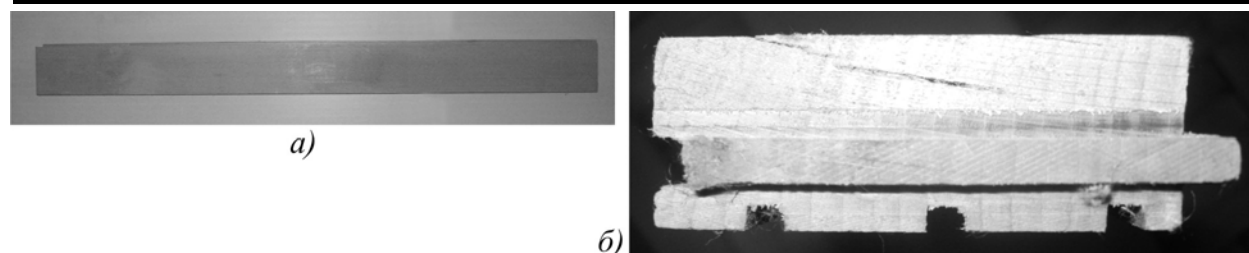


Рис. 8. Зразки бука для акустичних вимірювань: а) вигляд зверху на зразок бука без дефектів довжиною 78 см; б) вигляд збоку на зразок бука із внутрішніми тріщинами, які частково виходять назовні

Висновки. Розроблене програмне забезпечення дає змогу визначати швидкість поширення акустичної хвилі у зразках деревини. Проведені експериментальні дослідження підтвердили, що ознакою дефекту є зміна часу проходження акустичного сигналу. На основі отриманих результатів запропоновано методику виявлення дефектів у деревині акустичним методом, яка полягає у виконанні таких пунктів:

- у "здоровій" деревині певної породи на визначеній відстані між випромінюючим і приймаючим перетворювачами посиляють декілька разів тестовий сигнал.
- встановлюються допустимі межі часової затримки акустичного сигналу між першим та другим приймачами (тобто, прилад налаштовується на прийняття тестового сигналу – імпульсу, який пройшов у здоровій, бездефектній деревині).
- приймають, що відхилення від цих меж трактується як виявлення дефекту.

Література

1. **Ефимов А.А.** Измерение скорости ультразвука по радиусу ствола // Современные наукоемкие технологии. – М. : Российская Академия Естествознания. – 2009. – № 8. – С. 23-27.
2. **Сафаров В.О.** Дослідження вологості деревини ультразвуковим методом / В.О. Сафаров, Я.І. Соколовський // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1997. – № 6. – С. 210-215.
3. **Сафаров В.О.** Дослідження фізико-механічних властивостей деревини імпульсним ультразвуковим методом / В.О. Сафаров, Я.І. Соколовський // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1997. – № 6. – С. 227-231.
4. **Соколовський Я.І.** Дослідження теплофізичних і пружних властивостей деревини ультразвуковим методом / Я.І. Соколовський, В.О. Сафаров, О.Л. Сторожук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 15.4. – С. 124-133.
5. **Темнова Е.Б.** Применение ультразвука в определении резонансных свойств древесины поленьев // Успехи современного естествознания. – М. : Российская Академия Естествознания. – 2009. – № 8. – С. 8-15.
6. **Шмелёв О.Я.** Многофазный генератор электрических сигналов звуковых и инфразвуковых частот // Приборы и техника эксперимента. – М. : Изд-во "Наука". – 2009. – № 2. – С. 170-172.
7. **Шмелёв О.Я.** Компьютеризованная установка для измерения электрического импеданса / О.Я. Шмелёв, В.Ф. Королёв // Метрология. – М. : Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. – 2006. – № 8. – С. 36-40.
8. **Dikrallah, A.** Experimental analysis of acoustic anisotropy of green wood by using guided waves / A. Dikrallah, A. Hakam // Proceedings of the ESWM-COST Action E35, 2006. – PP. 149-154.
9. **Halabe, U.B.** Nondestructive evaluation of green wood using stress wave and transverse vibration techniques / U.B. Halabe, G.M. Bidigalu, H.V.S. GangaRao, R.J. Ross // Materials Evaluation. – 1997, Volume 55, Issue 9. – PP. 1013-1018.
10. **Istvan A. Veres.** Non-destructive testing of wood by wave propagation/ Center of Mechanics, ETH Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland / Istvan A. Veres, Mahir B. Sayir // XXI International Congress of Theoretical and Applied Mechanics Warsaw, Poland, August 15-21, 2004.
11. **Reinprecht L.** Detection of rot in wood beams by ultrasound method – model and practical studies / Technical University of Zvolen, Slovakia / L. Reinprecht, M. Panek // International Conference on Wooden Cultural Heritage: *Evaluation of Deterioration and Management of Change*, (Hamburg, Germany; October 7-10, 2009).
12. **Shmelev, O. Ya.** The subsonic band in computer systems based on a sound card Measurement Techniques Volume 51, Number 1, January, 2008. – PP. 82-85.
13. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.shmelyoff.nm.ru/gss.htm>.

Сторожук О.Л., Тураш Р.И., Кенс И.Р., Соколовський Я.И. Использование информационных технологий для выявления дефектов в древесине с помощью акустического метода

Разработано программное обеспечение для совершенствования и практической реализации акустического метода обнаружения дефектов в древесине. Это позволит экспериментально определять время прохождения тестового звукового сигнала в ма-

териале. Проведенные экспериментальные исследования для определения скорости распространения акустической волны в древесине. На основе полученных результатов предложена методика выявления дефектов в древесине акустическим методом.

Ключевые слова: акустические измерения, древесина, неразрушающий контроль, звуковая карта, программное обеспечение.

Storozhuk O.L., Turash R.I., Kens I.R., Sokolowsky Ya.I. Using of information technologies for wood defects detection by the acoustic method

The software is developed here for improvement and practical implementation of an acoustic method for detection of imperfections in timber. This will make it possible to define transit time of a test sonic signal in a stuff by direct measurement. The experimental research to define the velocity of sonic wave propagation in wood was conducted. Obtained results made it possible to propose the technique of wood defects detection by the acoustic method.

Keywords: acoustic measurement, wood, nondestructive control, a sound card, the software.

УДК 004.4 *Викл. В.В. Яцишин – Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя; доц. О.Г. Харченко, канд. техн. наук – Національний АУ, м. Київ*

**CASE-ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБЛЕННЯ ВИМОГ ДО
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ
ЙОГО ЯКОСТІ**

Наведено результати дослідження сучасних CASE-технологій, які використовують для підтримання процесів проектування на різних етапах життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ). Внаслідок аналізу виявлено низку недоліків цих технологій та запропоновано власний CASE-засіб, який є web-орієнтованим і спрямований на підтримку технології, базованої на моделі якості стандарту ISO 9126. Показано, що використання цієї моделі, відповідної технології та засобу дає змогу адекватно відобразити потреби замовника та користувачів ПЗ на специфікації вимог, а також визначити міру їх задоволення. Пропонований CASE-засіб дає змогу автоматизувати процес розроблення вимог і керування ними, що значно підвищує якість процесу проектування і скорочує часові межі виконання проекту.

Вступ. Сучасний стан розвитку інформаційних систем (ІС) характеризується постійним зростанням їхньої складності. Це потребує залучення значних ресурсів для забезпечення ефективності їх функціонування. Хоч на цей час розроблено цілу низку методів та методологій проектування ІС, як корпоративних, так і загального використання, але за їх застосування часто виникають проблеми, пов'язані з недостатньою формалізацією процесів проектування. А це своєю чергою перешкоджає впровадженню засобів автоматизації цих процесів.

Тому розроблення формалізованих процедур реалізації процесів проектування ПЗ є актуальною задачею інженерії програмного забезпечення.

Постановка задачі. Технологія створення ПЗ базується на процесах ЖЦ [1], які за своєю природою є досить складними, трудомісткими і творчими. У зв'язку з цим виникає потреба створення CASE-технологій, які б давали змогу автоматизувати операції та стадії як основних, так і допоміжних процесів ЖЦ. Розроблення таких технологій є актуальною задачею, оскільки