

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ПОГЛИНАННЯ ВІД СТУПЕНЮ
СТИГЛОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ
ПРИ ЇХ ІМПУЛЬСНОМУ ЗБУДЖЕННІ**

В.Ф. Яковлєв, проф.

О.В. Рясна

Сумський національний аграрний університет

Одним з найважливіших показників рівня розвитку сільськогосподарського виробництва є якість продукції, ознаки якої, особливо продуктів рослинного походження фіксованої геометричної форми (наприклад, баштанні), не завжди можливо визначити тільки по його зовнішньому стану. Тому, при контролі якісних ознак, виникає необхідність руйнування продукту, значних витрат часу на біохімічний аналіз складових структури продукту, високої кваліфікації експертного персоналу, не дозволяє використовувати існуючі методи контролю в технологічному процесі обробки продукції.

Тому, тільки при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів неруйнівного експресного контролю стану продукції можливо позитивно вирішення цієї задачі. Одним із таких методів, що забезпечує експресний неруйнівний контроль якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми є метод акустичного зондування, суть якого полягає у взаємозв'язку параметрів акустичного поля з біофізичними параметрами біологічних об'єктів, що змінюються в процесі зміни їх ступеню стиглості. Одним із інформативних параметрів акустичного поля є коефіцієнт поглинання вільних коливань при імпульсному збудженні об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості.

У наведеному матеріалі представлені результати експериментальних досліджень по встановленню зв'язків між коефіцієнтом поглинання вільних коливань і фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості при їх імпульсному збудженні та кількісна оцінка цих показників.

Ключові слова: акустичне зондування, імпульсне збудження, параметри акустичного поля, спектр коливань, амплітуда, частота, коефіцієнт поглинання, асиметрія, ексцес.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших показників рівня розвитку сільськогосподарського виробництва є якість продукції, що йде як на реалізацію населенню, так і в якості початкової сировини для технологічної переробки. Визначення якісних ознак продукції, у своїй більшості, передбачають або хімічні методи аналізу, тривалість проведення яких дуже велика, або органолептичні методи оцінки, що вимагають певних навичок від особи, що виконує контроль. Крім того, при цих видах контролю виникає необхідність руйнування продукту. Деякі ознаки, особливо продуктів рослинного походження фіксованої геометричної форми (наприклад, баштанні), як ступень стиглості, не можливо визначити тільки по його зовнішньому стану. Тому, пошук нових методів та розробка на їх основі технічних засобів експресного неруйнівного контролю якісних ознак біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми є актуальною задачею.

Позитивне вирішення цієї задачі можливо тільки при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів неруйнівного експресного контролю стану продукції. Одним із таких методів, що забезпечує експресний неруйнівний контроль якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми є метод акустичного зондування, суть якого полягає у взаємозв'язку параметрів акустичного поля з біофізичними параметрами біологічних об'єктів, що змінюються в процесі зміни їх ступеню стиглості.

Одним із раціональних методів, які забезпечують експресний неруйнівний контроль вище названих якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми є метод акустичного зондування, який дозволяє оцінювати, вище названі ознаки, по параметрам акустичного поля при імпульсному збудженні плодів, а саме по коефіцієнту поглинання вільних коливань [1,4].

При цьому виникає необхідність у проведенні експериментальних досліджень по встановленню зв'язків між коефіцієнтом поглинання вільних коливань і фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості при їх імпульсному збудженні та визначення їх кількісних значень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням, які пов'язані із застосуванням акустичних методів контролю, визначенню взаємозв'язків якісних ознак і їх кількісних значень біологічних об'єктів з параметрами акустичного поля присвячено значна кількість робіт [1,2,3,4]. Але, незважаючи на велику кількість цих робіт, більшість з них присвячені різним видам біологічних об'єктів. Крім того, в цих роботах не має єдиного підходу щодо їх систематизації, які б дозволяли прогнозувати отримання визначеного технічного або економічного ефекту та з цих позицій розробити системний алгоритм

проектування електроакустичних систем неруйнівного експресного контролю якості продукції, а саме, ступеню їх стиглості.

Слід відмітити, що нові, більш сучасні методи потребують і нових технічних рішень та проведення відповідних експериментальних досліджень, які передбачають встановлення взаємозв'язків між параметрів акустичного поля та якісними ознаками продуктів, що безпосередньо пов'язані з їх фізико-механічними властивостями. В деяких з них [1,4] розглянуто питання взаємозв'язку параметрів амплітудно-частотного спектру вільних коливань при ударному збудженні біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості та їх фізико-механічними властивостями, встановлено можливі інформативні параметри для оцінки якісних ознак продуктів. В цих роботах визначено значний вплив фізико-механічних властивостей ні на всі, а на деякі вихідні параметри акустичного поля.

Все вище викладене визначає мету та основні задачі досліджень, які потребують більш глибокого дослідження зв'язку між фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми, які тісно пов'язані з їх якісними ознаками, а саме ступенем стиглості і одним із параметрів акустичного зондування - коефіцієнта поглинання.

Формулювання мети статті. Надати результати експериментальних досліджень по встановленню зв'язків між коефіцієнтом поглинання вільних коливань і фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості при їх імпульсному збудженні та кількісної оцінки цих показників.

Основні матеріали досліджень. Удосконалення технології виробництва того чи іншого виду продукції потребує розробки і застосування нових, більш досконалих технічних засобів контролю якісних ознак цих продуктів, визначення області їх застосування. Розробка вище названих технічних засобів контролю базується, в першу чергу, на результатах глибоких теоретичних та експериментальних досліджень, особливо, по зв'язку між фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів, які тісно пов'язані з їх якісними ознаками і параметрами акустичного зондування, а саме, зв'язок коефіцієнту поглинання зі ступеню стиглості біооб'єкту.

При проведенні експериментальних досліджень, для встановлення ступеню зв'язку між коефіцієнтом поглинання і фізико-механічними властивостями об'єктів різного ступеню стиглості при їх імпульсному збудженні, було досліджено зв'язок між наступними параметрами: δ_j - коефіцієнтом поглинання вільних коливань j -ої фракції, с^{-1} ; D_{ij} - i -им діаметром плоду j -ої фракції якості, м; ρ_{mj}, ρ_{kj} - щільністю компонентів структури (м'якоті і кори, відповідно) плоду j -ої фракції якості, $\text{кг}/\text{м}^3$; E_j - модулем

пружності першого роду (модуль Юнга) кори плодів j -ої фракції, P_a ; K_{mj} - модулем об'ємної пружності м'якоті плодів j -ої фракції, P_a , як внутрі, так і між фракціями по ступеню стиглості. Для отримання кількісних значень, вище названих параметрів, було використано експериментальні дані попередніх досліджень амплітудно-частотного спектру вільних коливань біооб'єктів [2,4].

Для встановлення зв'язків між перерахованими параметрами було визначено парні коефіцієнти кореляції та кореляційні відношення, проведено оцінку їх достовірності по методиці, згідно [5,6,7]. Також побудовані залежності коефіцієнту поглинання вільних коливань від фізико-механічних параметрів плодів в залежності від ступені їх стиглості, як між фракціями, так і в межах кожної фракції. Результати наведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 - Парні коефіцієнти кореляції між коефіцієнтом поглинання, розміром D і щільністю ρ_m і ρ_k компонентів структури плодів для кожної фракції по якості (сорт Астраханський, середній плід)

Параметри відповідно до ступеню зрілості		Кількісні показники
Незрілі	D	- 0,914
	ρ_m	- 0,149
	ρ_k	- 0,146
Недозрілі	D	- 0,977
	ρ_m	- 0,141
	ρ_k	- 0,127
Зрілі	D	- 0,977
	ρ_m	- 0,107
	ρ_k	- 0,096
Перезрілі	D	- 0,973
	ρ_m	- 0,167
	ρ_k	- 0,183

З таблиці 1 видно, що між коефіцієнтом поглинання і діаметром плодів для кожної з фракцій існує тісний кореляційний зв'язок. Між щільністю компонентів структури плода і коефіцієнтом поглинання такого зв'язку всередині фракції не спостерігається. Це свідчить про те, що для кожної конкретної фракції щільності кори і м'якоті змінюються незначно. Тому в межах фракції щільність компонентів можна прийняти рівними середнім значенням.

Розглянуто залежність коефіцієнта поглинання від щільності компонентів структури плода в процесі зміни якісного стану плодів. З цією метою розраховані значення парних коефіцієнтів кореляції і кореляційних відносин для даних параметрів, які наведені в таблицях 2 і 3.

Аналіз даних таблиць говорить про те, що між поглинаючою властивістю плодів і щільністю м'якоті і кори існує високий кореляційний зв'язок. Однак цей зв'язок між щільністю кори і коефіцієнтом поглинання носить істотно нелінійний характер, що видно з рисунку 1, на якому представлені залежності названих параметрів для сорту Астраханський.

Таблиця 2 – Парні коефіцієнти кореляції між щільністю ρ_m і ρ_k компонентів структури плодів (сорт Астраханський, середній плід)

Позначення коефіцієнтів та їх для кількісні показники			
ρ_m	- 0,789	$\rho_m \rho_k$	0,064
ρ_k	0,221	-	-

Таблиця 3 - Матриця кореляційних відношень між коефіцієнтом поглинання δ і щільністю компонентів ρ_m і ρ_k структури плодів

Параметри	Кількісні показники		
	δ	ρ_m	ρ_k
ρ_m	0,933	0,901	1,0
ρ_k	0,844	1,0	0,213
δ	1,0	0,930	0,724

Аналіз залежностей (рис.1) свідчить про те, що з поліпшенням якості плода (ступеня його зрілості) збільшується щільність м'якоті, а щільність кори від перезрілий фракції до незрілої збільшується, а потім зменшується. Крім того, коефіцієнт поглинання при даній зміні зрілості і щільності компонентів структури плода зменшується. Це свідчить, що визначальним фактором в поглинальної здатності плодів при їх ударному збудженні є щільність м'якоті.

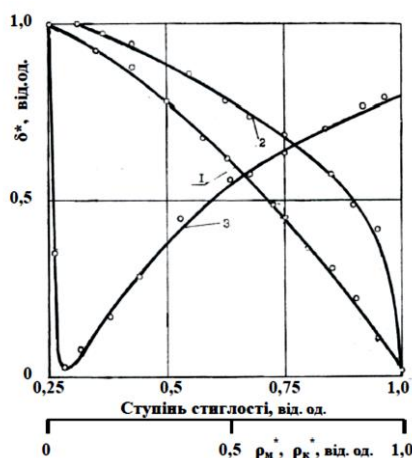


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта поглинання в залежності від зрілості, щільності м'якоті ρ_m і щільності кори ρ_k плодів: 1 – залежність δ^* від ступеню зрілості; 2 – для м'якоті $\delta^* = f(\rho_m)$; 3 – для кори $\delta^* = f(\rho_k)$

Проведені експериментальні дослідження показали, що між коефіцієнтом поглинання δ і розміром D , а також щільністю компонентів структури плода ρ_m і ρ_k для кожної фракції і коефіцієнтом поглинання при зміні якості плодів існує зв'язок. Для кількісної оцінки міри

зв'язку між названими параметрами обчислено значення часних коефіцієнтів кореляції за формулою [7] :

$$r_{xy(z)} = \frac{r_{xy} - r_{xy}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2)(1-r_{yz}^2)}} \quad (1)$$

де r_{xy}, r_{xz}, r_{yz} - парні коефіцієнти кореляції.

Отримані значення коефіцієнтів кореляції наведено у таблиці 4

Таблиця 4 - Часні коефіцієнти кореляції між параметрами в межах фракції

Частинний коефіцієнт кореляції	Ступінь зрілості			
	Незрілі	Недозрілі	Зрілі	Перезрілі
$r_{\delta D(\rho_M)}$	- 0,917	- 0,981	- 0,981	- 0,978
$r_{\delta D(\rho_K)}$	- 0,916	- 0,983	- 0,982	- 0,979
$r_{\delta \rho_M(D)}$	0,243	0,452	0,404	0,444
$r_{\rho_M D(\delta)}$	0,326	0,484	0,431	0,486
$r_{\delta \rho_K(D)}$	0,217	0,505	0,481	0,499
$r_{\rho_K D(\delta)}$	0,298	0,534	0,505	0,542
Частинні коефіцієнт кореляції між параметрами в залежності від якості плодів				
$r_{\delta D(\rho_M)}$	- 0,290			
$r_{\delta \rho_M(\rho_K)}$	- 0,825			
$r_{\delta \rho_K(\rho_M)}$	0,443			
$r_{\rho_M \rho_K(\delta)}$	0,398			

З таблиці 4 видно, що значення часних коефіцієнтів кореляції $r_{\delta D(\rho_M)}$ значно вище значень $r_{\delta D(\rho_M)}$ і $r_{\rho_M D(\delta)}$ всередині кожної фракції, що свідчить про незначність впливу щільності компонента плода на параметр поглинання в межах фракції, і, навпаки, істотно в даному випадку є вплив розміру плода. У процесі ж зміни якісного стану об'єкта контролю (при переході його від незрілої до недозрілої - зрілої - перезрілої фракціям) діаметр вже має незначний вплив $r_{\delta D(\rho_M)max} = - 0,290$. Істотним в даному випадку є щільності м'якоті і кори плодів. З аналізу таблиці 4 видно, що коефіцієнт поглинання плодів при ударному збудженні в найбільш значній мірі визначається щільністю м'якоті плоду. Крім того, як щільність кори, так і щільність м'якоті визначають поглинаючу здатність плодів в залежності від їх якісного стану.

Отримані залежності свідчать також про те, що для однозначного визначення коефіцієнта поглинання в залежності від якісного стану плодів необхідно враховувати його геометричний розмір (діаметр). Для використання цієї ознаки встановлено ступінь лінійності зв'язку між цими параметрами. Відносна ступінь лінійності залежності між двома випадковими величинами визначається виразом [7] :

$$\gamma_{xy} = \sqrt{\frac{\eta_{xy}^2 - r_{xy}^2}{\eta_{xy}^2}} \quad (2)$$

де γ_{xy} - відносна ступінь нелінійності;

η_{xy} - кореляційне відношення;

r_{xy} - коефіцієнт кореляції.

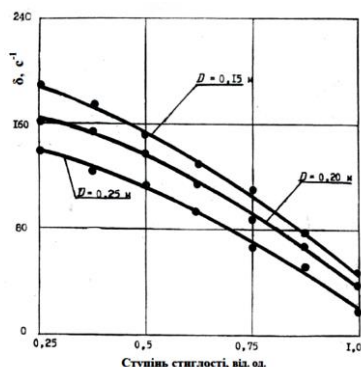
Отримані значення, кореляційних відносин і показників ступеня нелінійності зв'язку між коефіцієнтом поглинання і розміром плодів в межах кожної фракції, а також між коефіцієнтом поглинання і щільністю компонентів структури плоду при зміні якісного стану об'єкта контролю, наведені в таблиці 5.

Ступінь відхилення зв'язку між коефіцієнтом поглинання і розмірами для всіх фракцій плодів від лінійної, значно менше, ніж відхилення цього ж зв'язку для інших параметрів, зокрема, щільністю кори і м'якоті плодів в динаміці зміни їх якості. Отже, зв'язок між коефіцієнтом поглинання і діаметром плоду можна описати рівнянням лінійної регресії. Це вказує також на те, що при вимірюванні коефіцієнта поглинання необхідно обов'язково враховувати розмірний показник об'єкта контролю.

Таблиця 5 – Кореляційне відношення $\eta_{\delta i}$ та показник відносної ступені нелінійності $\gamma_{\delta i}$ зв'язку між коефіцієнтом поглинання, розміром плодів кожної фракції і щільністю компонентів структури плодів

Параметри	Кореляційні відношення та показники нелінійності зв'язку		
	$\eta_{\delta i}^2$	$r_{\delta i}^2$	$\gamma_{\delta i}^2, \%$
D_{II}	0,953	0,947	8,02
D_{II}	0,840	0,835	7,61
D_{II}	0,957	0,955	5,01
D_{II}	0,959	0,955	6,13
ρ_m	0,712	0,679	35,5
ρ_k	0,870	0,048	97,2

На рисунку 2 показана залежність коефіцієнта поглинання від ступеня зрілості з урахуванням зміни діаметра плодів (в межах можливого мінімального і максимального варіювання) для дослідженого сорту. Ця залежність близька до лінійної (коефіцієнт нелінійності $\gamma_{\delta i} = 5,01 \dots 8,02 \%$). Для кожної фракції по зрілості коефіцієнт поглинання



варіює залежно від його розмірно-масової характеристики.

Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта поглинання від діаметра та зрілості плодів

На рисунку 3 представлені теоретична і експериментальна залежності параметра поглинання для середнього зразка залежно від ступеня зрілості плодів.

Порівняння експериментальної залежності коефіцієнта поглинання від ступеня зрілості і розмірно-масової характеристики плода з теоретичної підтверджує правильність фізико-математичної моделі плода і висновків, зроблених при розгляді процесу трансформації ударного імпульсу через плід в цілому. Ця різниця становить 9 ... 13% і пояснюється тим, що обрана товщина оболонки моделі для кожної з фракцій залишається постійною. В реальності товщина кори і її механічний панцир в процесі дозрівання змінюються. Особливо ця зміна помітна для перестиглих плодів, де наповнювачем в окремих випадках може бути не тільки м'якоть, але і повітряна порожнина.

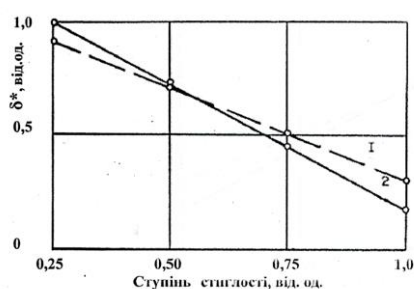


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта поглинання від ступені зрілості плодів при їх імпульсному збудженні (Середній зразок $D = 0,20$ м): 1 - теоретична, 2 - експериментальна

Повний збіг моделі доводиться на перехід між незрілою і недостижною (ближче до незрілої див. рисунок 3) фракціями. Очевидно, в даному випадку обрана товщина оболонки h повністю відповідає реальній її товщині.

Висновки

1. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що на вихідні інформативні параметри розділення партії плодів на фракції по якості суттєвий вплив оказують фізико-механічні властивості компонентів структури плодів. Тому, вихідний сигнал післядії імпульсного збудження плодів має складну форму.

2. Між коефіцієнтом поглинання та діаметром плодів існує тісний кореляційний зв'язок: $r_{\delta D} = -0,927$ с⁻¹. Тому при реалізації цього інформативного параметру для оцінки якості плодів, необхідно обов'язково враховувати їх розмірні характеристики.

3. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між коефіцієнтом поглинання та фізико-механічними властивостями компонентів структури плодів, які, безпосередньо, пов'язані з якісним станом об'єкта контролю. Нелінійність залежності коефіцієнту поглинання від зміни діаметру для кожної із фракцій плодів, з урахуванням можливого мінімального і максимального варіювання, знаходиться в межах $\gamma_{\delta i} = 5,01 \dots 8,02$ %. Це вказує на необхідність враховувати розмірно-масові характеристики плодів при їх зондуванні. 35,5; 97,2

4. Високі значення кореляційного відношення $\eta_{\delta i} = 0,712; 0,870$ та високі показники відносної ступені нелінійності $\gamma_{\delta i} = 35,5; 97,2$ між коефіцієнтом поглинання і фізико-механічними параметрами кори і м'якоті призводить до нелінійних вихідних параметрів процесу трансформації ударного імпульсу через плід.

5. Порівняння теоретичних та експериментальних даних зв'язку коефіцієнту поглинання з фізико-механічними параметрами компонентів структури плодів різної ступені зрілості при їх імпульсному збудженні дає достатню для практичних цілей ступень наближення прийнятої фізико – математичної моделі [4] до реального об'єкту. Відхилення теоретичних значень від експериментальних знаходяться у межах 9...13 %.

Список використаних джерел

1. Іноземцев Г.Б., Яковлев В.Ф., Козирський В.В. Застосування акустичних технологій в аграрному виробництві: Навчальний посібник -К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. - 171 с.: іл..

2. Kontrola jakosci owocow *V.F. Jakovlev, A.N. Terechov* (Tavrijskaja Derčavna Agrotehnična Arademija w. Melitopolu (Ukraina). Ekologiczne aspekty, mechaniracjii nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby: 111 Miedrynarodowe sympozjum /Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa Warszawa, 25 wrzesnia 1996 c.231-235.

3. А.с. № 1291866 (СССР) МКИ⁴ G01N29/00 Б. И. №7, 1987 *Яковлев В.Ф.,Бородин И.Ф. Максимочкин Г.И.* Способ определения зрелости и поврежденности плодов.

4. *Яковлев В.Ф.* Визначення якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми імпульсним методом / В.Ф. Яковлев // Вісник СНАУ Науковий журнал. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Вип.5 (33), 2018 – с.66 – 73

5. Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний,- М.: Машиностро-ение, 1972. - 368с.

6. Технологія наукових досліджень енергетичних систем в аграрному виробництві: Навчальний посібник. / Г.Б. Іноземцев, В.В.Козирський. За редакцією Г.Б. Іноземцева. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 198 с.

7. Лакин Г.Ф. Биометрия.- М.: Высш.школа, 1980. - 293с.

В.Ф. Яковлев, проф.

О.В. Рясна

Анотація

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ПОГЛИНАННЯ ВІД СТУПЕНЮ СТИГЛОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ПРИ ЇХ ІМПУЛЬСНОМУ ЗБУДЖЕННІ

Одним з найважливіших показників рівня розвитку сільськогосподарського виробництва є якість продукції, ознаки якої, особливо продуктів рослинного походження фіксованої геометричної форми (наприклад, баштанні), не завжди можливо визначити тільки по його зовнішньому стану. При контролі якісних ознак, виникає необхідність руйнування продукту, значних витрат часу на біохімічний аналіз складових структури продукту, високої кваліфікації експертного персоналу, не дозволяє використовувати існуючі методи контролю в технологічному процесі обробки продукції.

Тому, тільки при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів неруйнівного експресного контролю стану продукції можливо позитивне вирішення цієї задачі. Одним із таких методів, що забезпечує експресний неруйнівний контроль якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми є метод акустичного зондування, суть якого полягає у взаємозв'язку параметрів акустичного поля з біофізичними параметрами біологічних об'єктів, що змінюються в процесі зміни їх ступеню стиглості. Одним із інформативних параметрів акустичного поля є коефіцієнт поглинання вільних коливань при імпульсному збудженні об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості.

У наведеному матеріалі представлені результати експериментальних досліджень по встановленню зв'язків між коефіцієнтом поглинання вільних коливань і фізико-механічними властивостями біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеня зрілості при їх імпульсному збудженні та кількісна оцінка цих показників.

Ключові слова: акустичне зондування, імпульсне збудження, параметри акустичного поля, спектр коливань, амплітуда, частота, коефіцієнт поглинання, асиметрія, ексцес.

В.Ф. Яковлев, проф.

О.В. Рясная

Аннотація

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ОТ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ФИКСИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРИ ИХ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Одним из важнейших показателей уровня развития сельскохозяйственного производства есть качество продукции, признаки которого, особенно продуктов растительного происхождения фиксированной геометрической формы (например, бахчевые), не всегда возможно определить только по его внешнему состоянию. При контроле качественных признаков, возникает необходимость разрушения продукта, значительных расходов времени на биохимический анализ составляющих структуры продукта, высокой квалификации экспертного персонала, не позволяет использовать существующие методы контроля в технологическом процессе обработки продукции.

Поэтому, только при широком внедрении современных методов и технических средств неразрушающего экспрессного контроля состояния продукции возможно позитивное решение этой задачи. Одним из таких методов, которые обеспечивают экспрессный неразрушающий контроль качественных признаков биологических структур фиксированной геометрической формы есть метод акустического зондирования, суть которого заключается во взаимосвязи параметров акустического поля с биофизическими параметрами биологических объектов, которые изменяются в процессе изменения их степени зрелости. Одним из информативных параметров акустического поля есть коэффициент поглощения свободных колебаний при импульсном возбуждении объектов фиксированной геометрической формы разной степени зрелости.

В приведенном материале представлены результаты экспериментальных исследований по установлению связей между коэффициентом поглощения свободных колебаний и физико-механическими свойствами биологических объектов фиксированной геометрической формы разной степени зрелости при их импульсном возбуждении и количественная оценка этих показателей.

Ключевые слова: акустическое зондирование, импульсное возбуждение, параметры акустического поля, спектр колебаний, амплитуда, частота, коэффициент поглощения, асимметрия, эксцесс.

Abstract

**RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF THE ABSORPTION COEFFICIENT
ON THE DEGREE OF RIPENESS OF BIOLOGICAL OBJECTS OF FIXED
GEOMETRIC SHAPE DURING THEIR IMPULSE EXCITATION**

Yakovlev V., prof.

Riasna O.

Sumy National Agrarian University

One of the most important indicators of the level of development of agricultural production is the quality of products, the characteristics of which, especially plant products of fixed geometric shape (for example, melons), it is not always possible to determine only by its external condition. When monitoring quality characteristics, there is a need to destroy the product, significant time spent on the biochemical analysis of the components of the product structure, high qualification of expert personnel, does not allow the use of existing methods of control in the technological process of processing products.

Therefore, only with a wide introduction of modern methods and technical means of non-destructive Express control of the state of products can a positive solution to this problem be possible. One of these methods that provides express non-destructive control of qualitative features of biological structures of fixed geometric shape is the method of acoustic sensing, the essence of which is the relationship of the parameters of the acoustic field with the biophysical parameters of biological objects that change in the process of changing their degree of maturity. One of the informative parameters of the acoustic field is the coefficient of absorption of free vibrations during pulsed excitation of objects of fixed geometric shape of various degrees of maturity.

The given material presents the results of experimental studies on the establishment of relations between the absorption coefficient of free oscillations and the physical and mechanical properties of biological objects of fixed geometric shape of different degrees of maturity when they are pulsed excitation and a quantitative assessment of these indicators.

Keywords: acoustic sounding, pulse excitation, acoustic field parameters, vibration spectrum, amplitude, frequency, absorption coefficient, asymmetry, kurtosis.