

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА НАСІННИКА ДИНІ ТА ОГІРКА

А.С. Пастушенко, асистент

*Миколаївський державний аграрний університет*

**Анотація:** розроблено математичну модель, що відображає фізико-механічні параметри середовища насінника дині та огірка з визначення основних характеристик міцності.

**Ключові слова:** насінник, насіння, текучість, швидкість розповсюдження подовжніх хвиль стиснення, параметри середовища насінника.

**Постановка проблеми.** Технологічний процес виділення і доробки насіння на сучасних потокових лініях і окремих машинах складається з ряду послідовних операцій, в процесі яких робочі органи машин і установок діють на насінніві плоди та насіння.

В процесі дії робочих органів на оброблювальний матеріал, стосовно технологічних операцій виділення насіння, переслідується дві мети:

- зміна в необхідному напрямі початкового стану насінників;
- максимальне зберігання початкового стану насіння, що міститься в плодах, за для отримання високоякісного насіннєвого матеріалу.

В обох випадках якісна сторона очікуваної зміни чи зберігання початкового стану в певній мірі визначається геометричними і режимними параметрами робочих органів, а також фізичними і технологічними властивостями вихідного перероблюваного матеріалу.

Взаємодія робочих органів машини і плодів що обробляються, з метою якісного відділення насіння від насінника вимагає чіткого моделювання процесу. Це дозволяє на етапі проектування зробити правильний вибір конструкції машини та її робочих органів, з урахуванням бажаних результатів.

Як відомо, технологічний процес одержання насіння гарбузових культур розділяється по характеру виконання роботи на дві основні операції:

- руйнування плодів з метою максимального вивільнення насіння від зв'язку з м'якоттю;
- відділення вільного насіння від подрібненої маси.

Кожну з цих операцій, в спеціально призначених машинах, виконують відповідні робочі органи: подрібнювач, сепаратор. При цьому на якість обох операцій значний вплив мають вміст в масі насінників рослинних і органічних домішок, фізико-механічні властивості об'єктів обробітку, умови обробітку, ступінь подрібнення насінників та вивільнення насіння.

Якщо перші три чинники не залежать від конструктивних і технологічних особливостей подрібнювального пристрою, то ступінь подрібнення та вивільнення насіння знаходиться в прямій залежності від них.

Для вивчення стану та поведінки насінневих плодів під час та після дії на них робочих органів машини, необхідно встановити фізико-механічні властивості що формують основу під дослідження процесу руйнування насінників та руху робочої маси і виділення з неї максимально можливої кількості вільного насіння, шляхом його просіювання крізь решітне полотно.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як показав проведений нами аналіз, ґрунтовні теоретичні дослідження середньостатистичних показників фізико-механічних властивостей насінників і насіння овоче-баштанних культур були проведені професором І.Ф. Анісимовим [1]. Серед них такі як: середня маса плоду; питомий опір роздавлювання; міцність оболонки насіння на прокол; фрикційні властивості насіння.

Теоретичні дослідження динамічних процесів що відбуваються під час виробництва насіння огірка і дині за допомогою давильної технології вимагають визначення наступних характеристик: щільність і стисливість середовища насінника; модуль пружності  $E$ ; швидкість розповсюдження хвиль стискання в середовищі насінника; межа міцності тіла насінника і матеріалу насіння.

Проблеми створення моделей суцільних середовищ опікувалися такі науковці як Ю.М. Работнов, Р.І. Нігматулін, В.М. Ніколаєвський та інші

дослідники [2, 3, 4]. Наукові роботи що були виконані ними носять фундаментальний характер і для даного прикладного випадку є достатньо складними та мало зручними. Тому, використовуючи ідеологію наукових праць перелічених авторів, застосуємо для вирішення поставленої задачі дещо змінений підхід.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Для визначення параметрів середовища насінника сформуємо математичну модель розповсюдження в ній хвиль стиснення.

Припускаємо що: властивості тіла насінника огірка і дині однакові; внутрішня маса насіннєвих плодів що подрібнюються, розглядається як однорідну нестисливу (або слабо стисливу) середу; внутрішній тиск (напруження) однаковий для всіх компонентів з яких складається середовище; відновленням деформованого шару на виході з робочої зони нехтуємо [5].

Середовище насінника включає такі складові як вода (до 93%), рослинна основа і повітря. Для впорядкованості приймаємо наступний порядок індексації параметрів компонентів середовища насінника, де  $i = 1$  – тверда рослинна основа,  $i = 2$  – вода;  $i = 3$  – повітря.

Розглянемо модельне однорідне середовище густини  $\rho$ , з модулем пружності  $E$ . У випадку одновимірної подовжньої деформації тіла такого середовища запишемо відому залежність закону Гука [6, 7]

$$\delta = E\varepsilon, \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon = \Delta l / l$  – відносна деформація стиснення;

$E$  – модуль пружності (модуль Юнга).

Знайдемо зв'язки між параметрами умовного однорідного середовища і параметрами його складових елементів.

Вважаємо, що  $\gamma_i (i = 1, 2, 3)$  – об'ємна концентрація елементу, тоді

$$\sum_{i=1}^3 \gamma_i = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1, \quad (2.2)$$

а сумарна деформація стиснення

$$\Delta l = \sum_{i=1}^3 \Delta l_i, \quad (2.3)$$

або у відносному вигляді:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \sum_{i=1}^3 \frac{\Delta l_i}{l_i} \frac{l_i}{l}. \quad (2.4)$$

Вважаємо, що  $\Delta l_i / l_i = \varepsilon_i$ , а  $l_i / l \approx \gamma_i$ , тоді (2.4) приймає вигляд

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^3 \gamma_i \varepsilon_i. \quad (2.5)$$

Далі додатково приймаємо, що внутрішній тиск (напруження) однаковий для всіх компонентів середовища, тобто

$$\sigma = E \varepsilon = E_i \varepsilon_i, \quad (2.6)$$

звідки 
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \sum_{i=1}^3 \gamma_i \varepsilon_i = \sigma \sum_{i=1}^3 \frac{\gamma_i}{E_i}. \quad (2.7)$$

З виразу (2.7) знаходимо

$$E = \left( \sum_{i=1}^3 \gamma_i / E_i \right)^{-1}. \quad (2.8)$$

Відзначимо, що коефіцієнт пропорційності  $E_i$  при  $i = 1, 2$  є величиною, зворотною величині стисливості  $\chi_i$

$$E_{1,2} = \frac{1}{\chi_{1,2}}.$$

Густину еквівалентного суцільного середовища знайдемо із залежності

$$\rho = \sum_{i=1}^3 \gamma_i \rho_i. \quad (2.9)$$

Швидкість розповсюдження хвиль стиснення в такому середовищі визначається відомим виразом [8, 9]

$$c_0 = \sqrt{E / \rho}, \quad (2.10)$$

аналогічно вважаємо, що

$$c_i = \sqrt{E_i / \rho_i}, \quad i = 1, 2, 3. \quad (2.11)$$

Підставивши в (2.10) вирази (2.8) і (2.9), одержимо

$$c_0 = \left[ \left( \sum_{i=1}^3 \frac{\gamma_i}{E_i} \right) \left( \sum_{i=1}^3 \gamma_i \rho_i \right) \right]^{-\frac{1}{2}}. \quad (2.12)$$

Позначимо, що

$$E = \sum \frac{\gamma_i}{E_i} = \sum \frac{\gamma_i}{\rho_i (E_i / \rho_i)} = \sum \frac{\gamma_i}{\rho_i c_i^2}.$$

Тоді

$$c_0 = \left[ \left( \sum_{i=1}^3 \frac{\gamma_i}{\rho_i c_i^2} \right) \left( \sum_{i=1}^3 \gamma_i \rho_i \right) \right]^{-\frac{1}{2}}. \quad (2.13)$$

Аналіз літературних джерел [8, 9, 10] дозволив прийняти  $\rho_1 \approx 1350$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_2 \approx 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_3 \approx 1,2$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_1 \approx 3500$  м/с,  $c_2 \approx 1500$  м/с,  $c_3 \approx 330$  м/с.

Тоді наближено можна вважати, що сума добутків

$$\sum_{i=1}^3 \gamma_i \rho_i \approx \gamma_1 \rho_1 + \gamma_2 \rho_2,$$

так як  $\gamma_3 \rho_3$  має модуль в декілька разів менший ніж  $\gamma_1 \rho_1$  і  $\gamma_2 \rho_2$ , а значить можна прийняти суму у вигляді

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\gamma_i}{\rho_i c_i^2} \approx \frac{\gamma_3}{\rho_3 c_3^2}.$$

Вираз для швидкості розповсюдження подовжніх хвиль (2.13) можна представити як

$$c_0 = c_3 \sqrt{\frac{\rho_3 / \rho_1}{\gamma_1 \gamma_3 \left( 1 + \frac{\gamma_2 \rho_2}{\gamma_1 \rho_1} \right)}}. \quad (2.14)$$

Знайдемо відношення:  $\frac{\rho_3}{\rho_1} = \frac{1,2}{1350} = 0,89 \cdot 10^{-3}$ ;  $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1000}{1350} = 0,741$ . Вважаємо

для огірків  $\gamma_1 \approx 0,04 \div 0,05$ ,  $\gamma_3 \approx 0,05 = const$ . Тоді отримаємо  $c_0 \approx 52$  м/с.

Ці значення близькі до швидкості для сирової гуми – 54 м/с [9].

При визначенні фізико-механічних параметрів середовища (матеріалу) насінника з'ясуємо параметри міцності матеріалу насіння.

Для визначення параметрів міцності насіння 1 (рис. 2.1) використовуємо результати випробувань [1] насіння огірка і дині на прокол тонкою голкою 2 діаметром 1 мм, які фіксують цей параметр в межах  $[19,6 \div 34,6] \text{ Н/мм}^2 \times 10^3$ . Розглянемо модель процесу проколу детальніше.

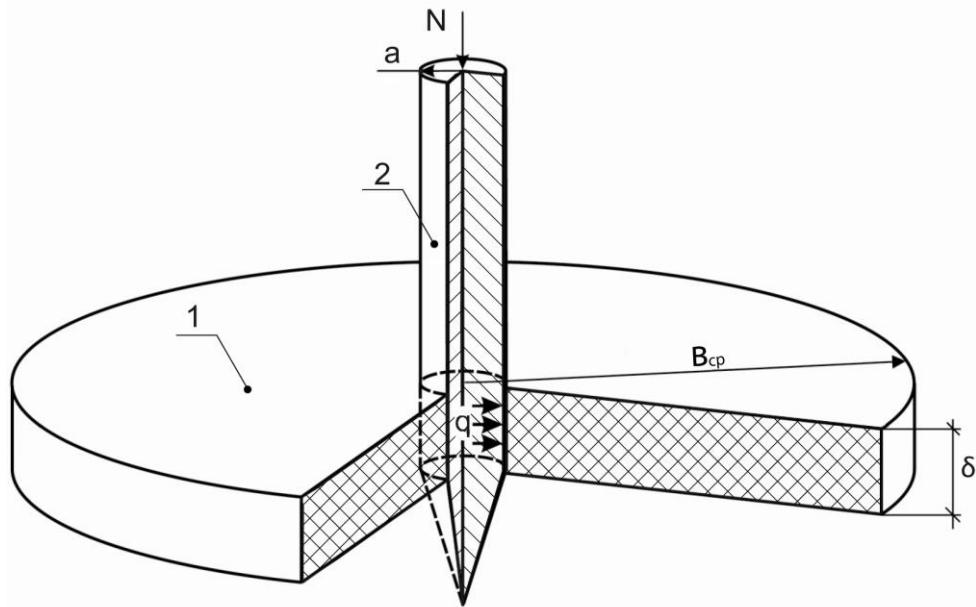


Рис. 2.1. Схема визначення міцності оболонки насіння на прокол

Для визначення  $\sigma_T$  використовуємо моделі [11, 2] навантаження пружно-пластичних тіл (дисків, труб) внутрішнім тиском. У [2] приведені результати рішення задачі пружного навантаження у вигляді:

$$\sigma_{rr} = A + \frac{B}{r^2}; \quad \sigma_{\theta\theta} = A - \frac{B}{r^2}; \quad (2.15)$$

$$u = \frac{r}{E} [\sigma_{\theta\theta} - \mu \cdot \sigma_{rr}], \quad (2.16)$$

де  $\sigma_{rr}$  – радіальні напруги в диску;  $\sigma_{\theta\theta}$  – окружні напруги в диску;  $i$  – радіальні деформації;  $E$  – модуль пружності;  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $r$  – поточний радіус  $[a \leq r \leq b]$ ;  $A, B$  – постійні.

Постійні  $A$  і  $B$  визначаються з граничних умов:

$$r = a; \quad \sigma_{rr} = -q; \quad r = b; \quad \sigma_{\theta\theta} = 0, \quad (2.17)$$

шляхом підстановки у залежності

$$A = q \frac{a^2}{b^2 - a^2}; \quad B = -q \frac{a^2 b^2}{b^2 - a^2}, \quad (2.18)$$

де  $a$  – радіус голки;  $b$  – усереднений радіус насінини.

З врахуванням (2.17) і (2.18) отримаємо

$$u = \frac{r}{E} q \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[ (1 - \mu) - (1 + \mu) \frac{b^2}{a^2} \right]. \quad (2.19)$$

Зважаючи на те, що  $u = r = a$ , отримаємо

$$E = q \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[ (1 - \mu) - (1 + \mu) \frac{b^2}{a^2} \right]. \quad (2.20)$$

Підставляючи в (2.20)  $a = 0,5 \text{ мм}$ ,  $b_{cp} = 6 \text{ мм}$  [1],  $\mu \approx 0,5$  виходячи з геометричних розмірів голки і насіння огірка, а також значення коефіцієнта Пуассона для матеріалу насінника визначеного за допомогою (2.14), отримаємо:  $E \approx 1,5q$ .

Вважаємо, що прокол відбувається, коли матеріал досягає межі текучості на границі з голкою. У [11] показано, що це відбувається при

$$q \approx 0,6 \sigma_T \left( 1 - b^2/a^2 \right). \quad (2.21)$$

З іншого боку прокол – це осьове зусиллям  $N$  на одиницю площі, тоді

$$2\pi a q \delta = N \pi a^2, \quad (2.22)$$

де  $\delta$  – середня товщина насіння огірка.

Отже з врахуванням (2.22) одержимо

$$\sigma_T = N \frac{a}{1,2\delta}. \quad (2.23)$$

У нашому випадку  $a = 0,5 \text{ мм}$ ;  $\delta_{cp} = 1,6 \text{ мм}$ ;  $N_{cp} = 27,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ .

Тоді  $\sigma_T = 0,26 N_{cp} \approx 0,26 \cdot 27,2 \cdot 10^{-3} = 7,072 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ ;

$E \approx 0,9 \sigma_T = 0,9 \cdot 7,072 \cdot 10^{-3} = 6,37 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ .

Значення  $\sigma_T$  одержане І.Ф. Анісімовим [1] за результатами експериментальних досліджень міцнісних характеристик насіння огірка становило  $\sigma_T = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ , що на 3,1% відрізняється від значення  $\sigma_T$  отриманого за допомогою теоретичних залежностей (2.20) – (2.23).

При роздавлюванні насінника в зазорі між барабаном і решітною декою та переміщенні роздавленого плоду і його фрагментів вагомий вплив на силові і динамічні процеси мають такі характеристики, як стисливість середовища і щільність насінника.

Всебічне зминання насінника призводить до зменшення його об'єму на величину  $\Delta V$  і виникненню пружних сил, що намагаються повернути плоду первинний об'єм. Тому стисливістю його середовища будемо вважати величину, що чисельно дорівнює відносній зміні об'єму тіла  $dV$  до зміни тиску  $dP$ , який її викликав.

$$\beta = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dP},$$

або більш наближено

$$\beta = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P}. \quad (2.24)$$

Коефіцієнт  $\beta$  для ньютонівських рідин практично не залежить від величини тиску і часу його дії. В той же час для пластично в'язких систем, із збільшенням тиску він зменшується і може досягати величини, що є властивою для води, у зв'язку з тим що в насінниках огірка і дині її міститься 85 ... 93%.

У випадку стискання силою  $P$  насіннєвого плоду у циліндрі за допомогою поршня площею  $F$ , маємо

$$\Delta V = \Delta l \cdot F; \quad V = l \cdot F; \quad \Delta P = P/F.$$

Підставляючи у (2.24) одержимо

$$\beta = -\frac{\xi}{V} \cdot \frac{F}{P}, \quad (2.25)$$

де, відносне подовження  $\xi = \Delta l/l$ .

З іншого боку, величина обернена стисливості  $\beta$  є модулем об'ємної пружності  $k$

$$k = 1/\beta,$$



який у свою чергу пов'язаний з іншими пружними параметрами: модулем пружності (модулем Юнга)  $E$  і коефіцієнтом Пуассона  $\mu$  [12]

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}. \quad (2.26)$$

Якщо відомі маса і об'єм насіннєвого плоду, то його середня щільність визначається з відношення

$$\rho = M/V, \quad (2.27)$$

де  $M$  – маса плоду;  $V$  – об'єм плоду.

Зважаючи на те, що форма насінника огірка близька до еліпсоїду, а насіннєвого плоду дині до кулі, їхній об'єм може бути обчислений шляхом визначення об'єму витисненої плодом води, відповідно як

$$V = 4/3 \pi abc; \quad V = 4/3 \pi R_o^3, \quad (2.28)$$

де  $a, b, c$  – півосі еліпсоїду,  $R_o$  – радіус кулі.

Оцінку середньої щільності насінників можна провести з погляду на глибину їхнього занурення у воду. Наприклад (рис. 2.2), для плоду дині 1, що має форму кулі радіусом  $R_o$ , в разі її перебування у рідині 2, над поверхнею знаходиться лише кульовий сегмент висотою  $H$  і радіусом  $r$ .

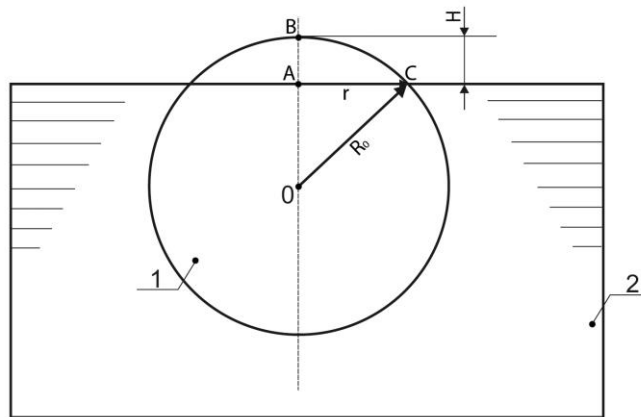


Рис. 2.2. Схема для визначення щільності зануреного у воду насінника

Висота і радіус сегменту пов'язані залежністю

$$R_o^2 = r^2 + (R_o - H)^2. \quad (2.29)$$

Вважаємо, що нам відома величина радіуса сегменту  $r$ . Тоді

$$H = R_o - \sqrt{R_o^2 - r^2},$$

або у відносних величинах

$$h = H/R_o = 1 - \sqrt{1 - \left(r/R_o\right)^2}. \quad (2.30)$$

Якщо  $(r/R_o)^2 \ll 1$ , то

$$h = \frac{1}{2}(r/R_o)^2. \quad (2.31)$$

Об'єм кульового сегменту дині буде визначатися з формули

$$V_c = \pi R_o^3 h^2 \left(1 - \frac{h}{3}\right). \quad (2.32)$$

Тоді обсяг зануреної частини насіннєвого плоду

$$V_1 = V - V_c = 4/3\pi R_o^3 - \pi R_o^3 h^2 \left(1 - \frac{h}{3}\right) = 4/3\pi R_o^3 \cdot \left[1 - \frac{3}{4}h^2 \left(1 - \frac{h}{3}\right)\right]. \quad (2.33)$$

Згідно закону Архімеда

$$V_1 \rho_{\text{вл}} = V \rho_{\text{пл}}, \quad (2.34)$$

де,  $\rho_{\text{пл}}$  – середня щільність насінника;  $\rho_{\text{вл}}$  – щільність води.

Із співвідношення (2.34)

$$\rho_{\text{пл}} = \rho_{\text{вл}} \frac{V_1}{V},$$

або підставляючи (2.28) і (2.33)

$$\rho_{\text{пл}} = \rho_{\text{вл}} \left[1 - \frac{3}{4}h^2 \left(1 - \frac{h}{3}\right)\right], \quad (2.35)$$

$$\text{де, } h = 1 - \sqrt{1 - \left(r/R_o\right)^2}.$$

За умови що  $(r/R_o)^2 \ll 1$ , маємо

$$\rho_{\text{пл}} \approx \rho_{\text{вл}} \left[1 - \frac{3}{16} \left(r/R_o\right)^2\right]. \quad (2.36)$$

Для оцінки вважаємо, що  $(r/R_o)^2 = 0,2$ , тоді  $\rho_{\text{пл}} \approx \rho_{\text{вл}} \cdot 0,96$ .

З іншого боку, щільність насіннєвого плоду можна визначити як

$$\rho_{\text{пл}} = \gamma_m \rho_m + \gamma_v \rho_v + \gamma_n \rho_n,$$

де  $\gamma_m, \gamma_v, \gamma_n$  і  $\rho_m, \rho_v, \rho_n$  – відповідно, відносні складові та щільності мезги, води і повітря у плоді.

В зв'язку із тим, що частка  $\gamma_n \rho_n \ll \rho_{пл}$ , вважаємо що

$$\rho_{пл} = \gamma_m \rho_m + \gamma_v \rho_v,$$

а відповідно

$$\gamma_m = (0,96 - \gamma_v) \cdot \rho_v / \rho_m \approx 2(0,96 - \gamma_v). \quad (2.37)$$

Якщо на підставі даних М.Г. Ковальова і Г.А. Хайліса [13] вважати, що для плодів дині і огірка середнє значення  $\rho_m \approx 500 \text{ кг/м}^3$  ( $\rho_m = 400 \dots 630 \text{ кг/м}^3$ ), а  $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ , то в разі коли

$$\gamma_v = 0,9 \text{ відповідно } \gamma_m = 0,12;$$

$$\gamma_v = 0,85 \text{ відповідно } \gamma_m = 0,22 \text{ і т.д.}$$

**Висновки:** Отримані результати теоретичних досліджень дали змогу визначити параметри середовища насінника, що є вагомим аспектом для подальшого вивчення проблеми відділення насіння від насінника. Отриманий показник швидкості розповсюдження подовжніх хвиль насінника  $c_0 \approx 52 \text{ м/с}$  дуже схожий з однойменним показником такого матеріалу як сира гума (пластично-в'язке тіло), що служить непрямым доказом правильності підходу.

Визначено узагальнене значення модуля пружності  $E$  для матеріалу насіннєвих плодів культур що розглядаються, у вигляді  $E \approx 1,5q$ .

Порівняння граничного значення міцності насіння огірка одержаного аналітично із застосуванням запропонованих залежностей ( $\sigma_T = 7,072 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ ) не перевищує більше ніж на 3,1% значення  $\sigma_T$  одержаного експериментальним шляхом ( $\sigma_T = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ ), що говорить про прийнятність розробленої моделі для визначення вказаного параметра.

### Література:

1. Анисимов И.Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 286 с.
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – 712 с.

3. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред: 4 т. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
4. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. – М.: Недра, 1984. – 232 с.
5. Реология. Теория и приложения / под ред. Ф. Эриха. – М. : Издательство иностранной литературы, 1962. – 824 с.
6. Батуев Г.С. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г.С. Батуев, Ю.В. Голубков, А.К. Ефремов, А.В. Федосов. – М.: Машиностроение, 1969. – 248 с.
7. Динник А.Н. Удар и сжатие упругих тел / А.Н. Динник. – Киев.: Изд-во АН УССР, 1952. – 142 с.
8. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел / Н.А. Кильчевский. – М.: Техиздат, 1949. – 256 с.
9. Кухлинг Х. Справочник по физике: пер. с нем. / Х. Кухлинг. – М.: Мир, 1985. – 520 с.
10. Поздеев В.А. Импульсные возмущения в газожидкостных средах / В.А. Поздеев, Н.М. Бескаравайный, В.Г. Ковалев. – К.: Наук. думка, 1988. – 210 с.
11. Качанов Л.М. Основы теории пластичности / Л.М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
12. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков / И.И. Ольховский. – М.: МГУ, 1978
13. Хайлис Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ ПЛОДА ДЫНИ И ОГУРЦА**

***Аннотация:** Разработана математическая модель, отражающая физико-механические параметры среды плода дыни и огурца по определению основных характеристик прочности.*

***Ключевые слова:** плод, семена, текучесть, скорость распространения продольных волн плода, параметры среды плода.*

## **MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICO-MECHANICAL PARAMETERS OF ENVIRONMENT SEED MELONS AND CUCUMBERS**

***Abstract:** A mathematical model that reflects the physical and mechanical parameters of the medium melons and cucumbers seed of the basic strength characteristics.*

***Key words:** seed, seed, yield, propagation velocity of longitudinal waves seed, seed environmental variables.*