МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Механіко-технологічний факультет

Кафедра ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Методичні вказівки до практичної роботи на тему:

"Дослідження процесу пресування на плунжерній гідравлічній установці"

для здобувачів ступеня вищої освіти "Доктор філософії"
механіко-технологічного факультету
спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
ОНП "Галузеве машинобудування"

м. Мелітополь - 2021

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ. Методичні вказівки до практичної роботи на тему: **"Дослідження процесу пресування на плунжерній гідравлічній установці"** для здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії» механіко-технологічного факультету зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» - Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2021. – 19 с.

Розробники Самойчук К.О., д.т.н., проф.
Бойко В.С., к.т.н., доцент

Рецензент: Мілько Д.О., д.т.н., професор кафедри машиновикористання в землеробстві

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

Протокол № 1 від 27 серпня 2021 року.

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № 10 від 31 серпня 2021 року.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ НА ПЛУНЖЕРНІЙ ГІДРАВЛІЧНІЙ УСТАНОВЦІ

Мета роботи: 1) розглянути принцип роботи і будову експериментальної установки для дослідження процесу пресування; 2) експериментально визначити основні параметри процесу пресування різних матеріалів, встановити залежності процесу; 3) побудувати графік індикаторної кривої.

Час виконання роботи 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- ознайомитись з будовою та принципом дії експериментальної установки для пресування;
- розрахувати основні параметри процесу пресування;
- провести експериментальні дослідження процесу пресування;
- провести тарування динамометричної скоби установки;
- розраховувати коефіцієнти ущільнення і порозності;
- побудувати графік індикаторної кривої.
- сформулювати висновки за результатами роботи.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- ***повторити:***

1) загальні положення теорії процесу пресування; 2) відомості про основні способи і машини для обробки матеріалів тиском;

- ***знати:***

1) область застосування процесів пресування на переробних та харчових підприємствах;

2) класифікацію пресів та їх загальну будову.

- ***вміти:*** проводити налаштування експериментальної установки, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних аналітичних залежностей за темою дослідження, будувати графічні залежності за результатами досліджень.

3 Загальні відомості з процесу пресування

Пресування, його відносять до обробки матеріалу тиском, являє собою ущільнення матеріалу у замкненому просторі під впливом зовнішнього тиску до отримання монолітного брикету з густиною, при якій тіло не може самовільно руйнуватися.

Обробка матеріалів тиском в харчовій промисловості застосовується для виконання наступних процесів:

- обезводнення під тиском – застосовується у ряді галузей харчової промисловості: в цукровому виробництві для віджимання води з бурякового жому, соку з цукрового очерету, в жировому виробництві для виділення рослинної олії, у виробництві соків для виділення соку з ягід і плодів, для виробництва макаронів;
- брикетування – використовують для отримання брусків спресованого матеріалу прямокутної або циліндричної форми; брикетування застосовується в цукровому виробництві, для отримання брикетів бурякового жому і цукру-рафінаду, у виробництві харчових концентратів, комбікормів, утилізації відходів;
- таблетування і гранулювання; таблетки і гранули мають менші розміри в порівнянні з брикетами; в промисловості випускають гранульовані чай, каву, харчові концентрати, цукерки та ін.;
- формування пластичних матеріалів – застосовується в хлібопекарському, кондитерському, макаронному, комбікормовому та інших виробництвах для надання виробу заданої форми.

Фактори, які визначають процес пресування, діляться на дві групи.

Перша група – фактори, які характеризують фізико-механічні властивості продукту:

а) модуль пресування – спроможність продукту до ущільнення при прикладанні до нього зовнішнього тиску за відсутності втрат тиску на тертя;

б) коефіцієнт бічного тиску – відношення бічного тиску із сторони пресованого матеріалу до діючого вертикального тиску пресування;

в) вологість, температура, гранулометричний склад матеріалу.

Друга група – фактори, які характеризують умови пресування:

а) питомий тиск пресування;

б) тертя продукту об пресовий інструмент;

в) форма брикету, що пресується і його розміри;

г) режими пресування;

д) кількість поверхонь брикету, які безпосередньо сприймають тиск.

Об'єм брикету $\boldsymbol{V}$ складається з трьох частин (рисунок 1):

- перша частина має об'єм $\boldsymbol{V_к}$ і висоту $\boldsymbol{h_к}$,заповнена сухою речовиною;
- друга частина має об'єм $\boldsymbol{V_р}$ і висоту $\boldsymbol{h_р}$,заповнена рідкою фракцією;
- третя частина має об'єм $\boldsymbol{V_г}$ і висоту $\boldsymbol{h_г}$,заповнена газоподібною фракцією.

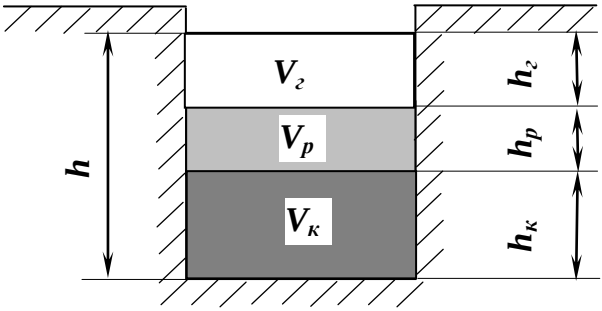


Рисунок 1 – Схема структури брикету

Параметри процесу пресування:

Коефіцієнт ущільнення – відношення повного об'єму брикету $\boldsymbol{V}$ до об'єму сухої речовини.

$$\beta = \frac{V}{V_к} = \frac{h}{h_к}, \qquad (1)$$

Коефіцієнт порозності – відношення суми об'ємів рідкої і газоподібної фракцій до об'єму сухої речовини

$$\varepsilon = \frac{v_р + v_г}{v_к}, \qquad (2)$$

Коефіцієнт ущільнення і коефіцієнт порозності зв'язані між собою наступною залежністю

$$\varepsilon = \beta - 1, \qquad (3)$$

При постійній площі брикету коефіцієнт ущільнення визначається за виразом:

$$\beta = \frac{\gamma}{\gamma_к} = \frac{h}{h_к}, \qquad (4)$$

де: γ - об'ємна маса спресованого брикету;

$\gamma_к$ - об'ємна маса скелету речовини.

Рівняння „ідеального пресування“ (при відсутності бокового розширення і втрат тиску на тертя) має наступний вигляд:

$$\psi \cdot lg\frac{p}{p_0} = \beta_0 - \beta, \qquad (5)$$

де: p і p_0 - відповідно кінцевий та початковий тиск стискання, Па;

β і β_0 - коефіцієнти ущільнення кінцевого та початкового стискання;

Ψ - модуль пресування, визначається експериментально.

Робота пресування на один хід плунжера визначається за наступною закономірністю:

$$A = \int_{h_0}^{h_к} S \cdot p \cdot dh, \qquad (6)$$

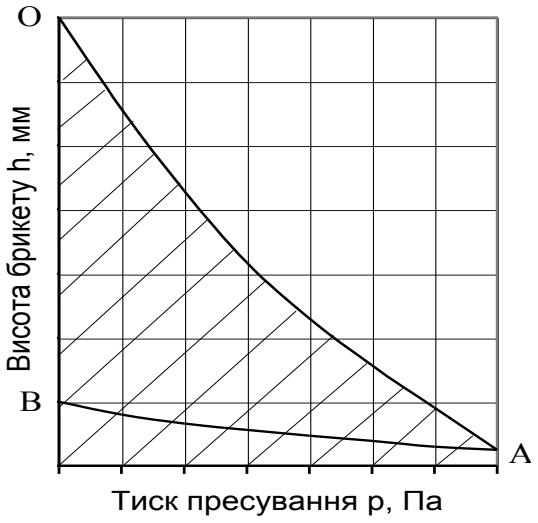
де: S - площа поперечного перетину матриці, м^2;

h_0 і h_0 - початкова і кінцева висота брикету, м;

p - тиск пресування, Па.

Ступінь ущільнення продукту при пресуванні залежить від питомого тиску пресування, який є різним по висоті брикету, отже, і відносні ущільнення відрізняються в різних шарах брикету по його висоті. Чим вищий тиск, тим більша ступінь ущільнення продукту. Брикет найбільш ущільнений безпосередньо під плунжером і якнайменше ущільнений біля дна матриці.

Основна характеристика процесу пресування – залежність між приростом тиску і зменшенням коефіцієнта ущільнення речовини.



Графічно ця залежність виражається в індикаторній кривій (рисунок 2), яка встановлює зв'язок між висотою брикету в матриці і тиском пресування

Крива пресування OAB складається з гілки навантаження OA – стиснення речовини під зовнішнім тиском і розвантаження AB – звільнення стиснутого брикету гілки від прикладеного тиску

Рисунок 2 – Індикаторна крива пресування

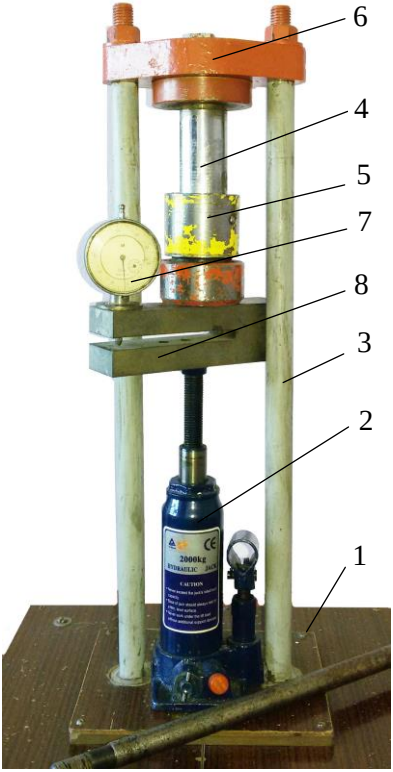
Індикаторна крива є важливою характеристикою процесу і дозволяє отримати дані, необхідні для розрахунку пресів і пресового інструменту.

4 Оснащення робочого місця роботи

1 Експериментальна установка для пресування.
2 Ваги лабораторні ВНЦ-2.
3 Штангенциркуль ШЦ-125.
4 Зразки матеріалу для пресування.
5 Обчислювальна техніка, креслярське приладдя.

Експериментальна установка для дослідження процесу пресування складається з 3-х або 5-ти тонного гідравлічного домкрата 8, встановленого на основу преса 1. На основі кріпляться дві штанги 2, на яких закріплений опорний фланец (траверса) 6.

Зусилля пресування визначається за динамометричною пружинною скобою 8, оснащеною індикаторною головкою 7.



Між опорним фланцем і пружинною скобою встановлюється пресовий блок, який складається з матриці 5 і пуансона 4.

Динамометрична скоба відтарована і за даними тарування складений тарувальний графік залежності зусилля пресування від деформації пружини (показання індикатора).

Установка комплектується пресовими блоками з різноманітними конфігураціями і розмірами матриці і пуансона.

Рисунок 3 – Експериментальна установка для дослідження пресування:

1 - основа преса; 2 - домкрат; 3 - стійка; 4 - пуансон (поршень); 5 - матриця; 6 - опорний фланець; 7 - індикаторна головка; 8 - динамометрична скоба.

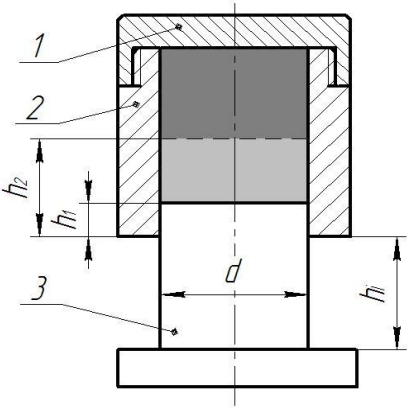
6 Методика проведення роботи

1) Визначити геометричні параметри матриці і плунжера (діаметр матриці і хід плунжеру, ***d, h***). Штангенциркуль 0...125мм.

2) Відважити потрібну навіску матеріалу, підготовану до пресування, $G_Г$. Ваги ВНЦ-2.

3) Заповнити матрицю дослідним матеріалом, злегка ущільнити вручну плунжером. Замірити відстань від поверхні матеріалу до краю матриці, h_1. Штангенциркуль 0...125мм.

4) Зібрати матрицю з плунжером, встановити на прес, заздалегідь поставивши між плунжером і штоком домкрата динамометричну скобу з індикатором. Вибрати зазори злегка піднявши шток гідродомкрата вгору



5) Встановити стрілку індикатора на нуль і заміряти відстань між кромкою плунжера і кромкою матриці, h_i. Рисунок 4.

6) Провести пресування (ущільнення брикету) ступінчасто збільшуючи зусилля на плунжері пресового пристрою.

Рисунок 4 – Схема пресового блоку
1 - кришка; 2 - матриця; 3 - плунжер.

На кожній ступіні заміряти і фіксувати покази індикатора, а також скорочення відстані h_i. Штангенциркуль 0...125мм. Тарувальний графік пружини приведений в додатку А.

7) Після завершення дослідів розібрати пресовий пристрій і заміряти відстань від кромки матриці до спресованого брикету h_2.

8) Зважити отриманий брикет $G_б$. Ваги ВНЦ.

9) Отримані результати експерименту і розрахункові дані занести в таблиці 1 і 2.

5 Вимоги техніки безпеки

Під час проведення роботи додержуватись загальної інструкції з охорони праці, наведених в розділі „Загальні вимоги безпеки“. Під час проведення дослідів звертати увагу на дотримання співвісності силових елементів преса.

Таблиця 1 – Основні параметри пресового пристрою

Діаметр плунжера, d, мм	Хід плунжера, h, мм	Маса навіски, $G_н$, г	Відстань		Маса брикету, $G_б$, г	Площа поршня, S, мм^2
			h_1 мм	h_2 мм		

Таблиця 2 – Експериментальні дані дослідів

№ досліду	1	2	3	4	5	6	7	8
Показання індикатора, мм								
Відстань, h_i мм								
Зусилля пресування, F, Н								

6 Обробка результатів експерименту

6.1 Визначити висоту брикету:

- до пресування, мм $h'_б = h - h_1$

- після пресування, мм $h''_б = h - h_2$

6.2 Визначити коефіцієнт ущільнення β матеріалу, що пресується

$$\beta = \frac{h'_б}{h''_б}. \qquad (7)$$

6.3 Визначити коефіцієнт порозності

$$\varepsilon = \beta - 1 \qquad (8)$$

6.4 Розрахувати проміжні значення висоти брикету $h_{б\ i}$, мм і дані занести в таблицю 3.

$$h_{бi} = h'_б - h_i. \qquad (9)$$

6.5 За тарувальним графіком (рисунок 5) динамометричної скоби визначити зусилля пресування F, Н дані занести в таблицю 2.

6.6 Визначити тиск пресування для всіх проміжних точок досліду, p_i, Па за виразом:

$$p_i = \frac{F_i}{S} = \frac{4F_i}{\pi \cdot d^2}, \qquad (10)$$

де p_i - поточне значення тиску, Па; F_i - поточне зусилля пресування, Н; d - діаметр плунжера, мм; S - площа плунжера пресового пристосування, мм^2.

Отримані розрахункові дані занести в таблицю 3.

Таблиця 3 – Параметри індикаторної кривої за результатами проведених дослідів

№ досліду	1	2	3	4	5	6	7	8
Висота брикету, $h_б$. мм								
Тиск пресування, p_i, Па								

6.7 На міліметровому папері користуючись даними таблиці 3 побудувати графік індикаторної кривої процесу пресування.

6.8 Оформити звіт з роботи згідно з переліком етапів, рекомендованих у розділі „Загальні організаційно-методичні передумови“.

7 Контрольні питання

1 У яких галузях харчової та переробної промисловості застосовують процес пресування?

2 У чому відмінність між обезводненням і брикетуванням продукту?

3 Поясніть суть середнього коефіцієнта ущільнення і від яких параметрів процесу він залежить?

4 З врахуванням яких параметрів визначають роботу пресування?

5 Якими способами можна створити зусилля пресування?

6 При виробництві яких харчових продуктів їх та їх складові піддають пресуванню?

7 Яке обладнання застосовують при обробці продуктів пресуванням?

8 Поясніть принцип дії гідравлічного преса, дайте аналіз його перевагам та недолікам.

8 Тестові завдання

1) За якою формулою визначають коефіцієнт ущільнення матеріалу при пресуванні?

1 $\lambda = D_н / d_к$;

2 $\varphi = S_0 / S$;

3 $\beta = \dfrac{V}{V_к} = \dfrac{h}{h_к}$;

4 $\varepsilon = (V_ж - V_р) / V_к$.

2) Які основні типи пресів застосовують в харчовій та переробній промисловості?

1 гідравлічні і механічні; 2 тільки гідравлічні;

3 ротаційні та відцентрові; 4 тільки механічні.

3) Вкажіть, який технологічний процес не відноситься до процесів обробки продукту тиском

1 таблетування; 2 брикетування;

3 барботування; 4 пресове гранулювання.

4) За якою формулою визначають коефіцієнт порозності при пресуванні?

1 $\lambda = D_н / d_к$; 2 $\varepsilon = (V_р - V_г) / V_к$;

3 $\beta = \frac{V}{V_к} = \frac{h}{h_к}$; 4. $\varphi = S_0 / S$.

5) У яких координатах будується індикаторна діаграма процесу пресування:

1. тиск-висота брикету; 2. тиск-ширина брикету;

3. тиск-сила пресування; 4. тиск-щільність брикету.

Література

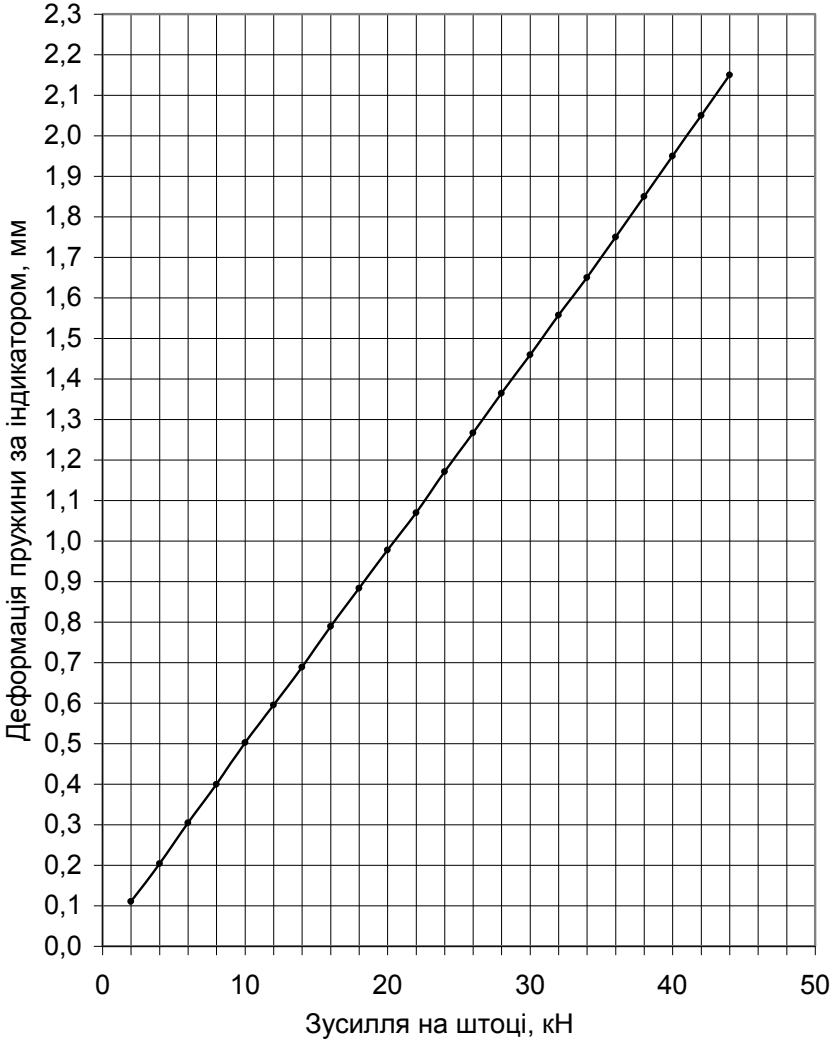
1. Стабников В.Н., Процессы и аппараты пищевых производств. / В.Н. Стабников, В.Д. Попов. М.: Пищевая промышленность 1976. - 663с.

2. Кавецкий Г.Д.. Процессы и аппараты пищевых технологий. / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев М.: Колос, 2000. – 551 с.

3. Горбатюк В.М.. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.М. Горбатюк. М.: Колос. 1999–335 с.

4. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. Под ред. А.Я. Соколова. М.: Машиностроение, 1969. - 639 с.

5. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / С.В, Мельников. – Л.: Колос, 1978. - 560 с.

Додаток А
(довідковий)

Тарувальний графік динамометричної пружини