

## Лабораторна робота №9 Вивчення повзучості харчових матеріалів в умовах всебічного осьового стиснення

**Мета:** визначення фізико-механічних характеристик тіста для пряників з дослідів на повзучість при всебічному стисненні або в умовах осьового стиснення.

### 1 Загальне положення

При виготовленні виробів харчової промисловості багато технологічних операцій здійснюються при надмірному тиску. У зв'язку з цим, виникає необхідність вивчення фізико-механічних властивостей харчових мас в умовах всебічного стиснення.

В умовах всебічного стиснення в матеріалі виникають відносні об'ємні деформації:

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta H}{H} \quad (1)$$

де  $V$  – початковий об'єм матеріалу, м<sup>3</sup>;

$\Delta V$  – зміна об'єму, м<sup>3</sup>;

$H$  – висота шару матеріалу, м;

$\Delta H$  – зміна висоти шару матеріалу, м

Деформаційні процеси, що відбуваються з матеріалом в умовах об'ємного стиснення, які є аналогічними процесам при зсуві.

Так, деформаційну поведінку харчових мас при об'ємному стисненні можна описати за допомогою моделі, яка складається з 4-х елементів, для якої загальна деформація розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \varepsilon_{V1} + \varepsilon_{V2} + \varepsilon_{V3} = \frac{P}{E_{V1}} + \frac{P}{E_{V2}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \frac{P}{\eta_{V1}} t \quad (2)$$

де  $\varepsilon_{V1}$  – миттєва пружна деформація;

$\varepsilon_{V2}$  – пружна деформація, що запізнюється;

$\varepsilon_{V3}$  – пластична деформація;

$p$  – всебічний тиск, Па;

$E_{V1}$  – модуль миттєвої пружної об'ємної деформації, Па;

$E_{V2}$  – модуль пружної об'ємної деформації, яка запізнюється, Па;

$\eta_{V1}$  – об'ємна в'язкість, Па · с;

$\eta_{V2}$  – об'ємна в'язкість пружної післядії, Па;

$T$  – період релаксації, с

Фізико-механічні постійні матеріалу визначають на підставі експериментальних досліджень матеріалу на повзучість – деформація матеріалу при постійній нарузі.

Типова крива повзучості при всебічному стисненні показана на рис. 1.

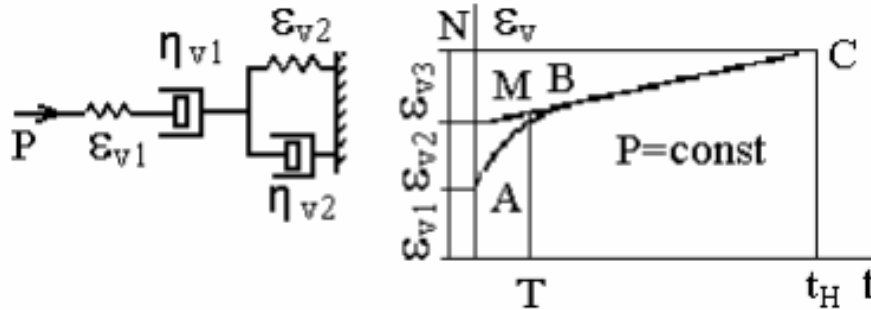


Рисунок 1 – Механічна модель і крива повзучості харчового матеріалу при всебічному стисненні

Відрізок СА характеризує миттєву пружну деформацію, модуль якої можна підрахувати за формулою (2).

На ділянці АВ відбувається деформація, яка запізнюється і пластична деформація, параметри якої можна розрахувати наступним чином:

$$E_{V2} = \frac{P}{\varepsilon_{V2}} \quad (3)$$

Період релаксації  $T$  визначається графічно, як абсциса точки перетину дотичної до кривої в точці А і прямої, що є продовженням ділянки в'язкої течії ВС. Тоді друга в'язкість пружної післядії дорівнює:

$$\eta_{V2} = E_{V2}T \quad (4)$$

Об'ємну в'язкість можна розрахувати за формулою:

$$\eta_{V1} = \frac{P}{\varepsilon_{V3}} t_H \quad (5)$$

Для підвищення точності розрахунку зазвичай будують ряд кривих при різних тисках, і характеристики матеріалу визначають шляхом їх сумісної обробки.

Особливий інтерес представляє вивчення повзучості при осьовому стисненні.

Такий вид деформації зустрічається, наприклад, при нанесенні малюнка на заготовки тіста при виробництві печива. Процеси всебічного і осьового стиснення мають багато спільного. У зв'язку з цим описання процесу деформування, яке було наведено вище, справедливо і для осьового стиснення.

Наприклад, рівняння (2) у випадку осьового стиснення набуває вигляду:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{1}{r}}\right) + \frac{\sigma}{\eta_1} t \quad (6)$$

де  $\sigma$  – напруга при стисненні зразка, яка визначається відношенням навантаження до площі поперечного перерізу зразка матеріалу

На відміну від всебічного стиснення, повзучість при осьовому стисненні можливо досліджувати лише для таких матеріалів, які здатні зберігати форму не деформуючись під дією сил тяжіння.

## 2 Порядок виконання роботи

### 3 Схема лабораторної установки

Схема установки для вивчення повзучості харчових матеріалів в умовах всебічного стиснення показана на рис. 2.

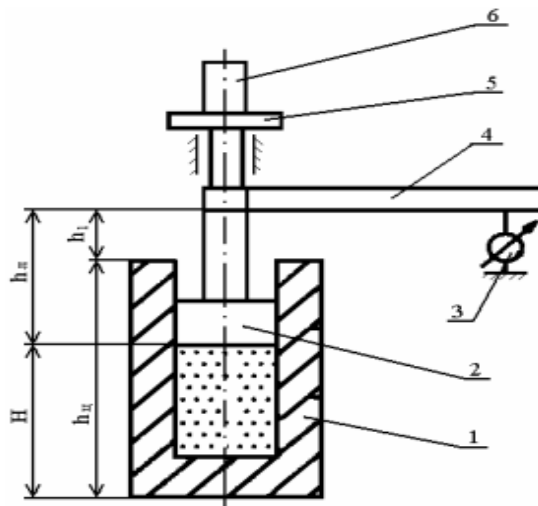


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки: 1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – індикатор годинникового типу, 4 – планка, 5 – столик для вантажу, 6 – вантаж

Методика досліду полягає в наступному. Досліджуваний матеріал поміщують в циліндр (1), зверху встановлюють поршень (2), легко ущільнюють матеріал і приладом для вимірювання глибини визначають висоту  $h_1$ . Після цього планку (4) поршня (2) приводять в зіткнення зі штоком індикатора годинникового типу (3) і встановлюють його шкалу на нуль. Далі одночасно опускають гирю на столик для вантажу, вмикають секундомір і відзначають перші показання індикатора (протягом першої с). Потім за показаннями індикатора спостерігають через певні проміжки часу і записують в таблицю результатів спостережень.

Схема установки для вивчення повзучості при осьовому стисненні показана на рис. 3.

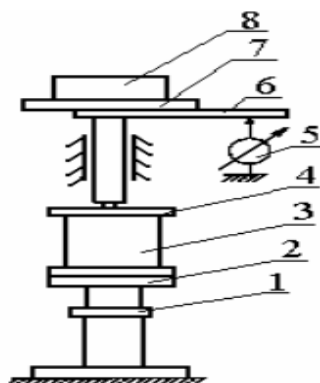


Рисунок 3 – Схема експериментальної установки: 1 – гайка, 2 – підйомний столик, 3 – зразок, 4 – диск, 5 – індикатор, 6 – планка, 7 – поверхня, 8 – вантаж

Особливості методики проведення дослідів полягають в наступному.

Перед початком вимірювань готують зразки з досліджуваного матеріалу за допомогою спеціального пристосування, яке представляє собою короткий порожній циліндр певних розмірів. Для цього з фольги або іншого матеріалу, що відрізняється незначним прилипанням до досліджуваного матеріалу, вирізають смужку шириною, що дорівнює висоті циліндра, і довжиною, що дорівнює довжині окружності внутрішньої поверхні циліндра. Смужку поміщають в циліндр і притискають її до його внутрішньої поверхні. Потім порцію маси розміщують в порожнину циліндра, попередньо поставивши його на рівну гладку поверхню, ущільнюють масу і вирівнюють її поверхню, прибираючи надлишки маси. Далі акуратно виймають порцію маси з циліндра і знімають смужку фольги.

Таким чином, отримують зразок, діаметр якого дорівнює внутрішньому діаметру циліндра, а висота дорівнює висоті циліндра.

Після цього встановлюють упор, що фіксує положення поверхні з вантажем (на схемі не показаний). Далі зразок (3) поміщають на підйомний столик (2), накривають легким диском (4) і, обертаючи гайку (1) підйомного столика (2), піднімають зразок до зіткнення зі штоком. На поверхні (7) встановлюють вантаж (8) потрібної маси і, швидко прибираючи упор, вмикають секундомір і записують показання індикатора, як описано вище.

### **Обробка результатів.**