


## Лекція №1

# ВСТУП ДО РЕОЛОГІЇ

**Мета:** з'ясування сутності реології та її видів; засвоєння основних понять реології; ознайомлення з фізико-механічними властивостями харчових матеріалів.

### План

- 1.1. Поняття реології. Її сутність і види.
- 1.2. Фізико-механічні властивості харчових матеріалів.

 **Ключові терміни та поняття:** реологія, теоретична реологія, експериментальна реологія, макрореологія (феноменологічна реологія), мікрореологія, біореологія, предмет реології, деформація, оборотна деформація, необоротна деформація, зсув, простий зсув, напруження, гідростатичний тиск, напруження зсуву, пружне відновлення, пружність, пластичність, в'язкість, міцність, твердість, м'якість, крихкість, когезія, адгезія, липкість, зовнішнє тертя.

### 1.1. Поняття реології. Її сутність і види

**Реологія** – це наука про деформацію та течію різних тіл, дає можливість зрозуміти багато явищ, що відбуваються при виробництві, транспортуванні та збереженні продуктів.

Термін «реологія» ввів американський учений Ю. Бінгам під час проведення реологічних досліджень рідин і дисперсних систем. Офіційно він був прийнятий на 3-му симпозіумі із пластичності в 1929 р. (США).

Реологія розглядає процеси, пов'язані з необоротними залишковими деформаціями й течією різноманітних в'язких і пластичних матеріалів, явища релаксації напруження та ін.

Виокремлюють такі види реології:

1) **теоретична реологія** – реологія, що займає проміжне положення між гідромеханікою та теоріями пружності, пластичності, повзучості. Теоретична реологія встановлює залежності між напруженням, зумовленим деформаціями, та їх змінами в часі. Основна увага звертається на складну реологічну поведінку речовини, коли з'являються, наприклад, в'язкі та пружні властивості або в'язкі та пластичні властивості;

2) **експериментальна реологія** – реологія, що займається визначенням реологічних властивостей за допомогою спеціальних приладів і випробувальних машин;

3) **макрореологія** (або **феноменологічна реологія**) – реологія, що розглядає всі матеріали в тому вигляді, в якому вони постають перед спостерігачем при поверхневому огляді неозброєним оком, тобто як однорідні й позбавлені структури (чисті рідини та досконалі мікрочастинки);

4) **мікрореологія** – реологія, що досліджує деформацію та течію в мікрооб'ємах, співмірних із розмірами частинок дисперсної фази в дисперсних системах (дво- і багатофазних системах) залежно від реологічних властивостей їх компонентів;

5) **біореологія** – реологія, що досліджує течію різноманітних біологічних рідин, деформації різних тканин у людини та тварин.

**Предметом реології** є дослідження різних видів деформації залежно від напружень, які їх супроводжують.

**Деформація** – відносний зсув частинок матеріального тіла, при якому не порушується безперервність самого тіла.

**Наприклад**, цей показник використовується для визначення пружності м'ясних, рибних виробів, клейковини борошняних виробів та ін.

Якщо під дією кінцевих сил деформація тіла збільшується в часі безупинно й необоротно, то це означає, що матеріал тече. При деформації відбувається зміна форми або розмірів тіла. Є випадки, коли явища не виявлені, наприклад, при ламінарному потоці в зазорі ротаційного віскозиметра.

Величина та характер деформації залежать від властивостей матеріалу тіла, його форми та способу застосування зовнішніх сил.

Деформація супроводжується виникненням внутрішніх сил взаємодії між частинками тіла.

Деформація поділяється на два загальні види:

- **оборотну (пружну)**, яка зникає після припинення дії сили;
- **необоротну (в'язку та пластичну)**, яка не зникає після зняття навантаження; при цій деформації частина механічної енергії переходить у тепло.

Окрім того, розрізняють **миттєву й запізнілу пружну деформацію**.

Швидкість поширення миттєвої пружної деформації надзвичайно висока (приймається рівною швидкості звуку в даному середовищі). Час утворення деформації без великої помилки приймається рівним нулю.

Миттєва пружна деформація описується законом Гука.

Запізніла пружна деформація протікає в часі, причому швидкість зростання цієї деформації при постійному напруженні монотонно збуває. Після зняття навантаження ця деформація зникає також з монотонно спадною швидкістю. Це явище називається **пружним відновленням**.

**Необоротна деформація** – це в'язка та пластична течія матеріалу.

При в'язкій течії деформація пропорційна напруженню за законом Ньютона й після зняття навантаження не відновлюється.

Пластична деформація виникає при напруженні, що перевищує деяку граничну величину (межа плинності), до досягнення якої матеріал поводить як пружний.

**Зсув** – вид деформації в реології.

**Простий зсув** – плоска деформація, паралельна нерухомій площині внаслідок дії на гранях елементарного паралелепіпеда дотичних напружень; особливий випадок ламінарного зміщення, при якому можна вважати, що тіло

складається з великої кількості тонких шарів, що не деформуються, а тільки ковзають один за одним.

Види ламінарного зміщення зображені на рисунку 1.

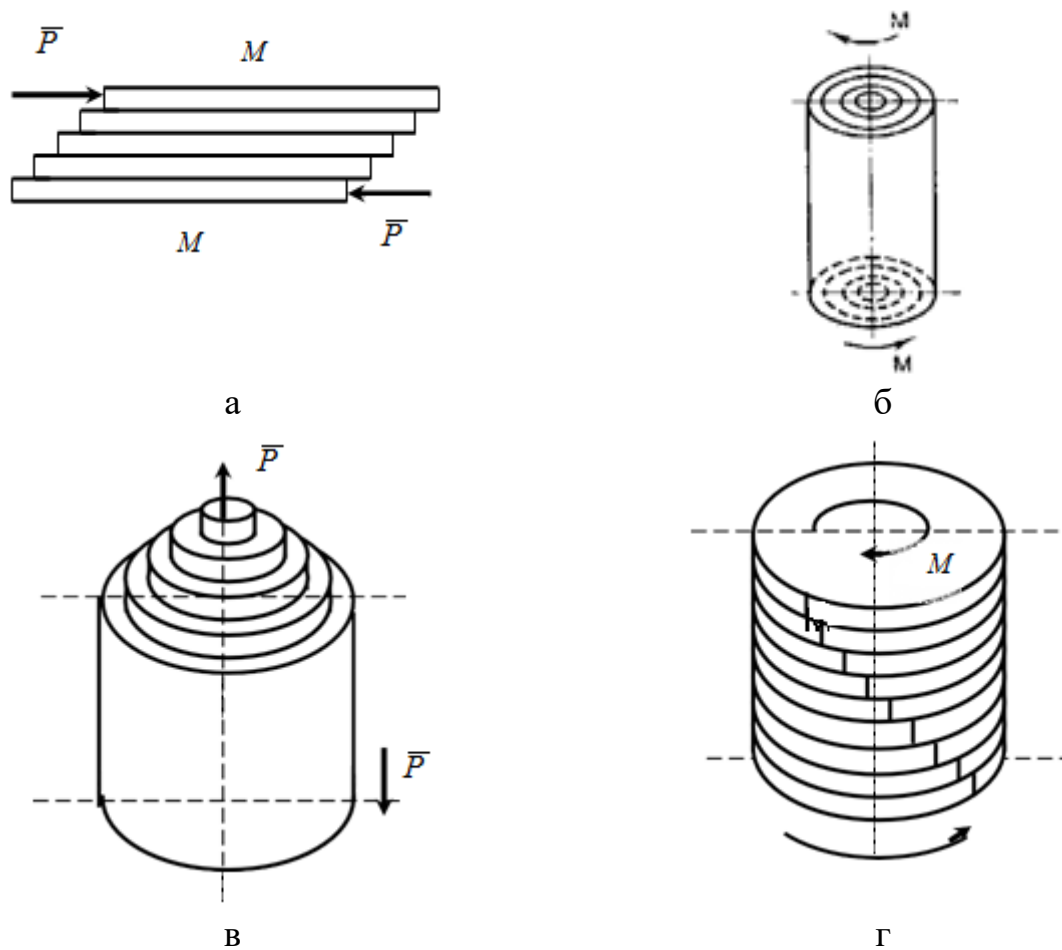


Рисунок 1 – Види ламінарного зміщення: а – простий зсув; б – обертальний рух; в – поступальний (телескопічний) рух; г – крутіння

**Напруження** – ступінь інтенсивності внутрішніх сил пружності.

Розрізняють **повне, нормальне й дотичне напруження**. Повне напруження поділяють на нормальне й дотичне напруження.

**Гідростатичний тиск** – напружений стан, при якому нормальні напруження на гранях елемента рівні між собою, а дотичні відсутні, внаслідок чого об'єм зменшується (або збільшується), але форма не змінюється.

**Напруження зсуву** – сила, що спрямована викликати деформацію речовини шляхом зсуву вздовж площини, паралельної докладанню зусиль.

Наприклад, якщо при всебічному рівномірному тиску змінюється тільки об'єм тіла, а форма залишається незмінною, тоді при зсуві змінюється форма тіла при постійному об'ємі.

## 1.2. Фізико-механічні властивості харчових матеріалів

До основних реологічних фізико-механічних властивостей харчових матеріалів належать пружність, пластичність, в'язкість та міцність.

**Пружність** – здатність тіла при деформації повністю відновлювати свою первинну форму.

**Пластичність** – здатність тіла під дією зовнішніх сил необоротно деформуватися без порушення суцільності.

**В'язкість** – ступінь опору течії (зміщенню шарів).

**Наприклад**, визначають в'язкість рідких продуктів, рослинних олій, спиртів, напоїв, соків, меду та ін.

**Міцність** – здатність тіла приймати навантаження без руйнування й утворення залишкової деформації.

**Наприклад**, цей показник оборотний крихкості, визнається при оцінці якості плодів, овочей, цукру-рафінаду та ін.

**Твердість** – комплексна властивість негуківських тіл чинити опір проникненню іншого тіла внаслідок необоротних деформацій.

При негомогенній структурній будові тіл мікротвердість у різних точках неоднакова. Через це прямої залежності між твердістю й міцністю не існує.

Твердість є деяким технічним параметром, який виражається у відносних величинах залежно від методу визначення.

Для визначення твердості застосовують такі методи: нанесення подряпин (шкала твердості за Моосом); ведення в досліджуване тіло більш твердого тіла, наприклад кульки (твердість за Брінеллем), конуса (твердість за Роквеллом), піраміди (твердість за Вікерсом).

Коефіцієнт твердості розраховують за величиною сили й геометричним параметром залишкової деформації (кулькового сегмента глибини введення).

Між коефіцієнтами твердості, отриманими за допомогою різних методів, існують певні співвідношення.

**М'якість** – властивість, протилежна твердості.

**Крихкість** – властивість твердих тіл руйнуватися без пластичної деформації.

Чисто гуківські тіла виявляють крихке руйнування при будь-якій швидкості деформації. У негуківських тіл крихке руйнування настає тільки при високих швидкостях деформації або низьких температурах, коли припиняється дія в'язких властивостей.

**Когезія** – опір тіла руйнуванню, що пов'язане з подоланням сил взаємодії між атомами й молекулами на поверхні розділення. Між роботою когезії й роботою крихкого руйнування існує пряма залежність.

**Адгезія** – властивість, яка ґрунтується на взаємодії двох різних тіл на межі поділу фаз і зумовлює зчеплення тіл.

При розділенні тіл необхідно подолати сили зчеплення. Міцність з'єднання двох тіл із різних матеріалів залежить від площини та стану поверхні контакту між тілами.

Для харчових матеріалів характерні різні види відриву: а) адгезійний; б) когезійний; в) змішаний – адгезійно-когезійний (рис. 2).

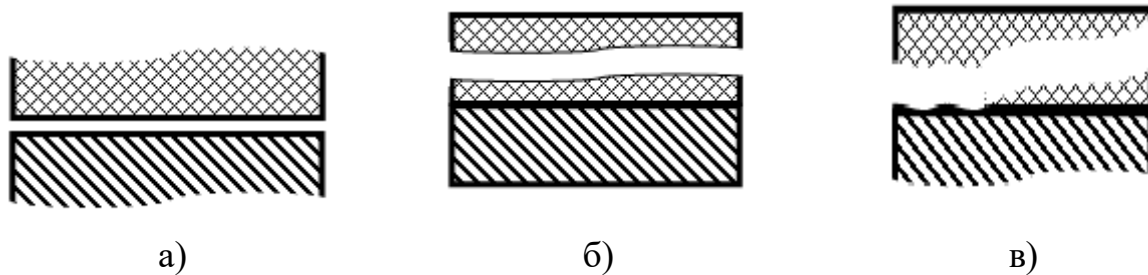


Рисунок 2 – Види відриву матеріалу: а) адгезійний; б) когезійний; в) змішаний – адгезійно-когезійний

Найбільш поширеними методами випробування є:

а) нерівномірний відрив, який дозволяє виявити зміни в значеннях адгезійної міцності на окремих ділянках випробуваного зразка;

б) рівномірний відрив, при якому вимірюють значення зусилля, необхідного для відділення адгезиву від субстрату одночасно по всій площі контакту;

в) зрушення одного матеріалу щодо іншого.

**Липкість** – властивість граничного шару в'язких або пластичних матеріалів, що контактують із поверхнею, чинити опір поділу. Липкість ґрунтується на адгезії матеріалів на поверхні розділення та когезії самого матеріалу, який випробовують.

Якщо сили когезії перевищують сили адгезії, то поділ відбувається в результаті подолання сил адгезії, й навпаки.

Якщо обидві сили приблизно рівні, поділ відбувається завдяки частковому подоланню сил когезії та адгезії.

**Наприклад**, липкістю володіють варена ковбаса, борошняне тісто, овочеві та м'ясні котлетні маси, сир, вершкове масло.

**Зовнішнє тертя** – опір відносному переміщенню, що виникає між двома тілами в зоні зіткнення поверхонь по дотичних до них. Для початку ковзання необхідно прикласти навантаження, яке перевищує сили тертя спокою.

У одного й того самого харчового матеріалу залежно від його стану й умов навантаження різною мірою проявляються ті чи інші реологічні властивості. Наприклад, макаронне тісто при миттєвому впливі навантаження поводить переважно як пружне тіло. За інших умов навантаження домінує прояв в'язких та пластичних властивостей. Насамперед необхідно з'ясувати, які властивості досліджуваного матеріалу при заданих умовах деформування є основними та визначальними.

Серед харчових мас трапляються матеріали, дуже різноманітні за своїми реологічними властивостями. Відомо багато випадків, коли в процесі технологічної обробки один і той самий продукт переходить з одного реологічного стану в інший, часто протилежний за властивостями першому. Наприклад, шоколад при литті у форму з подальшим охолодженням переходить

із в'язкого (текучого) у твердий (крихкий) стан. Те саме можна спостерігати і при виробництві цукерок.

### **? Контрольні питання**

1. Розкрийте сутність поняття «реологія».
2. Який учений запропонував термін «реологія» та в якому році?
3. Назвіть види реології. Розкрийте сутність кожного з них.
4. Що являє собою деформація? Поясніть, що саме відбувається при деформації.
5. Назвіть та охарактеризуйте види деформації.
6. Розтлумачте такі поняття, як «зсув», «простий зсув», «напруження», «гідростатичний тиск», «напруження зсуву».
7. Назвіть види ламінарного зміщення.
8. Перерахуйте основні реологічні фізико-механічні властивості харчових матеріалів.
9. Дайте визначення таких понять, як «пружність», «пластичність», «в'язкість», «міцність», «твердість», «м'якість», «крихкість», «когезія», «адгезія», «липкість», «зовнішнє тертя».
10. Які методи застосовують для визначення твердості?
11. Як розраховують коефіцієнт твердості?
12. Поясніть, як у наш час застосовується реологія при виробництві продукції.

### **Практичні завдання**

1. Наведіть приклади харчових продуктів, для яких можна визначити та перевірити фізико-механічні властивості.
2. Порівняйте методи, за допомогою яких можна визначати твердість. Укажіть їх переваги та недоліки.