

СУЧАСНЕ РОЗУМІННЯ РОЛІ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ВІДДІЛЕННЯ СОКУ

**М.І.ФЕДОРЧУК –
П.П.ЛІПНЯГОВ –
М.П.ЛІПНЯГОВ –
В.Г.ПЕЛИХ – Херсонський ДАУ**

При витязі соків з рослин, наприклад, з ехінацеї, винограду, буряку т. і., відбувається інтенсивне руйнування соковмістимих структур сировини спочатку шляхом його дробіння, а після цього шляхом додаткового руйнування в процесі вичавлення.

Рослинну сировину можна розглядати як квазіоднорідне середовище, яке складається з безлічі замкнених осередків, в яких укладений сік. Для його витягу необхідно зруйнувати стінки клітин. Це досягають шляхом певного силового впливу.

Свіжозорана рослинна сировина звичайно протистоїть власній силі тяжкості. Без впливу зовнішніх сил вона зберігає свою первинну форму. Додаток зовнішніх сил викликає зміну форми і розмірів, що супроводжується зміною відстані між окремими утвореннями, що складають загальну масу сировини, або зміною цілісності окремих утворень.

Будь-яка деформація, як маси сировини, так і окремих його частин при пружному або пластичному режимі проходження процесу передбачає зміщення його елементів. Пружна деформація передбачає зворотні зміни обсягу, коли деформація зникає після зняття сил, що деформують. В умовах пластичного деформування загальна деформація містить як пластичну що складає, так і пружну. В першу чергу пластична деформація виникає в осередках з найбільш сприятливої орієнтації площин скользіння, при якій площини співпадають з майданчиками чинності найбільших по величині дотичних напружень, викликаною прикладеною системою сил, що викликаються. Інші осередки деформуються пружно і можуть одержувати лише відносне зміщення. Площини скользіння, в яких відбувається руйнування сокомістящих осередків, водночас можуть служити соковідводними каналами.

Для невеликого проміжку часу, коли розглядуваний обсяг можна вважати постійним, для якісного аналізу напружень і деформацій в квазіоднорідній сировині можна скористуватися символікою тензорного аналізу теорії пластичності. Напружений стан елементарного прямокутного параллелепіпеда висловлюється симетричним тензором другого рангу, компонентами якого є нормальні σ і дотичні τ напруги. Бо дотичні напруги попарно рівні між собою і рів-

ні дотичні напруги розташовуються в матриці симетрично відносно головної діагоналі ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$), то можливий скорочений запис тензора:

$$T_\sigma = \begin{Bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \cdot & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \cdot & \cdot & \sigma_z \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Якщо всі три головних нормальних напруги рівні між собою і однакові по знаку, то будь-які три взаємно перпендикулярні осі стають головними, а дотичні напруги будуть відсутні. Розглядана крапка знаходиться в стані рівномірного всебічного стиску. В цьому випадку тензор напружень – шаровий:

$$T_\sigma^0 = \begin{Bmatrix} \sigma & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & \sigma \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Цей тензор інваріантний до вибору системи координат. Середня нормальна напруга рівна однієї третини першого інваріанту тензора напружень:

$$\sigma_{CP} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3} \quad (3)$$

Тензор напруженого стану в певній крапці визначається сумою шарового тензора і девиатора напружень:

$$T_\sigma = T_\sigma^0 + D_\sigma = \begin{Bmatrix} \sigma_{CP} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{CP} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{CP} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} (\sigma_1 - \sigma_{CP}) & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & (\sigma_y - \sigma_{CP}) & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & (\sigma_z - \sigma_{CP}) \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Напружений стан, що визначається шаровим тензором, являє собою рівномірний стиск. Такий стан не викликає зміни форми, а змінює лише його обсяг. Еластичні оболонки сокомістящих кліток, в яких укладена рідина, при всебічному стиску в основному не руйнується. Порушення цілісності оболонки викликане іншими причинами.

Напружений стан, що визначається девиатором, призводить до зміни форми без зміни обсягу. Саме такий напружений стан призводить до руйнування оболонок сокомістящих структур.

Таким чином, спільна чинність напруженого стану, що визначається шаровим тензором і девиатором, призводить до руйнування оболонок і витягу соку.

Подібно тензору напружень можна записати тензори деформацій і тензори швидкості деформацій. Шляхом спільного розгляду

інваріантів тензорів і властивості деформованих матеріалів, знаходять залежності між напруженнями і деформаціями.

Сучасні подання про процес вичавлення рослинної сировини дозволили описати роботу існуючих пресів і створити принципово нові конструкції. Теорія фільтрування ці задачі не вирішує. Поєднання інтенсивної пластичної течії маси, що пресується із всебічним стиском, як показав досвід, дозволяє в декілька разів прискорити процес відділення соку. Пластична течія, таким чином, є невід'ємною і необхідною частиною процесу вичавлення.

В нинішній час вважається безперечною оцінка пластичності як стану речовини, що залежить від умов деформування: механічної схеми деформації, швидкості і міри деформації, а також зовнішніх умов (тертя середі).

При пластичній деформації, рух охоплює ряд площин або тонкіших шарів в проміжках між якими елементи пластичної деформації будуть відсутні. Процес скользяння здійснюється шляхом послідовного зміщення окремих часток. Така можливість зумовлюється наявністю порожнин.

При вичавленні рослинної мезги в сучасних пресах, процес зрушення, як показують численні спостереження через прозорі стінки, здійснюється не при одночасному зміщенні всієї маси, що пресується, а відбувається послідовно, порушуючи окремі зони робітничого простору. Повноту охоплення робітничого обсягу преса з рушувальними явищами можна вважати важливою характеристикою преса відділення соку.

В процесі деформування рослинної сировини спостерігаються загальні характерні явища:

- лінійна залежність напружень і деформацій зберігається тільки до початку пластичної течії,
- спостерігається пружна післядія,
- присутній пружний гістерезис,
- в сировині і на її поверхні утворюються зони зосередженої пластичної деформації.

Відмічені явища спостерігали і досліджували як на лабораторних моделях, так і на промислових зразках обладнання, де сировина, складається з окремих елементів, можна розглядати як квазіоднорідне.

Лінійна залежність між напруженнями і деформаціями спостерігається при початкових стадіях стиску рослинної сировини.

Пружна післядія виявляється при вичавленні маси сировини в усіх типах пресів.

Пружний гістерезис спостерігається при стиску окремих елементів сировини.

Лінії скользіння зі зрушенням легко виявити в зонах кінцевих витків шнекових пресів.

Пружне післядія спостерігається при виході жому з пресів після зняття напруження.

При пластичній деформації рослинної сировини робота зовнішніх сил в відповідних переміщеннях рівна роботі внутрішніх сил:

$$AB = AD, \quad (5)$$

Де AB – сумарна робота зовнішніх (поверхніх) сил, включаючи і роботу зовнішньому опору (т.е. сил контактного тертя), що протилежна по знаку роботі активних, т.е. що деформує сил,

AD – робота деформації форми тіла.

$$A_D = \tau_T \iiint_V \gamma_i dV \quad (6)$$

Де τ_T – гранична напруга зрушення;

γ_i – відносна деформація;

V – обсяг маси, що деформується.

Робота зовнішніх (поверхніх) сил в загальному вигляді визначається так:

$$A_B = \iint_F (X_{U_x} + Y_{U_y} + Z_{U_z}) dF \quad (7)$$

Де X, Y, Z – проекції сил, діючих по дільниці dF на осі координат,

U_x, U_y, U_z – відповідні переміщення в направлених осі.

Тоді рівняння стану прийме вигляд:

$$\iint_F (X_{U_x} + Y_{U_y} + Z_{U_z}) dF = \tau_T \iiint_V \gamma_i dV \quad (8)$$

В наведених рівняннях можна замінити деформації γ швидкостями деформацій $\dot{\gamma}$ і переміщення швидкостями переміщень \dot{U} . Тоді замість робіт отримаємо відповідні потужності. Потужність внутрішніх сил називають потужністю пластичної деформації. Потужність пластичної деформації є аналогом питомої потужності вичавлення – основного критерію зв'язку механічних і технологічних показників процесу витягу суслу з рослинної сировини.

Як показують численні опити, одиничні ягоди, наприклад, виноград зруйнувати всебічним тиском не вдається. Це вказує на те, що опис напруженого стану сировини, що пресується тільки шаровим тензором непридатно.

В корзиночних пресах для вичавлення винограду, наприклад, при русі рухомої стінки відбувається немов би рівномірний стиск маси, що пресується, однак розлад ягід можна пояснити тільки її неоднорідністю, що призводить до нерівномірності розподілу напружень.

По мірі заповнення порожнин між ягодами і закінчення частини рідини, локальні напруги знижуються і напружений стан наближається до гідростатичного здавлювання, що не приводить до руйнування окремих оболонок соковмістивих кліток. Для поновлення процесу соковідділення в корзиночному пресі необхідно перерозподіл часток і створення неоднорідностей в структурі маси, в якій при стиску знову виникають локальні нерівномірні напруги, що описуються девіатором. Для цього сировину взрихляють.

Процес вичавлення, здійснюваний в корзиночних пресах, відбувається в темпі, що уповільнюється, а це не дає можливості підтримувати інтенсивність соковідділення на достатньо високому рівні.

Виходячи з умови пластичності, сума квадратів різниці головних нормальних напружень є величина певна, рівна подвійному квадрату напруги плинності. Перехід в пластичний стан залежить тільки від девіатора напружень і не залежить від шарового тензора. Ця умова є обов'язковою для виникнення пластичного деформування сировини сприятливого для виділення соку з соковмістивих оболонок. Якщо головні нормальні напруги в елементі сировини такі, що сума квадратів їх різниці менше означеної, то тіло буде знаходитися в пружному стані.

Отже, для руйнування соковмістивих оболонок сировини потрібне створити такі різності нормальних напружень в елементарних обсягах робітничого простору преса, при яких стає можливим пластична течія. Такий процес можна здійснити при нерівномірному силовому впливі на сировину, наприклад, в режимі його видавлювання з однієї частини робітничого простору в іншу.

Існує безліч комбінацій величин головних нормальних напружень, що задовольняють умови пластичної течії. Виходячи з умов виникнення в тілі, що деформується лінії скользяння, по яким відбувається зрушення одних шарів сировини по іншим, а також по яким в основному відбувається руйнування сокомістящих оболонок і виділення суслу, слідус припустити, що для інтенсифікації процесу соковідділення доцільно створити такі умови силового впливу на сировину, при яких лінії скользяння при видавлюванні змінювали б своє положення в робітничому просторі і завдяки цьому рівномірно деформували його в всьому обсязі. Досягнення такого режиму де-

формування може бути отримане як зміною направлення додатку зовнішніх сил, так і зміною їхніх абсолютних величин.

Перехід від системи стиску сировини в замкнутому просторі корзиночного преса до стиску в напіввідкритому просторі щекового преса призводить до значної інтенсифікації процесу вичавлення.

Пластичному деформуванню сировина повинна наражатися в течії часу, що визначається швидкістю разрушення соковмістивих оболонок і швидкістю вилучення рідкої фази.

Розвитком засобу вичавлення рослинної сировини в корзиночних пресах є розроблений в Україні засіб циклічного вичавлення цілих китиць винограду з безперервним відбором соку як в період стиску, так і при формозмінінні вичавленої маси. Здійснення такого процесу водночас в великому обсязі сировини дозволяє при високій продуктивності знизити величину питомої потужності.

Втіленням процесу циклічного вичавлення китиць винограду є щековий прес, створений групою учених Одеської державної академії харчових технологій під керівництвом А.В.Іваненко і П.П.Ліпнягова. Прес показаний на рис. 1. Він випускається Фастовским механічним заводом в Україні і Кишиневским механічним заводом аграрного машинобудування в Молдавії. Такі преси експлуатуються в Херсонській, в Одеській, в Закарпацкої і в Харківській областях України, в Росії, в Молдавії, в Грузії і в Вірменії.

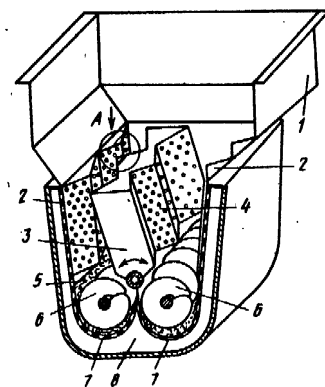


Рисунок 1. Пульсаційно-циклічний щековий прес для вичавлення плодово-ягідної сировини.

1 – приймальний бункер, 2 – похилі гофровані стінки, 3 – щока, 4 – гофровані бокові поверхні щоки, 5 – вал, 6 – що транспортують шнеки, 7 – перфоровані напівциліндри, 8 – сокозбирач.

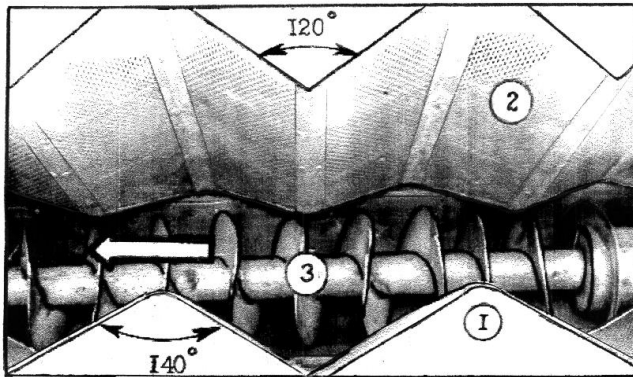
Прес складається з приймального бункера, в якому розміщені похилі гофровані стінки і пустотіла щока з гофрованими боковими поверхнями, що вчиняє качання навколо пустотілого валу. В нижній частині робітничого простору знаходяться розгрозочні шнеки, укладені в перфорований напівциліндр. Кути при вершинах клиноподібних гофр бокових стінок більше кутів при вершинах клиноподібних гофр щоки, причому вершини гофр щоки зміщені відносно вершин гофр стінок.

Фотографія робітничої зони щекового преса уявлена на мал.2.

Сировина, зміщуючись згори вниз в клиновому просторі, сформованому стінками і щокою, наражається на стиск, що міститься вздовж площин гофр. Бо величина граничної напруги зрушення вздовж площини гофр неоднакова, в масі, що пресується виникає подільне зрушення окремих шарів, що приводиться до розрушення сокомістимих клітин.

Гофри стінок і щоки мають різні кути при вершинах, а площини гофр утворюють клинкові простори, в яких тиск на масу, що пресується розподіляється нерівномірно: в крапках найбільшого зближення поверховості стінок і щоки він максимальний, в крапках найменшого зближення – мінімальний. В сировині утворюються області різних тисків.

Локальні області тисків і нерівномірний розподіл напружень зрушення вздовж гофр створюють умови для додаткової поперечної зональної пластичної течії, що поряд з породільною течією призводить до інтенсивного розрушення сокомістящих кліток і додаткового виділення соку.



**Рисунок 2. Робітнича зона щекового преса.
1 – бокова стінка, 2 – рухома щока, 3 – шнек.**

Таким чином, шляхом створення додаткових зон пластичної течії, в щековому пресі інтенсифікований процес витягу соку.

Численні промислові іспити пульсаційного засобу вичавлення цілих китиць винограду в напіввідкритих робітничих просторах щекових пресів підтвердили його високу ефективність.

Література:

1. А.В.Іваненко, П.П.Ліпнягов, Н.П.Ліпнягов і ін. Розвиток теорії сокоотделения. Наукові праці міжнародної науково-практичної конференції. Частина II. - Одеса: Астропринт, 1997. - 420 з, стор. 311-312.
2. Н.П.Ліпнягов, П.П.Ліпнягов, А.В.Іваненко. Секційний шнековий виноградний прес. Наукові праці міжнародної науково-практичної конференції. Частина II. - Одеса: Астропринт, 1997.-420 з, стор. 317.
3. А. С. СРСР № 1586176 кл. З 12 G 1/02. Пульсационно-циклічний щековий прес для вичавлення плодово-ягідної сировини. – П.П.Ліпнягов і ін. 1990 г.
4. А. С. СРСР № 1779051 кл. З 12 G 1/02, В 30 В 9/02. Засіб вичавлення соку з винограду. – П.П.Ліпнягов і ін. 1992 г.
5. А. С. СРСР № 1770354 кл. З 12 G 1/02. Влаштування для витягу соку з плодово-ягідної сировини. – П.П.Ліпнягов і ін. 1992 г.
6. Патент на винахід України № 25597 А, С 12 G 1/02, В 30 В 9/16, Щековий прес для віджимання плодово-ягідної сировини. - А.В.Іваненко, П.П.Ліпнягов, М.П.Ліпнягов і ін. 1998 р.
7. А.В.Іваненко. Процеси і апаратурної оформлення витягу соків з рослинної сировини. Дис. док-ра техн. Наук. - Одеса, 1982.-340с.