

УДК 631.363:633.8

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ЩОДО МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЛІЙНИХ ПРЕСІВ

О. Горбенко, канд. техн. наук, **М. Огіснюк**, канд. техн. наук,
В. Стрельцов, **Н. Горбенко**,
Миколаївський державний аграрний університет

Проведено аналіз теоретичних основ процесу вигнічування олійного матеріалу в шнековому пресі.

Ключові слова: шнековий прес, рослинна олія, вигнічування.

Суть проблеми. Забезпечення рослинною олією в Україні здійснюється за рахунок виробництва олійної сировини в сільському господарстві і подальшої її переробки на підприємствах олійножирової промисловості. Розвиток виробничої бази олійножирової промисловості відбувається в даний час як за рахунок реконструкції діючих крупних олієекстракційних виробництв, так і створення малих переробних підприємств, наближених до виробників сільськогосподарської сировини. Поява великої кількості малих виробництв з переробки олійної сировини є наслідком економічного напрямку розвитку країни.

Ефективність переробки олійної сировини в обох випадках залежить від використання досконалої техніки і технології на виробництві, що під час переходу до ринкових відносин дуже важливо. Висока ефективність виробництва дозволяє мати високу конкурентоспроможність у боротьбі за ринок як з вітчизняними, так і з зарубіжними постачальниками продуктів харчування. Забезпечення конкурентоспроможності малих підприємств досягається зниженням витрат на створення і експлуатацію технологічного обладнання, а також за рахунок підвищення виходу і якості продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Механічний спосіб отримання олії шляхом пресування олійного матеріалу, що пройшов попередню підготовку, поширений не лише на пресових, але й на олієекстракційних заводах, де основною залишається технологічна схема – «форпресування – екстракція» [1, 2].

За останні декілька років у зв'язку зі змінами в народногосподарському комплексі країни, виникла необхідність в обладнанні підприємств малої потужності, що працюють в області переробки сільськогосподарської сировини. Зокрема, стали з'являтися зразки обладнання і для малих олійних заводів. В основному це преси з малою продуктивністю, без додаткового обладнання.

Ефективно працюючий прес повинен забезпечувати необхідну продуктивність і глибоке вигнічування при оптимальних техніко-економічних показниках.

До теперішнього часу не існує повної теорії роботи шнекових пресів, і їх створення в основному спирається на експериментальні дослідження і емпіричні залежності, отримані на основі експериментів. Це пояснюється тим, що в гвинтовому каналі шнекового преса змінюються властивості олійного матеріалу: щільність, розміри і гранулометричний склад часток, кількість олії всередині часток і в міжчасткових порах, міцність. Вказані зміни у великій мірі ускладнюють аналіз процесів пресування і вигнічування, і не дозволяють перекласти проектування пресів нових конструкцій на чітку методичну основу.

Мета досліджень – провести теоретичний аналіз процесу вигнічування олійного матеріалу в шнековому пресі; визначення факторів, що мають максимальний вплив на продуктивність і глибоке вигнічування.

Результати досліджень. Теорією роботи гідравлічних, а надалі шнекових пресів займалася ціла низка вчених. Але і в даний час, ще не з'ясовані всі питання, пов'язані з механізмом процесів, що протікають в пресах. І на сьогоднішній день дослідження процесу вигнічування, а також побудова математичних моделей відповідного процесу з метою створення інженерних методів розрахунку продуктивності олійних пресів є актуальними і доцільними. Над даною проблемою працювали вчені: А.І. Скіпін, А.М. Голдовський, В.А. Масліков, В.В. Белобородов, Г.В. Зарембо-Рацевіч, В.Т. Алимов, В.П. Кичигин, Ю.А. Толчинський, Ю.П. Кудрін, В.С. Морозов, Г.Є. Мірошник та ін., а також ряд закордонних авторів: R.T. Anderson, H.G. Schwartzberg, M.T. Shirato, V.S. Vadke, F.W. Sosulski, C.A. Shook, G.C. Mrema, P.B. McNulty та ін.

Механізм процесу пресування описують таким чином. Під час роботи шнекових пресів принцип вигнічування олії полягає в тому, що шнековий вал транспортує олійний матеріал всередині зерного циліндра, який набраний з пластин з малими зазорами між ними. Геометрія каналу, утвореного набором шнекових витків, забезпечує зниження вільного об'єму витків по ходу руху матеріалу від завантажувальної воронки до вихідної щілини преса і тим самим піддає матеріал стисканню. Стискання матеріалу спричинює за собою підвищення тиску, при якому олія вигнічується з мезги. Віджата пресова олія відводиться із зони пресування через щілини між зерними пластинами, а віджятий матеріал проходить через кільцевий зазор на виході зерного циліндра.

На початку і середині 50 років питаннями дослідження процесу пресування соняшникової мезги пресом типу ФП займався В.А. Масліков.

Шнековий прес має дві сторони роботи – кількісну і якісну сторону. Кількісна сторона роботи шнекового преса охоплює: продуктивність преса, потужність, потрібну для роботи преса. Якісна сторона роботи преса охоплює залишкову олійність матеріалу. Тому в зв'язку з повною відсутністю теорії роботи шнекового преса, метою його роботи став розгляд теоретичних і практичних сторін кількісної роботи олійного преса.

До того часу в технічній літературі практично не піднімалося питання про продуктивність шнекового преса, окрім робіт А.І. Скипіна [3], який, проаналізувавши роботу шнекового вала, вивів рівняння для визначення продуктивності преса по насінню соняшнику. Але визнано, що робота А.І. Скипіна містить низку проблемних моментів. Так, наприклад, підраховуючи «вільний об'єм» витка – об'єм, де поміщається пресована мезга, Скипін не враховував наявність об'єму нитки на витку, що призводило до завищення величини «вільного об'єму» витка. Величина цієї помилки при розрахунку продуктивності для різних пресів коливається в межах від 5% (для преса типу ФП) до 30% (для преса типу ЕП).

Проф. А.І. Голдовський, як і А. І. Скипін, в своїй роботі розглядав процеси пресування шнековими пресами з точки зору механіки твердих тіл [4], хоча існує підхід пояснення процесу пресування і з точки зору фізико-хімічних явищ, які проходять в матеріалі під час пресування.

Надалі дослідження роботи шнекових пресів отримало розвиток в роботі В.А. Маслікова [5] як з конструкційної [6], так і з технологічної точок зору [7]. Аналізуючи роботи своїх попередників як колишнього СРСР, так і закордонних авторів, він запропонував рішення щодо проходження процесу пресування і встановив рівняння теоретичної продуктивності шнекового вала, яке має вигляд:

$$Q = 47,1 \cdot D^2 \cdot L \cdot n \cdot (1 - \psi) \cdot \gamma, \quad (1)$$

де Q – продуктивність преса по меззі, що поступає, т/год;

D – діаметр зеєра в зоні першого витка, м;

L – довжина першого витка, м;

n – число обертів шнекового валу, об/хв;

ψ – коефіцієнт заповнення об'єму витка шнека (для преса типа ФП $\psi=0,312$);

γ – об'ємна вага мезги, кг/м³.

Це рівняння не відображає залежності зміни продуктивності від положення регульовального конуса.

Під час проведення досліджень аналіз показав, що регульовальний конус, створюючи протитиск черепашки, яка виходить, змушує лінійну швидкість пресованої мезги всередині зеєра відставати від лінійної швидкості шнекового вала. Це явище В.А. Масліковим було враховане за допомогою так званого коефіцієнта повернення [8], що призвело до видозмінення рівняння (1):

$$Q = 47,1 \cdot D^2 \cdot L \cdot n \cdot (1 - \psi) \cdot \gamma \cdot (1 - K_B), \quad (2)$$

де K_B – коефіцієнт повернення, що є функцією ширини вихідної щілини преса.

Для визначення значень коефіцієнта повернення були оброблені дані професора А.М. Голдовського для бавовняного насіння і дані інженера І.П. Колпакова для соняшникового насіння. Аналіз дозволив зробити висновок,

що коефіцієнт повернення не залежить від числа обертів шнекового вала і його величина визначається шириною вихідної щілини преса.

В результаті проведених замірів з'ясувалося, що характер зміни коефіцієнта повернення залежно від ширини вихідної щілини преса залишився той же, але абсолютне значення його менше, оскільки замірялася ширина вихідної щілини, а не товщина макухи, тобто враховувались пружні властивості мезги.

Такий характер зміни величини коефіцієнта повернення цілком відповідає раніше висловленим теоретичним припущенням, а саме: що зі зменшенням товщини черепашки протитиск виходу зростає, під дією якого більше мезги переходить через нитку, тобто збільшується величина коефіцієнта повернення, внаслідок чого зменшується продуктивність преса.

В.А. Масліков своїми розрахунками показав, що величина коефіцієнта повернення не зміниться від типу культури, яка переробляється, що відображає однотипність фізико-механічних властивостей мезги різних олійних матеріалів. Але він відображає реологічні властивості пресованої мезги і умови, в яких відбувається пресування, а тому він не може залишатися постійним і змінюватиметься зі зміною якості мезги і режиму роботи преса.

Проте отримані числові значення коефіцієнта повернення виявилися неточними внаслідок того, що обидва дослідника заміряли не ширину вихідної щілини преса, а товщину отримуваної макухи після виходу її з преса. Це призвело до того, що виявилися не врахованими пружні властивості мезги, які, як показали спеціальні заміри, є суттєвим фактором.

Тому було розроблено спеціальну методику і зроблено визначення величини коефіцієнта повернення на працюючому пресі.

Математична обробка даних дозволила отримати емпіричну залежність рівняння коефіцієнта повернення залежно від ширини вихідної щілини преса у вигляді:

$$K_B = \frac{2,15}{\delta^{0,58}}, \quad (3)$$

де δ – ширина вихідної щілини, при якій працює прес, мм.

В результаті проведеного дослідження складена номограма для визначення продуктивності преса типу ФП за об'ємом мезги при різних ширині вихідної щілини і різних обертах шнекового вала.

В остаточному вигляді В.А. Масліков наводить формулу розрахунку продуктивності шнекового преса:

$$Q = \frac{4710 \cdot D^2 \cdot L \cdot n \cdot (1 - \psi) \cdot \gamma \cdot (1 - K_B)}{B_M}, \quad (4)$$

де B_M – вихід мезги з насіння, %.

Проаналізувавши отримане рівняння (4), В.А. Масліков зробив декілька висновків відносно роботи преса:

1. Продуктивність преса суттєво залежить від діаметра зеєра, оскільки діаметр входить в рівняння продуктивності в квадраті.

2. Продуктивність преса збільшується при підвищенні об'ємної маси мезги, що надходить, яку можна збільшити за рахунок використання попереднього підпресовування олійного матеріалу в живильнику.

3. При використанні справного (незношеного) обладнання, особливо в частині зеєрної камери і шнекового вала, а також зменшенні вихідного опору за рахунок збільшення вихідної щілини преса, можливе збільшення продуктивності шнекового вала.

4. Збільшення частоти обертання шнекового вала також підвищує продуктивність шнекового преса.

Кожен із запропонованих варіантів підвищення продуктивності на підставі аналізу отриманої формули вимагає додаткової оцінки.

Досягнення більшої продуктивності збільшенням діаметра не може відіграти ключову роль як напрям в проектуванні нових пресів, оскільки він є матеріаломістким і неефективним, що неодноразово доведено на практиці.

У свою чергу, як показала практика, застосування підпресовування олійного матеріалу дійсно дало позитивний ефект як в плані збільшення продуктивності, так і вигнічування олії. У конструкціях деяких шнекових пресів замість звичайної тічки встановлюють живильник, забезпечений індивідуальним приводом, виготовлений у вигляді вертикального шнека, що виконує також роль механізму підпресовування.

Збільшення продуктивності за рахунок відкривання вихідної щілини вимагає особливої уваги. З одного боку, відкривання вихідної щілини преса призводить до збільшення його пропускної здатності. У граничному випадку повного відкривання вихідної щілини прес можна розглядати як подібність транспортного шнека, в якому олія взагалі не вигнічується, але при цьому досягається максимальна продуктивність. Проте необхідно пам'ятати про головне призначення преса – вигнічування олії. Внаслідок цього такі показники як продуктивність і вихід олії необхідно розглядати в комплексі, за питомими показниками.

В питанні про підвищення продуктивності за рахунок збільшення частоти обертання шнекового вала також є деякі аспекти, які не можна не відзначити. З одного боку, об'єм матеріалу, що пропускається за одиницю часу, збільшується, але при цьому зменшується час перебування матеріалу в шнековому пресі, що негативно впливає на залишкову олійність відпресованого матеріалу. У своїй роботі В.А. Масліков говорить про те, що чим довше матеріал знаходиться в шнековому пресі під тиском, тим менша залишкова олійність відтиснутого матеріалу. Проте промислові експерименти проведені на пресах більш нових моделей, зокрема на РЗ-МОА, показують зворотну картину. Із збільшенням числа обертів шнекового вала залишкова олійність знижується.

Висновки. З метою визначення перспективного напрямку в розробці ефективного обладнання було проведено аналіз відомого обладнання. Порівняльна оцінка пресів для вигнічування олії показала наявність конструкцій шнекових пресів з низькими питомими показниками. Крім того, наявність великого числа робіт вищезгаданих авторів не дала повноти опису методики розрахунку шнекового преса для його розробки і виготовлення.

Література

1. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел / В.А. Масликов. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 439 с.
2. Кошевой Е.П. Оборудование для производства растительных масел / Е.П. Кошевой. — М.: Агропромиздат, 1991. — 208 с.
3. Скипин А.И. Непрерывно действующие шнекпрессы / А.И. Скипин. — Л.: ВНИИЖ, 1952.
4. Голдовский А.М. Теоретические основы производства растительных масел / А.М. Голдовский. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 446 с.
5. Масликов В.А. Исследование процесса прессования подсолнечной мезги на прессе типа ФП: Дис. канд. техн. наук. — Краснодар, 1955. — 205 с.
6. Масликов В.А. Некоторые вопросы конструкции шнековых прессов // Маслобойно-жировая промышленность. — 1953. № 6. С. 11—15.
7. Масликов В.А. Примеры расчетов оборудования производства растительных масел / В.А. Масликов. — М.: Пищепромиздат, 1959. — 224 с.
8. Масликов В.А., Чечевицин П.И. Коэффициент возврата и его расчет // Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1966. № 5. С. 127—132.

Аннотация

Проведен анализ теоретических основ процесса отжима масляного материала в шнековом прессе.

Summary

The analysis of theoretical bases of process of quetch of oil-bearing material is conducted in a screw press.