

УДК 678.057.3:664.002.5.

RESEARCH OF SCREW EXTRUDERS FOR DRY BREAKFASTS PRODUCTION

I. Ratushna

National University of Food Technologies

Key words:

*Screw extruder
Extrusion
Corn products
Complete clutch screws
Plasticizing*

Article history:

Received 28.12.2014
Received in revised form
29.01.2015
Accepted 06.02.2015

Corresponding author:

I. Ratushna
Email:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article examines the structure, classification and functional purpose of screw extruders. Their characteristics and production features are researched. A comparative analysis of the efficiency of single and double screw extruders is performed. It has been established that the use of extrusion technology enables to produce the foodstuff having the exact bonding characteristics. Therefore, the use of such technology has a strong potential.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШНЕКОВИХ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ СНІДАНКІВ

І.І. Ратушна

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто будову, класифікацію і функціональне призначення шнекових екструдерів, досліджено їхні технічні характеристики й особливості застосування у виробництві. Проведено порівняльний аналіз ефективності роботи одно- і двошнекових екструдерів.

Ключові слова: шнековий екструдер, екструзія, кукурудзяні вироби, шнеки повного зчеплення, пластифікація.

Постановка проблеми. Екструзійна техніка, а саме черв'ячна (шнекова), що забезпечує проведення складних технологічних процесів безперервно, в даний час є найбільш перспективною в різних галузях харчової промисловості. Екструдери дозволяють поєднати ряд операцій в одній машині, проводити їх швидко і безперервно (складати композиції з декількох компонентів, перемішувати, стискати, нагрівати, варити, стерилізувати, формувати практично одночасно).

Перевага технології екструзії над іншими способами обробки харчової сировини полягає в можливості отримання харчових продуктів із заданими

властивостями з різних видів сировини з мінімальним втратами цінних термолабільних речовин, малої потреби у виробничих площах і одиницях обладнання завдяки поєднанню ряду процесів термопластичної обробки в одному пристрої-екструдері.

Актуальність даної теми зумовлена тим, що в умовах роботи підприємства виникає необхідність пошуку шляхів для забезпечення виробництва обладнанням, яке виробляє продукт найвищої якості, не є енергозатратним і зручне в технічному обслуговуванні.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні науковці та практики дійшли спільної думки про те, що екструзія є одним із різновидів процесу пресування харчових матеріалів. При пресуванні на продукт чиниться тиск, під дією якого відбувається зміна його властивостей [1, 2]. За класифікацією, наведеною О.Ю. Алферниковим і В.А. Грицьких, пресування — це формування продукту шляхом стискання, а екструзія — формування шляхом витискання [3]. А.Ф. Брехов, А.В. Бурцев стверджують, що поведінка в'язко-пластичних матеріалів, які є об'єктами обробки екструдують, при різних створюваних навантаженнях і деформаціях описується законами реології [5, 7]. Основними реологічними властивостями матеріалу є пружність, пластичність, в'язкість і міцність, які проявляються у тій чи іншій мірі залежно від стану матеріалу і характеру застосованого навантаження. Л.В. Антипова, А.Н. Кузнецов та А.В. Бурцев стверджують, що контроль якісних показників саме за вказаними властивостями дозволить створити екструдовані вироби підвищеної біологічної цінності [4, 6]. Г.І. Касьянов, А.В. Бурцев та В.А. Грицьких підкреслюють, що для виконання умов виготовлення якісної продукції необхідно здійснити аналіз технічних характеристик обладнання (шнекових екструдерів) [8].

Мета дослідження. З'ясувати особливості роботи і пристрою шнекових екструдерів, визначити тип екструдера з кращими можливостями виготовлення продукції.

Виклад основного матеріалу. За типом основного робочого органу екструдери підрозділяють на одношнекові, багатошнекові, дискові, поршневі тощо.

Продуктивність шнекового екструдера визначається взаємодією нагнітача і формуючої голівки. Витратно-напірна характеристика (ВНХ) нагнітача — залежність утвореної ним витрати матеріалу Q від протитиску Δp на виході, РНХ формуючого органу (матриці) — це функція витрати через отвори матриці від тиску в передматричній камері.

Аналіз шнекового нагнітача і формувальної голівки дозволяє визначити продуктивність екструдера і тиск, що розвивається при цьому на вході в матрицю для конкретного перетину шнек-матриці при заданій частоті обертання шнека.

Екструдери, що використовуються в харчовій промисловості, досить різноманітні за конструктивним оформленням, але всі вони мають формувальний елемент — матрицю, яка формою і розмірами отворів визначає поперечний переріз джгута, що екструдують, і нагнітач, який повинен створити в екструзійній масі необхідний тиск. При переробці харчових продуктів найбільше поширення отримали екструдери зі шнеками повного

зачеплення, що обертаються в одному напрямку, коли вершини одного шнека взаємодіють із западинами іншого.

У двошнекових самоочисних екструдерах забезпечується більш швидкий пуск шнека і робота на підвищеній швидкості, рідше виникають перепади тиску, оскільки не відбувається накопичення продукту. В одношнекових екструдерах внаслідок того, що продукт може залишатися у витках і накопичуватися, утворюючи розриви потоку, перепади тиску бувають частіше. В результаті продукт з екструдера випускається нерівномірно. Однак передбачається, що в одношнековому екструдері знос шнека сконцентрований по зовнішньому ребрі до торця його витоків, що забезпечує відновлення шнека.

При використанні двошнекового екструдера не вимагається попередня гідротермічна обробка продукту, що спрощує виробничий процес. Гідроліз крохмалю пшеничного борошна набагато ефективніший у двошнековому екструдері, ніж в одношнековому. У двошнековому екструдері зони пластифікації та підвищення тиску відокремлені одна від одної, що дає змогу незалежно здійснювати пластифікацію й екструдуння продукту. Порівняння конструктивних і технологічних одношнекових і двошнекових екструдерів підтверджує значну перевагу останніх.

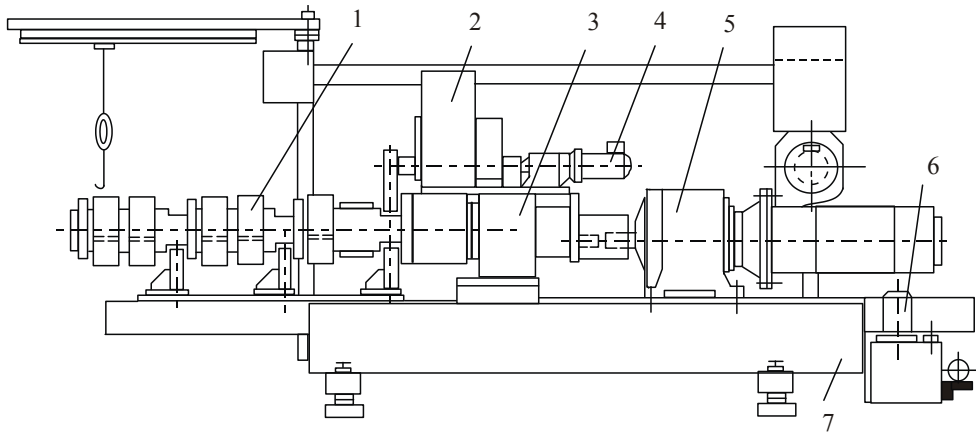


Рис. 1. Екструдер РЗ-КЕД-88

1 — корпус; 2 — бункер; 3 — розподільна коробка; 4 — електродвигун приводу зворушувача; 5 — електродвигун приводу преса; 6 — циліндр зі шнеком; 7 — станина

Екструдер РЗ-КЕД-88 застосовується при виробництві готових до вживання фігурних круп'яних виробів, сухих сніданків; може бути використаний для отримання харчових концентратів швидкого приготування. Екструдер (рис. 1) складається з приводу, станини 7, дозатора, обладнання для дозованої подачі води, двошнекового преса, нагрівача, гранулятора, транспортера, шафи управління процесом і електроприводами, обладнання для мастила.

Двошнековий прес складається з корпусу 1 з каналами для охолодження водою, двох валів з набором із шнекових елементів, змінних матриць з фільтрами. Привід преса здійснюється від електродвигуна 5 постійного струму через редуктор і розподільну коробку 3 і забезпечує обертання валів в одному

напрямку. Конструкція преса забезпечує швидке розбирання корпусу. Блокування виключає роботу екструдера при відкритому корпусі і підвищеному тиску.

Дозатор складається із завантажувального бункера зі зворушувачем і двошнекового регульованого дозуючого пристрою. Привід зворушувача здійснюється від електродвигуна 4 постійного струму через редуктор і розподільну коробку, що забезпечує обертання шнеків в одну сторону. Бункер 2 дозатора забезпечений оглядовим вікном для контролю наявності сировини, запобіжними ґратами і датчиком рівня з контактним виходом для використання в схемі управління пристроєм завантаження бункера.

Гранулятор має блокування, що виключає роботу ножа при відкритому кожусі. Конструкція кожуха гранулятора передбачає спостереження за роботою ножа і вільне випаровування вологи. Устаткування для дозованої подачі води обумовлює безперервну дозовану подачу питної води з регульованою витратою. Підведення води до двошнекового пресу проводиться через гідророз'єм. На транспортері передбачена можливість регулювання кута його нахилу.

Шафа управління процесом і електроприводами включає елементи дистанційного контролю й управління з необхідними захистами і блокуваннями та розміщується, як і всі вузли та системи екструдера, в станині. При роботі екструдера забезпечується дистанційне управління і регулювання частоти обертання електродвигунів преса і ножа, температури в зоні нагріву.

Екструдер забезпечений апаратурою, яка контролює частоту обертання двигуна преса, навантаження двигуна преса, тиск у корпусі преса, температуру в зоні нагрівання й охолодження, час напрацювання. В екструдері передбачено ручне аварійне відключення кнопкою аварійної зупинки.

Зернова суміш подається в зону завантаження. У міру просування шнековими валами сировину піддають інтенсивному перемішуванню, подрібненню і гідротермічній обробці при підвищеному тиску. При виході з отворів матриці відбувається різке зменшення тиску, в результаті чого продукт збільшується в об'ємі. Обертаним ножом гранулятора, що виходить з отворів матриці, продукт нарізається. Довжину виробів можна змінювати, регулюючи частоту обертання ножа. Продукт направляють на подальшу технологічну обробку залежно від призначення.

Машина А1-КХП призначена для формування паличок із кукурудзяної крупи тепловою та механічною обробкою (рис. 2). Машина складається зі станини 1, бункера 7, корпусу підшипника 9, циліндра 3, механізму різання 4, варіатора, щита управління з нагрівачами. Машина має два індивідуальних приводи: для шнека і механізму різання.

На верхній плиті зварної станини встановлено електродвигун 8 приводу шнека, з'єднаний через муфту з швидкохідним валом редуктора 10. Останній, у свою чергу, за допомогою муфти з'єднується з валом корпусу підшипника. У литому корпусі підшипника встановлено вал, що обертається.

До корпусу підшипника фланцем кріпиться зварний циліндр із розташованим всередині нього шнеком. З протилежного боку циліндр закритий матрицею. Температура в робочій зоні контролюється термopарами, введеними в зону через пробку 5. Для нагріву кукурудзяної маси в передній частині циліндра прикріплений блок електронагрівачів 6.

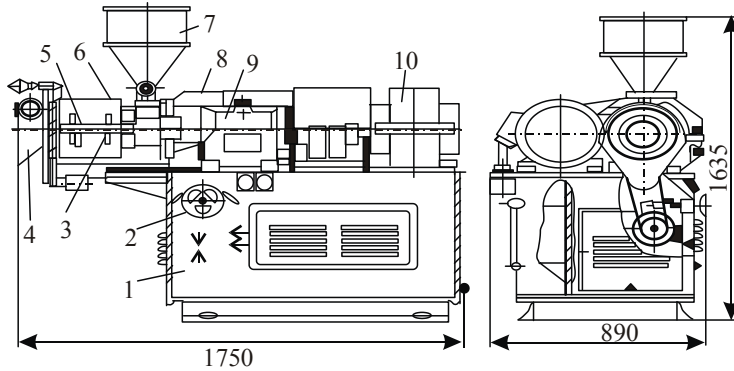


Рис. 2. Машина А1-КХП

- 1 — станина; 2 — руків'я; 3 — циліндр; 4 — механізм нарізки; 5 — пробка; 6 — блок електронагрівачів; 7 — бункер; 8 — електродвигун приводу шнека; 9 — корпус підшипника; 10 — редуктор

Біля переднього торця матриці розташований механізм різання з обертовими ножами, який приводиться в рух від окремого електродвигуна через безступінчатий варіатор. Електродвигун і варіатор знаходяться всередині станини. Частота обертання варіатора регулюється руків'ям 2, встановленим у безпосередній близькості від панелі управління. Для зручності обслуговування механізм різки відводиться убік.

Над циліндром встановлений бункер для прийому кукурудзяної крупи. Кукурудзяна крупа з бункера машини через регульовану заслінку надходить у приймальний отвір циліндра, де відбувається пресування продукту і нагрівання до температури 145 °С.

У результаті впливу тепла, вологи і тиску крупа перетворюється в пластичну масу, яка видавлюється шнеком через отвори матриці. При виході з отворів матриці маса під дією пари, що утворюється з перегрітої вологи, набухає, утворюючи пористу хрустку жилу. Механізм різання ділить жили на палички, які рухаються на конвеєрі. Порція крупи (1,5 ... 2,0 кг при температурі в циліндрі 80 ... 145 °С) виготовляється за 30 ... 60 хв до пуску машини. Режим нагріву циліндра підбирається для кожної машини індивідуально залежно від сорту, помолу, вологості крупи і ступеня зносу.

Технічна характеристика екструдера А1-КХП наведена в табл. 1

Екструдер Б8-КХ-ЗП призначений для виробництва паличок з кукурудзяної крупи з допомогою її теплової та механічної обробки з подальшим фасуванням на інших автоматах (рис. 3). Машина Б8-КХ-ЗП складається зі станини 7, формувального механізму 2, механізму 5 відрізання паличок по довжині, зворушувача 3 кукурудзяної крупи, блоку електронагрівачів 4.

Формувальний механізм складається з охопленого шнека з правого нарізкою, шнекової втулки з лівою нарізкою, матриці з дванадцятьма отворами діаметром 3 мм, обойми з чотирма відрізними ножами, що приводиться в обертання через ланцюгову і клиноремінну передачу від електродвигуна.

Зворушувач являє собою корпус, усередині якого обертається вал з лопатями.

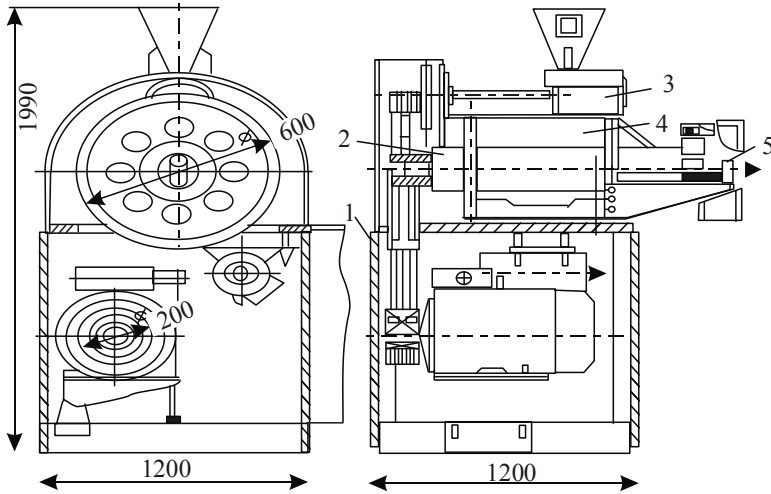


Рис. 3. Машина Б8-КХ-3П

1 — станина; 2 — формувальний механізм; 3 — зворушувач; 4 — блок електронагрівачів; 5 — механізм відрізки паличок

Блок електронагрівачів призначений для нагріву робочої зони машини в період пуску й автоматичної підтримки постійної температури від 160 до 180 °С. Щоб уникнути перегріву машини в зоні завантаження передбачається примусове водяне циркуляційне охолодження корпусу формувального механізму з підведенням до мережі водопостачання.

Таблиця 1. Коротка технічна характеристика екструдерів, сформовано за[8]

Показники	Продуктивність, кг / год	Потужність приводу	Число шнеків	Частота обертання шнеків, хв	Діаметр шнеків, мм	Max t в зоні нагріву, С	Max допустимий тиск, МПа	Маса, кг	Довжина, ширина, висота, мм
А1-КХП	75	21	1	71	155	145	10	1300	1750 890 1635
РЗ-КЭД-88	100-200	60	2	270	88	300	20	3500	4600 1150 2250
Б8-КХ-3П	90	18,5	1	79,3	74	160...180	12	950	1200 1200 1900

Схемою машини передбачено ручне управління електроприводами шнека і ножа, а також ручне й автоматичне управління блоком нагрівачів.

Перед пуском машини проводиться нагрів робочої зони формувального механізму протягом 30 ... 35 хв до 160 ... 180 °С за допомогою блоку електронагрівачів. За 25 ... 30 хв до пуску машини готується перша порція крупи вологістю 20 ... 21 %. Підготовлена крупа по спеціальному лотку вручну

засипається невеликим потоком в отвір зони завантаження при включеній машині. Після виходу паличок з формуючої матриці відкривається заслінка і в машину надходить крупа вологістю 13 ... 14 %. Нагрів продукту в момент запуску відбувається за рахунок теплопередачі, а в подальшому — за рахунок тепла, що утворюється в результаті тертя між продуктом, шнеком і шнековою втулкою. Випресована напіврідка маса за рахунок перепаду тиску при виході з отвору формувальної матриці збільшується в діаметра 3 мм до 8 ... 12 мм.

Одно- і двошнекові харчові екструдери істотно відрізняються за техніко-технологічними параметрами і, відповідно, за якістю одержуваного продукту, керованості, зручності обслуговування і ремонту.

Одношнекові екструдери, особливо з короткою зоною екструзії (відношення довжини шнека до його діаметра 3—6) використовуються в основному для виробництва кормів, найпростіших харчових продуктів типу кукурудзяної палички. Особливістю технологічного процесу є зволоження сировинної суміші до надходження її в дозатор екструдера і необхідність точного попереднього контролю вологості суміші, тому що цей параметр значно впливає на процес екструдуння і якість кінцевого продукту. У той же час нерівномірний вихід з одного шнека негативно впливає на розміри і форму продукту, тому від оператора потрібен постійний контроль якості екструдата і підбір технологічних параметрів під кожен тип сировини. Нерегульована частота обертання шнека залишає можливість впливати на якість продукту тільки зміною рецептури і вологістю, що знижує оперативність і збільшує час на обробку технологічного процесу.

Двошнекові екструдери дозволяють за рахунок перемішування двома шнеками здійснювати безперервну регульовану подачу рідких компонентів відповідно до рецептури безпосередньо всередину робочих корпусів, тому немає необхідності попереднього контролю вологості суміші. На практиці оператор екструдера встигає обслуговувати ділянку підготовки сухої суміші. Для ремонту і технічного обслуговування необхідна висока кваліфікація слюсаря-механіка та слюсаря КВП. Практично будь-який вид продукції можна випускати на двошнекових екструдерах, причому перехід з однієї технології на іншу вимагає мінімальних переналагоджень (зміна набору шнеків зони екструзії). Для одношнекових екструдерів це досить складне комплексне завдання.

Висновок

Дослідження одношнекових і двошнекових екструдерів підтверджують перевагу двошнекових екструдерів. Однак варто зазначити, що у двошнекових екструдерах швидше зношуються шнеки в місцях завантаження і вивантаження продукту. Гідроліз крохмалю пшеничного борошна більш ефективний у двошнековому екструдері, ніж в одношнековому. У двошнековому екструдері зони пластифікації та підвищення тиску відокремлені одна від одної, що дозволяє незалежно здійснювати пластифікацію й екструдуння продукту. Двошнекові екструдери дають змогу використовувати прилади для коекструзії при виробництві харчових продуктів із кількох компонентів, що неможливо на одношнекових.

Отже, для термопластичної обробки харчових продуктів більш перспективні двошнекові екструдери, а також екструдери, які дозволяють проводити процес при тиску, нижчому за атмосферний.

Литература

1. *Алферников О.Ю.* Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.Ю. Алферников; Краснодар, 2010. — 24 с.
2. *Алферников О.Ю.* Экструзионные способы подготовки сырья / О.Ю. Алферников, В.А. Грицких, А.С. Щубко. — Сб. трудов КНИИХП. — Краснодар: КНИИХП, КубГТУ, 2008. — С. 26—27.
3. *Алферников О.Ю.* Технология и оборудование экструзионной обработки животного и растительного сырья / О.Ю. Алферников, А.С. Щубко. — Известия вузов. Пищевая технология, 2007. — Ж 3. — С. 87—89.
4. *Антипова Л.В.* Влияние условий экструзионной обработки на процесс получения биопродуктов / Л.В. Антипова, А.Н. Кузнецов, И.А. Глотова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2002. — № 3. — С. 16—19.
5. *Брехов А.Ф.* Техника и технология получения пищевых продуктов термопластической экструзией / А.Ф. Брехов, Г.О. Магомедов // Воронеж, 2003. — 168 с.
6. *Бурцев А.В.* Совершенствование технологии экструдирования продуктов на основе растительного и животного сырья: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Бурцев. — Краснодар, 2003. — 23 с.
7. *Бурцев А.В.* Современная техника и технология термопластической экструзии в производстве «сухих завтраков» / А.В. Бурцев, В.А. Грицких, Г.И. Касьянов. — Краснодар: Экоинвест, 2004. — 112 с.
8. *Касьянов Г.И.* Технология производства сухих завтраков. / Г.И. Касьянов, А.В. Бурцев, В.А. Грицких. — Ростов-на-Дону: «Издательский центр МарТ», 2002. — 96 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШНЕКОВЫХ ЭКСТРУДЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ЗАВТРАКОВ

И.И. Ратушная

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены строение, классификация и функциональное назначение шнековых экструдеров, исследованы их технические характеристики и особенности применения в производстве. Проведен сравнительный анализ эффективности работы одно- и двухшнековых экструдеров.

Ключевые слова: *шнековый экструдер, экструзия, кукурузные изделия, шнеки полного сцепления, пластификация.*