

## СПОСОБИ СУШКИ ЗЕРНА В АПАРАТАХ ІЗ ЗАКРУЧЕНИМ ПОТОКОМ ТЕПЛОНОСІЯ

*Василенко Я.А., магістр спеціальності «Агроінженерія»  
науковий керівник – Лапенко Т.Г., доцент,  
кандидат технічних наук, доцент  
Полтавська державна аграрна академія*

При русі дисперсного матеріалу в апаратах з активним гідродинамічним режимом відбувається безперервна взаємодія часток один з одним і із стінкою сушарки, що призводить до збільшення відносної швидкості руху взаємодіючих фаз, часу перебування матеріалу в апараті, підвищенню концентрації твердої фази [1]. Особливо сильна взаємодія між частками при полідисперсному складі висушуваного матеріалу [2]. Це створює сприятливі умови для інтенсифікації тепло- і масообміну та підвищення ефективності процесу сушки.

Апарати, що використовують принцип закрученого потоку можна розділити на п'ять основних груп:

- пневмотрубки з різними вставками;
- апарати циклонного типу;
- вихрові апарати;
- апарати зі вбудованими закрученими потоками;
- спіральні прямоточні апарати.

У пневмотрубках з гвинтовими вставками закручування здійснюють по об'ємній спіралі. Експлуатація цього типу сушарок підтверджує ряд їх переваг. Рухаючись по спіральній траєкторії, частки відкидаються на зовнішню стінку каналу, що призводить до значного числа зіткнень часток між собою і стінкою, підвищенню відносної швидкості, збільшенню істинної концентрації і інтенсифікації міжфазного тепло- і масообміну.

В той же час, для апаратів цього типу характерні наступні недоліки: високий гідравлічний опір, складність виготовлення, високий абразивний знос продукту і робочих поверхонь апарату, необхідність установки пристроїв для виділення дисперсної фази, трудність чищення внутрішніх поверхонь апарату при порушенні технологічного режиму.

Найбільш простими по конструкції є циклонні сушарки. Вони є з циліндричною або циліндро-конічною камерою з тангенціальним введенням газоподібної суспензії у верхню частину циліндра. Частки дисперсного продукту входять в тангенціальний патрубок циклону разом з потоком агенту для сушки і практично миттєво (за 0,01...0,03 с) виявляються на внутрішній стінці апарату. Значну частину часу перебування часток матеріалу в циклонному апараті складає час їх руху по внутрішній стінці циклону. Така конструкція дозволяє забезпечити ефективні умови взаємодії фаз і збільшити час перебування матеріалу в апараті. Важливою перевагою циклонних сушарок є їх компактність: циклон ЦН-15 має трубку для зняття вологи завдовжки 15-20 м, а сушарка ЦС-600 - більше 40 м [3]. Недоліком

циклонних сушарок є складність регулювання часу перебування матеріалу в апараті, невисока утримуюча здатність.

Вихрові сушарки в порівнянні з циклонними характеризуються кращою сепаруючою і більшою утримуючою здатністю. Вихрові сушарки [4] забезпечують дуже активний гідродинамічний режим з високими відносними швидкостями газу і часток, але вони значно ближче до апаратів ідеального змішення, чим циклонні сушарки і пневмотруби.

В порівнянні з циклонними сушарками вони компактніші, розвивають високу поверхню контакту фаз і мають більшу утримуючу здатність. Істотною гідністю вихрових камер є різний час перебування часток матеріалу залежно від розмірів і початкової вологості, що дає можливість успішно використати ці апарати для обробки полідисперсних матеріалів із задовільною рівномірністю кінцевої вологості [5]. Застосування інертного носія в апаратах цього типу дозволяє обробляти матеріали з підвищеною адгезійною здатністю, рідкій або пастоподібній консистенції.

Недоліками цього типу сушарок є: підвищення витрат агенту для сушки на підтримку матеріалу в зваженому стані, неможливість сушки високовологих матеріалів.

Апарати спірального типу по суті є горизонтальним пневмотранспортним каналом зі зменшуючим радіусом кривизни. Газодисперсна суміш вивантажується в центральній частині спірального апарату зазвичай через циклон, в якому відбувається відділення дисперсного матеріалу від агенту для сушки. Переваги режиму ідеального витіснення проявляються в цих апаратах у збільшенні рушійної сили процесу. Інтенсивна взаємодія часток дисперсного матеріалу із стінкою приводить, з одного боку, до гальмування часток, а з іншої - до істотної хаотизації їх руху. Усе це обумовлює збільшення відносної швидкості руху фаз, створення сприятливих умов для підведення тепла до часток висушуваного матеріалу за рахунок значної турбулізації на межі розділу фаз, а отже призводить до інтенсифікації процесів тепло- і масообміну [6]. Конструкція спіральної сушарки з біфілярною навивкою каналу забезпечує рекуперацію тепла по довжині пневмотракту і зниження теплових втрат в довкіллі.

Окрім цього спіральні апарати характеризуються малими габаритами, технологічністю виготовлення. До недоліків спіральних сушарок відноситься незначний час перебування матеріалу в зоні сушки (декілька секунд), недостатнього для видалення вологи.

Апарати із зустрічними закрученими потоками є з вертикальною циліндричною камерою, в нижню частину якої по осі камери через завихрювач подається закручений потік гарячого агенту для сушки разом з частиною вологого дисперсного матеріалу. У верхню частину камери тангенціально вводиться другий потік агенту для сушки з другою частиною вологого матеріалу [6]. Обертання центрального і периферійного потоків газу і матеріалу відбувається в один бік, але їх осьовий, вертикальний рух спрямований усередині апарату в різні боки. Завдяки односторонньому обертанню вторинний потік як би підкручує центральний потік,

забезпечуючи рівномірність обертання агенту для сушки і дисперсного матеріалу по усій висоті апарату.

Гідродинаміка апаратів має значну стійкість, зокрема, по концентрації твердої фази, що дозволило розробити [4] апарати великої одиничної потужності з діаметром камери до 2 м і продуктивністю по висушуваному продукту до 10 т/год.

При цьому ефективність уловлювання дрібних часток твердої фази складає 98...100% залежно від дисперсного складу.

Проте ці апарати програють спірально-вихровим сушаркам в часі перебування матеріалу в апараті. У гідродинамічному апараті час перебування матеріалу може досягати десятків секунд, а в спірально-вихрових камерах з регульованим порогом переливання декілька десятків секунд, що дозволяє видаляти як вільну, так і пов'язану вологу. Але для збільшення часу перебування матеріалу в таких апаратах доводиться прибігати до збільшення висоти порогів переливань, що викликає збільшення гідравлічного опору і залягання матеріалу в зоні примикання порогу до днища камери.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що ефективну і якісну сушку гречки можна здійснити в тепло- і масообмінних апаратах з активним гідродинамічним режимом в апаратах із закрученим потоком теплоносія. Це скоротить тривалість дії на продукт підвищених температур і збереже поживну і біологічну цінності, зокрема незамінні амінокислоти, тобто підвищить якість готового продукту.

#### Список використаних джерел

1. Прибытков А.В. Интенсификация сушильных процессов за счет активизации гидродинамического режима. Материалы XXXVIII юбилейной отчетной научной конференции за 1999 год. Воронеж: ВГТА, 2000. Вып 4. С. 29-30.

2. Тимонин А.С., Пахомов А.А., Нгуен Т.З., Пак И.В. Аэродинамика частицы в вихревой камере спирально-вихревой сушилки. Труды МГАХМ. Москва: МГАХМ, 1977. Вып. 2. С. 55-58.

3. Дущенко В.П. Свойства материалов как объектов сушки и методы их исследования. Интенсификация тепло- и массообмена в процессах сушки. Киев: Наукова думка, 1979. С. 84-93.

4. Журавлев А.В. Сушильная камера с активным гидродинамическим режимом. Сборник научных трудов «Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности». Воронеж: ВГТА, 2004. С. 28-30.

5. Тимонин А.С., Муштаев В.И., Левин А.В., Пахомов А.Г. Распределение концентрации дисперсного материала в пневмотракте спиральных сушилок. Тезисы третьей Всесоюзной научно-технической конференции «Химтехника-83». Ташкент: ТГАУ, 1983. С. 98-106.

6. Кутепов А.М., Латкин А.С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. Москва: Наука, 1999. 250 с.