

УДК 631.5

А. Б. Насіковський, асп.

УСТАНОВКА ДЛЯ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ

Розглянуто результати дослідження процесу сушіння насіння ріпаку. Оптимізовано такі параметри сушіння, як температура сушильного агента та величина його вакуумного розрідження.

Вступ

Перспективним напрямком у виробництві та використанні біодизельного пального, отриманого з біологічної сировини, є рослинні олії. Серед рослинних культур найсуттєвіше значення має ріпак, оскільки отримана із його насіння олія містить багато жирів, що забезпечує високу теплоту згорання, високе цетанове число та відносно невелику вартість [1]. При цьому, значно покращуються екологічні показники двигунів внутрішнього згорання, оскільки продукти його роботи позбавленні багатьох шкідливих сполук.

Незважаючи на те, що ріпак як технічна культура досить давно відомий у сільському господарстві, але як сировина для виробництва біодизеля, він ще не набув масового поширення. Однією з основних причин цього, в порівнянні з іншими культурами, є його досить дрібне насіння, а тому для сівби, збирання та сушіння потрібна спеціальна техніка. Така техніка виготовляється переважно за кордоном і має високу вартість, а існуюча вітчизняна є ще досить недосконалою і малопродуктивною.

Серед відомих способів сушіння насіння ріпаку одним з перспективних є спосіб вакуумного сушіння з використанням спеціального обладнання. Застосування таких агрегатів дозволяє при інтенсивному теплообміні якісніше використовувати сушильний агент, зменшити витрати енергії на збудження віброкиплячого шару сировини, а також досягти, у порівнянні із іншими відомими способами, швидкого рівномірного висушування. Спосіб вакуумного сушіння сприяє підвищенню економічності агрегату та поліпшенню якості висушеного насіння ріпаку.

Основний текст

Запропонована установка для вакуумного сушіння насіння ріпаку – вакуумна машина вібраційного типу, яка дозволяє у широких межах регулювати робочі параметри (подачу насіння ріпаку, температуру сушильного агента, величину вакуумного розрідження, амплітуду та частоту коливань) (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики експериментальної установки для вакуумного сушіння

Продуктивність, кг/год	50
Потужність аеродинамічного нагрівача, кВт	3
Температура сушильного агента, °С	20—70
Вакуумне розрідження, кПа	9,7
Амплітуда, мм	2—10
Частота, Гц	20—60
Габаритні розміри, мм	1000×600×1000
Маса агрегату, кг	100

Під час сушіння ріпаку у вакуумній камері використовується низька (в порівнянні з процесом сушіння у звичайній сушильній камері при атмосферному тиску) температура і, як наслідок, низьке теплове навантаження на сировину, а значить і значне зниження внутрішніх напруг у висушеному матеріалі.

Зниження тиску повітря в герметичній камері приводить до того, що температура кипіння води стає нижчою 100 °С. Таким чином, сушіння відбувається при температурах 30...50 °С, що значно зменшує витрати енергії на процес. Застосування вібраційного збудження сприяє зовнішньому тепломасообміну та обумовлює міграцію вологи від центру частинок до периферії, при цьому не пошкоджується поверхня насіння, оскільки волога, рухаючись із середини до поверхні, зволожує зернину.

Від вибору способу та режимних параметрів сушіння суттєво залежить продуктивність обробки та якість кінцевого продукту. Цим вимогам повністю відповідає метод вакуумного сушіння із використанням вібрації. Застосування м'яких температурних режимів сушіння позитивно впливає на якість ріпаку та подальше виробництво біодизельного пального.

Попередніми експериментальними дослідженнями встановлено, що при використанні насіння ріпаку сорту Жет–Неф для отримання олії з кращими параметрами кислотного числа при сушінні, є температура нагріву насіння 66 °С при початковій вологості 14 %...17 % [2].

Кислотне число є основним показником якості олії. Попередніми дослідженнями встановлено, що під впливом теплового потоку кислотне число насіння ріпаку змінюється за складним законом [2], а тому, в нашому випадку, базисною є температура нагріву насіння 66 °С при початковій вологості 14 %...17 %.

Дослідження проводились на експериментальній установці, схема якої показана на рис. 1.

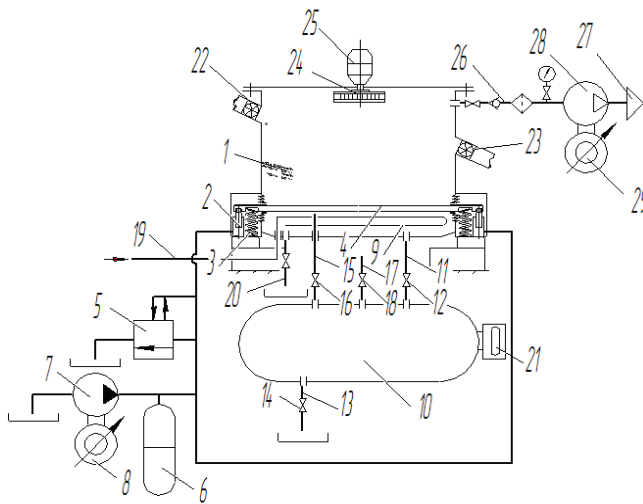


Рис. 1. Установка для дослідження процесу вакуумного сушіння насіння ріпаку

Ріпак з початковою вологістю 16 % періодично завантажували на газорозподільну решітку 4 в вигляді шару заданої товщини. Сушильну камеру 1 герметично закривали та вібрували газорозподільну решітку 4 з амплітудою $A = 8$ мм та частотою коливань $f = 20$ Гц. Запускали рециркуляційний аеродинамічний нагрівач 24, який забезпечував температуру сушильного агента в межах від 20 до 70 °С. Також вводили в дію вакуумний насос 28, який підтримував в сушильній камері 1 розрідження величиною 9,7 кПа.

Установка для вакуумного сушіння насіння ріпаку (рис. 1) працює так. Перед початком роботи клапани 14, 18, 20 закриваються, а клапани 12 та 16 відкриваються. Вологе насіння ріпаку в необхідній кількості впускним шиберамом сушильного матеріалу 22 подається в камеру 1.

Завдяки періодичній дії підпружинених виконавчих плунжерних гідроциліндрів — вібраторів 2, управління яких здійснюється гідравлічним генератором коливань тиску робочої рідини 5 та гідравлічним акумулятором 6, відбувається рух газорозподільної решітки 4 і насіння ріпаку, що знаходиться на її поверхні. Під дією тиску рідини, що надходить від насоса 7 з приводом від електродвигуна змінного струму 8 до робочих камер виконавчих плунжерних гідроциліндрів — вібраторів 2, відбувається переміщення газорозподільної решітки 4 вгору. При цьому здійснюється деформування пружних елементів 3 і, з досягненням у привідній гідросистемі розрахункового тиску робочої рідини, відбувається спрацювання гідравлічного генератора коливань тиску робочої рідини 5 і напірна магістраль з'єднується зі зливом. Тиск робочої рідини падає до мінімального зливного. Під дією потенціальної енергії, акумульованої у попередньо деформованих пружних елементів 3, газорозподільна решітка 4 повертається у вихідне положення. В результаті періодичних коливань, ріпак під час кожного робочого ходу буде підкидатися вгору, тобто відриватися від газорозподільної решітки 4, а потім здійснюватиме вільне падіння. Утримуюча його поверхня решітки за цей час повертатиметься на вихідну позицію. Під час здійснення відриву від утримуючої поверхні в утворений проміжок між газорозподільною решіткою 4 та ріпаком надходитиме сушильний агент, який і буде інтенсивно його сушити.

Одночасно відбувається прогрівання. При цьому вмикається вентилятор аеродинамічного нагріву 24 з приводом від електродвигуна змінного струму 25 і нагрівається об'єм сушильної камери разом з ріпаком без включення вакуумного насоса 28. В цьому випадку волога в насінні не заки-

пає, оскільки температура нижча 100 °С (температури кипіння води при атмосферному тиску), та не відбувається його пошкодження.

Внаслідок дії вібрації, яка сприяє створенню віброкиплячого шару, вирівнюється температура у всьому об'ємі ріпаку. Температурний режим нагрівання залежить від властивостей висушуваного матеріалу і умов технологічного процесу його виробництва, в нашому випадку це межа від 60 °С до 70 °С.

Коли температура насіння ріпаку досягає 70 °С, сушильний агент по трубопроводу 26 викочується з камери 1 вакуумним насосом 28 (з приводом від керованого електродвигуна змінного струму 29) та виводиться викидним пристроєм сушильного агента 27 назовні.

Інтенсивне перемішування забезпечує рівномірне зневоднення окремих часток оброблюваного матеріалу, тобто відбувається активний процес тепловологообміну. В результаті цього насіння швидко та рівномірно сушиться.

Вилучення вологи з повітря відбувається методом конденсації її на поверхні конденсатора 9 шляхом прямого видалення вологи, в якому циркулює охолоджувач. Охолоджувальний агент із зовнішньої системи, для утворення конденсату на розвинених поверхнях конденсатора 9, потрапляє у вхідний контур подавального трубопроводу охолоджувача 19, а далі відвідним трубопроводом охолоджувача 20 виводиться назовні.

Волога теплового повітря, яке заповнює сушильну камеру 1, досягає точки роси і конденсується на холодному конденсаторі 9. Краплини води стікають у піддон і в міру накопичення вода виводиться по трубопроводу 11 в накопичувальний бак збору конденсату 10, в якому кількість конденсату контролюється пристроєм 21, а назовні виводиться по трубопроводу зливу 13. Вакуумний патрубковий 15, розташований вище конденсатора 9, забезпечує однаковий тиск в сушильній камері 1 та в накопичувальному баку конденсату 10.

Перед зливом конденсату з накопичувального бака конденсату 10 вентилі 18 і 14 закривають, а вентилі 14 та 18 відкривають.

Тобто ріпак спочатку прогрівають, а потім вакуумують. В ріпаку, нагрітому до температури кипіння води, відбувається википання вільної води. Пара, що утворилась, видаляється з нього під дією перепадів тиску. Після припинення пароутворення, тобто, охолодження насіння ріпаку, його знову нагрівають, і цикл повторюють до досягнення необхідної кінцевої вологості 7%. Тривалість циклів і їх параметри залежать від фізичних властивостей і вологості ріпаку.

Висушений ріпак відкриванням випускного шибера 23 вивантажується.

Проста напівавтоматична система дозволяє керувати процесом сушіння та сприяє більш м'якому та рівномірному сушінню, суттєво зменшуються витрати теплової енергії. Робочі органи вібраторів виконані у вигляді силових плунжерних гідроциліндрів 2, переміщення яких керується гідравлічним генератором коливань тиску робочої рідини 5. Таке виконання забезпечує компактність установки, дозволяє зменшити витрати енергії на збудження шару дисперсного матеріалу, перешкоджає утворенню застійних зон, надає можливість при інтенсивному теплообміні якісніше використовувати сушильний агент, дозволяє плавно змінювати робочі параметри коливань газорозподільної решітки 4 і забезпечити оптимальні умови сушіння ріпаку.

В експериментальних дослідженнях сушилося насіння ріпаку з початковою вологістю 17%. Результати показані у вигляді кривих сушіння на рис. 2 та кривих температури на рис. 3.

На рис. 2 відрізки кривих, що відповідають періоду поверхневого випаровування, нетривалі в часі, тому можна вважати, що видалення вологи загалом проходить в період внутрішнього випаровування. При цьому, видаляється частина зв'язаної вологи. Зі збільшенням температури сушильного агента інтенсивність сушіння значно збільшується, що говорить про ефективність підводу теплоти аеродинамічним шляхом. При температурі сушильного агента 60 °С тривалість сушіння до вологості ріпаку 7% склала 210 хв., а при 70 °С — 165 хв. Як видно з рисунку 3, температура шару насіння ріпаку протягом всього сушильного процесу була нижчою температури сушильного агента і в дослідному діапазоні не перевищувала допустимого значення 66 °С.

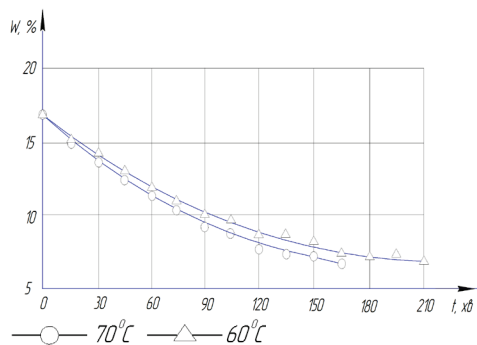


Рис. 2. Експериментальна залежність вологості насіння ріпаку W , від часу сушіння t при різних температурах теплоносія

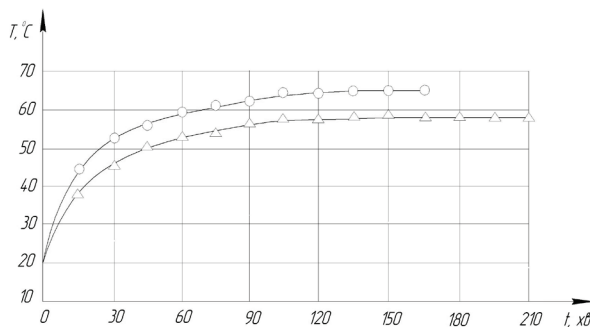


Рис. 3. Експериментальна залежність температури насіння ріпаку T , від часу сушіння t при різних температурах теплоносія

Отриманні результати (табл. 2) дозволили оптимізувати процес сушіння у розробленій віброімпульсній сушарці, а також довести питомі витрати енергії до значень близько 0,25 кВт·год/кг (в діапазоні вологості ріпаку від 17 % до 7 %).

Таблиця 2

Баланс витрат енергії при сушінні

Питома витрата енергії на утворення віброкиплячого шару	8 Вт/кг
Питома витрата на утворення розрідження	3 Вт/кг
Питома витрата енергії на нагрів сушильного агента	70 °C — 123 Вт/кг 60 °C — 72 Вт/кг
Сумарна витрата енергії на сушіння	83 — 134 Вт/кг

Висновки

Розроблено і випробувано дослідний зразок установки для вакуумного сушіння насіння ріпаку. Визначено оптимальні режими сушіння.

Результати досліджень показали такі переваги запропонованої сушарки:

- інтенсивне перемішування частинок матеріалу;
- вирівнювання температури сипкого матеріалу по всьому об'єму робочої камери;
- інтенсивне виділення вологи при постійному поновленні поверхні вологообміну;
- сушіння з м'яким режимом;
- зменшення питомих енерговитрат.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Супіханов Г. Б. Ріпак та продукти його переробки // Економіка АПК. — 2000. — № 1 — С. 44—46.
 2. Канев Н. И. Изменение посевных и технологических качеств семян рапса в процессе сушки // Вісник аграрної науки. — 1991. — № 11 — С. 44—45.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом Всеукраїнської науково-технічної конференції «Альтернативні екологічно чисті та відновлювальні джерела енергії» (30.05—1.06.2007 р.)

Надійшла до редакції 30.06.07
 Рекомендована до друку 02.07.07

Насіковський Андрій Броніславович — аспірант кафедри промислового та цивільного будівництва.
 Вінницький національний технічний університет