2. Пат. 28889 Україна, МПК F26B 7/100. Спосіб сушіння термолабільних дисперсних матеріалів/ Бурдо О.Г., Казмірук Ю.О. Опубл. 25.12.2007.
3. Сушка пищевых растительных материалов Г.К. Филоненко, М.А. Гришин и др. – М.: «Пищевая промышленность», 1971. – 440 с.
4. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 352 с.

УДК 631.563.2

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ ГАЗА И ТЕПЛОТЫ В ШАХТНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Андрианов Н.М., д-р техн. наук, профессор, Дубков А.М.
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,
г. Великий Новгород, Россия

Исследуется равномерность распределения потоков газа и теплоты в сушильном пространстве шахтных зерносушилок. Предложен метод выравнивания условий сушки и охлаждения зерна, позволяющий повысить интенсивность и качество процесса.

The uniform distribution of gas and heat streams in the mine grain dryers are researched. The method of uniform distribution the conditions of drying and cooling the grain which increase the intensity and quality of the process is offered.

Ключевые слова: Зерносушилки шахтные, система распределения газа, равномерность сушки

В шахтных сушилках не обеспечиваются равномерные условия сушки и охлаждения зерна, в результате чего разброс температуры зерна в нижнем горизонтальном сечении камеры сушки достигает $\Delta\vartheta_З$ = 4 – 22 °С, его влажности – ΔW = 4 – 5 %, что превышает агротехнические требования.

Одной из причин этого является неравномерное распределение газа и теплоты в зерновом слое. Экспериментально подтверждено, что вдоль распределительных коробов поле расходов газа неравномерное [1, 5]. Наибольших значений скорости газа достигают в начале и конце короба, наименьших в его центральной части. Кратность изменения скорости газа вдоль короба V_{max}/V_{min}= 1,3–1,8.

Экспериментальные исследования поля скорости газа выполнили в сушильном пространстве шахтной сушилки серии С. Установлено, что влажность W и скорость перемещения зерна $V_З$ влияют на абсолютные значения скорости газа в зерновом слое. При изменении влажности W от 30 до 14% скорость газа уменьшается в 1,08–1,19 раза [1], а при изменении скорости зерна $V_З$ от 8 до 0 мм/с скорость газа уменьшается в 1,07–1,21 раза (рис. 1). Их совокупное влияние приводит к изменению скорости в 1,19–1,25 раза. Культура зерна существенного влияния на скорость газа не оказывает [1].

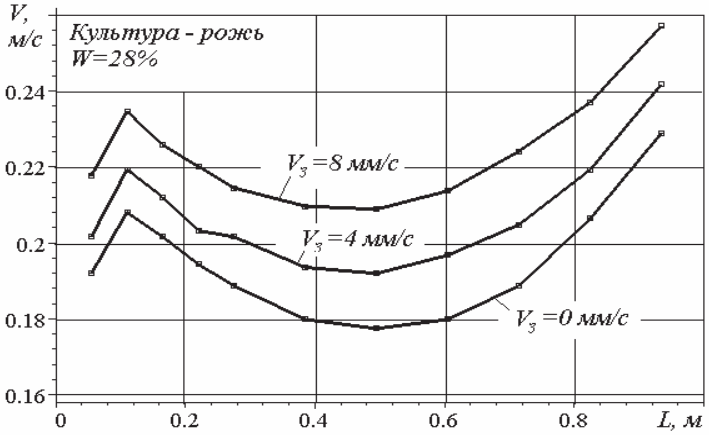
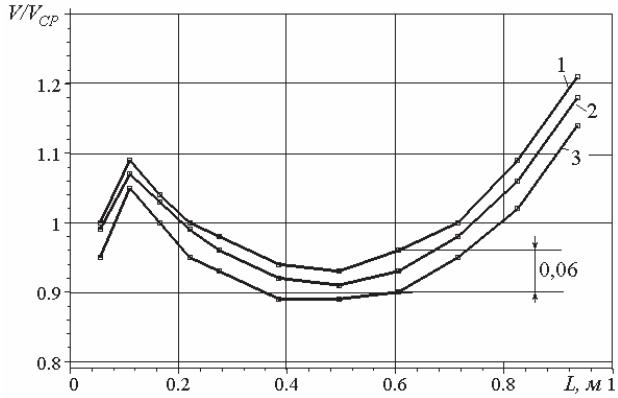


Рис. 1 – Изменение абсолютных значений скорости газа в зерновом слое вдоль распределительного короба в зависимости от скорости перемещения зернового слоя по камере сушки

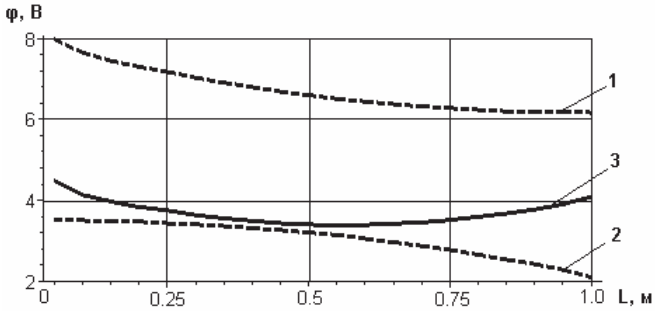
Преобразование абсолютных значений скорости газа в относительные позволило установить, что по множеству выполненных опытов они укладываются в достаточно узкую ленту (рис. 2), максимальная ширина которой не превышает 0,06 от возможного диапазона скоростей. Этим подтверждается, что качественный характер изменения поля скорости по длине короба определяется не видом зерна, его влажностью или скоростью перемещения, а аэродинамической структурой сушильной камеры.



1 – граница максимальных значении; 2 – средние значения; 3 – граница минимальных значений.

Рис. 2 – Сравнение относительных значений скорости газа вдоль распределительного короба, полученных по множеству опытов

Методами математического и физического моделирования подтверждено, что поле разности потенциалов (давлений газа) между границами входа газа в слой зерна и выхода из него неравномерное [2]. Наибольших значений разность потенциалов достигает в начале и конце коробов, наименьших – в их центральной части (рис. 3). Поскольку разность потенциалов – движущая сила потока частиц, ее неравномерность и является причиной неравномерного поля расходов газа вдоль коробов.



1 – на границе входа газа в слой зерна; 2 – на границе выхода из слоя; 3 – разность потенциалов между границами входа и выхода.

Рис. 3 – Распределение потенциалов (давлений газа) вдоль короба

С учетом механизма, объясняющего неравномерное течение, можно предложить два пути исправления гидродинамической ситуации. Они вытекают из электро- и гидродинамической аналогии течения и поясняются выражением

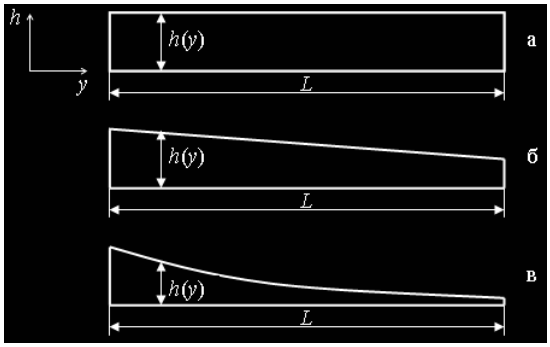
$$v^n(y) = \frac{\Delta P(y)}{9{,}81\xi_1\lambda(y)},$$

где $v^n(y)$ - скорость газа; $\Delta P(y)$ - разность давлений на участке течения; ξ_1 - удельное гидродинамическое сопротивление зернового слоя; $\lambda(y)$ - длина линии тока газа на участке течения; y – координата пространства вдоль короба.

Первый путь предполагает достичь выравнивания поля скорости газа $v(y) = const$ вдоль короба при постоянном гидродинамическом сопротивлении зернового слоя $\xi_1\lambda(y) = const$ за счет выравнивания поля разности давлений $\Delta P(y) = const$. Такое решение требует изменения гидродинамических сопротив-

лений участков течения. Наиболее вероятным является изменение сопротивлений газораспределительных коробов. Попытки решить задачу таким методом широко применяют в практике зерносушения.

Принципиальную возможность решения задачи изменением формы коробов проверили методом физического моделирования. Сравнили три вида коробов (рис. 4): короб традиционной формы с постоянной площадью поперечного сечения; короб с линейно изменяющейся по длине площадью сечения; короб с нелинейно меняющейся площадью поперечного сечения [6].

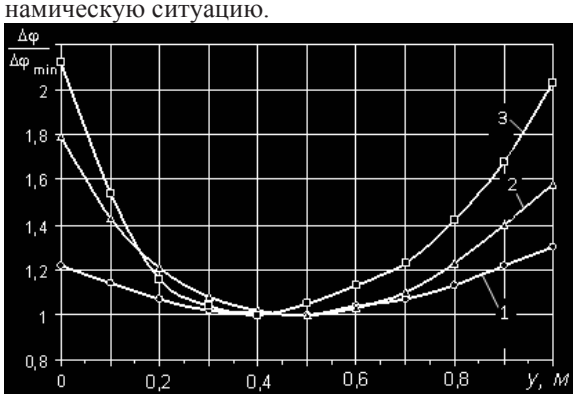


а – традиционной формы; б – сушилки РД-2х25;
в – по авторскому свидетельству на изобретение СССР 1179056 [6].

Рис. 4 – Изменение высоты продольного сечения коробов:

Значения разности потенциалов между границей входа газа в слой зерна и выхода из него для различных видов коробов представлены на рис. 5. Результаты моделирования подтверждают, что форма короба влияет на распределение потенциалов. Наименьшую неравномерность поля обеспечивают короба традиционной формы с неизменным поперечным сечением по длине. У коробов с переменным сечением неравномерность поля выше, причем, чем значительнее меняется сечение, тем выше неравномерность.

Полученные данные подтверждают, что изменением формы короба невозможно исправить гидродинамическую ситуацию.



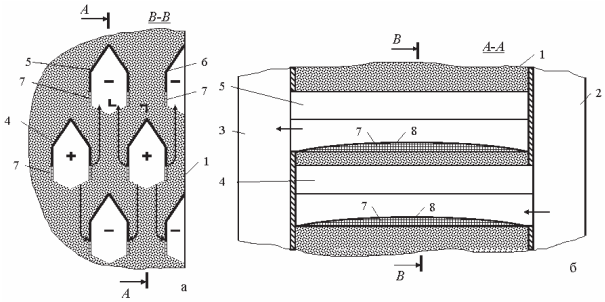
1 – традиционной формы; 2 – сушилки РД-2х25; 3 – по авторскому свидетельству на изобретение СССР 1179056 [6].

Рис. 5 – Изменение поля разности потенциалов вдоль коробов

Второй путь решения задачи заключается в достижении постоянства скорости $v(y) = const$ при существующем неравномерном поле разности давлений $\Delta P(y) = var$ за счет изменения гидродинамического сопротивления зернового слоя $\xi_1 \lambda(y) = var$ вдоль короба. Это нетрадиционный подход к решению задачи.

Изменить сопротивление зернового слоя можно изменением его продуваемой толщины $\lambda(y) = var$ и достигается выполнением в стенках коробов перфорации [3, 4]. Течение газа между перфорированными коробами (рис. 6) осуществляется следующим образом. Через перфорированную область 7 стенок подводящего короба 4 часть газа свободно проникает в слой зерна и по укороченному пути (путь показан стрелкой) течет к открытой донной поверхности соответствующих отводящих коробов 5 либо полукоробов 6, расположенных в соседнем верхнем ряду. Другая часть газа через открытое дно короба 4 поступает в зерновой слой и движется по укороченному пути к перфорированной поверхности 7 соответствующих отводящих коробов либо полукоробов, расположенных в соседнем нижнем ряду.

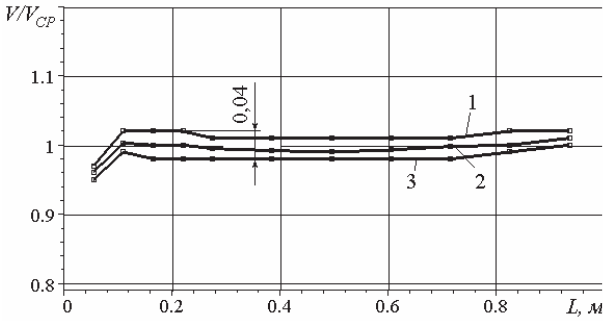
Таким образом, как для верхнего, так и для нижнего ряда отводящих коробов симметрично выполняется условие течения газа по укороченному пути. За счет укорачивания длины линии тока обеспечивается уменьшение аэродинамического сопротивления зернового слоя в соответствующей части короба и создаются условия для увеличения расхода газа. Неравномерность поля разности давлений вдоль короба учитывается нелинейностью геометрической границы 8 области перфорации. Расчет геометрических характеристик границы 8 области перфорации выполнили в соответствии с данными (рис. 2).



а – поперечный разрез сушильного пространства; б – продольный разрез

Рис. 6 – Устройство распределения газа в шахтной сушилке [3]

Экспериментально подтверждено, что выполнение перфорации коробов позволяет благоприятным образом изменить аэродинамическую структуру камеры сушки и охлаждения (рис. 7).



1 – граница максимальных значений, 2 – средние значения, 3 – граница минимальных значений.

Рис. 7 – Сравнение относительных значений скорости газа вдоль короба, полученных по множеству опытов, в сушилке с перфорированными коробами

В сушилке с перфорированными коробами:

– обеспечивается более равномерное поле скорости газа в зерновом слое. Кратность изменения скорости газа вдоль короба составляет V_{max}/V_{min} = 1,04–1,06;

– повышается равномерность нагрева и сушки зерна. Разброс температуры и влажности зерна вдоль короба для семенного и продовольственного режимов сушки уменьшается до значений $\Delta\vartheta_3$ = 0,4°С, ΔW = 0,5%;

– увеличивается интенсивность сушки и охлаждения. Абсолютные значения скорости газа в центральной части коробов увеличиваются в 1,17–1,34 раза, а их среднее значение вдоль коробов возрастает в 1,09–1,2 раза. Удельная подача газа в зерновой слой увеличивается в 1,1–1,24 раза.

Испытания в производственных условиях подтвердили интенсификацию и улучшение качества сушки, что подтверждается пребыванием абсолютных значений температуры и влажности зерна в нижнем сечении камеры сушки в интервале агротехнических требований.

Выводы

Результаты исследований показали, что новая аэродинамическая структура камеры сушки с перфорированными коробами обеспечивает не только выравнивание расходов газа в сушильном пространстве шахтной зерносушилки, но и их значительное увеличение в центральной части распределительных коробов. Этим обеспечивается не только улучшение качества, но и интенсификация процессов сушки и охлаждения зерна.

Предложенное решение малозатратно и технологично при изготовлении коробов с перфорацией, так как все короба (подводящие и отводящие), в силу симметричности решения задачи, имеют одинаковую область перфорации и сохраняют традиционную форму. В перспективе возможно перейти к сушилкам с увеличенной длиной коробов, что дополнительно позволяет снизить металлоемкость их изготовления и уменьшить затраты на строительные конструкции.

Литература

1. Андрианов, Н.М. Экспериментальная оценка неравномерности распределения теплоносителя в шахтной зерносушилке [Текст] // Молодые ученые - промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. –
2. С. 75-76.
3. Андрианов, Н.М. Особенности газораспределения по длине коробов в шахтной зерносушилке [Текст] // Техника в сельском хозяйстве. 2004. № 5. – С. 20-22.
4. Патент РФ 2269079. Устройство распределения газа в шахтной зерносушилке [Текст] / Н.М. Андрианов. 2006. Бюл. № 3.

5. Андрианов, Н.М. Оптимизация системы распределения теплоносителя шахтных зерносушилок [Текст] // Известия СПбГАУ. 2008. № 10. – С. 160-164.
6. Платонов, П.Н. О газораспределении по длине короба шахтной зерносушилки [Текст] // Изв. ВУЗов: Пищевая технология, 1966. №6. – С. 73-76.
7. А. с. СССР 1179056. Короб шахтной зерносушилки [Текст] / Г.Н. Сутягин. – 1985. Бюл. № 34.

УДК 664.022: 005.936.44(075)

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗЕРНА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ

[1]Кудашев С.М., канд. техн. наук., стар. науков. співробітник,
[1]Лукіна Г.Д., канд. техн. наук., стар. науков. співробітник, [2]Пушкар Т.Д., асистент
[1]Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
[2]Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

У статті розглянуто результати досліджень щодо визначення кількості пророщеного та замоченого зерна в сольових розчинах із подальшим глибоким заморожуванням. Наведені експериментальні дані зі зниження активності інгібіторів сої при її замочуванні з глибоким заморожуванням..

In the articles resulted results of researches are on determining the amount of пророщеного and bedabbled grain in salt solutions from послідуючим deep freezing. Experimental information is resulted on the decline of activity of інгібіторів of soy at its wetting with the deep freezing.

Ключові слова**:** зерно, замочування, заморожування.

Проблему економії та раціонального використання зерна в харчових цілях неможливо вирішити без створення високоефективних технологій підвищення поживної цінності зерна і, передусім, переварювання білка і синтезу біологічно активних речовин.

Так, в Україні та в країнах СНД на 1 тонну протеїнових концентратів припадає 12 тонн зерна, головним чином, зернових культур, а в країнах Західної Європи тільки 2,6 тонни.

У сучасному кормовиробництві особливу увагу потрібно приділяти одержанню високопоживних, збалансованих за основними показниками кормових засобів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми являється включення в корми пророщеного зерна.

Часто збирання зернових при несприятливих погодних умовах може привести до проростання зерна ще у валках. Таке або спеціально пророщене зерно може безпосередньо вводитися до складу гранульованих комбікормів без попереднього сушіння, щоб максимально зберегти поживні речовини та вітаміни.

Пророщення підвищує харчову та кормову цінність зерна. Мука із пророщеного зерна використовується для виготовлення продуктів харчування підвищеної харчової цінності. Особливо такі продукти потрібні людям, які не переносять молоко та молочні продукти, а у випадку використання його у тваринництві в стартерних кормосумішах дозволить економити молоко, яке використовують для згодовування молодняку.

Нарівні з використанням пророщеного зерна можна також у харчовій промисловості та кормовиробництві використовувати зерно підвищеної вологості. Проте дане зерно важко кришити, але це можливо здійснити, якщо використовувати процес глибокого заморожування. При швидкому глибокому заморожуванні у випадку різкого пониження температури і швидкості переходу води в лід життєві процеси швидко притуплюються.

Але також при дуже низьких температурах у заморожених продуктах повністю не призупиняються хімічні і біологічні реакції. Ці зміни при зберіганні викликаються дією ферментів, окисленням, гідролізом і колоїдними реакціями.

Зменшення температури викликає активацію протеїнази. Дія ліпази проявляється навіть при температурі мінус 40 ºС. Не знижується активність інвертази, цим обумовлено накопичення цукру в замороженій тканині [2].

При повільному заморожуванні та зберіганні при малих мінусових температурах біохімічні реакції не припиняються, а деякі, наприклад окислення ліпідів, навіть прискорюються. Під час зберігання заморожених продуктів проходять і неферментативні хімічні зміни. Кисень повітря реагує з різними компонентами продуктів, викликаючи погіршення їх якості: змінюється смак їжі, її колір, з'являються неприємні запахи [2].