



*Зерно пшеницы,
мини-цеха, состав
зерна, оборудование,
шелушение*

*Grain of wheat, minishop,
grain structure, the
equipment, shelling*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МИНИ-ЦЕХОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

В.Н. Невзоров

д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой технологии,
оборудования бродильных и пищевых производств
Н.А. Величко

д.т.н., профессор, заведующая кафедрой технологии жиров,
эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов
В.А. Самойлов (фото)

к.т.н., доцент кафедры технологии, оборудования
бродильных и пищевых производств
Н.В. Присухина

к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного,
кондитерского и макаронного производств
И.В. Мацкевич

аспирант кафедры технологии, оборудования
бродильных и пищевых производств

Д.В. Салыхов

аспирант кафедры технологии, оборудования
бродильных и пищевых производств
ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ»

Рекомендуемые проекты предприятий по глубокой переработке зерна пшеницы (с целью производства клейковины (глютена), крахмала А и В, глюкозно-фруктозного сиропа и других продуктов) производительностью от 200 до 500 тонн сырья в сутки, имеют объёмы необходимого финансирования для их строительства от 50 до 100 млн долларов [1]. Такие высокие затраты на строительство заводов по глубокой переработке зерна пшеницы в России сдерживают внедрение связанных с этим процессом новых технологий и вынуждают потребителей некоторых видов конечной продукции из зерна пшеницы осуществлять их импорт из-за рубежа.

В настоящее время Россия является значительным производителем зерна пшеницы, сбор которого превышает 110 млн тонн в год. При экспорте в последние годы более 21,0 млн тонн зерна наша страна стала одним из ведущих мировых экспортеров пшеницы и заняла третье место по объему мировой торговли зерном. В то же время устойчивый избыток зерна породил новые проблемы, связанные с его переработкой. При внутреннем потреблении 65-70 млн тонн и экспорте (в лучшие урожайные годы) до 35 млн тонн, остаётся еще более 10 млн тонн зерна ежегодно, которое сложно транспортировать из отдаленных регионов при отсутствии местного регионального спроса на него. Данная проблема особо актуальна для сельскохозяйственных производителей зерна в Сибири, равно удалённых от основных портов России, городов Владивостока и Санкт-Петербурга, а также от потребителей Южно-Азиатского региона.

Создавшееся положение сдерживает дальнейшее развитие агропромышленного комплекса Сибири и требует диверсификации индустрии глубокой переработки зерна, что позволит реализовать излишка зерна, создать новые рабочие места, внедрить инновационные высокотехнологичные производства, развить перерабатывающую промышленность в регионах, задействовать в решении данных вопросов научный кадровый потенциал, что потребует расширения подготовки специалистов высшей квалификации. Главное и основное, что позволит уменьшить импорт продуктов глубокой переработки зерна из-за рубежа, связывается в настоящее время с выполнением планов по импортозамещению продуктов питания.

Основным сдерживающим фактором в деле строительства заводов по глубокой переработке зерна является, как уже отмечено выше, потребность в инвестициях. Выполненные проработки проектов строительства заводов по глубокой переработке зерна (мощностью до 60 тыс. тонн единовременного хранения зерна на элеваторе и мощностью переработки до 300 тыс. тонн пшеницы в год) предполагают инвестиции в объеме (оценочно) 4700 млн руб. со сроком реализации проекта на полную мощность 3-5 лет.

При этом строительство завода разбивается на два этапа: первым этапом является строитель-

ство элеватора стоимостью около 600 млн руб., а вторым – это строительство завода по глубокой переработке зерна стоимостью 4100 млн руб. В качестве конечной продукции планируется выпускать глютен (пшеничный белок) – до 30 тыс. тонн в год, товарный крахмал – до 20 тыс. тонн, глюкозно-фруктозный сироп – до 160 тыс. тонн, кормовые добавки – до 80 тыс. тонн в год. Расчетная рентабельность такого предприятия будет достаточно высокая (около 20 %), что значительно выше обеспечиваемой при производстве муки, но срок окупаемости таких бизнес-проектов составляет более 5 лет, что не заинтересовывает инвесторов вкладывать средства в такие долгосрочные проекты [1].

Главным условием строительства заводов по глубокой переработке зерна может являться государственная помощь на уровне федеральных властей и инфраструктурная поддержка, которая зависит от региональных органов власти (субъектов РФ).

В Красноярском крае, например, возможна реализация комплексного проекта по внедрению системы глубокой переработки зерна по многоэтапной схеме, предполагающая создание мини-цехов (рис. 1).

Согласно приведенной схеме, при эксплуатации мини-цехов по переработке пшеницы не нарушается технологический процесс производства муки и отрубей для потребителей, а излишки



Рисунок 1 – Многоэтапная схема глубокой переработки зерна

очищенного зерна направляются на региональный завод по глубокой переработке зерна. Возможность использования такой технологической схемы определяется физико-химическим составом пшеницы (табл. 1).

При помоле, т.е. получении из зерна пшеницы муки, ставится цель отделить от прочих его компонентов как можно больше крахмала и клейковины, поскольку зародыш делает муку липкой и приводит к её быстрому потемнению и прогорканию, а алейроновый слой придает ей буроватый оттенок. В результате образуются мукомольные отходы – отруби и более тонкие высевки, или мучка (15–18 % массы очищенного зерна).

Внутренняя часть зерна – эндосперм – состоит из наружного, или алейронового слоя, и собственно эндосперма – мучнистого ядра. При помоле пшеницы алейроновый слой отделяется от мучнистого ядра преимущественно с оболочками в виде отрубей. Клетки алейронового слоя по мере приближения к зародышу уменьшаются и затем исчезают, так что зародыш покрыт только оболочками. Масса алейронового слоя составляет в среднем 7 % от массы зерна (от 4 до 9 %). Мучнистое ядро (эндосперм) занимает всю внутреннюю часть зерна. Оно состоит из крупных объемных клеток, заполненных крахмалом и частицами белков.

Зародыш пшеницы, находящийся на остром конце зерна, представляет собой ту его часть, из которой развивается новое растение. Снаружи зародыш покрыт плодовыми и семенными оболочками. Масса пшеничного зародыша составляет 2–3 % от массы зерна.

Белки пшеницы содержат все незаменимые аминокислоты (табл. 2).

В составе зольных элементов пшеницы отмечено большое содержание фосфора, калия и магния, меньшее – кальция и железа, а также ми-

кродоз марганца, меди, цинка и других микроэлементов. Из витаминов в пшенице содержатся В₁, В₂, РР, Е, В₆, Н.

Эффективным способом повышения пищевой ценности хлеба является внесение в него зародыша зерна пшеницы. Установлено положительное влияние добавления измельченного стабилизированного зародыша пшеницы на хлебопекарные свойства муки. Липидным и липопротеиновым компонентам пшеницы принадлежит важная роль в процессе созревания пшеничной муки и формирования специфических свойств клейковины, в регулировании качества теста и конечного продукта. Добавление от 0,15 до 4 % зародышевой муки способствует повышению хлебопекарных свойств обычной муки из зерна пониженного качества. При этом увеличиваются объёмный выход хлеба и его пористость, улучшается цвет мякиша.

Однако широкое промышленное применение пшеничных зародышей (свежеполученных и стабилизированных) в хлебопекарной и других отраслях пищевой промышленности затруднено по следующим основным причинам:

- крайняя нестойкость свежеполученных зародышей в хранении и необходимость практически немедленной их стабилизации на месте получения;

- ограниченность срока использования даже стабилизированных зародышей двумя месяцами при контролируемом хранении в определенных условиях;

- сложность хранения и транспортировки пшеничных зародышей из-за их низкой удельной массы.

Тем не менее, применение пшеничных зародышей при производстве хлебобулочных изделий целесообразно, но для этого необходимо усовершенствовать технологию их получения

Таблица 1 – Содержание веществ в анатомических частях зерна пшеницы (по А.П. Грищенко, Д.В. Кент-Джонсу и др.) [2]

Части зерна	Масса, %	Содержание, %						
		зола	крахмала	клетчатки	белка	жира	сахара	пентозанов
Эндосперм	78-84	0,4	80	0,1	14,0	0,7	2,3	1,5
Алейроновый слой	2,8	4,8	4,2	3,1	3,9	3,3	3,3	3,3
Плодовые и семенные оболочки	2,8	4,8	4,2	3,1	3,9	3,3	3,3	3,3
Зародыш	2,8	4,8	4,2	3,1	3,9	3,3	3,3	3,3
Целое зерно	100	1,9	66,0	2,0	16,0	2,0	3,0	7,5

Таблица 2 – Содержание аминокислот в белке зерна пшеницы [3]

Наименование аминокислот	Содержание аминокислот в белке, % от общего азота					
	целого зерна			мучнистого ядра		
	от	до	среднее	от	до	среднее
Аргинин	2,8	4,8	4,2	3,1	3,9	3,3
Гистидин	1,4	2,3	2,0	1,5	2,2	2,0
Лизин	2,2	2,9	2,5	1,9	2,3	2,1
Триптофан	0,8	1,3	1,1	0,8	1,1	1,0
Цистин	1,0	2,6	1,5	1,9	4,5	2,2
Фенилаланин	3,7	5,7	5,1	5,5	5,6	5,5
Метионин	1,0	2,5	1,9	1,0	3,0	1,8
Треонин	2,5	3,3	2,8	2,5	2,7	2,6
Лейцин	5,8	8,3	6,2	7,5	12,6	10,6
Изолейцин	3,1	4,0	3,6	3,4	3,9	3,7
Валин	3,6	4,8	4,2	3,6	4,2	3,8

при помоле зерна, сохранения качества, способа внесения этого обогатителя.

Для реализации технологического процесса по разделению составляющих зерна пшеницы на фракции (оболочка, алейроновый слой, зародыш) было разработано новое оборудование, которое приспособлено к работе в мини-цехах различной мощности (от 200 до 1000 кг/час).

С целью повышения эффективности процесса шелушения и снижения выхода битого продукта разработана и запатентована новая конструкция устройства шелушителя (патент РФ №2446885) [4]. На рисунке 2 представлена кинематическая схема устройства для шелушения зерна.

Устройство для шелушения зерна работает следующим образом. Продукт поступает в корпус 1 через загрузочный патрубок 2, попадая на вращающийся ротор 7, где продукт разгоняется посредством лопастей и выходит из ротора; после отрыва частицы сталкиваются с вращающейся декой 10, шелушатся на поверхности и выбрасываются в верхние 12 и нижние 13 окна на отражательную деку 5 корпуса 1, где выводятся через разгрузочный патрубок 3. Зерно в деке 10 перемещается по зерну, что способствует улучшению его очистки и уменьшению износа деки, а также уменьшению скорости зерна при попадании его на дополнительную деку 5, при встрече с которой зерно дополнительно очищается. При изменении скорости и направления вращения деки 10 реверсивным вариатором 9 изменяются скорости встречи зерна как с декой 10, так и с дополнительной декой 5, в результате чего уменьшается

дробление зерна различных культур и повышается степень его очистки. Между дополнительной декой 5 и декой 10 проходит аспирационный воздух, который уносит с собой шелуху через аспирационный патрубок 4. В устройство аспирационный воздух попадает через загрузочный и разгрузочный патрубки. Расстояние между окнами на поверхности вогнутой деки 10 минимально равно расстоянию между нижней и верхней плоскостями лопастного ротора 7, что исключает попадание зерна из ротора непосредственно в эти окна без контакта с зерном, находящимся в деке 10. Верхняя и нижняя крышки деки 10 исключают вылет зерна из вращающейся деки при его рикошетировании от находящегося в деке 10 зерна помимо окон 12 и 13. Применение данного изо-

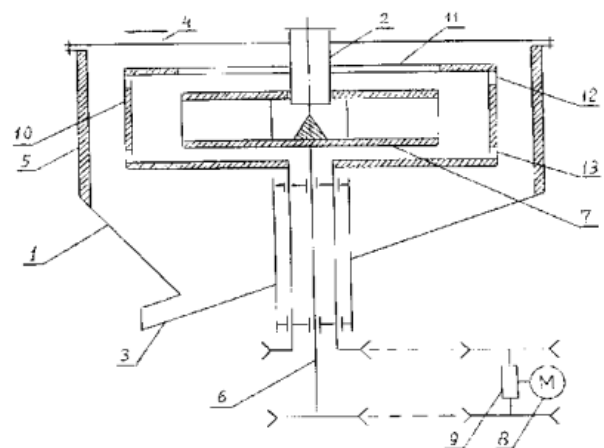


Рисунок 2 – Кинематическая схема устройства для шелушения зерна

бретения позволяет за счет интенсификации процесса повысить качество очистки зерна.

Зерно поступает на повторное шелушение машиной, отделяющей зародыш и алейроновый слой (патент РФ №2511754 [5]). При измельчении зерна зародыш, попадая в муку, способствует её прогорканию, уменьшая сроки её хранения, поэтому пшеничный зародыш отделяется механическим путем. Зародыш используется как сырье для получения масла, а также как диетическое и лечебное средство.

На рисунке 3 представлена кинематическая схема машины для отделения зародыша и алей-

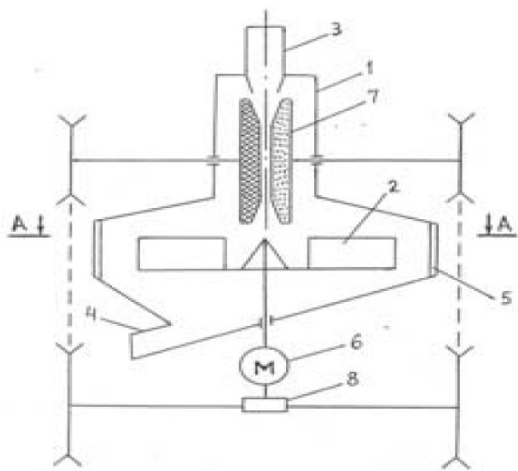


Рисунок 3 – Кинематическая схема машины для отделения зародыша и алейронового слоя (повторное шелушение)

ронового слоя. Она работает следующим образом. Привод 6 приводит во вращение лопастной ротор 5 и вариатор 8, который вращает диски 7 в противоположные стороны. При засыпке зерна через загрузочный патрубок 3 оно поступает на внутренние срезы дисков 7, которые способствуют равномерному распределению зерна по внутренней поверхности дисков 7. Зерно шелушится и равномерно ссыпается на конус лопастного ротора 2. За счет центробежных сил зерно отбрасывается лопастями ротора 2 на деку 5 и дополнительно шелушится. Отшелушенное зерно и отходы выводятся из машины через разгрузочный патрубок 4.

Таким образом, рабочая часть дисков, установленных на входе, с минимальной силой давления обрабатывает поверхность зерна. Затем оно лопастями ротора отбрасывается на

эластичную футеровку деки на выходе, что создает увеличение рабочей поверхности (за счет создания двух зон обработки зерна) и обеспечивает повышение качества продуктов шелушения.

Затем зерно поступает на ситовый анализатор (рис. 4) для получения очищенного зерна от алейронового слоя и зародыша (патент № 2495402) [6].

Ситовый анализатор работает следующим образом. В блоке управления 8 задается алгоритм подачи в цилиндры 5 пневмоимпульсов. Блок управления 8 позволяет получать многовариантность настройки амплитуды и частоты пневмоимпульсов, возможность целенаправленного программирования функций рассева, бесступенчатого управления и плавности регулирования. По шлангу 7 пневмоимпульс (заданной частоты и амплитуды) поступает в один из цилиндров 5; его эластичный тороид 6 перекатывается вверх, продвигая вверх шток 4 своего цилиндра 5 и поднимая край корпуса 1. Следующий пневмоимпульс аналогично подается в соседний цилиндр 5, шток которого поднимает соседний край корпуса 1. Пневмоимпульсы поочередно подаются по кругу в цилиндры, поднимая их штоки, и соответственно совершаются движения корпуса ситового анализатора. Создавая периодически резкий сброс давления в цилиндрах 5, каждое сито 2 получает встряску через корпус 1, что способствует повышению эффективности отсева и самоочистке сита. Материал, загружаемый в верхнее сито, разделяется на классы в соответствии с числом установленных сит в наборе, и каждый класс разгружается через соответствующую своему ситу течку 3. Путем определения объема или массы каждого класса можно регулировать технологический процесс дробления и измельчения зерна, разде-

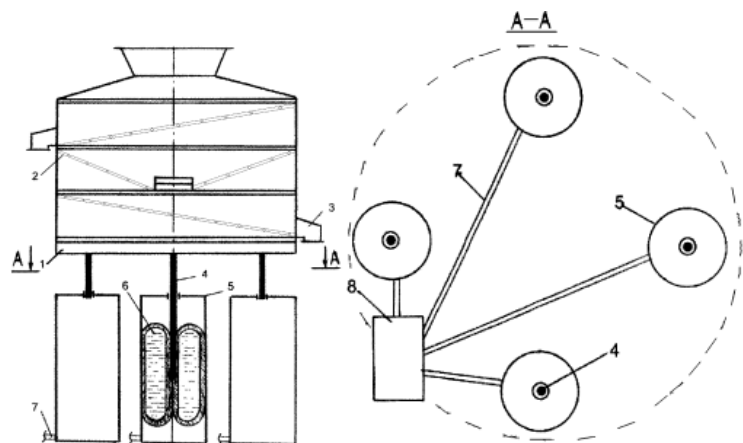


Рисунок 4 – Структурная схема ситового анализатора

ления очищенного зерна на зародыши, зароды и алейроновый слой.

Выводы

1. Предложен комплексный проект по внедрению ресурсосберегающей системы глубокой переработки зерна в Красноярском крае на основе существующих предприятий мукомольной и пищевой промышленности, использования и создания в них мини-цехов по переработке зерна и строительства завода по глубокой переработке очищенного зерна.

2. Для реализации комплексного проекта по внедрению ресурсосберегающих систем глубокой

переработки зерна разработан технологический процесс подготовки зерна в мини-цехах, осуществляющих разделение составляющих зерна пшеницы на фракции (оболочка, алейроновый слой, зародыш) и поставки очищенного зерна на завод глубокой переработки зерна.

3. С целью повышения эффективности процесса шелушения и разделения компонентов зерна на отдельные составляющие была разработана и запатентована новая конструкция устройства шелушения (патент РФ №2446885), машины повторного шелушения и отделения зародыша и алейронового слоя (патент РФ № 2511754) и ситового анализатора (патент РФ № 2495402).

Литература

1. Волгагросервис – Производство оборудования для переработки круп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://Volgaagroservice.ru>.

2. Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов [Текст] / Е. Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 512 с.

3. Скорик, А. В. Функциональные хлебобулочные изделия с использованием продуктов переработки зерна [Текст] / А. В. Скорик // Пищевая Индустрия. – 2012. – № 2. – С. 1-4.

4. Патент 2446885 Российская Федерация, МПК в02в 3/08 (2006.01). Устройство для шелушения зерна [Текст] / В.Н. Невзоров, В.Н. Холопов, А.И. Ярум, В.С. Клименко, В.А. Самойлов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Краснояр. гос. аграр. ун-т. - № 201013812/13; - заявл. 15.09.2010; опубл.10.04.2012, Бюл. № 10. – 5 с.

5. Патент 2511754 Российская Федерация, МПК В02В3/08 (2006.01). Машина для шелушения зерна [Текст] / В.А. Самойлов, А.И. Ярум, В.Н. Невзоров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Краснояр. гос. аграр. ун-т. – №2012146811/13; заявл. 01.11.2012, опубл.10.04.2014, Бюл. № 10. – 6 с.

6. Патент 2495402 Российская Федерация, МПК G01N15/02 (2006.01), В07В1/28 (2006.01). Ситовый анализатор [Текст]/ В.А. Самойлов, А.И. Ярум; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Краснояр. гос. аграр. ун-т. – №2012116190/05; заявл. 20.04.2012, опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 5 с.

References

1. Volgaagroservis – Proizvodstvo oborudovanija dlja pererabotki krup [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://Volgaagroservice.ru>.

2. Kazakov, E. D. Biohimija zerna i hleboproduktov [Tekst] / E. D. Kazakov, G.P. Karpilenko. – 3-e izd., pererab. i dop. – SPb. : GIORD, 2005. – 512 s.

3. Skorik, A. V. Funkcional'nye hlebobulochnye izdelija s ispol'zovaniem produktov pererabotki zerna [Tekst] / A. V. Skorik // Pishhevaja Industrija. – 2012. – № 2. – S. 1-4.

4. Patent 2446885 Rossijskaja Federacija, MPK v02v 3/08 (2006.01). Ustrojstvo dlja shelushenija zerna [Tekst] / V.N. Nevzorov, V.N. Holopov, A.I. Jarum, V.S. Klimenko, V.A. Samojlov; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. - № 201013812/13; - zajavl. 15.09.2010; opubl.10.04.2012, Bjul. № 10. – 5 s.

5. Patent 2511754 Rossijskaja Federacija, MPK V02V3/08 (2006.01). Mashina dlja shelushenija zerna [Tekst] / V.A. Samojlov, A.I. Jarum, V.N. Nevzorov; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – №2012146811/13; zajavl. 01.11.2012, opubl.10.04.2014, Bjul. № 10. – 6 s.

6. Patent 2495402 Rossijskaja Federacija, MPK G01N15/02 (2006.01), B07B1/28 (2006.01). Sitovyj analizator [Tekst]/ V.A. Samojlov, A.I. Jarum; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – №2012116190/05; zajavl. 20.04.2012, opubl. 10.10.2013, Bjul. № 28. – 5 s.