

На правах рукописи



**БОЧКАРЕВА Ирина Анатольевна**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКАРОННЫХ СВОЙСТВ  
ЗЕРНА И СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С  
ЗАДАННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

05.18.01 - Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Орел - 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
**Медведев Павел Викторович**

Официальные оппоненты: **Мартиросян Владимир Викторович**  
доктор технических наук, заместитель директора по научной работе ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (ФГАНУ «НИИХП»)

**Серегина Татьяна Владимировна**  
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»**

Защита состоится «29» мая 2018 года в 12 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.183.05 при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>).

Отзывы высылать по адресу: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» <http://oreluniver.ru> и в сети интернет на сайте Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru> «28» марта 2018 года.

Автореферат разослан «15» апреля 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, к.т.н., доцент



А.П. Симоненкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Важная задачей пищевой промышленности во все времена – удовлетворение постоянно растущих потребностей населения. Основные пути ее решения – улучшение технологии переработки сырья и производства пищевой продукции, использование новых методов мониторинга и прогнозирования качества производимой продукции, повышение качества и безопасности продуктов питания.

Проблема формирования качества выпускаемой макаронной промышленностью изделий тесно связана главным образом с недостатком производства твердых сортов пшеницы. Дефицит макаронной крупки из зерна твердых сортов пшеницы создает необходимость в применении для производства макаронных изделий из хлебопекарной муки мягких сортов. Мука из мягких сортов пшеницы характеризуется низкими макаронными свойствами.

В настоящее время влияние на показатели качества продуктов переработки зерна и готовых макаронных изделий как генотипических, так и фенотипических факторов недостаточно изучено. Комплексный подход к оценке потенциала, заложенному в исследуемом сорте пшеницы, включает в себя определение характеристик продуктов переработки зерна на протяжении всего «жизненного цикла» пшеницы.

Действующая система критериев технологических свойств пшеницы должна обеспечивать высокое качество на всех этапах производства и переработки зерна. Однако, многолетний анализ показывает, что признаки качества зерна, контролируемые на протяжении «жизненного цикла» пшеницы, не отвечают современным требованиям.

Недоверие к показателям качества, стандартизованным - натуре, стекловидности, числу падения, количеству и качеству клейковины связано с большой ролью в их формировании факторов внешней среды. Отсюда следует необходимость в дополнении стандартизованных показателей анализами структурно-механических, физико-химических, технологических свойств зерна и прочих.

Нестабильность качества зерна предполагает выработку управленческих решений по стабилизации качества макаронных изделий посредством регулирования технологических параметров производства и предполагает наличие объективных экспрессных методов оценки качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, что обуславливает актуальность темы исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** Решению вопросов повышения качества макаронной продукции посвящены работы отечественных и зарубежных учёных Назарова Н.И., Медведева Г.М., Черных В.Я., Корячкиной С.Я., Рыбака А.И., Шнейдер Т.И., Юрчак В.Г., Осиповой Г.А., Мартиросяна В.В., Kostello L.G. K, Davis K.R. и др. Исследованием влияния макаронных свойств муки на качество готовой продукции занимались Лукьянов В.В., Чернов М.Е., Негруб В.П., Дерканосова Н.М., Казеннова Н.К., однако вопрос о регулировании технологических параметров производства макаронных изделий и прогнозировании их качества с учетом генотипических и фенотипических фак-

торов изучен не достаточно глубоко. Отсутствуют и экспрессные методы оценки макаронных свойств муки.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационной работы состояла в совершенствовании технологических процессов производства макаронных изделий и прогнозировании их качества путем разработки инструментальных методов оценки макаронных свойств зерна.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- на основе изучения взаимосвязи физико-химических, технологических свойств зерна разработать комплексный показатель оценки макаронных свойств зерна;
- разработать способ и программные средства прогнозирования качества макаронных свойств зерна пшеницы;
- изучить взаимосвязь физико-химических показателей качества зерна с основными технологическими параметрами формирования макаронного теста;
- определить оптимальные температурно-влажностные режимы замеса макаронного теста с учетом физико-химических показателей качества зерна;
- разработать технологию производства макаронных изделий с заданными потребительскими свойствами посредством регулирования температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста.

**Научная новизна.** Диссертационная работа соответствует пунктам 3, 4, 12 паспорта специальности 05.18.01.

На основе корреляционного анализа показателей качества зерна и макаронных свойств муки установлено, что твердозерность является наиболее объективным показателем прогнозирования макаронных свойств зерна и муки.

Впервые разработан экспрессный метод оценки макаронных свойств муки на основе фрактографического анализа, базирующемся на использовании алгоритмов компьютерного зрения путем оптической микроскопии.

Разработан способ оптимизации технологического процесса производства макаронных изделий посредством регулирования температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста с учетом физико-химических показателей качества зерна.

Установлена, возможность прогнозирования потребительских свойств макаронных изделий с заранее заданными свойствами с учетом показателя твердозерности и температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста.

Новизна технических решений представленных исследований подтверждена патентом РФ и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретически и экспериментально показана возможность использования комплексного показателя качества зерна «твердозерность» для прогнозирования макаронных свойств зерна и муки, регулирования температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста, производства макаронных изделий с заданными потребительскими свойствами.

Разработан способ определения количества и качества клейковины в зерне пшеницы (патент № 2586780, дата регистрации 18.05.2016);

Разработано программное обеспечение для оценки показателей качества макаронной муки на основе фрактографического анализа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611164);

Разработано программное средство для определения показателей количества и качества клейковины зерна пшеницы на основе фрактографического анализа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611014);

Предложенная методика определения показателя твердозерности для прогнозирования макаронных свойств муки прошла производственную апробацию на ООО «Оренбургский комбикормовый завод».

Способ оптимизации технологического процесса производства макаронных изделий посредством регулирования температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста с учетом физико-химических показателей качества зерна реализован и подтверждается соответствующим актом от ОАО «Сладкая жизнь».

Результаты работы внедрены в учебный процесс на кафедре технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» при обучении студентов по направлениям подготовки: 19.03.02. - Продукты питания из растительного сырья (бакалавриат), 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья (магистратура).

**Методология и методы исследования.** В качестве объектов исследования выступают образцы зерна трех зон Оренбургской области – западной, центральной, восточной, характеризующихся различными природно-климатическими условиями произрастания и агроэкологическими показателями почв, твердой пшеницы шести сортов: Оренбургская 10, Безенчугская 200, Оренбургская 21, Безенчугская янтарь, Харьковская 3, Степь 3 и семи сортов мягкой пшеницы: Саратовская 42, Учитель, Оренбургская 13, Юго-восточная 3, Варяг, Прохоровка, Л-503.

В работе широко использовались как общепринятые, так и специальные физико-химические, химические, биохимические, реологические, органолептические методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых макаронных изделий.

Фрактографический анализ проводили на лабораторной установке, состоящей из цифровой камеры с матрицей высокого разрешения VM32BS-VFA Vision, 1/3" Sony Super HAD, управляемой сервоприводами для охвата большого количества частиц размола зерна.

Размол зерна в муку проводили на лабораторной четырехвалковой мельничной установке Labor Muszeripari Muvek QC-109, производство макаронных изделий осуществляли на лабораторном макаронном прессе марки Dolly Imperia&Monferrina.

В ходе проведения экспериментов и написания работы использовались методы описательной статистики, корреляционно-регрессионного анализа, математического моделирования на ЭВМ.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях кафедры технологии пищевых производств, лаборатории кафедры материаловедения и

технологии материалов ФГБОУ ВО «ОГУ», аккредитованном испытательном центре ФГБНУ ВНИИМС.

**Положения, выносимые на защиту:**

- комплексный показатель оценки макаронных свойств зерна;
- способ и программные средства прогнозирования качества макаронных свойств зерна пшеницы;
- установленные зависимости физико-химических показателей качества зерна с основными технологическими параметрами формирования макаронного теста;
- оптимальные температурно-влажностные режимы замеса макаронного теста с учетом физико-химических показателей качества зерна;
- технология производства макаронных изделий с заданными потребительскими свойствами посредством регулирования температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень достоверности результатов, полученных в ходе проведения исследований подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проводимых стандартизованными, общепринятыми и специальными методами; низкими значениями погрешностей относительно общепринятых методик способов определения показателей, разработанных в диссертационном исследовании; сопоставимостью полученных экспериментальных данных ранее опубликованным; а также актами промышленной апробации технических решений, патентами и свидетельствами о государственной регистрации программ, публикацией основных положений диссертации в рецензируемых ВАК печатных изданиях.

Основные результаты исследований по теме диссертации доложены и получили одобрение на научно-практических конференциях: Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» (Оренбург, 2013); Пятом международном хлебопекарный форум (Москва, 2012), IX международной научно-практической конференции «Передовые технологии – 2013» (Прага, 2013), VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Бийск, 2013), Десятой международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях» (Оренбург, 2015); международной научно-методической конференции «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации», посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета (Оренбург, 2015).

Результаты научной работы представлялись на Международном молодежном форуме «Евразия» (Оренбург, 2016).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 1 монография, 7 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получены 2 государственных свидетельства о регистрации программ, 1 патент на изобретение.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников из 110

наименований и приложений. Основной текст изложен на 224 страницах текста, содержит 49 рисунков, 58 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель, научная новизна, приведены сведения о практическом использовании полученных результатов и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В **главе 1 «Обзор литературы»** проведен анализ литературных источников. Показан существующий дефицит высококачественного зерна (в частности, недостаток в Оренбургской области) в зерноперерабатывающей промышленности.

Выявлена большая погрешность результатов зернового анализа - наличие высокой стекловидности у зерна еще не говорит об его высоких технологических качествах. Часто, в условиях большой урожайности, наблюдается ухудшение качества зернопродуктов (снижение содержания белка, количества и качества клейковины, твердозерности, зольности, амилолитической активности, активности тирозиназ, хлебопекарных свойств и т.д.).

Проведен анализ современных методов определения физико-химических свойств зерна, муки, а также прогнозирования качества макаронных изделий.

В **главе 2 «Объекты и методы исследований»** описаны методы и объекты проведенных исследований. Приведены классификация зерна по признаку твердозерности и обзор существующих методик оценки твердозерности зерна пшеницы. Структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

В **главе 3 «Маркетинговое исследование в среде потребителей макаронных изделий»** проведен сравнительный анализ предпочтений на рынке макаронных изделий с сегментацией потребителей по возрасту, роду занятий, уровню доходов, частоте потребления, цене отечественных и импортных изделий. Анализ потребительских предпочтений указывает на доминирование импортной макаронной продукции над отечественной, что вполне закономерно объясняется ее лучшими потребительскими качествами. Потребительские качества макаронных изделий, в свою очередь, определяются характеристиками сырья и технологией производства.

В **главе 4 «Анализ макаронных свойств зерна Оренбургской области и разработка инструментально-методологических способов определения показателей качества»** описаны найденные зависимости показателей качества зерна и продукции из этого зерна. Показана высокая значимость показателя твердозерности зерна, позволяющая прогнозировать технологические свойства макаронной муки.



Рисунок 1 - Структурная схема проведения исследований

Показатели варочных свойств макаронных изделий оценивали по ГОСТ 31964-2012. Одним из показателей качества изделий являются потери белка в результате варки. Качественная мука характеризуется меньшими потерями белка в макаронных изделиях при варке.

Уменьшение содержания сырой клейковины в муки до 28 % в большой мере способствует увеличению потерь сухих веществ при варке, степени слипаемости и снижению прочности готовых изделий в результате сильного ослабления структуры изделия. При невысоком содержании клейковины, она

не обеспечивает прочности соединения клейковинной решетки, поскольку набухшие и клейстеризовавшиеся зерна крахмала ее разрывают.

Увеличение содержания сырой клейковины выше 40 % увеличивают время варки макаронных изделий и делают готовые изделия резинообразными. Однако такая мука встречается довольно редко, и, несмотря на свою высокую белковую ценность, в чистом виде для макаронного производства не используется. Оптимальная концентрация клейковины в муке - от 32 % до 40 %. В то же время, муку с более низким содержанием клейковины (от 24 до 28 %) также можно использовать для производства макаронных изделий приемлемого качества при соблюдении правильных технологических режимов.

Коэффициент увеличения массы готовых макаронных изделий варьирует в диапазоне от 1,44 до 2,20; сухие вещества, перешедшие в воду при варке изменяются в диапазоне от 5,5 до 10,1 %; потери белка при варке составляют в интервале от 0,2 до 1,4 %; прочность сухих изделий на срез изменяется в интервале от 4,3 до 7,8 Н.

Высокотвердозерные образцы зерна характеризуются меньшими потерями белка, потери сухих веществ при варке не превышают от 0,3 до 0,5 %, в то время как для низкотвердозерных образцов потери составляют от 0,6 до 0,8 % (таблица 1).

Таблица 1 - Корреляционная матрица взаимосвязи показателей качества зерна и основных технологических характеристик макаронных изделий

Показатели	Влажность зерна	Кислотность	Содержание клейковины	Качество клейковины	Твердозерность	Стекловидность
Гидратационная способность макаронных изделий (по коэффициенту увеличения массы)	0,23	0,11	0,39	-0,71	0,67	0,42
Сухие вещества, перешедшие в воду при варке	0,14	0,04	-0,84	0,82	-0,58	-0,45
Время варки до готовности	0,14	0,12	0,85	0,31	-0,57	0,51
Прочность сухих изделий на срез	-0,31	-0,14	0,64	-0,53	0,82	0,62

В главе описана система мониторинга, позволяющая в режиме «реального времени» определять параметры помола зерна, прогнозировать и за счет «обратной связи» управлять качеством зерномучных товаров (зерна, муки, крупы, макаронных изделий).

В качестве метода исследования продуктов переработки пшеницы использовался так называемый фрактографический анализ размола зерна, позволяющий учитывать не только линейные размеры частиц помола, но и их форму.

Применение технического зрения для классификации частиц по форме и размеру позволило существенно снизить временные затраты, трудозатраты и погрешность оценки показателей качества.

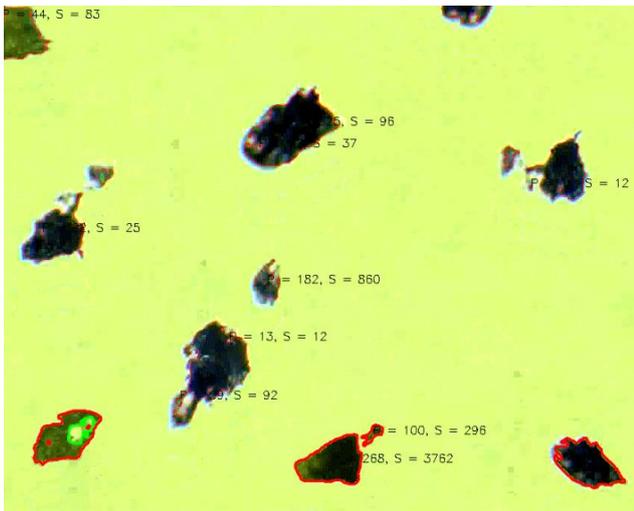
Для анализа изображений размолотого зерна разработано программное обеспечение. На первом этапе анализа частицы размолотого зерна детектируют как отдельные объекты за счет программной обрисовки каждой замкнутым контуром. На выходе образовывается массив проекций контуров частиц - фигур, у которых определяются их геометрические характеристики. Выделены наиболее значимые характеристики фигур. Из центров тяжести фигур алгоритмами технического зрения выделяется достаточное количество отрезков во все стороны, вычисляются средние значения длин ( $X$ ), их вариации ( $K$ ) у каждой фигуры. При анализе большого количества частиц средние значения  $X$  и  $K$  в наибольшей степени характеризуют размер частиц и форму (рисунок 2 и таблица 2).

В ходе корреляционно-регрессионного анализа выявили взаимосвязи между основными параметрами зернового анализа, физико-химических свойств зернопродуктов и данных фрактографического анализа размола зерна. Так, показатель твердозерности  $TВ$ ,  $кг/мм^2$ , показал значимую связь с исследуемыми параметрами гранулометрического анализа ( $r = 0,953$ ,  $R^2 = 0,901$ )

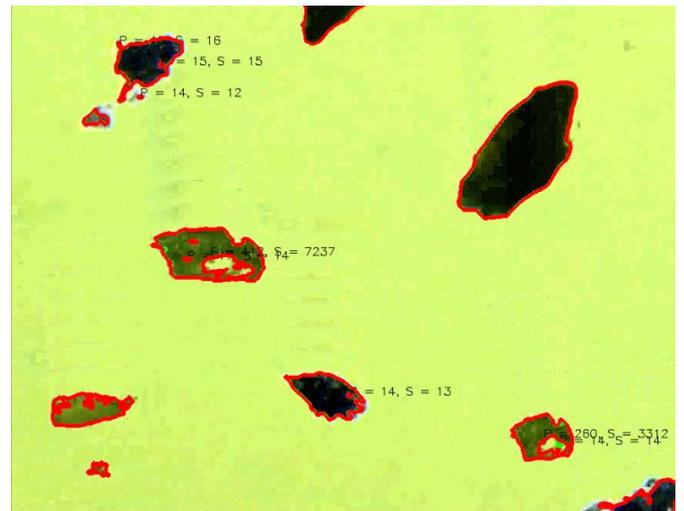
$$TB = 0,15 \cdot K_{CP} + 0,28 \cdot X_{CP} + 0,90.$$

Таблица 2 – Корреляционные зависимости показателей технологических свойств зерна пшеницы от данных гранулометрического анализа

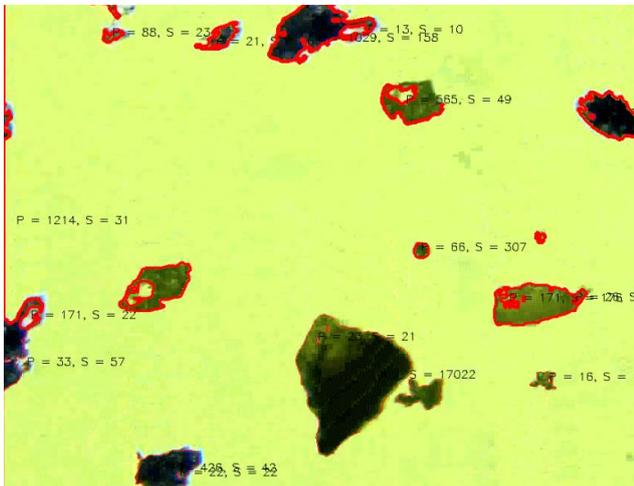
Показатели	Водопоглотительная способность	Количество клейковины	Качество клейковины	Число падения	Влажность	Зольность
Средняя площадь частиц $S$	0,822	0,791	0,755	0,647	0,325	0,251
Средний эквивалентный размер частиц $X$	0,891	0,829	0,792	0,655	0,342	0,297
Средний коэффициент вытянутости частиц $V$	0,622	0,596	0,425	0,647	0,257	0,243
Средняя компактность частиц $M$	0,794	0,815	0,782	0,597	0,145	0,247
Средний коэффициент неровности частиц $K$	0,850	0,823	0,791	0,671	0,254	0,201



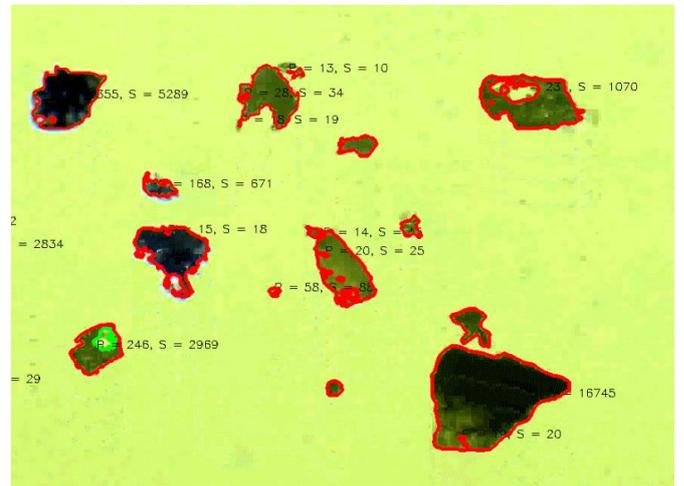
а – с низкой твердозерностью



б – со средней твердозерностью



в – с высокой твердозерностью



г – со сверхвысокой твердозерностью

Рисунок 2 - Частицы размола зерна с различной твердозерностью

В главе 5 «Прогнозирование качества макаронных изделий и управление технологией их производства для получения продукции с заданными потребительскими свойствами» определена приоритетность режимов замеса макаронного теста в связи с твердозерностью зерна. Дифференцированный подход к выбору режимов замеса макаронного теста (по количеству и температуре воды) в зависимости от степени твердозерности используемого зерна позволяет улучшить варочные (потребительские) свойства готовой продукции (развариваемость, потери сухих вещества при варке, время варки до готовности и др.). Это подтверждают данные графического анализа экспериментальных данных (таблицы 3, 4, 5).

Для производства макаронных изделий с использованием муки из высокотвердозерного зерна более предпочтительным является горячий тип замеса теста. Горячий замес обеспечивает более прочные макаронные изделия, сниже-

ние потерь сухих веществ при варке, увеличение времени варки до готовности. Этой же цели может служить средний и мягкий режимы замеса макаронного теста (потери белка при варке минимальны при среднем замесе, время варки минимально при мягком замесе).

Исходя из графиков можно сделать выводы о предпочтительности параметров влажностно-температурных режимов замеса макаронного теста и заранее прогнозировать качество готовой продукции.

Для проведения фрактографического анализа разработано программное обеспечение на основе OpenCV. OpenCV – динамично развивающаяся библиотека алгоритмов технического зрения и анализа и обработки изображений. Библиотека характеризуется наличием открытого кода, отсутствием жесткой привязки к конкретной компьютерной платформе (работает с операционными системами Microsoft Windows, Linux, Mac OS, Android, iOS и т.д.). Разрабатывается для большого количества популярных языков программирования (C/C++, Ruby, Python, Matlab, Java, Lua и др.). Свободно распространяется для академических целей, ввиду чего является наиболее распространенной реализацией компьютерного зрения для приложений в этой области.

Промышленное оборудование предполагает распределение функций хранения, обработки и анализа информации путем организации локальных сетей, баз данных (рисунок 3). Пример работы разработанного программного обеспечения - на рисунке 4. Частицы размола зерна с различной твердозерностью характеризуются различиями в размерах (гранулометрический показатель X) и форме частиц (гранулометрический показатель K), что может быть установлено на основе их анализа алгоритмами компьютерного зрения (таблицы 3, 4, 5).



Рисунок 3 – Функциональная схема измерительного оборудования

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа зависимости качества готовых изделий от показателя твердозерности  $X$ , кг/мм<sup>2</sup> (твердый, холодный режим замеса теста)

Тип уравнения	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Критерий Фишера	
				табл	расч
$K_r$ – Коэффициент увеличения массы макаронных изделий при варке					
линейный	$K_r = -0,069 \cdot X + 3,065$	0,889	0,790	4,2	182
СВ - Сухие вещества, перешедшие в воду при варке, %					
полином	$СВ = 0,003 \cdot X^2 - 0,140 \cdot X + 6,991$	0,932	0,869	4,2	52,7
Т - Время варки до готовности, мин					
линейный	$T = -0,521 \cdot X + 15,257$	0,874	0,764	4,2	125
Р - Прочность сухих изделий на срез, Н					
полином	$P = 0,008 \cdot X^2 + 4,875$	0,874	0,764	4,2	30,2

Таблица 4 – Графики зависимостей варочных свойств макаронных изделий от показателя твердозерности зерна в связи с режимами замеса теста (тип замеса: 1 – горячий, 2 – теплый, 3 – холодный)

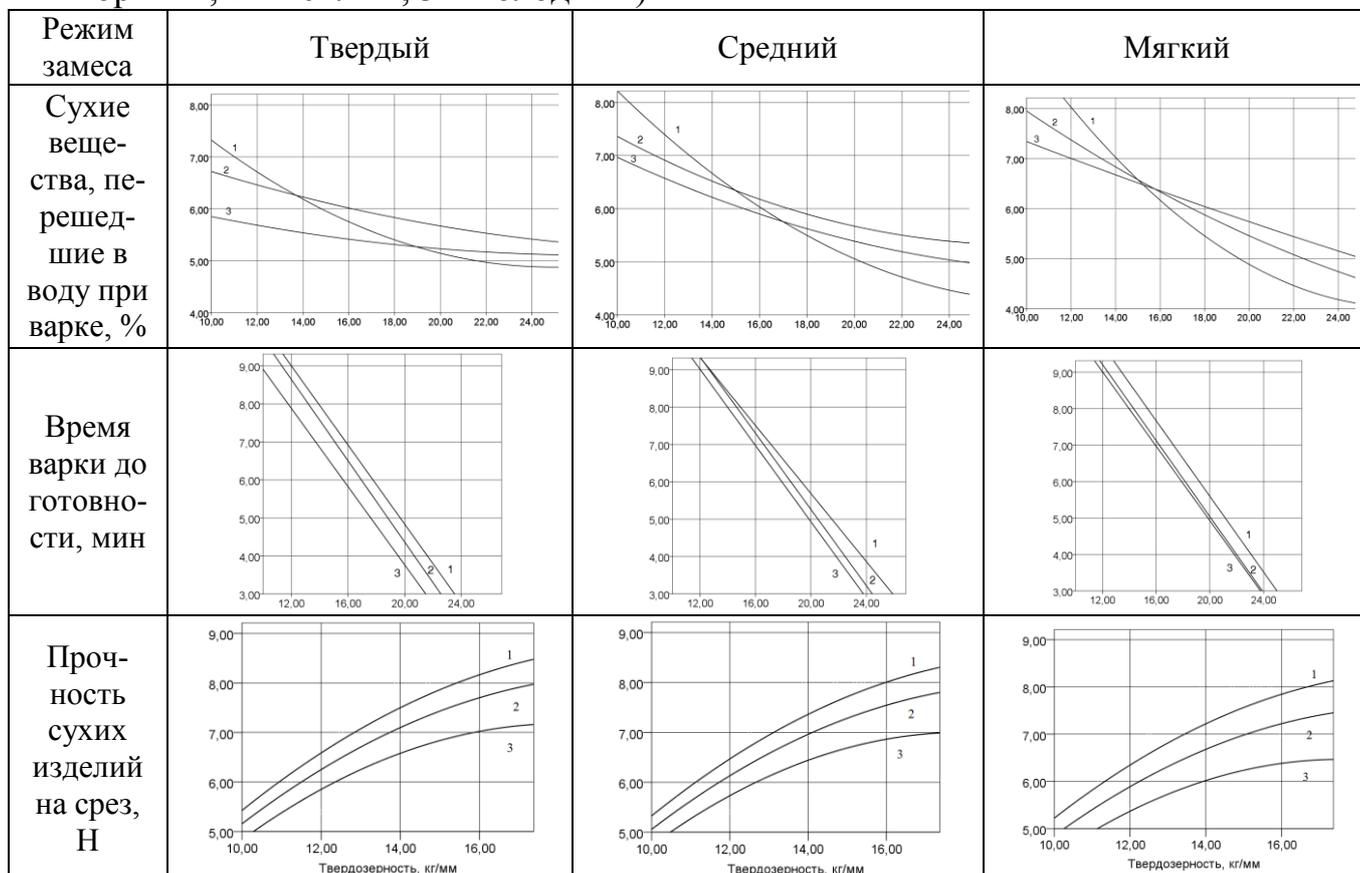


Таблица 5 – Выбор оптимальных влажностно-температурных режимов замеса макаронного теста в связи с показателем твердозерности зерна, оцененным по микротвердости зерна, кг/мм<sup>2</sup>

Твердозерность зерна (кг/мм <sup>2</sup> )	Варьирование температуры воды для замеса макаронного теста	Варьирование влажности макаронного теста
от 20 до 25 (сверхвысоко твердозерное зерно)		
от 15 до 20 (высоко твердозерное зерно)		
от 10 до 15 (средне твердозерное зерно)		

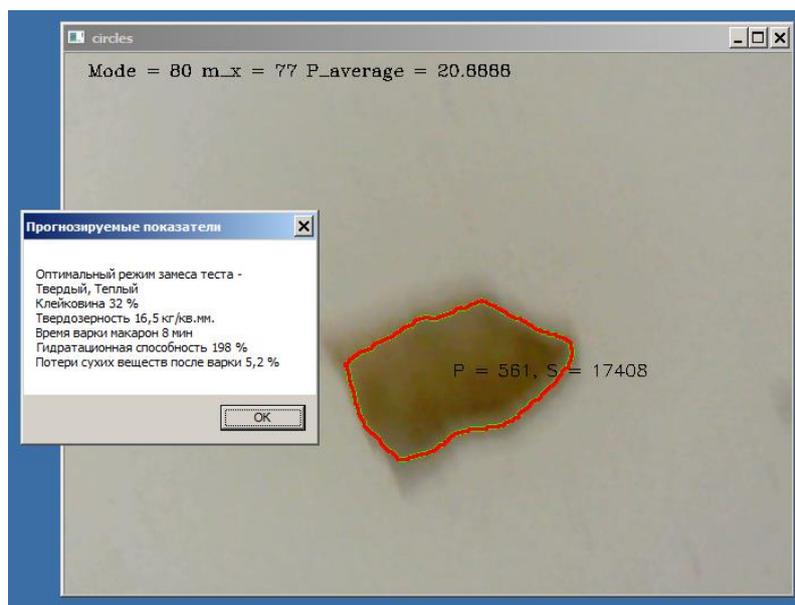


Рисунок 4 – Пример работы программного обеспечения

**В заключении** приведены основные результаты и выводы диссертации.

**В приложениях** приведены экспериментальные данные определения потребительских свойств зерна и продуктов переработки.

## **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1 Доказано, что комплексным показателем, формирующим качество макаронных изделий является показатель твердозерности. Установлена целесообразность использования показателя твердозерности для прогнозирования качества макаронных изделий.

2 Разработана методика фрактографического анализа для определения количества и качества клейковины зерна, показателя твердозерности с целью управления качеством макаронных изделий. Разработаны программные средства, позволяющие с высокой точностью прогнозировать качество макаронных изделий из муки с различной твердозерностью зерна: коэффициент увеличения массы макаронных изделий – погрешность не более 3 %; потери сухих веществ при варке – не более 5 %; времени варки до готовности – не более 20 %; прочности сухих изделий на срез – не более 10 %.

3 Разработан экспрессный способ определения количества и качества клейковины в зерне пшеницы на основе фрактографического анализа, обеспечивающий погрешность не более 5 % по сравнению с традиционным.

4 Разработан способ управления качеством макаронных изделий за счет установления оптимальных температурно-влажностных режимов замеса макаронного теста с учетом показателя твердозерности. Оптимальными являются: для сверхвысокотвердозерного влажность теста 29-32 % при температуре воды 75-85 °С, для высокотвердозерного влажность теста 29-31 % при температуре воды 50-65 °С, для среднетвердозерного влажность теста 28-29 %, температура воды ниже 30 °С.

5 Показана возможность получения макаронных изделий с заданными потребительскими свойствами при традиционной технологии посредством варьирования режимов замеса макаронного теста с учетом показателя твердозерности. Конкретные значения показателей определяются с учетом фактического значения показателя твердозерности.

По результатам проведенных экспериментальных исследований могут быть даны следующие **рекомендации**:

- мукомольным предприятиям, вырабатывающим муку на макаронные цели целесообразно указывать в маркировке значение показателя твердозерности;

- макаронным фабрикам и цехам на основании известного показателя твердозерности и полученных в работе номограмм (компьютерной программы) меняя технологические параметры замеса – температуру и влажность производить продукцию двух типов – быстрого приготовления и традиционную с указанием в качестве информации для потребителей времени варки макаронных изделий;

- принять в качестве стандартизованного показателя оценки макаронных свойств зерна (муки) и прогнозирования качества макаронных изделий показатель твердозерности.

## **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

### **Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ**

1. Бочкарева, И. А. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - № 7-1 (38). – С. 77 – 80.

2. Бочкарева, И. А. Связь микробиологической контаминации зерна с его технологическими свойствами / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - № 7-1 (38). – С. 81 – 83.

3. Бочкарева, И. А. Влияние твердозерности зерна на его макаронные свойства / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - № 11 (42). – С. 68 - 74.

4. Бочкарева, И. А. Методы оценки макаронных качеств зерна пшеницы / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. - № 1 (43). – С. 55 -59.

5. Бочкарева, И. А. Управление качеством продуктов переработки зерна и зерномучных товаров / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. - 2016. - № 1. - С. 61 – 69.

6. Бочкарева, И. А. Системный подход к формированию качества макаронных изделий / И. А. Бочкарева, П. В. Медведев, В. А. Федотов // Хлебопродукты. - 2016. - № 8. - С. 61 – 73.

7. Бочкарева, И. А. Новые методы оценки технологических свойств зерна пшеницы с использованием информационных технологий / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Хлебопродукты. - 2017. - № 1. - С. 60 – 63.

### **Монография**

8. Систематизация факторов формирования потребительских свойств зернопродуктов в информационной системе: глава в коллективной монографии / П.В. Медведев, В.А. Федотов, И.А. Бочкарева // Актуальные проблемы менеджмента и экономики предприятия: коллективная монография. – Оренбург: Оренбургский филиал РАНХ и ГС при президенте РФ, 2015. С. 151-168.

## **Патенты на изобретения и свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:**

9. Пат. 2433398 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/10 Способ определения количества и качества клейковины в зерне пшеницы / Бочкарева И. А., Федотов В. А., Медведев П. В.; заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. ун-т. Оpubл. 18.05.2016.

10. Бочкарева, И. А. Программное обеспечение для оценки показателей качества макаронной муки на основе фрактографического анализа / Бочкарева И. А., В. А. Федотов, П. В. Медведев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2016611164; дата поступления 09.11.2010; дата регистр. 11.01.2012 г. - Оpubл. 2012 г.

11. Бочкарева, И. А. Программное средство для определения показателей количества и качества клейковины зерна пшеницы на основе фактографического анализа / Бочкарева И. А., В. А. Федотов, П. В. Медведев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2016611014; дата поступления 09.11.2010; дата регистр. 11.01.2012 г. - Оpubл. 2012 г.

## **Статьи в сборниках материалов конференций**

12. Бочкарева, И. А. Информационно-измерительная система оценки качества зерна : материалы V международного хлебопекарного форума. - Москва, 2012. – С. 152-154.

13. Бочкарева, И. А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пищевых продуктов: материалы X Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях» / Бочкарева И. А. и др. - Оренбургский филиал ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», № 8-9 (75-76). - 2015. – С. 7 – 12.

14. Бочкарева, И. А. Системный подход к проблеме оценки хлебопекарных качеств зерна : материалы Всероссийская науч.-метод. конф. с международным участием «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» / Бочкарева И. А. и др. - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. - С. 959-964.

15. Бочкарева, И. А. Новые методы определения технологических свойств зерна пшеницы : материалы IX межд. науч.-практ. конференции «Передовые технологии – 2013». - Прага, 2013. – С. 128-130.

16. Бочкарева, И. А. Влияние твердозерности зерна на его технологические качества : материалы VI Всеросс. науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Бийск, 2013. – С. 52-54.

17. Бочкарева, И. А. Методы оценки макаронных качеств зерна : материалы междунар. науч.-метод. конференции «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации», посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета. - Оренбург, 2015. – С. 59-64.

18. Бочкарева, И. А. и др. Системный подход к формированию технологических свойств зернопродуктов: материалы X Международной науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях». – Оренбург : Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В., 2015. – С. 146-154.

19. Бочкарева, И. А. и др. Оценка технологических качеств зерна на основе гранулометрического анализа : материалы X Международной науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях». – Оренбург : Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В., 2015. – С. 154-162.

20. Бочкарева, И. А. и др. Современные методы прогнозирования хлебопекарных свойств зерна : материалы X Международной науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях». – Оренбург : Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В., 2015. – С. 162-168.

21. Бочкарева, И. А. и др. Оценка потребительских свойств продуктов переработки зерна пшеницы Оренбургской области : материалы X Международной науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях». – Оренбург : Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В., 2015. – С. 168-172.

22. Бочкарева, И. А. Маркетинговые исследования на рынке макаронных изделий в г. Оренбурге : материалы XI Международной науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы торгово-экономической деятельности и образования в современных условиях». – Оренбург : Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В., 2016. – С. 127-139.

23. Бочкарева, И. А. Изучение потребительских предпочтений на рынке макаронных изделий в г. Оренбурге : материалы I Всероссийской науч.-практ. конференции (с межд. участием) «Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития». – Оренбург : ООО «Типография «Агентство Пресса», 2017. – С. 182-191.