

*На правах рукописи*

ХАМХАНОВА ДАРИМА НИМБУЕВНА

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ  
ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ПРОДУКЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
(на примере хлебобулочных изделий)**

Специальность  
05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ,  
материалов и изделий

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Томск 2012

Работа выполнена на кафедре стандартизации, метрологии и управления качеством ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологии и управления» (ВСГУТУ)

Научный консультант      **Шишкин Игорь Федорович**, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты      **Муравьев Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Компьютерных измерительных систем и метрологии» Национального исследовательского Томского политехнического университета

**Шадрин Александр Давыдович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление проектами» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

**Ахтулов Алексей Леонидович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Омского государственного университета путей сообщения

Ведущая организация      **Кемеровский технологический институт пищевой промышленности**

Защита состоится 12 марта 2012 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.09 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете по адресу: 634028, г. Томск, ул. Савиных, 7, ауд. 215 (актовый зал).

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета по адресу: 634028, г. Томск, ул. Белинского, 53.

Автореферат разослан

2012 г.

Ученый секретарь совета Д 212.269.09  
кандидат технических наук

Б.Б. Винокуров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Социальная направленность государственной политики в условиях мирового финансового и экономического кризиса, реализация приоритетных национальных проектов, повсеместное проникновение идеологии TQM и расширение сферы применения международных стандартов ISO серии 9000 предполагают необходимость повышения потребительских характеристик продукции и услуг, которые в основном определяют их конкурентоспособность.

Низкая конкурентоспособность российской продукции на мировом рынке, особенно в сравнении с продукцией передовых фирм зарубежных стран, служит серьезным препятствием для перестройки и модернизации экономики в целях равноправного вхождения в систему мирового экономического сообщества. В связи с этим необходимо пересмотреть подходы к контролю качества продукции и услуг, принципы организации контроля качества, так как именно конкурентоспособность и ее самый важный элемент – качество в условиях рынка являются определяющими в успешной деятельности предприятий и организаций.

Контроль качества потребительских характеристик продукции и услуг осуществляется в основном экспертными методами измерений. К числу наиболее широко распространенных разновидностей экспертных методов измерения относятся органолептические, широко используемые в пищевой промышленности. При этом единство органолептических измерений, выполняемых экспертными методами, не обеспечивается. Поэтому возникает актуальная проблема метрологического обеспечения экспертных измерений (МОЭИ), широко используемых при контроле качества продукции пищевой промышленности.

Необходимость решения данной проблемы вызвана: масштабами деятельности, связанной с измерениями, которые выполняются экспертными методами. Ежедневно в стране проводятся сотни тысяч и более измерений экспертными методами для определения качества продукции и услуг в различных отраслях промышленности (пищевой, парфюмерной и легкой), сельском хозяйстве, здравоохранении, образовании, архитектуре, строительстве; важностью и ответственностью экспертных методов измерений, результаты которых используются на всех этапах и уровнях управления народным хозяйством; требования-

ми взаимного доверия к результатам экспертных методов измерений, без чего невозможно развитие международного научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Впервые проблема обеспечения единства измерений, выполняемыми экспертными методами, была сформулирована в работах проф. И.Ф. Шишкина.

**Цель диссертационной работы** – разработка методологических основ и практических рекомендаций для организации метрологического обеспечения экспертных измерений с целью контроля качества продукции пищевой промышленности на примере хлебобулочных изделий.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- разработка теоретических положений МОЭИ для контроля качества продукции;
- создание нормативной подсистемы МОЭИ для контроля качества продукции;
- разработка технической и обоснование организационной подсистем МОЭИ для контроля качества продукции;
- опытно-промышленная апробация основных положений метрологического обеспечения экспертных измерений при контроле качества хлебобулочных изделий.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались методы теории измерений, теории вероятности, математической статистики и имитационное моделирование.

**Научная новизна** результатов диссертационной работы заключается в следующем.

1. Впервые предложена система метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества продукции пищевой промышленности, состоящая из нормативной, технической и организационной подсистем, направленная на повышение качества результатов экспертных (органолептических) измерений.

2. Предложены способы определения качества решений, основанные на применении критериев математической статистики, которые обеспечивают достоверность результатов экспертных измерений, и способ исключения нетранзитивных подмножеств из результатов экс-

пертных измерений, основанный на накоплении квалиметрической информации.

3. Установлены вероятностные показатели качества экспертных измерений, которые позволяют сопоставить результаты измерений, полученные в шкале порядка.

4. Проведено исследование наиболее широко применяемых алгоритмов обработки квалиметрической информации и предложены рекомендации по выбору алгоритмов.

5. Предложены нормируемые квалификационные характеристики экспертов и экспертной комиссии. В качестве нормируемых квалификационных характеристик экспертов предложены погрешность решений эксперта, самооценка, взаимная оценка, степень надежности, внимательность эксперта (разработан СТО 02069473.004–2007). В качестве нормируемых квалификационных характеристик экспертной комиссии предложены степень согласованности мнений экспертов, качество решений экспертной комиссии, комплексный показатель качества экспертной комиссии, равноточность решений экспертов, характеризующие качественный состав экспертной комиссии.

6. Предложены способы нормирования квалификационных характеристик экспертов путем установления пределов допускаемого значения квалификационных характеристик экспертов или верхнего или нижнего предела допускаемого значения квалификационных характеристик экспертов и экспертной комиссии путем установления минимально допустимого уровня значимости  $\alpha$  или вероятности  $P$  (разработан СТО 02069473.003–2007).

7. На основе исследования сенсорных способностей потребителей продукции определены их средние статистические значения, которые предложены в качестве нормирующих значений соответствующих квалификационных характеристик экспертов.

**Практическая значимость работы.** Научные результаты диссертационной работы и предложенные в ней решения реализованы в разработанной системе стандартов организации (СТО) по экспертным методам измерения и нормативной документации (НД) на технические условия, технологическую инструкцию:

1) СТО 02069473.001–2007 Система обеспечения единства экспертных измерений (СОЕЭИ). Нормальные условия проведения экспертных измерений качества продукции и услуг;

- 2) СТО 02069473.002–2007 СОЕЭИ. Порядок организации экспертных измерений качества продукции и услуг;
- 3) СТО 02069473.003–2007 СОЕЭИ. Порядок аттестации экспертов;
- 4) СТО 02069473.004–2007 СОЕЭИ. Нормируемые квалификационные характеристики экспертов;
- 5) СТО 02069473.005–2007 СОЕЭИ. Методика определения качества продукции и услуг экспертными методами;
- 6) СТО 02069473.006–2007 СОЕЭИ. Методика определения неопределенности органолептических измерений;
- 7) СТО 02069473.008–2007 СОЕЭИ. Общие требования к помещениям для проведения экспертных измерений качества продукции и услуг;
- 8) СТО 02069473.009–2007 СОЕЭИ. Аккредитация измерительных лабораторий юридических лиц на право проведения экспертных измерений;
- 9) ТУ 9113-004-02069473–96 «Хлеб «Тамир» из ржаной обдирной муки»;
- 10) технологическая инструкция по производству хлеба «Тамир» из ржаной обдирной муки.

Под руководством автора по теме диссертационной работы выполнены госбюджетные научно-исследовательские работы «Разработка методологических принципов обеспечения единства экспертных измерений», государственная регистрация № 01.200315157; «Исследование психофизиологических характеристик экспертов», государственная регистрация № 01.2007166.

Учебное пособие «Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия» было отмечено грамотой третьего Дальневосточного регионального конкурса изданий высших учебных заведений «Университетская книга-2011».

Разработанная система стандартов по экспертным методам измерения применяется при контроле качества продукции и услуг в работе открытого акционерного общества «Республиканский дом качества»; Федерального государственного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии»; межведомственной дегустационной комиссии комитета пищевой и перерабатывающей промышленности Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Бу-

рятии; Восточно-Сибирского государственного технологического университета (ВСГТУ) (ныне Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления) при выполнении научных исследований и в учебном процессе; Бурятского центра стандартизации и метрологии при проведении конкурса «10 лучших товаров Бурятии» в рамках конкурса «100 лучших товаров России»; ФБУ Забайкальский центр стандартизации и метрологии (г. Чита), филиале ЗАО «Алейск-зернопродукт» им. С.Н.Старовойтова (г. Благовещенск); Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И.Менделеева» (г. Санкт-Петербург).

Кроме того, разработанные теоретические и практические положения МОЭИ качества продукции в пищевой промышленности могут быть распространены на МОЭИ качества продукции в ряде других отраслей, таких как парфюмерная, легкая, образование и т.п.

### **На защиту выносятся**

1. Система метрологического обеспечения экспертных измерений, позволяющая повысить качество экспертных измерений путем создания нормативной базы, научной организации проведения экспертных измерений и технической поддержки.

2. Способы определения качества решений, основанные на применении различных критериев принятия решений, позволяют оценить достоверность решений, принятых по результатам экспертных измерений. Способ исключения нетранзитивных подмножеств из результатов экспертных измерений, заключающийся в накоплении измерительной информации, позволяет исключить влияние различных факторов на результаты экспертных измерений.

3. Установленные вероятностные показатели качества экспертных измерений, позволяющие оценить качество решений, принятых по результатам экспертных измерений, и сопоставить результаты измерений, полученные в шкале порядка.

4. Предложенные рекомендации, разработанные на основе аттестации обработки квалиметрической информации, обеспечивают возможность проводить обоснованный выбор алгоритмов для конкретной измерительной задачи в зависимости от исходных данных, как качественный состав экспертной комиссии, требуемая точность измерения и вычислительная сложность.

5. Предложенные в качестве нормируемых квалификационные характеристики экспертов, как погрешность решений эксперта, самооценка, взаимная оценка, степень надежности, внимательность эксперта, позволяют проводить обоснованный выбор экспертов по нормируемым квалификационным характеристикам. Нормируемые квалификационные характеристики экспертной комиссии, как степень согласованности мнений экспертов, качество решений экспертной комиссии, комплексный показатель качества экспертной комиссии, равноточность решений экспертов, позволяют оценить качественный состав экспертной комиссии.

6. Способы нормирования квалификационных характеристик экспертов и экспертной комиссии, позволяют проводить аттестацию экспертов и экспертной комиссии на право проведения экспертных измерений.

7. Средние статистические значения сенсорных способностей потребителей, как средний статистический порог распознавания запаха спирта и уксусной кислоты, средний статистический порог восприятия вкуса соленого, сладкого, кислого и дрожжевого, предложенные в качестве нормирующих значений соответствующих квалификационных характеристик экспертов, позволяют проводить обоснованный выбор кандидатов в эксперты.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на междунар. науч. конф. «Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию» (г. Краснодар, 2000 г.); юбилейной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и сотрудников института. Радиотехника. Метрология. (г. Санкт-Петербург, СЗГТУ, 2000, 2006 гг.); всерос. науч.-практ. конф. «Современные технологии качества образования» (г. Барнаул, 2006 г.); междунар. науч.-практ. конф. «Качество образования: системы, технологии, инновации» (г. Барнаул, 2007 г.); междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технология» (г. Томск, ТПУ, 2007 г.), регион. науч.-практ. конф. «Техника и технология обработки и переработки пищевых продуктов XXI века» (г. Улан-Удэ, 2000 г.); междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию высшего образования РБ «Высшее профессиональное образование Сибири как гарант устойчивого развития региона» (г. Улан-Удэ, 2001 г.); междунар. науч. конф. «Непрерывное образование: методология, концепции, модели» (г. Улан-



Удэ, 2007 г.); 1-й междунар. науч.-практ. конф. «Качество как условие повышения конкурентоспособности и путь к устойчивому развитию» (г. Улан-Удэ, 2009 г.); междунар. науч.-практ. конф. "Измерения: состояние, перспективы развития" (г. Челябинск, ЮУрГУ, 2012 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 59 научных работ, в том числе монографии – 2, учебных пособий – 5, статьи в изданиях по перечню ВАК – 17, статьи в отечественных журналах – 4, статьи в сборниках трудов институтов и университетов – 18, статьи и тезисы докладов в материалах научно-технических конференций – 13. Получен патент на изобретение «Способ производства пшеничного зернового хлеба» № 2452183 приоритет от 12.01.2011 г.

**Структура и объем работы:** диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, выводов, списка литературы, приложений, актов внедрения.

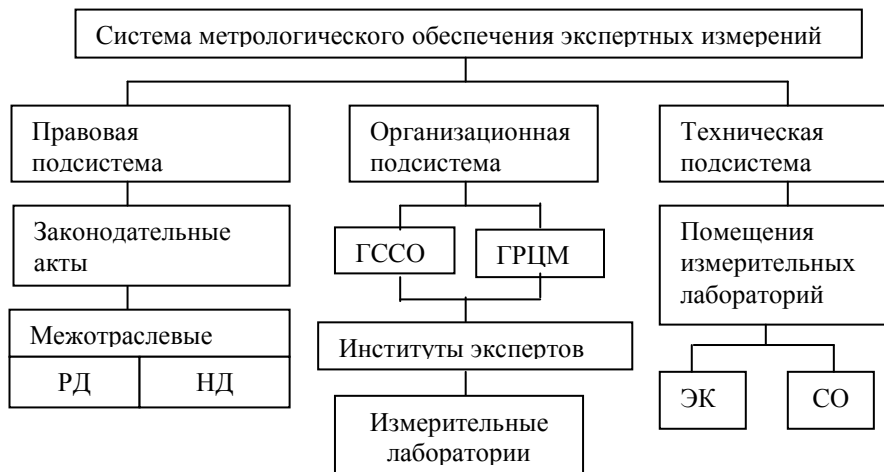
Основная часть диссертации изложена на 312 страницах машинописного текста. Работа содержит 22 рисунка, 52 таблицы, 62 формулы, 15 приложений, 340 литературных источников.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, анализируются теоретическая значимость и прикладная ценность полученных результатов, а также формулируются основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приводятся показатели качества хлебобулочных изделий, регламентированные нормативными документами (НД) и установленные путем социологического опроса потребителей, и методы определения показателей качества хлебобулочных изделий. Обосновывается проблема метрологического обеспечения экспертных (органолептических) измерений качества пищевых продуктов.

Предложена система метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества продукции пищевой промышленности, состоящая из нормативной, технической и организационной подсистем (рис. 1).



ГССО – Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; ГРЦМ – государственные региональные центры метрологии; РД – рекомендуемые документы; НД – нормативные документы; ЭК – эталоны качества; СО – стандартные образцы состава и свойства веществ и материалов

Рисунок 1 – Структура системы метрологического обеспечения экспертных измерений

В результате изучения состояния метрологического обеспечения экспертных измерений получены следующие выводы.

1. Состав и структура системы МОЭИ состоит из научной основы, нормативной, организационной и технической подсистем МОЭИ.

2. Научной основой МОЭИ является метрология, в частности ее раздел «Квалиметрия» – наука об измерении качества.

3. Для совершенствования нормативной подсистемы МОЭИ выделены такие основные объекты деятельности по МОЭИ, как способы и формы представления результатов измерений экспертными методами, методы оценивания неопределенности экспертных измерений, нормируемые квалификационные характеристики экспертов, методики измерений экспертными методами.

4. Техническую подсистему метрологического обеспечения экспертных измерений составят эталоны качества, совокупность стан-

дартных образцов состава и свойств веществ и материалов, меры, средства измерений и испытательное оборудование, необходимые для проведения измерений экспертными методами; совокупность специальных зданий и сооружений для проведения измерений.

5. Организационная подсистема должна состоять из Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, государственных региональных центров метрологии, осуществляющих контроль за деятельностью измерительных лабораторий, осуществляющих измерения экспертными методами, институтов экспертов.

**Во второй главе** разработаны теоретические положения метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества продукции. Исследованы способы выражения результатов измерений экспертными методами, критерии принятия решений для оценки качества решений; приведены квалификационные характеристики экспертов и экспертной комиссии и способы их нормирования.

Предложено применять функциональное преобразование шкал при комплексировании результатов измерений экспертными методами.

Решения, принимаемые по результатам измерения качества продукции и услуг экспертными методами, могут быть как правильными, так и неправильными. В общем случае возможны следующие виды решений: однократное решение, например  $Q_{11} \prec Q_{12}$ , где  $Q_{ij}$  – качество  $i$ -го показателя  $j$ -го объекта по мнению одного эксперта; несколько однократных решений, например  $Q_{111} \prec Q_{121}$ ,  $Q_{112} \succ Q_{122}$ ,  $Q_{113} \prec Q_{123}$ ,  $Q_{114} \succ Q_{124}$ ,  $Q_{115} \prec Q_{125}$ , где  $Q_{ijk}$  – качество  $i$ -го показателя  $j$ -го объекта по мнению  $k$ -го эксперта; ранжированный ряд, составленный одним экспертом и экспертной комиссией, например  $Q_{11} \prec Q_{12} \prec \dots \prec Q_{ij} \prec \dots \prec Q_{in}$ , где  $Q_{ij}$  – качество  $i$ -го показателя  $j$ -го объекта по мнению одного эксперта или экспертной комиссии;  $n$  – количество объектов экспертизы.

Для определения качества решений эксперта проведен анализ статистических критериев и их применимость в зависимости от априорной информации. Проведенный анализ показывает, что качество однократного решения может быть оценено по критериям Неймана – Пирсона, среднего риска и минимаксному. В этих случаях показателями качества решения являются априорные вероятности того, что решение эксперта ошибочно –  $P_{ош}$ , и того, что оно верно, –  $P_v$ .

В простейшем случае показателем качества однократного решения является вероятность  $P_9$  правильного решения эксперта, которая может быть определена по результатам решения тестовой задачи. Например, экспертам даются растворы с известной концентрацией различных веществ, соли, сахара и предлагается определить их концентрацию. Допустим, что по результатам решения тестовой задачи эксперт правильно ответил на 7 вопросов из 10. Следовательно, вероятность правильного решения составляет:  $P_9 = 0,7$ .

В случае получения нескольких однократных решений для оценки качества решений можно воспользоваться критерием серий, суть которого заключается в проверке знаковой последовательности на случайность. Статистика критерия определяется выражением

$$t_{набл} = \frac{\nu - M + 0,5}{\sqrt{D}}, \text{ где } M - \text{среднее значение; } D - \text{дисперсия; } \nu -$$

величина, равная сумме элементов с различными знаками. Если наблюдаемое значение статистики  $t_{набл} < t_{кр}$ , то считается, что нулевая гипотеза о том, что элементы с различными знаками расположены случайно подтверждается.  $t_{кр}$  зависит от заданного уровня значимости, т.е. от заданной вероятности  $P$ . Следовательно, качество нескольких однократных решений характеризуется выбранной вероятностью  $P$ .

В простейшем случае показателем качества нескольких однократных решений является вероятность правильного решения экспертной комиссии. Если же результатом измерения служит ранжированный ряд, то имеем два случая получения такого ранжированного ряда: ранжированный ряд, составленный одним экспертом, и полученный по результатам измерения экспертной комиссии. Анализ критериев, разработанных в теории экспертных методов измерений, показывает, что к проверке правильности составления ранжированного ряда наиболее подходит общий критерий эквивалентности в сочетании со следующими критериями: метод наименьшей значимой разности, критерий для проверки эквивалентности двух особых объектов, критерий множественного сравнения для размахов и метод суждений о контрастах значений. При применении этих критериев показателем качества решений является выбранная вероятность. В противном случае необходимо опреде-

литель вероятность правильного составления ранжированного ряда одним экспертом и экспертной комиссией исходя из априорной информации о достоверности решений эксперта и экспертной комиссии. Вероятность правильного составления ранжированного ряда одним экспертом по правилу умножения вероятностей равна произведению вероятностей правильного  $i$ -го решения эксперта:

$$P = \prod_{i=1}^k P_{\text{э}i} = P_{\text{э}}^k, \quad (1)$$

где  $P_{\text{э}i}$  – вероятность правильного  $i$ -го решения эксперта;

$P_{\text{э}}$  – вероятность правильного решения эксперта;

$k$  – количество принимаемых решений.

Аналогично вероятность правильного составления ранжированного ряда экспертной комиссией будет следующей:

$$P = \prod_{i=1}^l P_{\text{э}ki} = P_{\text{э}k}^l, \quad (2)$$

где  $P_{\text{э}ki}$  – вероятность правильного  $i$ -го решения экспертной комиссии;

$P_{\text{э}k}$  – вероятность правильного решения экспертной комиссии;

$l$  – количество принимаемых решений экспертной комиссией.

В случае ранжированного ряда показателями качества решений являются выбранная вероятность; вероятность правильного составления ранжированного ряда одним экспертом или экспертной комиссией.

В случае однократного измерения по шкале отношений уравнение измерения записывается в виде

$$Q_1 = x \cdot \left[ \frac{1}{\theta} \right], \quad (3)$$

где  $\left[ \frac{1}{\theta} \right]$  – допущенная к применению единица измерений;

$\theta$  – поправка, учитывающая влияние различных факторов.

В этом случае результатом измерения является решение вида:

$$Q_1 - k \cdot u_Q \leq Q \leq Q_1 + k \cdot u_Q \text{ с уровнем доверия } P, \quad (4)$$

где  $k \cdot u_Q$  – расширенная неопределенность измерения величины  $Q_1$ ;

$k$  – коэффициент охвата, равный 2...3;

$u_Q$  – аналог среднего квадратического отклонения решений эксперта, определенный при его аттестации.

Показано, что в случае однократного экспертного измерения некоторой величины по шкале интервалов результат измерения может быть определен по формуле 4, поскольку шкалы интервалов градуированы в узаконенных единицах. Следовательно, качество результата измерения экспертными методами по шкалам интервалов и отношений характеризуется выбранным уровнем доверия. Кроме того, решение может быть принято по результатам комплексирования показателей качества. Также по результатам комплексирования возможны следующие виды решений: однократное решение; несколько однократных решений; ранжированный ряд, составленный одним экспертом и экспертной комиссией.

При комплексировании показателей качества производится математическое действие с показателями качества. В общем случае результат комплексирования определяется по формуле:

$$\hat{Q} = f(Q_1; Q_2; \dots; Q_m). \quad (5)$$

При допущении, что единичные показатели качества независимы, стандартное отклонение результата комплексирования  $S_{\hat{Q}}$  можно вычислить по формуле:

$$S_{\hat{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{df}{dQ_i} \right)^2 S^2(Q_i)}. \quad (6)$$

Доказано, что в случае однократного измерения двух объектов экспертизы качество однократного решения по результатам комплексирования зависит от достоверности решений эксперта. В случае многократного измерения двух или нескольких объектов экспертизы для определения качества решения в виде ряда однократных решений или комплексного ранжированного ряда можно вычислить стандартные отклонения результатов комплексирования по формуле (6) и найти значимость их различия по разным критериям. В последних двух случаях показателем качества решения будет выбранная вероятность.

Таким образом, в главе установлены показатели качества решений по шкалам порядка, интервалов и отношений. На шкале порядка показателями качества решений являются априорные вероятности правильного и ошибочного решения эксперта, вероятность правильного решения эксперта и экспертной комиссии, вероятность правильного составления ранжированного ряда экспертом и экспертной комиссией, выбранная вероятность. На шкале отношений – выбранный уровень дове-

рия.

Практика применения экспертных методов измерений показывает, что на шкале порядка появляются нетранзитивные включения. В работе предложен способ исключения нетранзитивных включений путем накопления измерительной информации.

В главе определены способы перевода единиц величин в относительные при комплексирования показателей качества путем функционального преобразования шкал,

**В третьей главе** рассмотрены вопросы создания нормативной подсистемы метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества продукции. На основе проведенных информационных исследований и изучения НД установлены объекты деятельности по МОЭИ, проведена адаптация Руководства по выражению неопределенности измерений к экспертным методам измерений. В рамках создания методик измерений экспертными методами проведена аттестация алгоритмов обработки квалиметрической информации.

В работе выделены следующие объекты деятельности по МОЭИ: шкалы измерений; терминология в области квалиметрии; способы и формы представления результатов измерений экспертными методами; методы оценивания неопределенности измерений экспертными методами; порядок разработки и аттестации методов (методик) измерений экспертными методами; комплекс нормируемых квалификационных характеристик экспертов; порядок аттестации экспертов; методы установления и корректировки межаттестационных интервалов экспертов; порядок осуществления метрологического надзора за соблюдением правил и норм проведения измерений экспертными методами; типовые задачи, права и обязанности служб, осуществляющих измерения качества товаров и услуг экспертными методами; порядок аккредитации лабораторий, осуществляющих измерения качества продукции и услуг экспертными методами; методики определения компетентности экспертов; методики измерений экспертными методами.

В целях стандартизации и обоснованного выбора алгоритмов обработки квалиметрической информации проведена аттестация широко известных алгоритмов (табл. 1).

Таблица 1 – Алгоритмы

| Алгоритмы определения весовых коэффициентов                          |                                                                 |                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| A                                                                    | B                                                               | C                                                                                 |
| 1                                                                    | 2                                                               | 3                                                                                 |
| $g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}}$ | $g_j = \frac{F_{ij}}{C}, C = \frac{m(n-1)}{2}$                  | $g_j = \frac{F_{ij}}{C},$<br>$C = m(n-1)$                                         |
| Алгоритмы уточнения весовых коэффициентов                            |                                                                 |                                                                                   |
| D                                                                    | F                                                               | G                                                                                 |
| $g_j \leftarrow \frac{G_j}{\sum_{j=1}^m G_j}$                        |                                                                 |                                                                                   |
| $G_j \leftarrow \sum_{i=1}^m G_j \cdot K_{ji}$                       | $G_{l,j} \leftarrow \sqrt{\sum_{i=1}^m G_{lj} \cdot K_{l,j,i}}$ | $G_{l,j} \leftarrow \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{K_{l,j,i}}{G_{l,j} \cdot (n-1)}}$ |
| Алгоритмы комплексирования                                           |                                                                 |                                                                                   |
| H                                                                    | K                                                               | L                                                                                 |
| $\bar{Q} = \sum_{j=1}^m g_j Q_j$                                     | $\bar{Q} = \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j}$                             | $\tilde{Q} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j}}$                              |
| M                                                                    | P                                                               |                                                                                   |
|                                                                      | P1                                                              | P2                                                                                |
| $\tilde{Q} = \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2}$                          | $\tilde{Q} = 1 - \frac{n_H}{n} - 0,5 \frac{H_c}{n}$             | $\tilde{Q} = 1 - \sum_{j=1}^{m_H} g_{H_j} - 0,5 \sum_{j=1}^{m_c} g_{c_j}$         |

В ходе аттестации алгоритмов обработки квалиметрической информации определялись следующие показатели и их меры.

А) алгоритмы определения весовых коэффициентов:

– показатель устойчивости  $\Pi_{11}(a_*)$ , характеризующий степень влияния изменений мнений экспертов на результат вычислений, в общем случае являющийся функцией влияния от параметра  $\xi$  :



$$\Pi_{11}(a) = f(\xi), \quad (7)$$

где  $\xi$  – количество измененных мнений.

В качестве меры устойчивости было принято изменение весового коэффициента при изменении мнений экспертов:

$$\Delta g_{\xi} = g_{j\mu} - g_{jn},$$

где  $g_{j\mu}$  и  $g_{jn}$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя после первоначального проведения экспертизы и после изменения мнений экспертов соответственно;

– показатель чувствительности к приращениям мнений экспертов  $\Pi_{12}(a)$ , характеризующий степень влияния приращения мнений экспертов на результат вычислений.

В качестве меры чувствительности к приращениям мнений экспертов был принят дифференциал:

$$\Delta g_{\delta} = \frac{\partial g_j}{\partial G_{ij}},$$

где  $g_j$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя качества;

$G_{ij}$  – мнение  $i$ -го эксперта по  $j$ -му показателю;

– показатель чувствительности к качеству исходных данных  $\Pi_2(a)$ , характеризующий степень влияния согласованности мнений экспертов на результат вычислений, являющийся функцией влияния от параметра  $W$ :

$$\Pi_2(a) = f(W), \quad (8)$$

где  $W$  – степень согласованности мнений экспертов.

В качестве меры чувствительности к приращениям согласованности мнений экспертов был принят дифференциал:

$$\Delta g_w = \frac{\partial g_j}{\partial W}; \quad (9)$$

– показатель эффективности  $\Pi_3(a)$ , характеризующий качество результатов измерений от численности экспертов  $n$ :

$$\Pi_3(a) = f(n). \quad (10)$$

В качестве меры показателя эффективности было принято изменение весового коэффициента от изменений количества экспертов:

$$\Delta g_n = g_{jn} - g_{j(n-1)}, \quad (11)$$

где  $g_{jn}$  и  $g_{j(n-1)}$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя, полученный при количестве экспертов  $n$  и  $(n-1)$  соответственно;

– показатель сложности  $P_4(a)$ , характеризующий количество типовых операций (арифметических и логических).

Б) алгоритмы уточнения весовых коэффициентов:

– показатель сходимости  $\Pi_1(\alpha)$ , характеризующий скорость достижения заданных значений точности. Мерой сходимости принято количество приближений, при котором весовые коэффициенты стремятся к некоторому постоянному значению с заданной точностью, т.е. при котором выполняется условие:

$$|g_j(\varpi) - g_j(\varpi - 1)| \leq \varepsilon; \quad (12)$$

– показатель устойчивости  $\Pi_2(\alpha)$ , характеризующий степень влияния изменений мнений экспертов на скорость сходимости алгоритма. Показатель устойчивости может быть определен как изменение количества приближений при изменении мнений экспертов:

$$\Delta \varpi = \varpi_1 - \varpi_2, \quad (13)$$

где  $\varpi_1$  и  $\varpi_2$  – количество приближений при первоначальном и повторном проведении экспертизы;

– показатель сложности  $\Pi_3(\alpha)$ .

В) алгоритмы комплексирования:

– показатели устойчивости к изменениям значений каждого из единичных показателей  $\Pi_1(\alpha)$ , характеризующие степень влияния изменения значения единичного показателя на комплексный показатель. За меру показателя устойчивости к изменениям значений единичных показателей на противоположное принято изменение комплексного показателя качества при изменении значений единичных показателей:

$$\Delta \check{Q} = \Delta \check{Q}_1 - \Delta \check{Q}_2, \quad (14)$$

где  $\Delta \check{Q}_1$  и  $\Delta \check{Q}_2$  – комплексный показатель качества при первоначальном проведении и после повторного проведения экспертизы.

– показатель чувствительности  $\Pi_2(\alpha)$  к качеству исходных данных, характеризующий степень влияния согласованности мнений экс-

пертов на комплексный показатель. В качестве меры чувствительности к приращениям согласованности мнений экспертов принят дифференциал комплексного показателя качества:

$$\Pi_2(a) = \frac{\partial \bar{Q}}{\partial W}, \quad (15)$$

где  $\bar{Q}$  – комплексный показатель качества;

– показатель эффективности  $\Pi_3(\alpha)$ , характеризующий влияние изменения количества экспертов на комплексный показатель. В качестве меры эффективности принято изменение комплексного показателя качества от изменения числа экспертов:

$$\Delta \bar{Q}_3 = \Delta \bar{Q}_n - \Delta \bar{Q}_{n-1}, \quad (16)$$

где  $\Delta \bar{Q}_n$  и  $\Delta \bar{Q}_{n-1}$  – комплексный показатель качества при числе экспертов  $n$  и  $(n-1)$  соответственно;

– показатель сложности  $\Pi_4(\alpha)$ , характеризующий вычислительные затраты при однократном использовании алгоритма.

В результате метрологической аттестации алгоритмов определения весовых коэффициентов получены аналитические выражения (табл. 2).

Таблица 2 – Аналитические выражения показателей алгоритмов определения весовых коэффициентов

| Алгоритмы | Показатели                                       |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | $\Pi_{11}(\alpha)$                               | $\Pi_{12}(\alpha)$                                                                                                 | $\Pi_{21}(\alpha)$                                                                                                                                                                                                 |
| 1         | 2                                                | 3                                                                                                                  | 4                                                                                                                                                                                                                  |
| А         | $\frac{\zeta}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}}$ | $\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} - \sum_{i=1}^n G_{ij}}{\left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} \right)^2}$ | $K \cdot \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} - \sum_{i=1}^n G_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^n G_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} \right)}$<br><br>где $K = \frac{24}{n^2 \cdot m^2 \cdot (m+1)}$ . |
| В         | $\frac{2\zeta}{n \cdot (m-1) \cdot m}$           | $\frac{2}{m \cdot (m-1) \cdot n}$                                                                                  | $\frac{2n \cdot m \cdot (m+1)}{3 \cdot (m-1) \left( \sum_{i=1}^n K_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \right)}$                                                                                   |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2                                     | 3                                 | 4                                                                                                                               |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С | $\frac{\zeta}{n \cdot (m-1) \cdot m}$ | $\frac{1}{m \cdot (m-1) \cdot n}$ | $\frac{n \cdot m \cdot (m+1)}{3 \cdot (m-1) \left( \sum_{i=1}^n K_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \right)}$ |

Продолжение табл. 2

| Алгоритмы | Показатели                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | $\Pi_{31}(\alpha)$                                                                                                                                                            | $\Pi_{32}(\alpha)$                                                                                                                                                    |
| 1         | 5                                                                                                                                                                             | 6                                                                                                                                                                     |
| А         | $\left( \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} G_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}} - 1 \right) \cdot g_{j \leftarrow j} + \frac{G_{nj}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}}$ | $\left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} G_{ij}} \right) \cdot g_{jn} - \frac{G_{nj}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} G_{ij}}$ |
| В         | $\frac{1}{(1+n)} \cdot g_j - g_{n,j}$                                                                                                                                         | $g_{n,j} - \frac{1}{n-1} \cdot g_j$                                                                                                                                   |
| С         | $\frac{1}{(1+n)} \cdot g_j - g_{n,j}$                                                                                                                                         | $g_{n,j} - \frac{1}{n-1} \cdot g_j$                                                                                                                                   |

Поскольку количество приближений в явном виде не входит в выражение для определения весовых коэффициентов, то показатели качества алгоритмов уточнения весовых коэффициентов определялись на типовых моделях исходных данных, т.е. имитационным моделированием.

По результатам многократного моделирования выявлено, что наиболее точным является второй способ уточнения весовых коэффициентов, а наименее точным – третий способ, а по сходимости алгоритмы фактически не зависят от изменений мнений экспертов. Наиболее сложен алгоритм уточнения весовых коэффициентов вторым способом, а наименее сложен – первым способом. Поэтому при высокой точности измерения для уточнения весовых коэффициентов целесообразно выбрать второй способ последовательного приближения, а при невысокой точности – первый способ.

По результатам аттестации алгоритмов комплексирования получе-

ны аналитические выражения показателей качества, представленные в таблицах 3-5.

Таблица 3 – Аналитические выражения показателей алгоритмов комплексирования по принципу средних взвешенных

| Алгоритмы | Показатели                                                                                                  |                                                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | $\Pi_{11}(\alpha)$                                                                                          | $\Pi_{21}(\alpha)$                                                                                    |
| 1         | 2                                                                                                           | 3                                                                                                     |
| Н         | $g_j$                                                                                                       | $KQ_j$                                                                                                |
| К         | $\left( \prod_{\substack{\ell=1 \\ \ell \neq j}}^m Q_{\ell}^{g_{\ell}} \right) \cdot g_j \cdot Q_j^{g_j-1}$ | $Q_j \cdot g_j \cdot k \cdot \ln Q_j \cdot \prod_{\substack{\ell=1 \\ \ell \neq j}}^m Q_j^{g_{\ell}}$ |
| К         | $\left( \prod_{\substack{\ell=1 \\ \ell \neq j}}^m Q_{\ell}^{g_{\ell}} \right) \cdot g_j \cdot Q_j^{g_j-1}$ | $Q_j \cdot g_j \cdot k \cdot \ln Q_j \cdot \prod_{\substack{\ell=1 \\ \ell \neq j}}^m Q_j^{g_{\ell}}$ |
| Л         | $\frac{g_j}{Q_j^2 \left( \sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j} \right)^2}$                                           | $-\frac{k \cdot Q_j}{g_j} \left( \sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j} \right)^{-2}$                           |
| М         | $\frac{g_j Q_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^m g_j \cdot Q_j^2}}$                                                       | $\frac{k Q_j^2}{2 \sqrt{g_j \cdot Q_j^2}}$                                                            |

Продолжение табл. 3

| Алгоритмы | Показатели                                                                                                                                                       |                                 |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|           | $\Pi_3(\alpha)$                                                                                                                                                  | $\Pi_4(\alpha)$                 |
| 1         | 4                                                                                                                                                                | 5                               |
| Н         | $\frac{1}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij}} \cdot \sum_{i=1}^n G_{nj} \left( Q_j - \frac{\sum_{i=1}^n G_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} G_{ij}} Q_j \right)$ | м – умножений,<br>м – сложений. |

Продолжение табл. 3

| 1 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5                                                                     |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| К | $\sqrt{\frac{G_{n-1}}{G_n} \left( \sum_{j=1}^m g_j^1 \cdot Q_j^2 \right) + \sum_{j=1}^m \frac{G_{nj}}{G_n} \cdot Q_j^2} - \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j^1 \cdot Q_j^2}$                                                                                                                                                       | m – умножений,<br>m – возведений в<br>степень                         |
| L | $\frac{\frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j^1}{Q_j}} \cdot \left( \sum_{j=1}^m G_{nj} - \left( \sum_{j=1}^m \frac{G_{nj}}{Q_j} \right) \cdot \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j^1}{Q_j}} \right)}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} + \left( \sum_{j=1}^m \frac{G_{nj}}{Q_j} \right) \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j^1}{Q_j}}}$ | (m+1) – делений,<br>m – сложений                                      |
| М | $\left( \prod_{j=1}^m \left( \frac{g_j^1 \cdot p_{n-1}}{p_n} \right) \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m Q_j^{G_{nj}} \right)^{\frac{1}{G_n}} - \prod_{j=1}^m \left( \frac{g_j^1}{Q_j} \right)$                                                                                                                         | (m+1) – возведе-<br>ний в степень; m –<br>сложений, m –<br>умножений. |

Таблица 4 – Аналитические выражения показателей качества алгоритмов комплексирования по трехуровневой шкале

| Возможные случаи изменения мнений экспертов                  | Показатели/алгоритмы  |                       |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                              | $\Pi_{11}(\alpha)/P1$ | $\Pi_{11}(\alpha)/P2$ |
| 1сл. Переход j-го показателя с низкого уровня на высокий     | $-\frac{1}{n}$        | $0,5g_{cj} - g_{Hj}$  |
| 2сл. Переход j-го показателя со среднего уровня на низкий    | $\frac{0,5}{n}$       | $g_{Hj} - 0,5g_{cj}$  |
| 3сл. Переход j-го показателя с высокого уровня на низкий     | $\frac{0,5}{n}$       | $+ g_{cj}$            |
| 4 сл. Переход j-го показателя с высоко-го уровня на средний  | $\frac{1}{n}$         | $g_{Hj}$              |
| 5 сл. Переход j-го показателя с низкого уровня на средний    | $-\frac{0,5}{n}$      | $- g_{Hj}$            |
| 6 сл. Переход j-го показателя со средне-го уровня на высокий | $-\frac{0,5}{n}$      | $- g_{cj}$            |

Таблица 5 – Показатели сложности алгоритмов комплексирования по трехуровневой шкале

| Алгоритмы | Показатель                                             |
|-----------|--------------------------------------------------------|
|           | $\Pi_4(\alpha)$                                        |
| P1        | 2 – вычитания, 1 – умножение, 2 – деления              |
| P2        | $(m_c + m_n)$ – сложений, 1 – умножение, 2 – вычитания |

По результатам аттестации алгоритмов обработки квалитметрической информации выработаны рекомендации по выбору алгоритмов: при высокой точности измерения целесообразнее применять двойное попарное сопоставление, а при невысокой точности измерения и низкой согласованности мнений экспертов – способ ранжирования; при невысоких требованиях к точности измерений комплексирование показателей качества необходимо проводить по среднему арифметическому взвешенному, как наименее сложному; при сомнениях в качестве исходных данных по среднему квадратическому взвешенному и по трехуровневой шкале; при низкой согласованности экспертной комиссии – по среднему геометрическому взвешенному, как наименее чувствительному к изменению согласованности мнений экспертов; при изменении количественного состава экспертной комиссии – по среднему гармоническому взвешенному, который мало чувствителен к изменению состава экспертной комиссии.

По результатам проделанной работы разработана методика измерений экспертными методами, включающая следующие этапы: формирование экспертной комиссии, выбор экспертов по нормируемым квалификационным характеристикам, определение качественного состава экспертной комиссии, выбор наиболее важных показателей качества, выбор алгоритмов обработки результатов экспертиз, определение весовых коэффициентов, экспертная оценка качества продукции, оценка неопределенности измерений, комплексирование показателей качества, оценка качества решений.

**В четвертой главе** приведены организационная и техническая подсистемы метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества продукции.

В главе установлены требования к измерительным лабораториям и порядок их аккредитации на право проведения измерений экспертными

ми методами, порядок аттестации экспертов, порядок формирования экспертной комиссии и их аттестации.

В целях аттестации экспертов из многообразия квалификационных характеристик экспертов выделены типовые квалификационные характеристики, такие как погрешность решений экспертов, самооценка, взаимная оценка, степень надежности, внимательность, и предложены следующие способы нормирования типовых квалификационных характеристик экспертов путем установления:

- предела допускаемого значения квалификационных характеристик экспертов;
- верхнего или нижнего предела допускаемого значения квалификационных характеристик экспертов.

Характеристики погрешности решений эксперта могут быть нормированы путем установления предела  $\Delta_p$  допускаемой погрешности решений и предела  $H_p$  допускаемой вариации решений эксперта. Характеристики экспертов как самооценка, взаимная оценка, степень надежности и сенсорная способность могут быть нормированы путем установления нижнего предела допускаемого значения. Степень надежности эксперта может быть нормирована нижним пределом допускаемых значений, равной выбранной доверительной вероятности  $P$ . Вполне понятно, что сенсорная способность экспертов должна быть выше среднего статистического значения сенсорных способностей потребителей.

В качестве квалификационных характеристик экспертной комиссии приняты следующие: степень согласованности мнений экспертов, качество решений экспертной комиссии, комплексный показатель качества экспертной комиссии, равноточность решений экспертов. Коэффициент конкордации может быть нормирован путем установления минимально допустимого уровня значимости  $\alpha$  или вероятности  $P$ .

Показано, что показателем качества решений экспертной комиссии является вероятность правильного решения экспертной комиссии, и она может быть нормирована нижними границами условных вероятностей правильных решений. Комплексный показатель качества экспертной комиссии может быть нормирован пределами нижней границы комплексного показателя. Равноточность решений экспертов опре-



деляется по критерию Р.А. Фишера и нормируется выбранной вероятностью Р.

В целях создания технической подсистемы МОЭИ сформулированы общие принципы воспроизведения показателей качества (единиц нефизических величин) объектов экспертизы и передачи информации об их качестве (размере) экспертам.

В работе установлены общие требования к техническим средствам, материалам и реактивам, используемым как при проведении экспертиз, так и при подготовке образцов к проведению измерений:

- соответствие применяемых технических средств установленным требованиям;
- соответствие характеристик применяемых материалов и реактивов требованиям нормативных документов на них;
- проверка и калибровка средств измерений, применяемых на стадии подготовки образцов.

Анализ информационных материалов показывает разнообразие требований к условиям проведения органолептической оценки пищевых продуктов, что требует создания общих требований. Показано, что такие влияющие факторы, как относительная влажность воздуха и атмосферное давление, следует нормировать пределами их нормальных областей, что соответствует (45-80) % и (720-780) мм. рт. ст. Что же касается температуры воздуха в помещении, то ее желательно принять равной  $(20 \pm 2)$  °С, как установлено в большинстве источников. Требования к таким влияющим факторам, как освещенность и уровень шума, следует устанавливать в зависимости от вида измеряемого параметра. Требования к помещениям измерительных лабораторий, проводящих контроль качества продукции экспертными методами, не должны отличаться от установленных в стандартах ИСО.

**В пятой главе** приведены результаты апробации основных положений метрологического обеспечения экспертных измерений при контроле качества продукции хлебопекарных предприятий, а также нового вида зернового хлеба. Для этого был проведен комплекс мероприятий, включающий в себя создание нормальных условий проведения органолептических измерений, выбор экспертов по нормируемым квалификационным характеристикам, определение качественного состава экспертной комиссии, выбор алгоритмов обработки результатов экспертиз, оценивание неопределенности органолептических измерений.

Для определения пределов допускаемых значений порога сенсорных способностей экспертов проводились исследования сенсорных способностей потребителей. В качестве вкусовых и ароматобразующих веществ были предложены вещества различных концентраций, имитирующие вкус, запах и аромат хлебобулочных изделий (табл. 6).

Таблица 6 – Вещества, имитирующие вкус, запах и аромат хлебобулочных изделий

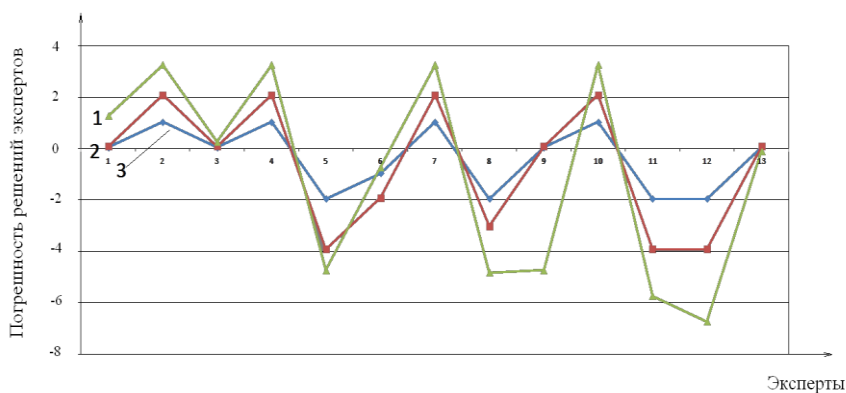
| Вещество                     | Концентрация                 |
|------------------------------|------------------------------|
| Пахучие вещества, мл/100 мл  |                              |
| Спирт                        | 0,20; 0,40; 0,80; 1,00       |
| Уксусная кислота             | 0,20; 0,40; 0,80; 1,20; 1,00 |
| Вкусовые вещества, мг/100 мг |                              |
| Лимон                        | 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 |
| Соль                         | 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 |
| Сахар                        | 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50 |
| Дрожжи                       | 0,10; 0,30; 0,50; 0,70; 0,90 |

По результатам исследования сенсорных способностей потребителей выявлено, что средний статистический порог распознавания запахов, характерных для хлебобулочных изделий, составляет: для спирта – 4,50 мл/100 мл; уксусной кислоты – 0,14 мл/100 мл.

Средний статистический порог восприятия вкуса составляет: для соленого – 0,25 мг/100 мл; сладкого – 0,40 мг/100 мл; кислого – 0,20 мг/100 мл; дрожжевого – 0,70 мг/100 мл.

Предел допускаемой погрешности решений эксперта был установлен путем исследования распределения решений экспертов, полученного в ходе тестирования, где предлагалось определить весовые коэффициенты показателей качества хлебобулочных изделий.

В качестве эталона ответа принят средний арифметический ранг, проставленный j-му показателю качества. Распределение погрешностей решений экспертов позволяет выдвинуть гипотезу о равномерном законе распределения вероятности (рис.2).



Погрешности определения весовых коэффициентов цвета корки:  
1 – сдобных изделий; 2 – хлеба подового, булочных и национальных булочных изделий; 3 – хлеба формового

Рисунок 2 – Распределение погрешностей решений экспертов при определении весовых коэффициентов цвета корки хлебобулочных изделий

В качестве предела  $\Delta_p$  допускаемой погрешности решений эксперта была принята ширина доверительного интервала  $\varepsilon = 3,99$ .

В целях определения порога обонятельной и вкусовой чувствительности экспертов проводилось их тестирование. В ходе тестирования использовались те же вещества, которые применялись для определения сенсорных способностей потребителей, образующие запахи и вкусы, характерные для хлебобулочных изделий (табл. 7).

По результатам тестирования экспертов были отобраны эксперты под номерами 5, 15, 17, 18, 19, 20, 22.

На последнем этапе формирования экспертной комиссии их качественный состав определяли тремя методами путем определения: коэффициента согласованности мнений эксперта; вероятности правильного решения экспертной комиссии; комплексного показателя качества экспертной комиссии.

Коэффициент согласованности мнений экспертов составил  $W = 0,6$ ; вероятность правильного решения –  $0,83$ ; комплексный показатель качества, вычисленный по таким квалификационным характеристикам, как сенсорная способность, погрешность решений, –  $0,43$ ,

что являются хоть и низкими, но достаточными по критерию Пирсона при уровне значимости  $\alpha = 0,5$  и числе степеней свободы  $p=8$  и по шкале Харрингтона.

Таблица 7 – Пороги обонятельной и вкусовой чувствительности экспертов, мл/100 мл

| Запах/вкус                                               | Эксперты |             |             |     |             |             |             |             |
|----------------------------------------------------------|----------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                          | 5        | 12          | 13          | ... | 19          | 20          | 21          | 22          |
| Порог обонятельной чувствительности экспертов, мл/100 мл |          |             |             |     |             |             |             |             |
| спирта                                                   | 2,00     | 2,00        | -           |     | 1,00        | 3,00        | 1,00        | 1,00        |
| уксусной кислоты                                         | 0,12     | -           | <b>0,14</b> |     | 0,07        | 0,05        | 0,07        | 0,05        |
| Порог вкусовой чувствительности экспертов, г/100 мл      |          |             |             |     |             |             |             |             |
| Лимонная кислота                                         | 0,05     | <b>0,20</b> | 0,05        |     | 0,10        | 0,10        | 0,05        | 0,05        |
| Соль                                                     | 0,15     | 0,15        | <b>0,30</b> |     | 0,15        | <b>0,25</b> | <b>0,25</b> | <b>0,25</b> |
| Сахар                                                    | 0,20     | <b>0,50</b> | <b>0,40</b> |     | <b>0,40</b> | 0,20        | <b>0,40</b> | <b>0,40</b> |
| Дрожжи                                                   | 0,10     | 0,10        | 0,10        |     | 0,30        | 0,30        | 0,10        | 0,10        |

Выбор алгоритмов обработки результатов экспертиз осуществлялся исходя из качественного состава экспертной комиссии, коэффициент конкордации которого равен 0,6, что говорит о невысокой, но достаточной согласованности мнений экспертной комиссии.

По результатам аттестации алгоритмов обработки квалитетической информации выбраны следующие алгоритмы: для определения весовых коэффициентов – способ ранжирования, для определения комплексных показателей качества – метод комплексирования по среднему квадратическому взвешенному.

С целью выявления потребительского спроса на хлебобулочные изделия разных производителей был проведен социологический опрос потребителей. Выборка составила 2700 человек.

В ходе опроса также выявлено, что из 48 предприятий, производящих хлебобулочные изделия в г. Улан-Удэ, наибольшим спросом пользуются изделия 8 производителей (рис. 3), а наиболее часто покупаемым изделием является хлеб пшеничный формовой 1-го сорта.

Весовые коэффициенты показателей качества хлебобулочных изделий определялись экспертной комиссией и составили для хлеба формового и булочки «Дорожная»: форма и цвет корки – 0,13 и 0,14;

поверхность – 0,12 и 0,13; состояние мякиша – 0,15 и 0,14; пористость 0,15 и 0,14; аромат – 0,16 и 0,16; вкус – 0,16 и 0,15 соответственно.

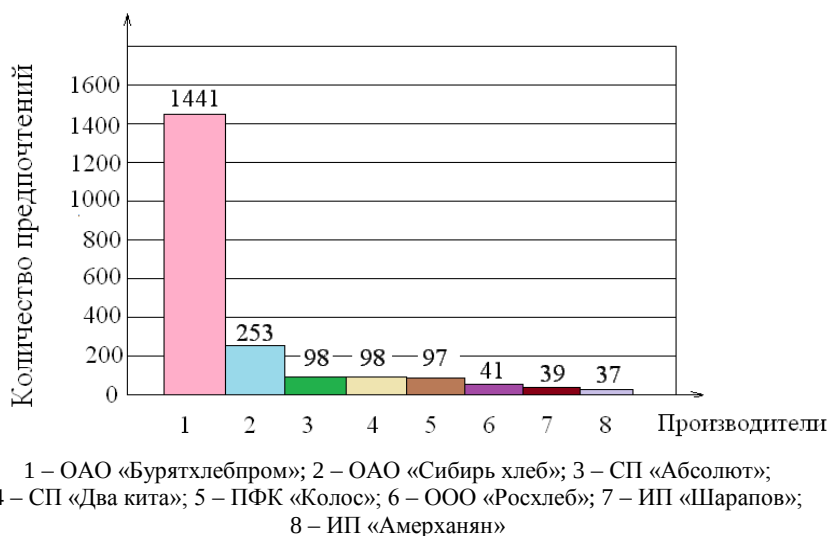


Рисунок 3 – Диаграмма потребительского спроса на хлебобулочные изделия

Условия проведения экспертизы соответствовали требованиям, установленным в СТО 02069473.001–2007.

Дегустация хлебобулочных изделий выбранных ранее восьми производителей проводилась по 7-балльной системе оценок.

В целях комплексирования показателей качества произведено функциональное преобразование шкалы, на основании этого получены результаты измерения в относительных единицах и произведено комплексирование по среднему квадратическому взвешенному (табл. 8).

По результатам комплексирования относительных показателей качества получаем ранжированные ряды вида:

$$Q_4 > Q_6 > Q_3 > Q_7 > Q_5 > Q_2 > Q_1 > Q_8; \quad Q_3 > Q_1 > Q_4 > Q_2.$$

Для обеспечения достоверности принятого решения оценены неопределенность измерения и качество принятия решений. Стандартные неопределенности контроля качества органолептических показателей хлебобулочных изделий составили от 0 до 1,07.

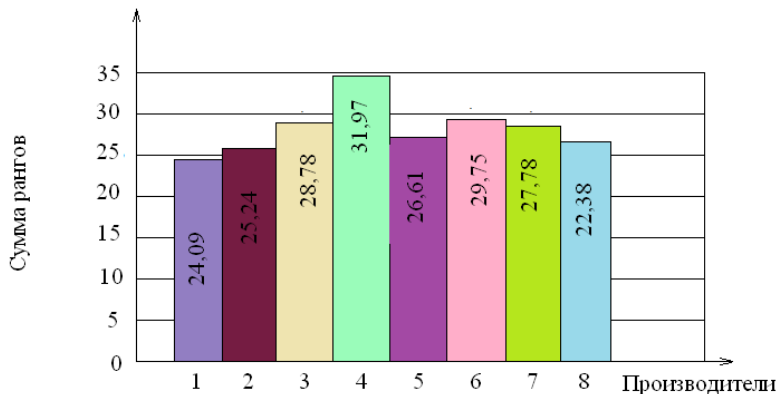
Таблица 8 – Значения комплексных показателей качества хлебобулочных изделий разных производителей.

| Комплексные показатели | Производители |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Хлеб пшеничный         | 60,3          | 63,2 | 72,3 | 80,2 | 66,8 | 74,6 | 69,7 | 56,2 |
| Место                  | 7             | 6    | 3    | 1    | 5    | 2    | 4    | 8    |
| Булочка «Дорожная»     | 80,1          | 66,2 | 83,5 | 73,8 | -    | -    | -    | -    |
| Место                  | 2             | 4    | 1    | 3    | -    | -    | -    | -    |

Проверка правильности составления ранжированных рядов по общему критерию эквивалентности в сочетании с критерием серий показывает, что объекты экспертизы по качеству различаются.

Диаграммы качества хлебобулочных изделий разных производителей, реализуемых на рынке г. Улан-Удэ, представлены на рисунках 4,5.

Результаты работы дегустационной комиссии показывают, что в качестве эталона качества на рынке г. Улан-Удэ на сегодня можно принять хлеб пшеничный 1-го сорта производства Бурятхлебпром и булочка «Дорожная» производства ПФК «Колос».



1 – СП «Абсолют»; 2 – ОАО «Сибирь хлеб»; 3 – ПФК «Колос»;  
 4 – ОАО «Бурятхлебпром»; 5 – ООО «Росхлеб»; 6 – СП «Два кита»;  
 7 – ИП «Шарапов»; 8 – ИП «Амерхания»

Рисунок 4 – Диаграмма качества хлеба пшеничного 1-го сорта разных производителей

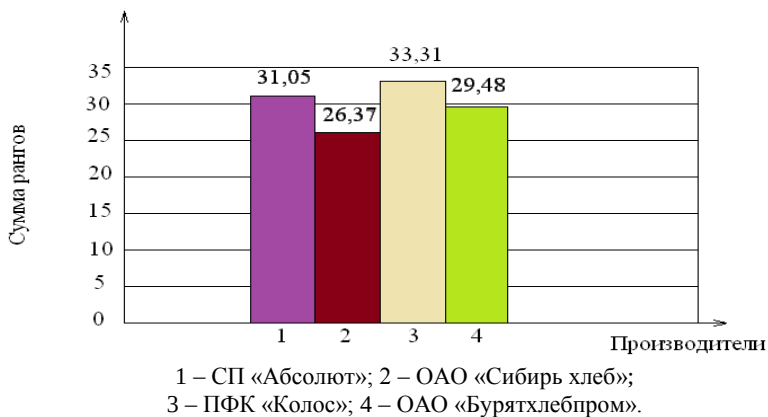


Рисунок 5 – Диаграмма качества булочки «Дорожная» разных производителей

В главе также приведены результаты метрологического обеспечения экспертных измерений при исследовании нового вида зернового хлеба, выработанного по усовершенствованной технологии производства зернового хлеба путем увлажнения зерна молочной сывороткой на этапе диспергирования.

В качестве объектов исследования использовались образцы зернового хлеба, выработанного из зерна, увлажненного водой, и зерна, увлажненного молочной сывороткой.

При исследовании качественных показателей и показателей безопасности нового вида зернового хлеба в качестве контрольного образца принят зерновой хлеб, выработанный из зерна, увлажненного водой.

Комплексирование показателей качества проводилось по выбранному нами ранее среднему квадратическому взвешенному, в ходе которого результаты измерений переведены в относительные единицы.

При переводе в относительные единицы в качестве базовых приняты: значения физико-химических показателей качества, приведенные в ГОСТ 28808–90; предельно допустимые значения микробиологических показателей, приведенные в СанПиН 2.3.2.1078–01; значения структурно-механических показателей качества контрольного образца; значения органолептических показателей качества, равные 5 баллам.

Комплексные показатели качества зернового хлеба контрольного и опытного образцов по органолептическим показателям качества соответственно составили:  $\hat{Q}_1 = 0,92$ ;  $\hat{Q}_2 = 0,98$ , по совокупности физико-химических, структурно-механических, микробиологических и органолептических показателей качества –  $\hat{Q}_1 = 0,84$ ;  $\hat{Q}_2 = 0,86$ .

Следовательно, можно предположить, что качество опытного образца лучше. Для проверки качество решений вычислены стандартные отклонения (СКО) результатов комплексирования и значимость различия между комплексными показателями качества при допущении, что единичные показатели качества независимы (табл. 3).

Таблица 3 – Значения стандартных отклонений результатов комплексирования и значимость различия между результатами

| Комплексирование                     | СКО                        |                        | Значимость различия |                      |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
|                                      | контрольного образца $S_1$ | опытного образца $S_2$ | $\Psi$              | $\Psi_0$             |
| По органолептическим показателям     | 0,1446                     | 0,5934                 | 4,11                | 2,98<br>при $P=0,9$  |
| По совокупности показателей качества | 0,2342                     | 0,0567                 | 4,13                | 2,46<br>при $P=0,95$ |

Значимость различия между комплексными показателями качества проверена по критерию Фишера. При выбранных вероятностях и числах степеней свободы  $\nu_1 = \nu_2 = 6$  и  $\nu_1 = \nu_2 = 14$  критические значения критерия Фишера меньше, чем вычисленные.

Следовательно, гипотезы о том, что качество опытного образца лучше, чем контрольного, подтверждается с вероятностью соответственно 0,9 и 0,95.

Результаты апробации основных положений МОЭИ при контроле органолептических показателей качества хлебобулочных изделий хлебопекарных предприятий г. Улан-Удэ показывают возможность их адекватного использования при контроле качества органолептических показателей продукции пищевой промышленности.

**В приложении** приведены акты внедрения.



## **Основные выводы и результаты теоретических и экспериментальных исследований**

1. Предложена система метрологического обеспечения экспертных измерений, включающая теоретические положения, нормативную, организационную и технические подсистемы, обеспечивающие повышение качества результатов экспертных измерений, в частности дающая возможность оценить достоверность результатов экспертных измерений.

2. Предложены способы определения качества решений, позволяющие установить показатели качества решений по шкалам порядка, интервалов и отношений. На шкале порядка показателями качества решений являются априорные вероятности правильного и ошибочного решения эксперта; вероятность правильного решения эксперта и экспертной комиссии; вероятность правильного составления ранжированного ряда экспертом и экспертной комиссией; выбранная вероятность; на шкале отношений – выбранный уровень доверия.

Предложены способ исключения нетранзитивных подмножеств из результатов экспертных измерений, позволяющий исключить влияние различных факторов на результаты экспертных измерений, и способы перевода единиц величин в относительные при комплексировании показателей качества путем функционального преобразования шкал.

3. Установлены вероятностные показатели качества экспертных измерений, позволяющие оценить качество решений, принятых по результатам экспертных измерений, и сопоставить результаты измерений, полученные в шкале порядка.

4. Выработаны рекомендации по выбору алгоритмов обработки квалиметрической информации для конкретной измерительной задачи в зависимости от качества исходных данных, сложности алгоритма и требуемой точности измерений.

5. Установлены такие типовые нормируемые квалификационные характеристики экспертов, как погрешность решений эксперта, самооценка, взаимная оценка, степень надежности, сенсорная способность, и экспертной комиссии: коэффициент конкордации, показатели качества решений, равноточность отсчетов, даваемых экспертами, комплексный показатель.

6. Установлены способы нормирования типовых квалификационных характеристик экспертов и экспертной комиссии путем установления нижнего предела и пределов допускаемых значений путем установления минимально допустимого уровня значимости  $\alpha$  или вероятности  $P$ .

7. Исследованы психофизиологические способности потребителей и определены их средние статистические значения, которые установлены в качестве пороговых значений сенсорных способностей экспертов: порог восприятия вкуса: для соленого – 0,25 мг/100 мл; сладкого – 0,40 мг/100 мл; кислого – 0,20 мг/100 мл; дрожжевого – 0,70 мг/100 мл; порог распознавания запахов: для спирта – 4,50 мл/100 мл; уксусной кислоты – 0,14 мл/100 мл.

8. Проведена апробация основных положений метрологического обеспечения экспертных измерений при контроле органолептических показателей качества хлебобулочных изделий восьми наиболее предпочитаемых производителей хлебобулочных изделий, реализующих свою продукцию на рынке г. Улан-Удэ и Республики Бурятия и нового вида зернового хлеба. Апробация основных положений МОЭИ при исследовании качества традиционных хлебобулочных изделий и нового вида зернового хлеба показывает, что система МОЭИ позволяет принимать обоснованные решения с выбранной вероятностью.

Таким образом, выполнено комплексное исследование, позволившее разработать методологические основы и практические рекомендации метрологического обеспечения экспертных измерений для контроля качества пищевых продуктов на примере хлебобулочных изделий, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение.

## **ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Монографии и учебные пособия**

1. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. – 172 с.

2. Хамханова Д.Н. Нормативные основы обеспечения единства экспертных измерений: монография. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – 212 с.

3. Хамханова Д.Н. Основы квалитметрии: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 144 с.

4. Хамханова Д.Н. Прикладная метрология: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 159 с.

5. Хамханова Д.Н. Общая теория измерений: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 167 с.

6. Хамханова Д.Н., Сыремпилова С.Г. Практикум по метрологии: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. – 231 с.

7. Барнакова Н.К., Хамханова Д.Н., Олефирова А.П. Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – 420 с.

**Статьи в ведущих рецензируемых журналах, выпускаемых в Российской Федерации, которые рекомендованы ВАК для опубликования основных научных результатов**

1. Хамханова Д. Н., Васильева Л., Василевская М. На принципах квалитметрии // Стандарты и качество. – 2003. – №7. – С. 43.

2. Хамханова Д.Н., Сундарон Э.М. СМК в учебном заведении // Стандарты и качество. – 2005. – № 9. – С. 86-88.

3. Хамханова Д.Н. Оценивание неопределенности органолептических измерений качества хлебобулочных изделий по типу А // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – Вып. 3. – С. 306-308.

4. Хамханова Д.Н. Повышение достоверности определения органолептических показателей хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. – 2008 – № 8. – С.56-57.

5. Хамханова Д.Н., Аюшева О.Г. Органолептический анализ показателей качества крупяных изделий. Требования к экспертам и экспертной комиссии // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – №4. – С. 59-61.

6. Хамханова Д.Н., Цыбикова Г.Ц. Оценивание неопределенности органолептических измерений качества воды по типу В // Вестн. КрасГАУ.– 2008. – Вып. 4. – С. 271-274.

7. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Об обеспечении единства органолептических измерений // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – №8. – С.39-42.

8. Шишкин И.Ф., Цыбикова Г.Ц., Хамханова Д.Н. Контроль качества хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. – 2008. – № 6. – С.41-43.

9. Шишкин И.Ф., Цыбикова Г.Ц., Хамханова Д.Н. Подготовка и аттестация экспертов (испытателей) // Пищевая промышленность. – 2008. – № 5. – С.16.

10. Хамханова Д.Н., Цыбикова Г.Ц., Митыпова Н.В. и др. Сенсорный контроль качества хлебобулочных изделий // Пищевая промышленность. – 2010. – № 8. – С. 40-42.

11. Хамханова Д.Н., Цыбикова Г.Ц., Инешина Е.Г. Совершенствование технологии производства хлеба из цельнозернового зерна // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – №4 – С. 64-67.

12. Шарапова С.М., Хамханова Д.Н. Задачи и методы исключения нетранзитивных подмножеств из результатов экспертных измерений в пищевой промышленности // Вестн. ВСГТУ. – 2011. – № 1(32). – С. 51-55.

13. Цыбикова Г.Ц., Хамханова Д.Н., Жамбалова Е.А. Электронная микроскопия для анализа влияния способа производства на микроструктуру мучных изделий // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2011. – Т. 77, № 11. – С. 42-44.

14. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Контроль. Качество однократного решения // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 11. – С. 41-43.

15. Савин К.Н., Хамханова Д.Н., Шарапова С.М. Контроль. Качество решений по результатам комплексирования показателей качества // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (4), – С. 981-984.

16. Савин К.Н., Хамханова Д.Н. Аттестация алгоритмов обработки весовых коэффициентов показателей качества // Электронный научный журнал ISSN 1817-6321 «Современные проблемы науки и образования». – 2012. – № 6 – 7 с.

17. Цыбикова Г.Ц., Инешина Е.Г., Хамханова Д.Н. Патент на изобретение «Способ производства пшеничного зернового хлеба» № 2452183, приоритет от 12.01.2011 г.

#### **Статьи в отечественных журналах**

1. Хамханова Д.Н. Перспективы совершенствования нормативной базы экспертных измерений // Методы оценки соответствия. – 2007. – №8. – С.22-23.

2. Хамханова Д.Н. Правовая основа применения экспертных методов измерений // Мир измерений. – 2009. – № 9. – С. 17-20.

3. Хамханова Д.Н., Цыбикова Г.Ц., Шарапова С.М. Обеспечение единства органолептических измерений качества зернового хлеба // Изв. КГТУ. Сер.: Технические науки. – 2012. – № 25. – С.

4. Хамханова Д.Н. Задачи выделения существенных показателей качества при экспертных измерениях // Вестн. ВСГТУ. – 2005. – № 3. – С. 11-17.

### **Статьи в сборниках трудов институтов и университетов**

1. Хамханова Д.Н. Задачи и методы аттестации алгоритмов обработки результатов экспертиз: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых производств. Вып. 7. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2000. – С.275-278.

2. Хамханова Д.Н. Сравнительный анализ алгоритмов обработки экспериментальных данных: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых производств. Вып. 7. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2000. – С. 279-283.

3. Хамханова Д.Н., Юмсунова А.В. Исследование показателей чувствительности к изменениям согласованности мнений экспертов алгоритмов обработки результатов экспертиз: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых производств. Вып. 8. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2001. – С. 25-31.

4. Хамханова Д.Н., Алдарова А.А. Исследование показателей эффективности алгоритмов обработки результатов экспертиз: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых производств. Вып. 8. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2001. – С. 100-104.

5. Хамханова Д.Н. Применение методов квалиметрии для оценки качества пищевых продуктов: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых производств. Вып. 9. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – С.150-152.

6. Хамханова Д.Н., Юмсунова А.В. Качество экспертной комиссии: сб. науч. тр. Сер.: Технология, биотехнология и оборудование пищевых и кормовых продуктов. Вып. 10. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – С. 63-66.

7. Хамханова Д.Н., Хамханов К.М.. Применение методов отсеивающих экспериментов для оценки качества пищевых продуктов: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых и кормовых продуктов. Вып. 12. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – С. 131-141.

8. Хамханова Д.Н., Шарапова С.М. Задачи и методы формирования шкалы порядка: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 13. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. – С.111-117.

9. Хамханова Д.Н. Методы экспертных измерений и критерии принятия решений: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 13. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. – С.118-127.

10. Хамханова Д.Н. Об обеспечении единства измерений по шкале порядка: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 14. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. – 2007. – С.79-84.

11. Шарапова С.М., Хамханова Д.Н. Нетранзитивные включения в результатах экспертных измерений: сб. науч. тр. Сер. Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 14. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. – С. 72-79.

12. Хамханова Д.Н., Батуева А.Ф., Ямпилова Р-Х. А., и др. Исследование порога обоняния потребителей в пищевой промышленности: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 15. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – С. 124-129.

13. Хамханова Д.Н., Митыпова Н.В., Базыкина А.А., и др. Исследование вкусовой чувствительности потребителей Республики Бурятия: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 15. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – С. 129-132.

14. Хамханова Д.Н., Митыпова Н.В., Манзаева С.С-Д, и др. Исследование сенсорной способности экспертов, осуществляющих контроль качества хлебобулочных изделий: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология и технология пищевых продуктов. Вып. 16. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. – С. 169-172.

15. Хамханова Д.Н., Шарапова С.М., Хулугурова О.А. Исключение нетранзитивности методом шкалирования в результатах многократных измерений: сб. науч. тр. Сер.: Биотехнология. Технология пищевых производств. Вып. 16. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009 С. 169-173.

16. Хамханова Д.Н., Шарапова С.М., Доржиева В.В. Исследование психофизиологических способностей потребителей: сб. науч. тр. ВСГТУ. Сер.: Обеспечение и контроль качества продукции и услуг. Вып.1. – Улан-Удэ, 2011. - С. 52-54.

17. Хамханова Д.Н., Шарапова С.М. Сравнительный анализ алгоритмов обработки результатов экспертных измерений: сб. науч. тр. ВСГТУ. Сер.: Обеспечение и контроль качества продукции и услуг. Вып.1. – Улан-Удэ, 2011. – С. 90-94.

18. Шарапова С.М., Доржиева А.А., Раднаева Д.П. Оценка весовых коэффициентов качества хлебобулочных изделий экспертными методами: сб. науч. тр. ВСГТУ. Сер.: Обеспечение и контроль качества продукции и услуг. Вып.1. – Улан-Удэ, 2011. – С. 95-98.

### **Материалы научно-технических конференций и семинаров**

1. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Аттестация алгоритмов обработки результатов экспертиз. Основные направления работ // Докл. юбилейной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и сотрудников института. Радиотехника. Метрология. – СПб.: Изд-во СЗПИ, 2000. – С.121-126.

2. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Об аттестации алгоритмов обработки результатов экспертиз: материалы регион. науч.-практ. конф. «Техника и технология обработки и переработки пищевых продуктов XXI века». – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2000. – С.181-184.

3. Хамханова Д.Н., Сундарон Э.М. Методы определения весовых коэффициентов показателей качества пищевых продуктов: сб. тез. докл. междунар. науч. конф. «Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию», 19-22 сент. 2000 г. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2000. – С.350-351.

4. Сундарон Э.М., Хамханова Д.Н. Прикладные проблемы конкурентоспособности продукции АПК в условиях рыночной экономики: сб. тез. докл. междунар. науч. конф. «Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию», 19-22 сент. 2000 г. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2000. – С.455-456.

5. Хамханова Д.Н., Жаргалов Б.С. Применение методики определения качества промышленной продукции при проведении конкурса «10 лучших товаров Бурятии»: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию высшего образования РБ, кафедры педагогики Бурятского госуниверситета и 60-летию Сибирского отделения РАО «Высшее профессиональное образование Сибири как гарант устойчивого развития региона», 19-20 сент. 2002 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2002. – С.91-93.

6. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Об аттестации экспертов // Докл. юбилейной науч.-технич. конф.– СПб.: Изд-во СЗГТУ, 2006. – Т.1. – С. 45-47.
7. Хамханова Д.Н. Применение ранговых критериев при обработке квалиметрической информации: материалы всерос. науч.-практ. конф. «Современные технологии качества образования». – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – С 401-402.
8. Шарапова С.М., Хамханова Д.Н. Обработка результатов экспертных измерений методом накопления: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Качество образования: системы, технологии, инновации». – Барнаул: Изд-во АлтГАУ, 2007. – С. 398-399.
9. Балдынова Ф.П., Балдаев Н.С., Хамханова Д.Н. Оценивание неопределенности измерения в физико-химическом анализе: материалы междунар. науч. конф. «Непрерывное образование: методология, концепции, модели», 2007 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2007. – С.107-111.
10. Аржитова И.Н., Хамханова Д.Н., Жаргалов Б.С. Задачи нормативного обеспечения экспертных измерений образовательных услуг // Тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технология», 26-30 марта 2007 г. – Томск, 2007. – Т.3. – С. 178–180.
11. Махова Ю.Ж., Хамханова Д.Н. Об организации и порядке проведения экспертных измерений качества образовательных услуг // Тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технология», 26-30 марта 2007 г. – Томск, 2007. – Т.3. – С. 178–180.
12. Хамханова Д.Н. Исследование конкурентоспособности хлеба пшеничного первого сорта разных производителей, реализуемых на рынке г. Улан-Удэ: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Качество как условие повышение конкурентоспособности и путь к устойчивому развитию». – Улан-Удэ, 2009. – С. 151-153.
13. Шишкин И.Ф., Хамханова Д.Н. Метрологическое обеспечение экспертных измерений: тез. докл. междунар. науч.-практич. конф. Измерения: состояние, перспективы развития. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – Т. 1. – С. 266 - 267.



**Метрологическое обеспечение экспертных измерений  
для контроля качества продукции пищевой промышленности  
(на примере хлебобулочных изделий)**

Подписано в печать 8.11.2012 г. Формат 60х84 1/16.  
Усл. печ. л. 2,32. Тираж 100 экз. Заказ 293.

Изд-во ВСГУТУ, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40 в.