

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЧЕЛИНОГО МЕДА НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА ХАССП

О.В. Морозова

*В статье рассматривается формальная методика и модели количественной оценки и прогнозирования рисков в системе управления качеством пищевых продуктов на принципах ХАССП. Актуальность исследования определяется жесткими требованиями, предъявляемыми предприятиями экспортирующими продукцию пчеловодства зарубежному потребителю. Цель работы состоит в повышении качества процесса контроля пищевых продуктов, и в частности, пчелиного меда. Объектом исследования является процесс управления качеством и безопасностью пищевых продуктов. Предмет исследования состоит в разработке структурно-концептуальной модели прогнозирования рисков в жизненном цикле пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. В качестве методов исследования использованы: вероятностное моделирование, математическая статистика, компьютерный эксперимент, программные пакеты для статистической обработки результатов эксперимента. В результате анализа технологического цикла производства меда сформирована факторная модель рисков снижения качества меда, выявлены критические контрольные точки для измерения и оценки ошибок и достоверности контроля, разработаны вероятностные модели количественной оценки и прогнозирования рисков в процессе контроля в критических точках и суммарная достоверность контроля, реализован компьютерный эксперимент и построены номограммы расчета рисков производителя и потребителя.*

*Ключевые слова: мед, модель, вероятность, риск, риск производителя, риск потребителя, качество, контрольная точка, нормативы, неопределенность, стандарт ХАССП.*

**Актуальность.** Качество в рыночной экономике является важнейшим показателем, обеспечивающим конкурентные преимущества товару, но и в некоторых странах является ключевым фактором государственной политики [8,9,10]. Система управления качеством пищевых продуктов поддерживается государственными и международными стандартами. Например, в РФ используется стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» и некоторые другие [1,2]. Стандарты в современной системе менеджмента качества являются частью его метрологического, организационно-методического и информационного обеспечения [11,12]. Данная статья рассматривает применение ХАССП в оценке качества меда. Главным центром производства меда в республике Казахстан является Восточный Казахстан, который издавна считался благоприятным для развития пчеловодства. В конце XX века в Восточно-Казахстанской области было более 60% пчелиных семей от всего числа пасек Казахстана и производилось до 70% товарного меда, в основном, на экспорт. Основными рынками экспорта являются Россия, страны ближнего

зарубежья и Китай. Программой Инновационного развития Восточно-Казахстанской области (ВКО) планируется экспортировать в Китай более одной тысячи тонн меда в этом году. При этом китайскими партнерами предъявляются жесткие требования к системе контроля качества продукта в которой должны быть заложены принципы ХАССП, позволяющие не только выявлять, но и прогнозировать риски на всей производственной траектории.

**Цель работы** состоит в повышении эффективности системы контроля качества пищевых продуктов.

**Задачи:** - обоснование и адаптация принципов ХАССП в системе управления качеством пчелиного меда;

- разработка формальной модели оценки и прогнозирования рисков в системе контроля качества пчелиного меда на основе принципов ХАССП.

**Объектом** исследования является процесс управления качеством и безопасностью пчелиного меда.

**Предмет** исследования состоит в разработке формальной модели количественной оценки рисков в процессе производства пчелиного меда на основе принципов ХАССП.

**Научная новизна** состоит в разработке математической модели количественной оценки и прогнозирования рисков производителя и потребителя в системе менеджмента качества производства пчелиного меда на базе принципов ХАССП.

**Практическая значимость** состоит в разработке методики управления рисками в системе контроля качества пищевых продуктов.

**Результаты и обсуждение.** В общем случае в контуре управления сложной системой в обязательном порядке присутствует процесс (функция) «КОНТРОЛЬ», процедура принятия решения и корректирующего звена обратной связи, которые могут рассматриваться, как самостоятельные агенты [3,4]. Если нет контроля и процедуры корректирования производственного процесса, то теряется смысл и необходимость в самой системе управления.

Многоагентный подход обоснован тем, что каждая структурно-функциональная составляющая (агент) контура управления представляет собой технологически самостоятельный подпроцесс, имеющий автономное математическое описание. Подобную модель принято называть – кибернетической [3]. Данная модель может использоваться в технических, экономических, социальных и других сферах деятельности. Особенно актуальной в настоящее время является проблема контроля и управления качеством, которая существует в сфере производства продуктов питания. В этой связи была разработана система НАССР («Система НАССР, которая была введена в обязательном порядке для предприятий пищевой отрасли с 1 февраля 2015 года, гарантирующая обеспечение качественными и безопасными продуктами питания») [1,2]. Системы НАССР опирается на 7 основных принципов, «являющихся фундаментом для разработки системы контроля за качеством и безопасностью продукции».

**Принцип 1. Анализ рисков.** Риски в системе контроля качества пищевых продуктов бывают двух типов: риск производителя и риск потребителя [4]. Суть «принципа 1» заключается в проведении анализа опасных факторов в отношении каждого технологического акта с целью выявления и анализа всей совокупности рисков и разработке мер их понижения или полного устранения.

**Принцип 2. Критические контрольные точки (ККТ).** В основе «Принципа 2» лежит декомпозиция процесса контроля на множество «критических контрольных точек (ККТ) в каждой фазе технологического процесса» [2].

В системе контроля качества меда в основном используются два метода: органолептический и инструментальный методы. Органолептические методы опираются на субъективные ощущения. При органолептической идентификации качества мёда определяют внешний вид и консистенцию мёда, его цвет, аромат, вкус, наличие механических примесей и признаков брожения.

Инструментальные методы (приборные) используются, для количественного измерения контролируемого показателя качества. Данные методы более достоверны и технологичны.

Согласно действующему стандарту, качество меда должно отвечать ряду требований, таких как, содержание воды не более 21,0%, содержание восстанавливающих Сахаров не менее 79% и т.д. Механических примесей (пчелы и части их тела, личинки; кусочки воска, перги, соломы, дерева; частицы минеральных веществ, металла и т. п.) не должно быть [6].

**Принцип 3. Установление критических пределов для ККТ.** Контролируемые показатели качества, согласно технологическим требованиям, не должны выходить за некоторые допустимые нормативы - критические пределы (КП), которые нормируются стандартами, либо определяются специальными методиками.

**Принцип 4. Контроль.** После обоснования перечня критических контрольных точек и КП разрабатывается план экспериментальных исследований с целью: выбора инструментальных средств и методики измерений, обоснования объема статистических выборок, обработка статистической информации и выявление законов распределения физических параметров ККТ. Затем разрабатывается режим и алгоритм контроля, желательного в форме мониторинга. Обосновывается математический аппарат моделирования с целью оценки рисков: статистическое моделирование, имитационное моделирование, теория нечетких множеств, функциональное моделирование, экспертные оценки [5].

Контроль - это последовательность процедур: измерения, сравнения измеренного значения с КП и принятие решения по принципу- «контролируемый объект годен», «контролируемый объект негоден». В момент принятия решения возникают ошибки двух типов: ложный и необнаруженный брак. Количественно эти ошибки оцениваются соответствующими вероятностями:  $P_{лб}$  – вероятность ложного брака и  $P_{нб}$  - вероятность необнаруженного брака [3]. Эти вероятности

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЧЕЛИНОГО МЕДА НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА ХАССП

имеют смысл рисков - «потребителя» и «производителя» соответственно.

Так как контрольные точки на траектории ЖЦ продукта во времени представляют некоторую последовательность операций, то конечный результат (качество) контроля представляет собой сложную композицию, которую можно и необходимо описать формально в математической или алгоритмической (имитационной) форме. Этот процесс, как по интеллектуальному содержанию, так и по трудоемкости представляется наиболее сложным в системе управления качеством. Таким образом, возникает задача разработки математической модели для количественного оценивания указанных рисков в функции статистических характеристик всех агентов процесса управления и контроля. Для случаев недетерминированных пределов, законов нормального распределения погрешности измерения и контролируемого параметра в работах [3.4] предлагаются следующие вероятностные модели:

$$P_{лб} = \sum_{i=1}^n \int_{S_i}^{S_{i+1}} \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S-Scp)^2}{2\sigma_s^2}} dS \cdot \int_{S_B-S_i}^{+\infty} \frac{1}{\sigma_\phi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_\phi^2}} dy$$

$$P_{нб} = \sum_{i=1}^n \int_{S_i}^{S_{i+1}} \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S-Scp)^2}{2\sigma_s^2}} dS \cdot \int_{S_i-S_B}^{+\infty} \frac{1}{\sigma_\phi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_\phi^2}} dy$$

В большинстве исследований предполагается, что результаты контроля однозначно или в большей степени зависят от погрешности средств измерения. Однако, автором теоретически и экспериментально было установлено, что вероятный уровень рисков не определяется однозначно величиной погрешности измерения. Количественно значения  $P_{лб}$ ,  $P_{нб}$  в значительно большей степени зависят от отношения величины погрешности к величине критического предела, и формы законов статистического распределения контролируемого параметра, погрешности и КП.

Исследуя гипотезу о вероятностной природе нормативов, автором в результате компьютерного моделирования были получены результаты, представленные в графической форме на рисунках ниже.

На рисунках 1,2 верхняя кривая демонстрирует зависимость величины риска для среднего значения КП ( $Y_{ср\text{кп}}$ ) равного  $Y_{ср\text{кп}} = S_{ср} + 3\sigma_s$ , где  $S_{ср}$  – среднее значение контролируемого параметра,  $\sigma_s$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого пара-

метра  $S$ . Нижняя кривая представляет результаты для величины среднего значения КП  $Y_{ср\text{кп}} = S_{ср} + 3\sigma_s$ . Относительная погрешность в данном случае выражается, как относительная неопределенность в долях от среднего квадратического отклонения контролируемого параметра -  $\sigma_\phi/\sigma_s$ , где  $\sigma_\phi$  – погрешность измерения прибора - неопределенность [7]. Из графиков видно, что значение КП в несоизмеримо большей степени влияют на вероятные риски, чем неопределенность измерения. Влияние неопределенности КП (среднего квадратического) на величину рисков в данной работе не исследовано, что является следующей задачей.

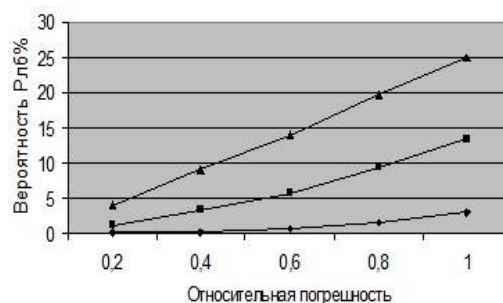


Рисунок 1- Вероятность  $P_{лб}$  для недетерминированных КП

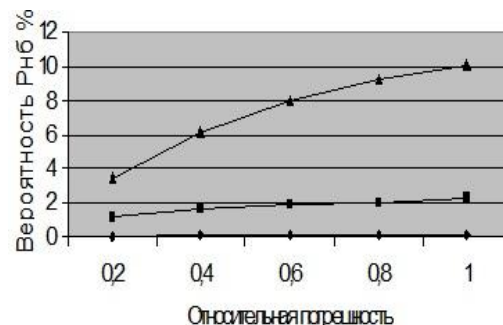


Рисунок 2- Вероятность  $P_{нб}$  для недетерминированных КП

Контрольные точки на практике имеют различное физическое содержание, и нормативы в процессе измерения могут быть не только однопредельными, но иметь допусковую форму при этом расположенными несимметрично по отношению к среднему контролируемого параметра, а функция плотности распределения контролируемого параметра аппроксимироваться законом Вейбулла. Выбор закона Вейбулла обоснован экспериментальными исследованиями, из которых следует, что на долю закона Вейбулла приходится порядка 60% из всех встречающихся показателей качества на практике [5]. Закон Вейбулла также универсален для целей мо-

делирования тем, что часто встречающиеся законы, могут рассматриваться в некотором приближении, как частные случаи закона Вейбулла при разных значениях параметра формы. Так, при значении параметра формы = 0,5 он моделирует экспоненциальный закон, при  $\beta = 2,5$  аппроксимируется закон Релея, а при  $\beta = 3,25$  форма распределения Вейбулла близка к нормальному закону [3].

Плотность распределения закона Вейбулла имеет следующий вид:

$$f(S, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\alpha} (S - \gamma)^{\beta-1} \cdot e^{-\frac{(S-\gamma)^\beta}{\alpha}}, S \geq \gamma$$

где  $\alpha$  – параметр масштаба;

$\beta$  – параметр формы;

$\gamma$  – параметр положения.

С учетом этого, рассмотрим случай, когда истинное значение параметра  $S$  находится в поле допуска, т.е. больше  $S_n$  и меньше  $S_v$ . Предельные значения  $S_n$  и  $S_v$  могут назначаться произвольно по усмотрению исследователя. В отличие от нормального закона, закон Вейбулла имеет аналитическое выражение интегральной функции, которая имеет следующий вид:

$$F(S) = 1 - e^{-\frac{(S-\gamma)^\beta}{\alpha}}$$

Использование интегральной функции значительно упрощает вычислительные процедуры. Не приводя промежуточных преобразований, окончательное выражение вероятности Рлб будет

$$P_{\text{лб}} = \sum_{i=1}^k \left( e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \times \left[ \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_n}^{S_i-3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} dy + \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_i+3\sigma_y}^{S_v} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} dy \right]$$

Выражение для Рлб будет представлено двумя составляющими

$$P_{\text{лб}} = \sum_{i=1}^k \left( e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \cdot \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_n}^{S_i-3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} dy + \sum_{i=1}^k \left( e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}} \right) \cdot \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_i+3\sigma_y}^{S_v} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} dy$$

На координате  $S_Y\_S_X$  приводится отношение погрешности измерения к среднему квадратическому контролируемому параметру, по оси  $Y_r$  значение критического предела.

Использование, приведенных выше выражений позволяет в процессе моделирова-

ния исследовать влияние всех факторов и параметров технологических процессов и процедур, которые включены в модель, и в частности, оценить влияние законов распределений входных параметров модели, параметров управления, например, нормативов контролируемого параметра на результаты контроля и принятия решений.

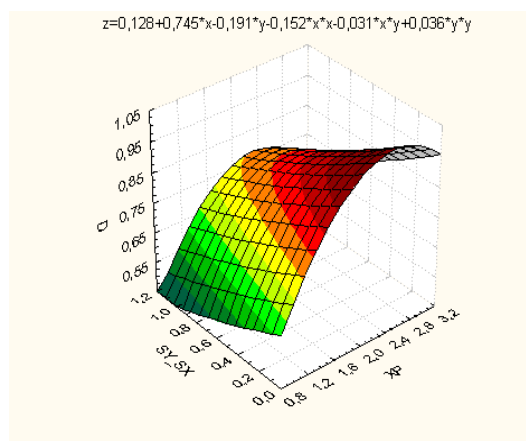


Рисунок 3 – Трехмерная интерпретация результатов компьютерного моделирования

Анализ моделей показал, что количественно указанные риски зависят от следующих статистических характеристик и параметров агентов: законов распределения контролируемого параметра и погрешности измерения, системной связи в виде отношения среднего квадратического отклонения случайной погрешности измерения к среднему квадратическому отклонению контролируемого параметра, положения нормативных значений контролируемого параметра на поле вероятных значений контролируемого параметра.

**Принцип 5. Корректирующие действия.**

В любой системе управления качеством, в обязательном порядке предусматривается корректирующее воздействие на объект с целью восстановления его функциональности или требуемого уровня качества по тем или иным документально закрепленным показателям и нормативам. Корректирующее воздействие существует в форме обратной связи. Без корректирующей обратной связи теряется всякий смысл контроля и исчезает функция управления. В известных исследованиях, как правило, исходят из гипотезы, состоящей в том, что в результате коррекции качество восстанавливается со стопроцентной вероятностью. В сложных системах стопроцентно можно только утверждать, что корректирующий процесс является недетер-

минированной процедурой в определенной мере с непрогнозируемым результатом. Этот факт становится особенно очевидным, когда в контуре управления находится человек с функциями принятия решений.

С учетом приведенных доводов, разработка модели количественного оценивания и прогнозирования рисков в условиях неопределенности параметров всех агентов контура управления с высоким уровнем достоверности и адекватности, представляется крайне сложной, но и актуальной задачей. Оценка рисков в процессе контроля и принятия решений даже в одной контрольной точке относится к классу организационно-технических многопараметрических задач.

**Принцип 6. Порядок учета.** Данный принцип предписывает разработку системно упорядоченного и обоснованного алгоритма учета функционирования всей системы ХАССП с ведением соответствующей документации. Ознакомление с документами должно быть доступно как для сотрудников предприятия, так и для контрольных инстанций.

**Принцип 7. Систематические ревизии.** Эффективное следование плану ХАССП подразумевает проведение систематических ревизий в соответствие с утвержденным плановым регламентом.

#### **Заключение.**

Использование количественной методики позволяет решать задачу управления рисками в нескольких подходах:

- при известных точностных показателях средств измерения в каждой контрольной точке, статистических характеристиках контролируемых параметров и величине критического предела оценить количественно величины соответствующих рисков;

- при заданной величине риска в каждой контрольной точке и величине предела определить необходимую точность измерения;

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования».
2. Стандарт ISO 22000 и его российский эквивалент ГОСТ Р ИСО 22000 международный стандарт, разработанный для пищевой промышленности, включающий принципы НАССР.
3. Раджабов Р.К., Корнев В.А., Макенов А.А., Морозова О.В., Зубайдов С. Модели микроэкономики.- Душанбе: «Ирфон», 2017.-332 с.
4. Морозова О.В., Романова Е.В. Корнев В.А. Моделирование бизнес-процессов сложных организационно-технических систем: Монография/Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. – М.: Изд-во МЭСИ, 2015. - 244 с..
5. Кулешов В.К., Корнев В.А. Моделирование процессов контроля и принятия решений: монография/ В.К. Кулешов, В.А. Корнев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 295 с.
6. Чудаков В.Г. Технология продуктов пчеловодства. — М.: Колос, 1979.— 160 с.
7. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. (Руководство по выражению неопределенности измерения) Международная организация по стандартизации, CHF 92. ISO, Case postale 56, CH-1211 Geneva, Switzerland,
8. Акунин Н.А. Подделка меда. М.: Знание, 1987. – 211с.
9. Захарова Н.И. Советы покупателю при выборе меда. М.: Просвещение, 2004. – 115с.
10. Захарова Н.И. Экспресс-методы экспертизы качества пчелиного меда. М.: Просвещение, 2000г.
11. Щербин П.С. Пчеловодство. Л.: Сельхозпромиздат, 1956. – 170с.
12. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011)./ tehreg.ru/ТС/ТР\_ТС\_021\_2011//

**Морозова Оксана Викторовна**, к.ф.н., зав. кафедрой бизнеса, информатики, юриспруденции и общеобразовательных дисциплин Усть-Каменогорского филиала Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, tov-777@mail.ru.