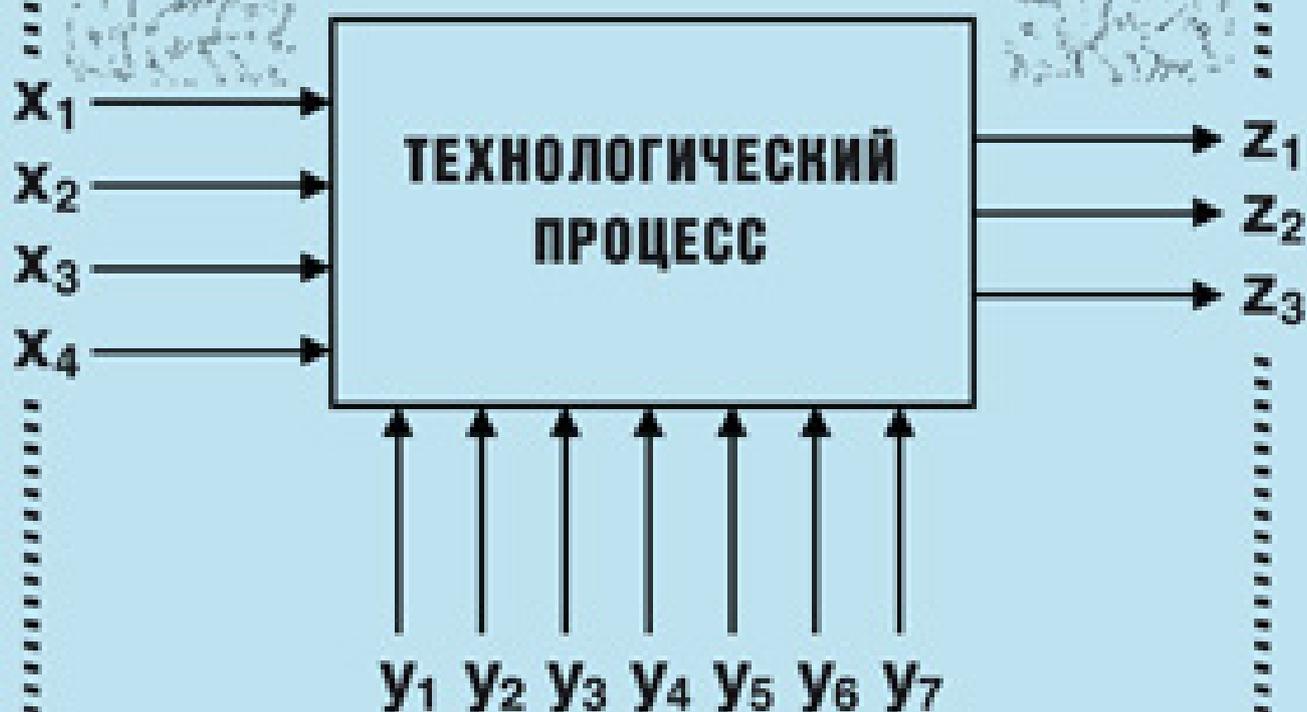


ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2013

УДК 664
ББК 32.965
Тех 38

Технологические процессы и производства: Учеб. пособие/
М.Б. Абугов, С.Е. Алёшичев, В.А. Балюбаш, Ю.Г. Стегаличев. – СПб.:
НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 93 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения цикла лабораторных занятий по дисциплине «Технологические процессы и производства», направленных на развитие навыков анализа объектов управления, обработки экспериментальных данных, а также на решение задач моделирования технологических процессов в различных производственных ситуациях. Работы выполняются с использованием вычислительной техники, а также прикладного и специального программного обеспечения.

Пособие предназначено для студентов четвертого курса специальности 220301, а также бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлению 220700.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. А.Г. Новоселов; кандидат техн. наук, проф. В.Б. Данин

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, 2013
© Абугов М.Б., Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для проведения занятий по дисциплине «Технологические процессы и производства» и включают в себя цикл связанных между собой лабораторных работ, направленных на практическое ознакомление с различными этапами анализа технологического процесса, обработки математического, алгоритмического, программного обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) одного из технологических процессов (ТП), формирующей оптимальные управляющие воздействия.

Первая работа посвящена системному анализу технологического процесса с целью создания информационного обеспечения АСУ ТП. В ходе работы производится анализ технологической документации на ТП с выбором номенклатуры показателей качества, характеристики сырья, режимных параметров и методов их контроля. При этом ставится задача выработки навыка самостоятельной работы с технической документацией, нормативными документами, ГОСТами с целью разработки информационного обеспечения для управления конкретным технологическим процессом.

Для оценки параметров, не определенных технологической документацией, предлагается метод экспертных оценок и математическая обработка результатов экспертизы с целью ранжирования показателей. Более детальному изучению методики экспертных оценок посвящена **вторая** лабораторная работа, в которой используется программа для персонального компьютера (ПК), позволяющая ранжировать факторы и оценить достоверность экспертизы.

Третья работа посвящена практическому освоению приемов выбора методов и средств измерения, численной оценки показателей качества готового продукта (ТП) и влияющих на них факторов технологического процесса.

Четвертая лабораторная работа посвящена освоению экспериментальных методов, применяемых при анализе многофакторных технологических процессов как объектов управления качеством. В работе изучаются методы математической обработки результатов экспериментального исследования ТП с целью установления номинальных значений, пределов варьирования и степени влияния возмущающих воздействий на показатели качества готового продукта.

Пятая работа посвящена реализации модели ТП, связывающей качество продукции с факторами, оказывающими на них значительное влияние. В пятой работе исходными данными для реализации модели являются результаты опроса экспертов-специалистов либо результаты анкетирования.

Справочные материалы и примеры подготовки информационного обеспечения ТП приведены в приложениях 1–6.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Анализ информационного обеспечения технологического процесса

Общие положения

Технологический процесс рассматривается как единый объект управления (рис. 1.1), предназначенный для получения на выходе продукта с заданным сочетанием показателей качества z_i ($i=1 \dots n$), где n – количество показателей качества, необходимое и достаточное для определения качества продукта. На ход технологического процесса можно воздействовать путем изменения технологических параметров y_j ($j \dots k$), где k – количество управляющих каналов воздействия на режимы работы оборудования технологического процесса.



Рис. 1.1. Параметрическая схема технологического процесса

Показатели качества зависят также от изменения неуправляемых внешних воздействий x_γ ($\gamma = 1 \dots m$), где m – количество каналов

внешних возмущений (характеристик сырья, неуправляемых параметров энергоносителей и т. п.), имеющих существенное влияние на показатели качества z_i .

Задача управления качеством может быть сформулирована следующим образом: выбрать значения технологических параметров y_j ($j = 1 \dots k$) таким образом, чтобы при данном сочетании характеристик сырья $x_\gamma = \text{const}$ на выходе технологического процесса получить продукт заданного качества $z_i = z_{i0} \pm \Delta z_i$ ($i = 1 \dots n$).

При установлении номенклатуры показателей, определяющих качество пищевого продукта z_i ($i = 1 \dots n$), необходимо обеспечить выбор необходимого и достаточного количества показателей n .

Выбор следует начинать с анализа технологической документации на продукт: ГОСТов, ОСТов и т. д. Этот анализ позволит определить перечень параметров, необходимых для полной характеристики качества продукта. Однако такой перечень, как правило, недостаточен для реализации задачи управления.

Отдельные параметры, обозначенные в технологической документации, при измерении могут оказаться многомерными. Так, например, в перечень показателей качества плавленого сыра входит характеристика «консистенция», однако при измерении этот показатель распадается на «упругость» и «пластичность». Поэтому при выборе достаточной номенклатуры показателей качества необходимо учитывать возможность его измерения доступными методами. Параметр на данном этапе анализа считается измеряемым, если возможна оценка его величины приборным, лабораторным либо органолептическим (в баллах) методом.

После выбора номенклатуры показателей качества необходимо определить пределы измерения и номинальное значение каждого из показателей качества $z_{i0} \pm \Delta z_i$ ($i = 1 \dots n$). Этот выбор также осуществляют по упомянутой выше технологической документации.

Выбор номенклатуры неуправляемых и управляющих воздействий начинают с анализа технологической документации, стандартов и рекомендаций по ведению технологического процесса. При этом выбирают параметры x_γ ($\gamma = 1 \dots m$), и y_j ($j = 1 \dots k$), оказывающие существенное влияние хотя бы на один из показателей качества z_i ($i = 1 \dots n$). При выборе номенклатуры неуправляемых и управляющих воздействий требование измеряемости каждого параметра сохраняется.

Необходимо также выбрать номинальные значения и пределы изменения (варьирования) неуправляемых $x_{\gamma 0} \pm \Delta x_{\gamma}$ ($\gamma = 1 \dots m$) и управляющих $y_{j 0} \pm \Delta y_j$ ($j = 1 \dots k$) воздействий. На данном этапе исследования выбор производят, используя технологическую документацию на сырье, технологический процесс и техническую документацию на оборудование.

При отсутствии данных по какому-либо из анализируемых показателей может быть применена методика экспериментального исследования или методика экспертных оценок. После выбора номенклатуры и диапазона варьирования всех контролируемых факторов необходимо назначить погрешность и периодичность измерения каждого из них и выбрать метод измерения. Результаты анализа формируются в виде сводной таблицы контролируемых параметров АСУ ТП.

Содержание работы

Студент получает задание на подготовку информационного обеспечения для одного из технологических процессов, при этом для подробного анализа из всего технологического процесса студенту определяется одна технологическая операция. Задание должно быть выдано заблаговременно для самостоятельной проработки технической литературы.

При анализе технологического процесса и выборе номенклатуры показателей рекомендуется руководствоваться алгоритмами, представленными на рис. 1.2–1.4.

Анализ начинают с изучения стандартов и технологической документации на продукт, например, на конкретное хлебобулочное изделие (блок 1 на рис 1.2). На его основе составляют перечень показателей качества готового продукта z_i ($i = 1 \dots n$). Этот перечень (блок 2) должен включать всю номенклатуру качественных характеристик как измеряемых в настоящий момент на предприятиях, так и не измеряемых, но определяющих свойства продукта или полуфабриката в процессе производства.

Например, в номенклатуру показателей качества хлеба могут быть включены параметры, характеризующие внешний вид (цвет, форму, размер), химический состав (содержание белка, углеводов, соли), вкусовые показатели и т. п.

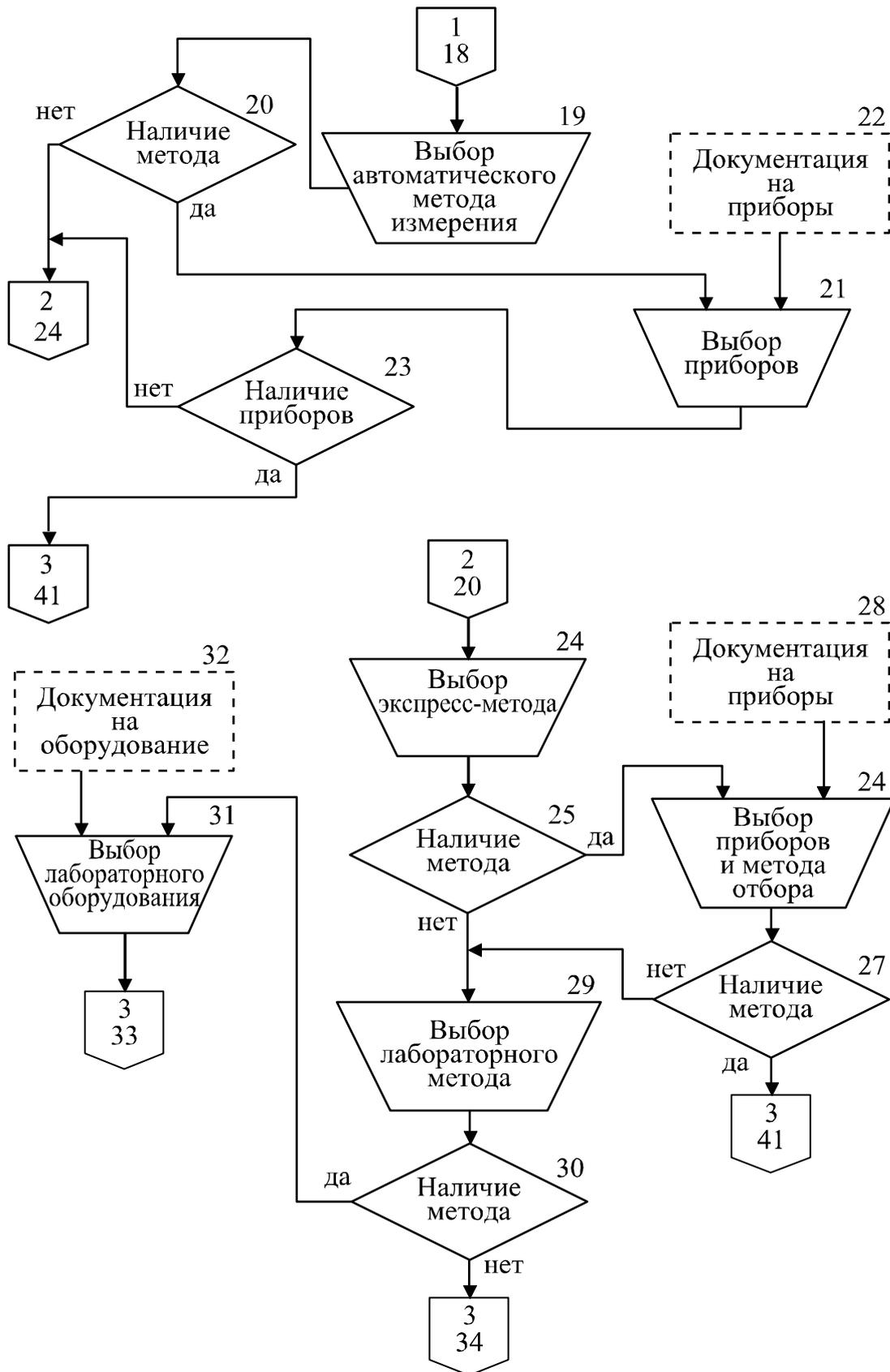


Рис. 1.2.2. Алгоритм анализа показателя качества (продолжение)

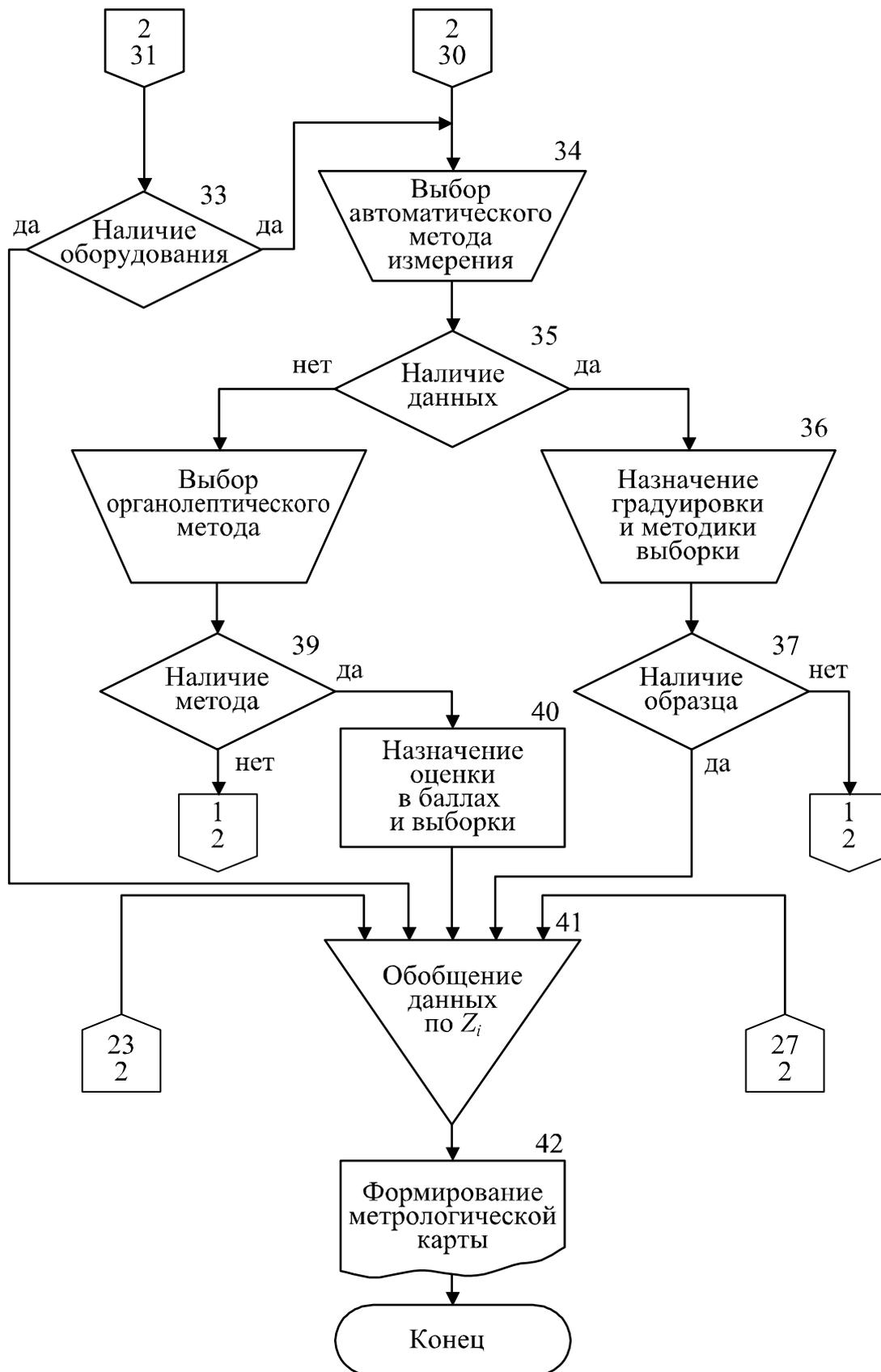


Рис. 1.2.3. Алгоритм анализа показателя качества (окончание)

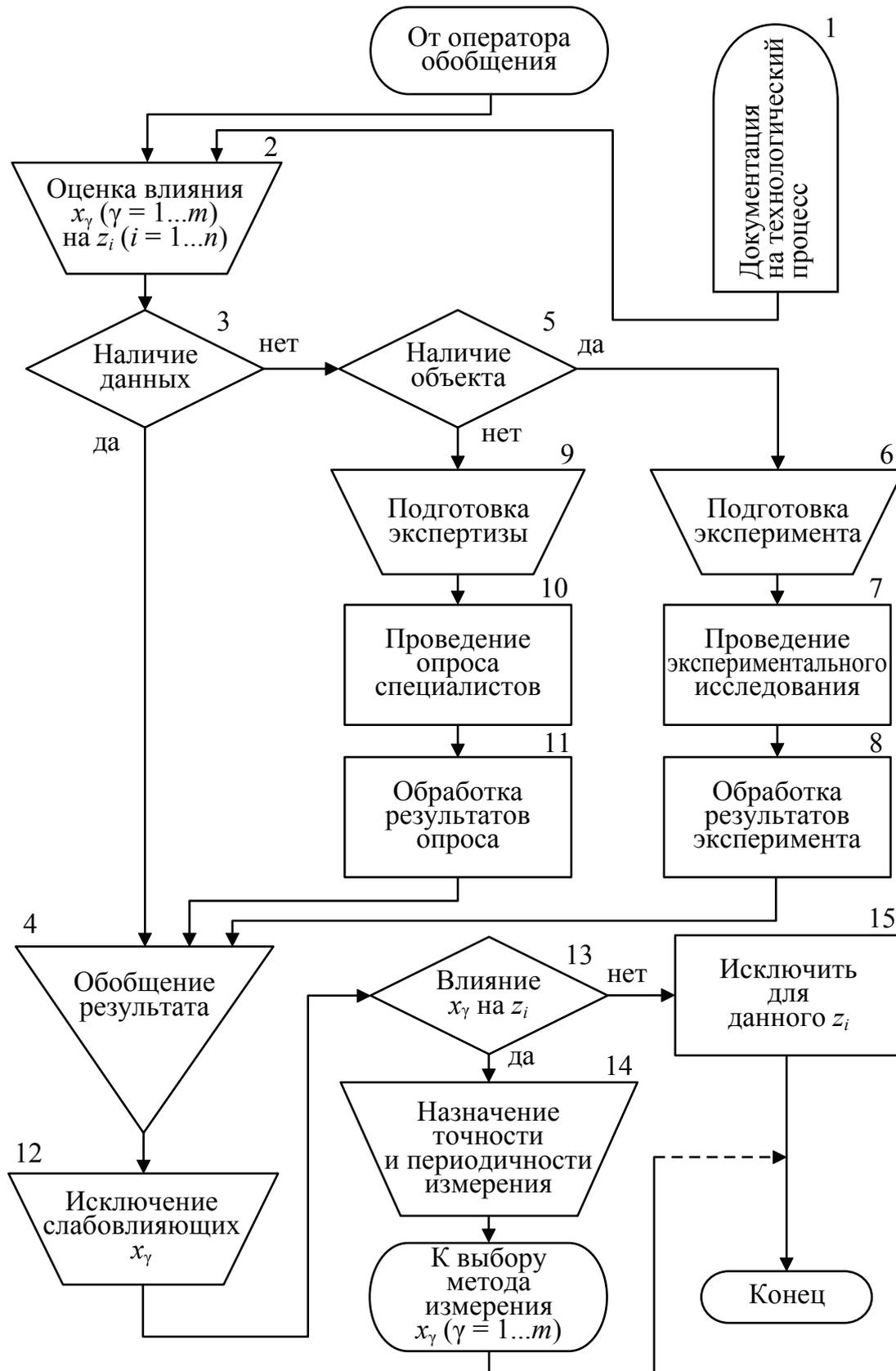


Рис. 1.3. Алгоритм оценки влияния неуправляемых факторов на показатель качества готового продукта

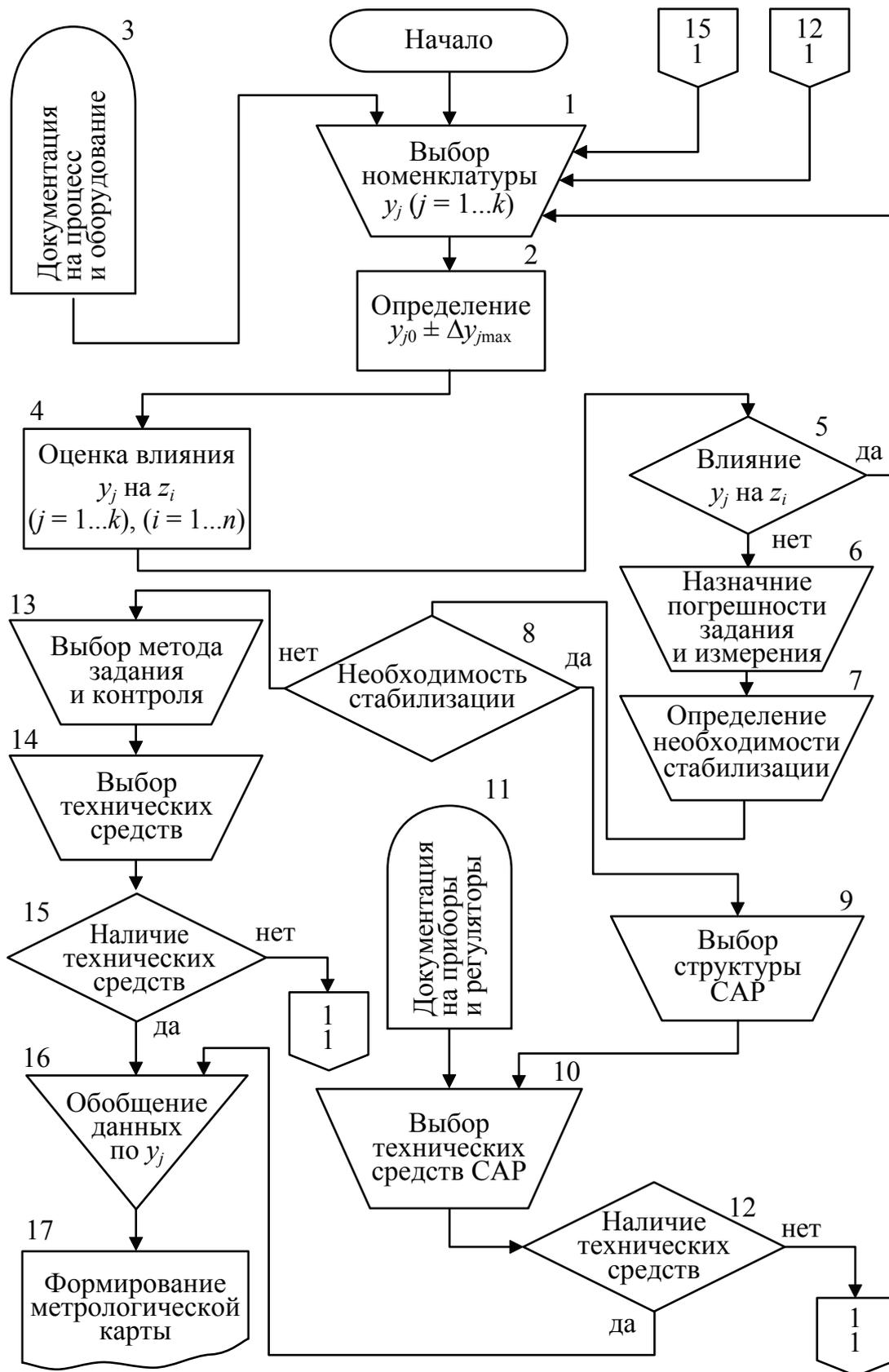


Рис. 1.4. Алгоритм анализа управляющих воздействий на показатель качества готового продукта

После составления такого перечня, основанного на анализе документации, переходят к определению номинальных значений z_{i0} и пределов отклонения $z_{i \max}$, $z_{i \min}$ каждого включенного в перечень параметра (блок 8). Основным источником информации для такого анализа являются стандарты и документации на продукт и технологический процесс (блок 7). На этом этапе определяются измеряемая или оцениваемая физическая величина, её размерность, численное значение z_{i0} , которое обуславливает требуемое качество продукта и допустимые отклонения $\pm z_{i \max}$, обеспечивающие выпуск качественной продукции (но не браковочные границы). Возможны варианты формирования информации по отдельным каналам. Так, содержание белка в продукте может быть выражено в процентах либо в единицах массы (кг), содержащихся в одном килограмме продукта.

Если упомянутые выше сведения в технологической документации обнаружены, то они направляются на обобщение (блок 17), если по каким-либо показателям качества данных нет, то изучается возможность экспериментального определения значений $z_{i0} \pm z_{i \max}$ (блок 19). Экспериментальному исследованию объекта посвящена четвертая лабораторная работа.

Если невозможно организовать экспериментальное исследование объекта, применяется методика экспертных оценок (блоки 11, 12, 13). Для этого подготавливаются формы опросных карт, назначается группа экспертов, производится их опрос и математическая обработка полученных оценок значимости каждого показателя качества, его номинального значения и допустимых пределов отклонения. Методика экспертных оценок показателей качества и факторов, влияющих на качество, рассматривается во второй лабораторной работе.

После обработки всех показателей качества z_i ($i = 1 \dots n$), выявленных при изучении технологической документации (накопитель блока 17 заполнен), приступают к назначению максимально допустимой погрешности и требуемой периодичности измерения каждого показателя качества в процессе управления. На данном этапе анализа, в качестве первого приближения, принимается требование обеспечить погрешность, не превышающую 10 % от диапазона возможных отклонений показателя качества

$$\delta z_i = \frac{|z_{i0} - \hat{z}_i|}{z_{i \max} - z_{i \min}} \cdot 100 \leq 10 \%, \quad (1.1)$$

где δz_i – относительная погрешность измерения i -го показателя качества; $z_{iэ}$ – экспериментальное (измеренное) значение i -го показателя качества; \hat{z}_i – расчетное значение i -го показателя качества.

Для выполнения этого требования абсолютная погрешность результата измерения не должна превышать 0,1 диапазона возможных отклонений показателя качества

$$\Delta z_i = 0,1(z_{i_{\max}} - z_{i_{\min}}). \quad (1.2)$$

Погрешность измерения не более 10 % принята здесь из условия обеспечения в диапазоне возможных отклонений показателя качества не менее десяти контролируемых уровней.

Так как многие методы измерения технологических параметров (экспресс-методы, лабораторные методы и т. п.) представляют собой периодические операции контроля, то при анализе номенклатуры z_i ($i = 1 \dots n$) необходимо, исходя из требований технологического процесса, определить максимально допустимый интервал между измерениями каждого фактора z_i .

Максимальные интервалы времени между измерениями $\Delta \tau_i$ определяются стабильностью во времени каждого фактора z_i , так называемой *разладкой технологического процесса*.

Алгоритм определения допустимого интервала времени между измерениями аналогичен алгоритму определения значений $z_{i0} \pm z_{i_{\max}}$ (блоки 7–17). Анализ начинают с изучения документации на технологический процесс.

Достоверная оценка стабильности во времени измеряемой величины может быть получена посредством обработки результатов экспериментального исследования объекта в течение длительного периода и построения графика, представленного на рис. 1.5.

По графику можно принять за допустимый интервал времени между измерениями ($\Delta \tau_i$) минимальный отрезок времени, в течение которого численного значения фактора z_i изменилось на величину допустимой погрешности измерения Δz_i . На рис. 1.5. это участок, где

$\frac{dz_i}{d\tau}$ – максимальна.

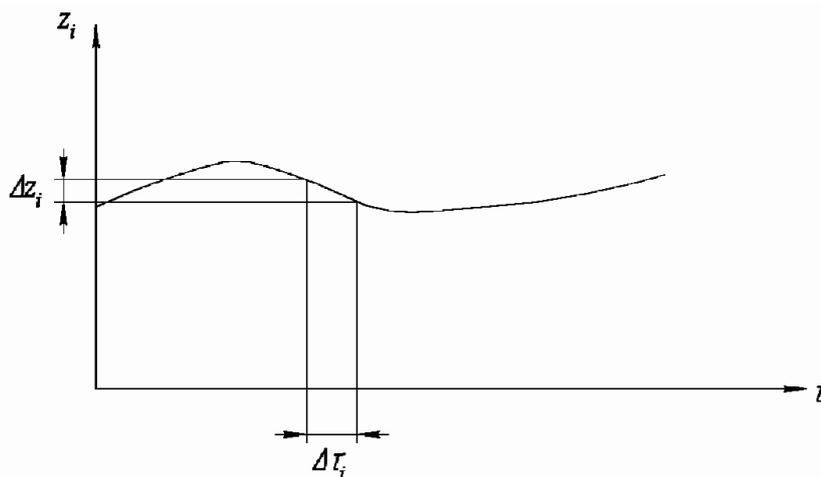


Рис. 1.5. Определение периодичности измерений

После назначения допустимой погрешности и периодичности измерения допустимой погрешности приступают к следующему этапу анализа – *оценке возможности и выбору методики измерения каждого показателя качества.*

Принцип анализа на данном этапе состоит в последовательном рассмотрении методов измерения технологических параметров, применимых в условиях производства, и выборе из предлагаемых методов экономически наиболее целесообразных. При этом последовательно рассматривают возможность применения для измерения данного показателя качества следующих методов измерения:

- автоматический (приборный в потоке);
- экспресс-метод (приборный с предварительным отбором пробы);
- лабораторный (измерение показателя путем лабораторной обработки пробы);
- сравнение с образцом (измерение показателя путем сравнения с образцом);
- органолептический (измерение показателя путем органолептических оценок).

Выбор автоматического метода измерения показателя (блоки 19, 20) обуславливает необходимость подбора прибора для измерения по данной методике с назначенной выше погрешностью (блоки 21, 22), после чего выбранная методика и способ её реализации направляются в накопитель (блок 41).

Переход к рассмотрению возможности использования экспресс-метода для измерения показателя качества осуществляется

в случаях, когда автоматический метод отсутствует (блок 20), или если не подобраны приборы для его реализации, обеспечивающие необходимую точность измерения (блок 25).

Выбор экспресс-метода измерения показателя (блоки 24, 25) также требует выбора приборов, реализующих этот метод, а также методики и периодичности измерения $\Delta\tau_{изм}$ (блоки 26, 27), после чего результаты направляются в накопитель (блок 41).

Для ряда пищевых процессов характерной особенностью является неравномерность распределения значений показателя качества или характеристик сырья в объеме продукта (сырья). Например, можно наблюдать неравномерность распределения влаги в сечении пласта масла, выходящего из маслоизготовителя непрерывного действия; при дозировке продуктов в тару наблюдается разброс массы продукта в последовательной партии единиц фасовки. Если по условиям производства данного продукта на величину неравномерности распределения значений показателя качества наложены ограничения, то для рассматриваемого процесса организуется канал управления с использованием статистических методов обработки информации.

Для управления по такому каналу при каждом измерении необходимо получить информацию об отклонении показателя качества z_i от номинального значения z_{i0} , а также информацию о разбросе значений измеряемого параметра в контрольной партии продукта, например, в виде разности между максимальной $z_{i\ max}$ и минимальной $z_{i\ min}$ величинами, зафиксированными в данной партии.

Введение статистического канала управления показателем качества z_i приводит к необходимости проведения параллельных измерений данного показателя.

Аналогичным образом осуществляется последовательный переход к выбору лабораторного метода измерения (блоки 25, 28), метода сравнения (блоки 30, 33), органолептического метода (блоки 35, 37).

Выбор лабораторного метода (блоки 29, 30) обуславливает необходимость подбора комплекта лабораторного оборудования, методики измерения и периодичности отбора пробы, оценки времени на проведение анализа (блоки 31, 32, 33).

Выбор метода сравнения (блоки 34, 35) требует выбора комплекта образцов для сравнения, методики их градуировки, методики и периодичности отбора пробы (блоки 36, 37).

Выбор органолептического метода (блоки 38, 39) определяет необходимость назначения методики оценки численного значения показателя качества ГП в баллах, методики и периодичности отбора пробы (блок 40).

Выбор комплекта образцов для сравнения и их градуировки так же, как и выбор методики оценки показателя в баллах при органолептическом контроле, осуществляется с целью получения информации, позволяющей выбрать форму управляющего воздействия на технологический процесс.

Один из вариантов оценки показателя качества в баллах, позволяющий сформировать управляющие воздействия, приведен в табл. 1.1 на примере контроля состояния защитной оболочки сыра. Аналогичным образом могут быть выбраны ступени градуировки образцов для сравнительной оценки любого продукта.

Если по какому-либо конкретному показателю качества z_a не обнаружено способов измерения, применяемых в производственных условиях, либо не обеспечивается заданная погрешность измерения, то необходимо возвратиться к блоку 2 и заменить в номенклатуре показателей неприемлемую характеристику z_a на другую физическую характеристику или группу характеристик (z_{a1}, z_{i2}, \dots), связанных с z_a . Так, например, оценку вкусовых качеств пищевого продукта (z_a) в ряде случаев можно осуществить путем анализа содержания в продукте жира, белка, аминокислот (z_{a1}, z_{i2}, \dots). После такой корректировки номенклатуры показателей качества, по вновь выбранным характеристикам (z_{a1}, z_{i2}, \dots) повторяется процедура выбора методов измерения (блоки 4–40).

Обобщение данных по методам измерения всех z_i ($i = 1 \dots n$) показателей качества производится в накопителе (блок 41).

Выбор номенклатуры и методов измерения неуправляемых факторов, x_γ ($\gamma = 1 \dots m$), представленный на рис. 1.3, аналогичен рассмотренным выше элементам алгоритма по выбору методов контроля показателей качества. Номинальные значения $x_{\gamma 0}$ и пределы варьирования $\pm \Delta x_\gamma$ для характеристик сырья и энергоносителей существенно зависят от производственных условий на каждом конкретном предприятии, поэтому основной методикой для их определения следует считать экспериментальное исследование данного предприятия (аналогично блокам 14, 15, 16 на рис. 1.2.1).

Оценка состояния защитной оболочки сыра

Оценка в баллах	Характеристика состояния	Форма управляющего воздействия
+5(10)	Имеются утолщения и потеки по все поверхности	Остановить процесс. Принять меры для восстановления работоспособности оборудования
+4(9)	Имеются утолщения покрытия до 30 % поверхности	Интенсивное снижение времени парафинирования, повышение температуры ванны
+3(8)	Имеются утолщения покрытия до 20 % поверхности	Снижение времени парафинирования, повышение температуры ванны
+2(7)	Имеются утолщения покрытия, не превышающие 10 % поверхности	Повышение внимания обслуживающего персонала, уменьшение периода между контрольными операциями
+1(6)	Имеются утолщения покрытия, не превышающие 5 % поверхности	Вмешательства не требуется, отклонения за счет случайных помех
0(5)	Покрытие номинальной толщины без повреждений	Нормальный ход технологического процесса
-1(4)	Имеются пятна с уменьшением толщины покрытия, не превышающие 5 % поверхности	Вмешательства не требуется, отклонения за счет случайных помех
-2(3)	Имеются пятна с уменьшением толщины покрытия, не превышающие 10 % поверхности	Повышение внимания обслуживающего персонала, уменьшение периода между контрольными операциями
-3(2)	Имеются пятна с уменьшением толщины покрытия до 20 % поверхности	Увеличение времени парафинирования, понижение температуры ванны
-4(1)	Имеются пятна с уменьшением толщины покрытия до 30 % поверхности	Интенсивное увеличение времени парафинирования, понижение температуры ванны
-5(0)	Имеются нарушения покрытия, недопустимое уменьшение толщины, не более 30 % поверхности	Остановить процесс. Принять меры для восстановления работоспособности оборудования

Выбор номенклатуры и методов измерения управляющих факторов $y_j (j=1 \dots k)$ осуществляется по алгоритму, представленному на рис. 1.4. Выбор номенклатуры управляющих факторов (блоки 1, 2) осуществляют по технической документации на оборудование и технологический процесс. Процедура определения номинальных значений и допустимых пределов отклонения $y_{j0} \pm \Delta y_{j \max}$ (блок 3, рис. 1.4) аналогична представленной на рис. 1.2.1 для показателей качества. Ограничения на пределы варьирования управляющих факторов, как правило, определяются конструктивными особенностями оборудования, но для конкретных процессов при производстве пищевых продуктов ограничения вводятся также исходя из технологических или иных соображений. Например, для большинства пищевых продуктов недопустимо применение высоких температур при обработке.

Допустимая погрешность измерения неуправляемых и управляющих факторов процесса назначается с учетом степени влияния данного фактора на качественные показатели. В качестве максимально допустимой погрешности измерения фактора x_γ или y_j можно принять величину изменения δx_γ или δy_j , которая вызывает отклонение хотя бы одного из качественных показателей $z_i (i = 1 \dots n)$ на 1 %.

Как правило, измерения неуправляемых факторов x_γ могут производиться для данной партии сырья до начала ее обработки на технологическом оборудовании, что позволяет не связывать измерения x_γ ($\gamma = 1 \dots m$) с текущим временем проведения технологического процесса. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе периодичности контроля $\Delta \tau_\gamma$, продолжительности измерений $\Delta \tau_{\text{изм}}$ и момента времени измерения τ_γ . Периодичность контроля для x_γ , как правило, совпадает с периодичностью перехода на обработку новой партии сырья.

Так как группа управляющих факторов $y_j (j = 1 \dots k)$ предназначена для обеспечения стабильности технологического процесса, то при выборе методов контроля параметров этой группы решается вопрос о необходимости их автоматической стабилизации, т.е. применения отдельных контуров регулирования (блоки 7, 8). Изучаются динамические свойства объекта управления (процесса, оборудования). Для активных в динамике факторов формируется система автоматического регулирования (САР) (блоки 9–12).

Для параметров, не подлежащих стабилизации, выбираются методы и технические средства измерения, а также каналы и средства управления ими (блоки 13–15).

Если фактор y_j не подлежит стабилизации, то необходимо также определять допустимую (по технологии) периодичность его контроля ($\Delta\tau_j$), аналогично тому, как показано на рис. 1.5.

Основным критерием включения факторов x_γ ($\gamma = 1 \dots m$) и y_j ($j = 1 \dots k$) в номенклатуру контролируемых параметров является степень влияния каждого фактора хотя бы на один показатель качества z_i ($i=1 \dots n$) в диапазоне реально возможных для данного предприятия отклонений $\pm\Delta x_{\gamma \max}$ и $\pm\Delta y_{j \max}$. Поэтому при анализе объекта осуществляется оценка влияния x_γ и y_j на каждый z_i (блоки 12, 13, 15) по алгоритму, представленному на рис. 1.3.

Оформление отчета

В отчете приводятся:

- анализ технологического процесса и используемого оборудования (при этом весь процесс описывается кратко, а заданная технологическая операция – подробно);
- структурная схема технологического процесса с указанием потоков энергоносителей для каждой из технологических операций;
- параметрическая схема заданной технологической операции с расшифровкой анализируемых информационных каналов;
- результаты проведенного анализа технологической операции, оформленные в виде таблицы (табл. 1.2);
- перечень технической, технологической документации и других источников, использованных при анализе, сведённый в список использованных источников.

Таблица 1.2

Сводная таблица данных исследования технологического процесса

Технологические требования									
№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерения	Номинальное значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Допустимая погрешность измерения	Периодичность измерения	Источник информации
1									
2									
3									
...									

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Методика экспертных оценок параметров технологического процесса

Общие положения

Методика экспертных оценок представляет собой способ принятия решения на основе коллективного опыта. Она может быть направлена на оценку значимости показателей качества z_i , оценку степени влияния группы характеристик x_γ или y_j на один из показателей качества z_i , оценку возможных диапазонов изменения факторов z_i , x_γ или y_j и т. п. Основным элементом этапа подготовки к проведению оценки является *назначение группы специалистов-экспертов*. С увеличением численности группы уменьшается вероятность принятия ошибочного решения. Другим элементом является *составление опросных карт*. В табл. 2.1 и 2.2 приведены примеры составления опросных карт для оценки степени влияния отдельных факторов процесса на показатель качества и для оценки значимости (важности) показателей качества. Эксперт проставляет знак «плюс» для каждого фактора в графе, соответствующей его оценке важности или степени влияния. Несколько вариантов ответа обеспечивают возможность сравнения мнений экспертов, оценки их «компетентности» и достоверности результатов опроса.

Обработка результатов опроса проводится с использованием прикладной программы «*Expert2*» (прил. 3).

По программе осуществляется расчет следующих значений:

– сумма оценок j -го фактора всеми экспертами

$$R_j = \sum_{i=1}^N q_{ij}, \quad (2.1)$$

где j – номер фактора ($j = 1 \dots m$); i – номер эксперта ($i = 1 \dots N$); q_{ij} – единичная оценка (ранг) i -м экспертом j -го фактора ($q_{ij} = 1 \dots l$);

– среднеарифметическая оценка j -го фактора всеми экспертами

$$C_j = \frac{R_j}{N}. \quad (2.2)$$

По значениям C_j можно провести первый этап ранжирования (расстановку в определенной последовательности) всех m факторов. Однако при этом может наблюдаться неопределенность ранжирования, так как несколько факторов будут иметь одинаковые значения C_j .

Для раскрытия этой неопределенности в программе используется методика оценки «компетентности» экспертов по величине суммарной «ошибки» каждого эксперта при оценке всех факторов.

Таблица 2.1

Опросная карта

Вопрос эксперту.

Оцените степень влияния характеристик сливок, поступающих на сбивание в маслоизготовитель, на консистенцию масла.

Номер фактора (j)	Номер эксперта (i)					
	Наименование характеристики сливок, поступающих на сбивание в маслоизготовитель	$q_{ij} = 1 \dots 5$ – ранг j -го фактора (оценка i -м экспертом значимости j -го фактора)				
		1	2	3	4	5
		Наибольшее влияние	Сильное влияние	Заметное влияние	Слабое влияние	Нет влияния
1	Температура сливок					
2	Содержание жира					
3	Время созревания сливок					
4	Йодное число					
5	pH					
6	Вкусовые дефекты					
7	Температура пастеризации					
8	СОМО					

Дата

Эксперт i ($i = 1 \dots N$) _____

Опросная карта

Вопрос эксперту.

Оцените значимость показателей качества хлеба.

Номер фактора (<i>j</i>)	Номер эксперта (<i>i</i>)				
	Наименование характеристики качества хлеба	$q_{ij} = 1 \dots 4$ – ранг <i>j</i> -го фактора (оценка <i>i</i> -м экспертом значимости <i>j</i> -го фактора)			
		1	2	3	4
		Наибольшая значимость	Значимый	Мало-значимый	Незначимый
1	Масса буханки				
2	Содержание белка				
3	Содержание углеводов				
4	Содержание соли				
5	Содержание влаги				
6	Пористость				
7	Цвет				
8	Дефекты корки				
9	Отклонение формы				

Дата

Эксперт *i* ($i = 1 \dots N$) _____

Оценка суммарной «ошибки» эксперта осуществляется в двух вариантах – по среднеарифметическому значению ошибки (САЗ) и по среднеквадратическому отклонению (СКО). Для первого варианта по программе вычисляются:

– «ошибка» оценки *j*-го фактора *i*-м экспертом

$$\Delta j_i = |C_j - q_{ij}|; \quad (2.3)$$

– сумма «ошибок» *i*-го эксперта по всем факторам

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m \Delta j_i; \quad (2.4)$$

– сумма «ошибок» всех экспертов

$$\Delta = \sum_{i=1}^N \Delta_i; \quad (2.5)$$

– коэффициенты «компетентности» i -го эксперта по САЗ

$$V_i = 1 - \frac{\Delta_i}{\Delta}. \quad (2.6)$$

Для второго варианта вычисляются следующие показатели:

– среднеквадратичная «ошибка» i -го эксперта

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m C_j - q_{ij}^2}{m-1}}; \quad (2.7)$$

– сумма СКО всех экспертов

$$\sigma = \sum_{i=1}^N \sigma_i; \quad (2.8)$$

– коэффициент «компетентности» эксперта по СКО

$$V_{i1} = 1 - \frac{\sigma_i}{\sigma}. \quad (2.9)$$

Затем рассчитываются оценки всех факторов с коррекцией по компетентности:

– по САЗ

$$C_{j1} = \frac{\sum_{i=1}^N q_{ij} \cdot V_i}{N}; \quad (2.10)$$

– по СКО

$$C_{j2} = \frac{\sum_{i=1}^N q_{ij} \cdot V_{i1}}{N}. \quad (2.11)$$

Оценки C_{j1} и C_{j2} позволяют раскрыть большинство неопределенностей при ранжировании факторов, при этом оценка по СКО является более категоричной к «ошибкам» экспертов.

Программа *Expert2* предусматривает распечатку результатов ранжирования (значения C_j , C_{j1} , C_{j2} , V_i и V_{i1}), а также гистограммы.

Программа также содержит блок проверки степени согласованности мнений экспертов и достоверности результатов экспертизы.

Количественная оценка согласованности мнений группы экспертов о цене каждого фактора производится по энтропии распределения мест, присвоенных j -му фактору всеми экспертами:

$$H_j = \sum_{q=1}^r \frac{n_q}{N} \lg \frac{n_q}{N}, \quad (2.12)$$

где n_q – число экспертов, которые поставили j -му фактору ранг q .

Степень согласованности мнений экспертов по j -му фактору оценивается коэффициентом согласованности

$$W_j = 1 - \frac{H_j}{H_{j\max}}. \quad (2.13)$$

Максимальная мера рассогласованности мнений экспертов H_{\max} будет иметь место в том случае, когда равное число экспертов пришло данному фактору ранги q от 1 до r , т. е. $n_{i1} = \dots = n_{ir} = \frac{N}{r}$, в этом случае уравнение для энтропии принимает вид

$$H_{\max} = \sum_1^r \frac{N}{N} \lg \frac{N}{N}. \quad (2.14)$$

Степень согласованности W_j изменяется в диапазоне $0 < W_j < 1$:

- при $W_j = 0$ нет единого мнения экспертов;
- при $W_j = 1$ эксперты единодушны в оценке j -го фактора.

Если использования поправок на «компетентность» экспертов оказалось недостаточно для раскрытия неопределенности в распределении мест всех факторов, то можно дополнительно учесть оценку согласованности мнений группы экспертов при определении значений каждого фактора. Тот фактор, по которому степень согласованности выше, следует считать более предпочтительным.

С целью исключения сомнительных результатов экспертизы следует установить предельно допустимое минимальное значение коэффициента согласованности $W_{j\min}$ для всех факторов или каждого фактора отдельно. Выбор предельного значения $W_{j\min}$ осуществляется по условию опасности последствий ошибки в результате экспертизы. Например, если ошибочное решение, принятое по результатам экспертизы, может принести вред здоровью человека, то значение $W_{j\min}$ следует назначать ближе к 1.

Для оценки вероятности появления ошибочных результатов экспертизы по всем факторам необходимо оценить вероятность слу-

чайного характера распределения мнений экспертов. Для такой оценки определяем информационный коэффициент конкордации:

$$W_u = 1 + \frac{\sum_{j=1}^m H_j}{\sum_{j=1}^m H_{\max}} = \frac{m \cdot \lg r + \sum_{j=1}^m H_j}{m \cdot \lg r}, \quad (2.15)$$

где в числителе – количество полученной в результате опроса информации, в знаменателе – максимальное возможное количество информации. Значимость коэффициента конкордации проверяется по критерию Пирсона

$$\chi^2 = N \cdot (m - 1) \cdot W_u. \quad (2.16)$$

Если расчетное значение критерия Пирсона χ^2 больше табличного значения χ^2_T , найденного по прил. 1, табл. 1 для числа степеней свободы $f = m - 1$ и уровня значимости α (например, $\alpha = 0,05$), то с вероятностью $p = 1 - \alpha$ можно утверждать, что согласованность мнений экспертов носит неслучайный характер, и результаты экспертизы принимаются. При $\chi^2 < \chi^2_T$ экспертизу требуется проводить заново.

Программа *Expert2* предусматривает распечатку результатов проверки значимости проведенной экспертизы (значения W_j , W_u , χ^2). По этим данным проводится дополнительный этап ранжирования (если это необходимо), оценивается предельное значение степени согласованности экспертов по каждому фактору, определяется вероятность ошибки экспертизы по критерию Пирсона.

Содержание работы

При выполнении работы каждый студент проводит экспертное исследование, оценивая степень значимости всех показателей качества, определенных в лабораторной работе № 1.

Работа выполняется в следующей последовательности:

- подготавливаются формы опросных карт (см. табл. 2.1, 2.2);
- определяется группа экспертов;
- эксперты заполняют опросные карты;

– данные экспертизы обрабатываются по программе *Expert2* на ПК;

– проводится анализ результатов экспертных исследований и формулируются предложения о принятии результатов или необходимости повторных исследований, о необходимости корректировки информационного обеспечения при контроле и управлении качеством информационного обеспечения в данном технологическом процессе.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

– обоснование необходимости проведения экспертизы и её содержание;

– формы опросных карт с формулировкой вопросов экспертам;

– результаты обработки опросных карт;

– анализ результатов экспертизы;

– выводы и рекомендации для последующих работ по системе управления качеством в рассматриваемом технологическом процессе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Выбор методов и технических средств контроля параметров технологического процесса

Общие положения

При анализе технологического процесса с целью разработки таблицы информационного обеспечения объекта управления (лабораторная работа № 1) требовалось определить все показатели качества сырья и готовой продукции, управляющие воздействия, периодичность контроля, необходимую точность измерения, а также метод и прибор, с помощью которого эти измерения проводятся.

Однако в полном объеме отыскать необходимую информацию в технологических инструкциях удаётся не по всей номенклатуре параметров контроля. Часто определять погрешность измерения, выбирать прибор или метод измерения приходится разработчику системы управления.

Целью данной лабораторной работы является изучение практических приёмов решения таких задач.

При выполнении данной работы студент продолжает исследование конкретного технологического процесса и должен составить информационное обеспечение для группы параметров этого процесса. Алгоритм выбора методов и приборов измерения показателей качества сырья и готовой продукции, оценки допустимой погрешности измерения и выбора системы оценок в баллах показателей приведены в лабораторной работе № 1.

При ознакомлении с содержанием работы и при выполнении задания рекомендуется использовать пример решения подобной задачи для отдельных параметров процесса изготовления сливочного масла и дефростации мясных туш, приведенный в прил. 6.

Содержание работы

Подготовка информационного обеспечения по конкретному параметру технологического процесса начинается с углубленного анализа требований к измерительной информации по данному каналу и условий проведения измерений.

В качестве исходных данных для выбора метода измерений и способа его реализации на данном этапе принимают:

- $\Delta z_i = z_{i \max} - z_{i \min}$ – диапазон изменения параметра в технологическом процессе;
- z_{i0} – номинальное (нормативное) значение параметра;
- Δz_i – допустимую погрешность измерения (оценки) параметра в технологическом процессе;
- $\Delta \tau_{\text{из}}$ – допустимый максимальный период между последовательными измерениями параметра в технологическом процессе;
- дополнительные требования к измерительной информации, если это необходимо по технологическому процессу.

Необходимость предъявления конкретных дополнительных требований к измерительной информации можно установить посредством сравнительного анализа ограничений, налагаемых на достоверность результатов измерений, полученных данным методом (прибором), и условий проведения измерений в анализируемой производственной ситуации.

Одним из основных элементов анализа производственной ситуации является привязка результатов получения измерительной информации к реальному времени технологического процесса. Для пищевых производств характерно поступление сырья и получение готовой продукции отдельными партиями, свойства которых могут существенно отличаться между собой. Поэтому измерительная информация должна формироваться с частотой поступления партий. Необходимо учитывать, что продукция (сырье), входящая в одну партию, может быть как однородна, так и неоднородна по конкретному измеряемому параметру. Если партия сырья однородна (например, разброс плотности молока во всем объеме тщательно перемешанной емкости пренебрежительно малая величина), то за результат измерения принимается значение параметра в одной пробе, взятой из данной партии сырья. Если партия неоднородна (например, масса полутуши в партии, загружаемой в камеру дефростации), то за результат измерения параметра принимается среднее значение параметра, вычисленное по измерениям в n отдельных пробах (полутушах) выборки, взятой из данной партии.

Порядок отбора пробы или выборки из партии определяется особой методикой (например, ГОСТ 26809-86 и ГОСТ 13928-84).

Другим важным элементом анализа производственной ситуации является определение характера и диапазона изменения условий проведения измерения (например, окружающей температуры в местах установки приборов) и их сравнение с пределами, которые гарантируют получение достоверной информации при использовании данного прибора и метода. Необходимо выбрать способы измерения контролируемых параметров, обеспечивающие требуемую точность в заданном интервале измерения с учетом конкретных условий проведения измерений (температуры, влажности и т. п.) и требуемой периодичности получения информации.

Напомним, что в порядке предпочтения способы контроля целесообразно расположить следующим образом:

- непрерывные измерения контролируемого параметра измерительным прибором без участия человека – **автоматический метод** измерения (приборный метод);

- периодическое измерение в отобранной пробе сырья, полуфабриката или готовой продукции (обработка пробы оператором перед измерениями не производится) – **экспресс-метод**;

- периодическое измерение в отобранной пробе сырья, полуфабриката или готовой продукции, когда в процессе измерения проба проходит многоступенчатую обработку (термостатирование, обработку химическими реактивами, центрифугирование и т. п.) – **лабораторный метод** измерения;

- периодическое измерение в отобранной пробе сырья, полуфабриката или готовой продукции путем сравнения с набором стандартных образцов контролируемого параметра, например, оценка цвета с помощью цветовой линейки – **метод сравнения с образцом**;

- периодическая органолептическая оценка показателей качества в отобранной пробе, выраженная в баллах – **органолептический метод**.

Автоматический метод контроля определяет необходимость выбора прибора по его метрологическим характеристикам. Диапазон измерения прибора выбирается таким образом, чтобы он был не менее чем на 10 % шире диапазона предельных значений ($z_{\max} \dots z_{\min}$), определенных для контролируемого параметра в табл. 1.2. Возможен выбор прибора с диапазоном измерения, существенно (до 10 раз) превышающим диапазон ($z_{\max} \dots z_{\min}$). В этом случае следует учесть, что погрешность измерения значительно возрастает.

Выбор прибора по точности связан с оценкой предельного значения погрешности результата измерения выбранным методом или прибором в заданных условиях ($\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}}$). Прибор подходит по точности измерения, если выполняется условие

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} \leq \Delta_{\text{доп}} , \quad (3.1)$$

где $\Delta_{\text{доп}} = \delta z_i$ – допустимая в технологическом процессе погрешность – численное значение отклонения измеренного значения от действительного значения контролируемого параметра, допускаемое в технологическом процессе.

Если в паспорте на прибор приведена только основная погрешность в абсолютном виде Δ_0 , без упоминания о дополнительных погрешностях, то

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \Delta_0 . \quad (3.2)$$

Это положение сохраняется в случае использования прибора в условиях, при которых колебания факторов окружающей среды (температура, давление, напряжение питания сети и т. п.) остаются в пределах, указанных в паспорте на прибор.

Если имеются указания о дополнительных погрешностях прибора, то при его эксплуатации в условиях, отличных от нормальных, предельное значение погрешности измерения определяется по формуле

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = 1,1 \sqrt{\Delta_0^2 + \sum_{i=1}^n H_i^2} , \quad (3.3)$$

где Δ_0 – основная погрешность прибора; H_i – дополнительная погрешность от i -го влияющего фактора.

Если погрешность прибора задана в виде приведенной погрешности γ_0 (%), то абсолютное значение основной погрешности может быть найдено из выражения

$$\Delta_0 = \frac{\gamma_0 \cdot X_N}{100} , \quad (3.4)$$

где X_N – нормирующее значение, обычно равное размаху измерения прибора.

Если в паспорте прибора указана относительная погрешность Δ_0 (%), то максимальное значение $\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}}$ находится из выражения

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \frac{\delta_0 \cdot z_{\text{max}}}{100}, \quad (3.5)$$

где z_{max} – максимальное значение измеряемого параметра в ТП.

Если в паспорте отдельно указаны значения систематической (Δ_0) и случайной (s_{Δ}) составляющих основной погрешности, то предельное значение основной погрешности для всех приборов этого типа находится по формуле

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \pm(\Delta_0 + t_p \cdot s_{\Delta}), \quad (3.6)$$

где t_p – коэффициент, зависящий от принятой вероятности ошибки. Для наиболее часто используемой в пищевой промышленности вероятности $P = 0,95$, коэффициент $t_p = 2$.

Предельная погрешность измерения конкретным прибором может быть существенно меньше, если экспериментально определить значение систематической составляющей (Δ_0) данного экземпляра прибора и ввести поправку в результат измерения. В этом случае

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \pm t_p \cdot s_{\Delta}. \quad (3.7)$$

Пример использования такого метода приведен в прил. 6.

Приборный метод является непрерывным методом контроля, позволяющим получить информацию о численном значении параметров в любой момент времени, что априори обеспечивает необходимое условие периодичности измерений

$$\Delta\tau_{\text{М}} \leq \Delta\tau_{\text{из}}, \quad (3.8)$$

где $\Delta\tau_{\text{М}}$ – периодичность измерения, которую обеспечивает прибор или метод; $\Delta\tau_{\text{из}}$ – допустимый максимальный период между измерениями параметра в технологическом процессе.

Если не найден приборный метод контроля интересующего нас показателя, то следует попытаться подобрать экспресс-метод. Для вновь выбранного метода необходимо оценить его точность и выполнение условия (3.1), а затем значение периодичности измерения при выбранном методе и его соответствие условию (3.8). При проведении измерения экспресс-методом, кроме процедуры определения значения

параметра по прибору, предусмотрена процедура отбора пробы или выборки из контролируемой партии. Предельное значение погрешности определения значения контролируемого параметра в пробе $\Delta_{пр}^{из}$ будет определяться погрешностью, указанной в документации на прибор. В том случае, если в описании методики отбора пробы предусмотрены операции, исключающие случайные существенные отклонения истинных значений измеряемого параметра в отдельных пробах данной партии, например, при измерении характеристик молока должно быть предусмотрено тщательное перемешивание с целью получения однородности партии.

Если при подготовке пробы невозможно гарантировать существенные случайные отклонения истинных значений измеряемой величины в отдельных пробах, то методикой измерения должен быть предусмотрен отбор выборки (n проб из данной партии) по определенной схеме. Проводятся приборные измерения контролируемого параметра в n пробах данной выборки и определяется среднее значение результата, а также расхождение между результатами n измерений в пробе.

Достоверность результатов оценки численного значения параметра в партии в этом случае определяется основной погрешностью прибора Δ_0 , а также случайной составляющей погрешности, которая зависит от среднеквадратического отклонения истинных значений параметра от среднего значения для всей партии (см. пример измерения массы полутуш в прил. б).

При оценке погрешности контроля экспресс-методом следует учитывать время, необходимое на отбор и доставку пробы (5–20 мин), а также время, необходимое на проведение измерений.

Если невозможно применить приборный или экспресс-метод измерения, переходят к подбору лабораторного метода. При этом также необходимо обеспечить требуемую точность измерения параметра при выполнении условия (3.1), и периодичность его измерения при выполнении условия (3.8).

Лабораторный метод – это совокупность последовательных действий оператора-лаборанта по отбору и обработке пробы, в процессе которых используется целый ряд вспомогательных приборов и оборудования. На каждом из этапов выполнения методики может вноситься погрешность в результат измерения. В описаниях лабораторных методов измерения погрешность метода при измерениях в одной пробе может быть задана:

- суммарной погрешностью, выраженной в абсолютной форме $\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}}$;
- средней квадратичной погрешностью измерений s_{Δ} ;
- значением максимального допустимого расхождения d между результатами n измерений в пробе либо в n пробах, взятых из одной партии.

В первом случае можно оценить, подходит ли метод для измерения в одной пробе по точности непосредственно по неравенству (3.1). Второй и третий варианты задания погрешности предполагают преобладание случайной погрешности, возникающей от случайных отклонений характеристик в различных пробах, взятых из одной партии, или случайных ошибок в процессе подготовки и обработки пробы.

При втором способе задания погрешности метода предельная погрешность результата измерения может быть найдена из выражения

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = t_p \frac{s_{\Delta}}{\sqrt{n}}, \quad (3.9)$$

где n – число измерений в одной пробе или в n пробах одной партии, по которому был получен результат многократных измерений; t_p – коэффициент, зависящий от вероятности, с которой получен результат.

При третьем способе задания погрешности метода предельная погрешность результата измерения может быть приближенно найдена из выражения

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = 3 \frac{d}{Q\sqrt{n}}, \quad (3.10)$$

где Q – коэффициент, зависящий от числа измерений и доверительной вероятности P , с которой находится $\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}}$.

Некоторые значения Q для $P = 0,95$ приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Параметры	Значения					
	2	3	4	5	6	10
Q	2,77	3,31	3,63	3,86	4,03	4,47

Оценка периодичности лабораторных измерений должна учитывать затраты времени:

- необходимые для отбора и доставки пробы, что диктуется производственными условиями и может составлять 5–20 мин;

– на обработку пробы и проведение измерений с учетом параллельных измерений. Это время обычно указывается в описании метода и может достигать нескольких часов.

После определения $\Delta\tau_m$ производится оценка пригодности метода по формуле (3.8).

Если отсутствует удовлетворяющий требованиям технологического процесса лабораторный метод измерения контролируемого параметра, то приходится прибегать к более грубым методам оценки значения параметров. К таким методам оценки относятся метод сравнения с образцом и органолептический метод оценки параметра. Общим для этих методов является то, что диапазон возможных значений параметра разбивается на несколько уровней числовой оценки. Пример такой операции приведен в табл. 1.1. Отнесение значения параметра к тому или иному уровню целиком зависит от субъективного восприятия оператором данной характеристики в пробе. Численные значения оценки выражаются в баллах.

Различие между органолептическим методом и методом сравнения со стандартным образцом состоит в следующем. При органолептическом методе отличительные особенности каждого уровня оценки параметра описываются словесно. Метод сравнения с образцом предполагает наличие для каждого уровня значения параметра физического шаблона (рисунок, макет, слайд и т. п.), демонстрирующего вид, размер пробы продукции, соответствующие данному уровню оценки параметра, например, рисунки образцов пористости хлеба должны отличаться размером и количеством пор на срезе хлебного мякиша.

Ошибка, с которой оценивается значение параметра методом сравнения со стандартным образцом, будет определяться количеством образцов в диапазоне варьирования параметра, а также способностью оператора уловить различие между уровнями параметра, установленными набором стандартных образцов и пробой продукции. При органолептическом методе к указанной выше ошибке будет добавляться разное толкование (понимание) словесных описаний различных уровней показателя качества.

Если в процессе анализа технологического процесса для численной оценки параметра выбран метод сравнения или органолептический метод, то необходимо предложить число уровней оценки и дать описание признаков каждого уровня. Требование по точности оценки $\Delta z_i = 0,1(\Delta z_{i \max} - \Delta z_{i \min})$ может быть обеспечено, если в диапа-

зоне изменения контролируемого параметра Δz_i десять уровней оценки параметра. Большое число уровней оценки приведет к увеличению случайной составляющей погрешности вследствие ошибок оператора.

Методы сравнения с образцом и органолептический метод являются периодическими методами оценки, для них необходимо определить Δt_M как суммарное время, затрачиваемое на отбор и подготовку пробы, а также на проведение оценки. Для выбранного метода должно выполняться условие (3.8).

В объем подготовки информационного обеспечения входит также определение необходимости и количества дополнительных измерений контролируемого параметра в нескольких пробах (выборке), взятых из одной партии сырья. Дополнительные измерения необходимо проводить для числовой оценки однородности партии сырья по данному показателю качества. В этом случае пробы берутся в разных местах партии и разность результатов измерений отдельных проб определяет размах R – характеристику неоднородности. Дополнительные измерения проводятся и для получения осредненного числового значения параметра по совокупности измерений нескольких проб из одной партии (пример см. в прил. 6).

Каждый студент выбирает для выполнения лабораторной работы по согласованию с преподавателем по одному параметру из выбранного ранее перечня неуправляемых, управляющих воздействий, а также показателей качества. Выбор параметров осуществляется таким образом, чтобы они относились к разным физическим величинам и для их измерения применялись различные методы измерений.

Подробно описывается метод измерения для конкретного параметра, учитывая особенности и условия проведения измерений.

В случае применения органолептического метода составляется таблица балльных оценок.

Составляется таблица информационного обеспечения (пример – таблица прил. 6).

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

– информацию о требованиях, предъявляемых к анализируемым параметрам со стороны ТП;

- краткое описание производственной ситуации на том участке, на котором осуществляется измерение параметров (условия измерения);
- обоснование выбора методов и приборов измерения или оценки для заданных параметров ТП;
- разработка шкалы оценок в баллах для метода сравнения с образцом или метода органолептической оценки параметров;
- описание методики отбора пробы при измерениях анализируемого параметра;
- обоснование необходимости проведения дополнительных и параллельных измерений анализируемого параметра;
- таблица информационного обеспечения для заданной группы параметров ТП в форме таблицы (см. прил. 6).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Обработка результатов экспериментального исследования технологического процесса

Общие положения

Если имеется возможность работать непосредственно на изучаемом объекте (технологическом процессе), то для исследования объекта планируется и проводится эксперимент, и по выбранной методике обрабатываются его результаты. Для пищевых производств план эксперимента, как правило, сочетает пассивные и активные методы исследования объекта. В результате эксперимента получают статистические данные по отклонению от номинальных значений показателей качества готового продукта z_i ($i = 1 \dots n$) в различных производственных ситуациях, которые характеризуются численным значением возмущений x_γ ($\gamma = 1 \dots m$) и y_j ($j = 1 \dots k$) в каждом из исследуемых режимов. Под режимом следует понимать измерение всей номенклатуры параметров в одной производственной ситуации.

При проведении эксперимента объект исследования должен представлять собой налаженный технологический процесс, который обеспечивает выпуск продукта, удовлетворяющего требованиям нормативной документации. Измерение значений факторов процесса должно проводиться средствами, обеспечивающими минимальную возможную погрешность, например по арбитражным методикам, а там, где это возможно, должны применяться приборы с функцией архивации данных. Для уменьшения трудоемкости экспериментального исследования технологического процесса можно воспользоваться методикой планирования эксперимента.

При подготовке эксперимента определяют предварительную номенклатуру контролируемых параметров, периодичность измерений, количество режимов, продолжительность эксперимента из условия получения результатов максимально возможного диапазона изменения каждой из переменных z_i , x_γ и y_j и составляют график проведения эксперимента.

При выборе общей продолжительности эксперимента для пищевых производств следует учитывать наличие сезонных колебаний характеристик сырья, суточных и сезонных колебаний характеристик энергоносителей, параметров окружающей среды, а также изменение

характеристик оборудования в процессе эксплуатации, связанное, например, с появлением накипи на теплообменниках, последствиями санитарной обработки оборудования и т. д. Отсюда следует, что общая продолжительность экспериментального исследования процесса должна быть не менее года. Равномерное распределение исследуемых режимов во времени в этом случае нецелесообразно. Опыты следует проводить сериями, учитывая изменение производственной или технологической ситуации, например, по сезонам года.

После составления графика проведения эксперимента приступают к измерениям факторов. Собранные при проведении эксперимента данные об изменениях факторов z_i , x_γ и y_j обрабатываются с целью выявления действительных значений z_{i0} , $x_{\gamma 0}$, y_{j0} , $\pm\Delta z_{i \max}$, $\pm\Delta x_{\gamma \max}$, $\pm\Delta y_{j \max}$ и других показателей. При обработке данных эксперимента с целью снижения трудоемкости можно воспользоваться стандартными программами математической статистики, входящими в программное обеспечение ПК.

Основным критерием включения в номенклатуру контролируемых параметров того или иного возмущения x_γ и y_j является степень его влияния хотя бы на один показатель качества z_i при реально возможных для данного предприятия отклонениях $\pm\Delta x_{\gamma \max}$, $\pm\Delta y_{j \max}$. Поэтому в алгоритм анализа объекта экспериментальными методами включена процедура оценки влияния каждой характеристики x_γ и y_j на каждый показатель качества z_i . Для оценки влияния рассматривают зависимости вида $z_i = f(x_\gamma, y_j)$ (в форме линейной математической модели

$$z_i = a_{0i} + \sum_{\gamma=1}^m a_{\gamma i} x_\gamma + \sum_{j=1}^k b_{ji} y_j, \quad (4.1)$$

где $a_{\gamma i}$ и b_{ji} – коэффициенты линейной регрессии, определяющие степень влияния факторов x_γ и y_j на показатель качества z_i .

С учетом сделанных допущений об отсутствии взаимной корреляции факторов процесса можно оценить степень влияния каждого из воздействий на каждый показатель качества.

Используя результаты эксперимента, определяют коэффициенты регрессии $a_{\gamma i}$ и b_{ji} для каждого показателя качества по методу наименьших квадратов. На каждый показатель качества z_i в пассивном эксперименте одновременно влияет множество воздействий как учтенных в эксперименте x_γ и y_j , так и неучтенных, поэтому степень

влияния каждого воздействия может быть оценена как доля общей дисперсии данного показателя качества.

Для оценки влияния воздействия на каждый показатель качества z_i общую дисперсию σ_i^2 показателя можно представить в виде

$$\sigma_i^2 = \sigma_{in}^2 + \sigma_{iy}^2 + \sigma_{ig}^2, \quad (4.2)$$

где $\sigma_{in}^2 = \sum_{\gamma=1}^m a_{\gamma i}^2 \cdot \sigma_{\gamma}^2$ – дисперсия показателя качества, обусловленная

влиянием неуправляемых возмущающих воздействий;

$\sigma_{iy}^2 = \sum_{j=1}^k b_{ji}^2 \cdot \sigma_j^2$ – дисперсия показателя качества, обусловленная

влиянием управляющих возмущающих воздействий; σ_{ig}^2 – дисперсия показателя качества, характеризующая влияние неучтенных воздействий.

Значения величин σ_i^2 , σ_{γ}^2 и σ_j^2 определяются при обработке результатов эксперимента по уравнениям вида

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{l=1}^N (z_e - m_i)^2}{N-1}, \quad (4.3)$$

где N – число исследованных режимов процесса; z_e – значение рассматриваемого параметра, полученное в l -м эксперименте; m_i – математическое ожидание рассматриваемого параметра, которое представляется зависимостью

$$m_i = \frac{\sum_{l=1}^N z_e}{N}. \quad (4.4)$$

Из формул (4.2) и (4.3) следует, что влияние каждого воздействия x_{γ} и y_j на данный показатель качества характеризуется величиной $a_{\gamma i}^2 \cdot \sigma_{\gamma}^2$ или $b_{ji}^2 \cdot \sigma_j^2$, а степень влияния неучтенных в эксперименте воздействий – величиной σ_{ig}^2 .

Следует также отметить, что значения коэффициентов $a_{\gamma i}$ или b_{ji} получены на основании ограниченной выборки (ограниченного объема экспериментальных данных) и могут отличаться от истинного значения. Поэтому оценки степени влияния учтенных и неучтенных факторов на показатели качества являются приближенными, кроме того,

объективность этих оценок определяется проверкой адекватности модели. Проверка адекватности проводится при выполнении лабораторной работы № 5.

Содержание работы

При выполнении данной работы каждый студент составляет таблицу экспериментального исследования своего технологического процесса (примеры в прил. 2, табл. 1–6).

Численные значения параметров, полученные при экспериментальном исследовании объекта, обрабатываются с помощью программы *ozenka* (прил. 4), которая содержит элементы математической статистики и регрессионного анализа параметров. Целью обработки результатов эксперимента данной программой является получение значений математического ожидания m_i , дисперсий $\sigma_{i_g}^2$, σ_{γ}^2 , σ_j^2 , по уравнениям (4.3) и (4.4), а также реального диапазона отклонения значения параметров (Δ_{\max} , Δ_{\min}) для каждого параметра.

Значения x_{γ} , y_j , z_i обрабатываются с использованием методов регрессии с целью получения численных оценок коэффициентов линейной регрессии $a_{\gamma i}$, $b_{j i}$, а также весовых оценок $a_{\gamma i}^2 \cdot \sigma_{\gamma}^2$, $b_{j i}^2 \cdot \sigma_j^2$ и $\sigma_{i_g}^2$ по уравнениям (4.2) и (4.3) для каждого сочетания переменных.

Результаты эксперимента по данному показателю качества считаются неадекватными процессу, если доля влияния неучтенных факторов σ_{i_g} превышает 50 % от суммарной дисперсии. Воздействие x_{γ} и y_j на данный показатель качества z_i исключается из рассмотрения, если весовая оценка $a_{\gamma i}^2 \cdot \sigma_{\gamma}^2$ и $b_{j i}^2 \cdot \sigma_j^2$ не превышает 1 % суммарной дисперсии σ_i .

После оценки степени влияния фактора x_{γ} и y_j на z_i может быть откорректирована сводная таблица данных исследования технологического процесса (лабораторная работа № 1).

Оформление отчета

В отчете приводятся:

- краткое описание постановки задачи эксперимента и условий его проведения;
- статистические данные, подлежащие обработке и комментарии к ним;

- методика обработки данных, полученных при эксперименте;
- результат обработки данных;
- анализ результатов обработки данных и рекомендации по организации повторного эксперимента либо по корректировке номенклатуры воздействий x_γ и y_j и (или) пределов варьирования переменных $\pm\Delta z_i, \pm\Delta x_\gamma, \pm\Delta y_j$ (табл. 1.2).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Моделирование режимов технологического процесса на основе результатов пассивного эксперимента (регрессионная модель)

Общие положения

Основной частью математического и программного обеспечения АСУ, предназначенного для управления качеством в технологическом процессе, является модель процесса, определяющая взаимосвязь между показателями качества z_i и факторами x_γ и y_j , влияющими на эти показатели.

Наиболее предпочтительной с точки зрения адекватности является аналитическая модель. Однако такая модель может быть получена лишь для некоторых процессов. Например, модель процесса смешивания нескольких компонентов с целью получения смеси заданного состава (приготовления колбасного фарша, нормализация молока по жиру и СОМО и т. п.) может быть получена преобразованием уравнений материального баланса.

Когда построение аналитической модели невозможно, основным источником информации для построения математической модели технологических процессов пищевых производств является экспериментальное исследование объекта. Поэтому целесообразно в качестве модели использовать эмпирическую зависимость вида

$$z_i = f(x_\gamma, y_j), \quad (5.1)$$

где $i = 1 \dots n$, $\gamma = 1 \dots m$, $j = 1 \dots k$.

Для определения таких зависимостей можно использовать процедуры множественного регрессивного анализа. В данной работе для решения поставленной задачи предполагается использовать метод наименьших квадратов. На первом этапе моделирования объекта выдвигается гипотеза линейной зависимости показателей качества от влияющих факторов. По результатам экспериментального исследования объекта, оформленным в виде отдельной таблицы по каждому показателю качества (z_i), формируется матрица результатов наблюдений

$$\begin{vmatrix}
x_{11} & x_{21} & \dots & x_{j1} & \dots & x_{m1} & y_{11} & y_{21} & \dots & y_{j1} & \dots & y_{k1} & z_{i1} \\
x_{12} & x_{22} & \dots & x_{j2} & \dots & x_{m2} & y_{12} & y_{22} & \dots & y_{j2} & \dots & y_{k2} & z_{i2} \\
\dots & \dots \\
x_{1l} & x_{2l} & \dots & x_{jl} & \dots & x_{ml} & y_{1l} & y_{2l} & \dots & y_{jl} & \dots & y_{kl} & z_{il} \\
\dots & \dots \\
x_{1N} & x_{2N} & \dots & x_{jN} & \dots & x_{mN} & y_{1N} & y_{2N} & \dots & y_{jN} & \dots & y_{kN} & z_{iN}
\end{vmatrix}, (5.2)$$

где N – число опытов в эксперименте.

Задача анализа состоит в построении уравнения такой гиперплоскости в M -мерном пространстве, где $M = m + k$, отклонения результатов наблюдений x_{yi} и y_{ji} от которой были бы минимальными. То есть следует вычислить значения коэффициентов регрессии $a_0, a_1, \dots, a_m, b_0, b_1, \dots, b_k$ в линейном полиноме

$$\hat{z} = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_m x_m + b_1 y_1 + \dots + b_k y_k, \quad (5.3)$$

исходя из условия

$$\begin{aligned}
& \sum_{\ell=1}^N (z_{\ell} - \hat{z}_{\ell})^2 = \\
& = \sum_{l=1}^N [z_{\ell} - (a_0 + a_1 x_{1\ell} + \dots + a_m x_{m\ell} + b_1 y_{1\ell} + \dots + b_k y_{k\ell})]^2 \rightarrow \min, \quad (5.4)
\end{aligned}$$

где \hat{z} – вычисляемое значение показателя качества.

Для отыскания минимума выражения (5.4) необходимо найти частные производные по всем неизвестным $a_0, a_1, \dots, a_m, b_1, \dots, b_k$ и приравнять их нулю. В результате получим систему уравнений, после решения которой находим полином первой степени вида (5.3) с известными коэффициентами регрессии $a_0, a_1, \dots, a_m, b_1, \dots, b_k$. Этот полином является линейной аппроксимацией функции (5.1) для одного из показателей качества z_j .

Для решения этой задачи, предлагается использовать программу *model06* (прил. 5).

После определения коэффициентов регрессии необходимо провести проверку адекватности модели вида (5.3) реальному объекту.

Неадекватность модели может быть обусловлена следующими основными причинами:

- недостоверностью или недостаточным объемом экспериментальных данных;
- существенной нелинейностью функциональной зависимости (5.1), вследствие чего гипотеза линейной аппроксимации может привести к большой погрешности результата.

Качество аппроксимации экспериментальных данных с помощью уравнений вида (5.3) можно оценить по критерию Фишера F . Для этого при отсутствии параллельных опытов и дисперсии воспроизводимости необходимо сравнить остаточную дисперсию $\sigma_{\text{ост}}^2$ и дисперсию относительно среднего σ_z^2

$$F = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_{\text{ост}}^2}. \quad (5.5)$$

Величина σ_z^2 вычисляется в соответствии с выражением

$$\sigma_z^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2}{N-1}, \quad (5.6)$$

где $\bar{z} = \sum_{i=1}^N \frac{z_i}{N}$ – среднее значение показателя качества для N режимов.

Остаточная дисперсия $\sigma_{\text{ост}}^2$ определяется из зависимости

$$\sigma_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{z}_i - z_i)^2}{N - (m + k + 1)}. \quad (5.7)$$

Таким образом, критерий Фишера показывает, во сколько раз уменьшается рассеяние относительно полученного уравнения регрессии по сравнению с рассеянием относительно среднего.

Чем больше рассчитанное значение F превышает критическое $F_{\text{кр}}(f_1, f_2)$ для выбранного уровня значимости α и чисел степеней свободы $f_1 = N - 1$ и $f_2 = N - (m + k + 1)$, тем эффективнее принятое уравнение регрессии и, следовательно, адекватность модели подтверждается.

После завершения расчетов и проверки адекватности модели формируется система уравнений вида

$$\begin{cases} z_1 = a_{01} + a_{11}x_1 + \dots + a_{\gamma 1}x_{\gamma} + \dots + a_{m1}x_m + b_{11}y_1 + \dots + b_{j1}y_j + \dots + b_{k1}y_k \\ \dots \\ z_i = a_{0i} + a_{1i}x_1 + \dots + a_{\gamma i}x_{\gamma} + \dots + a_{mi}x_m + b_{1i}y_1 + \dots + b_{ji}y_j + \dots + b_{ki}y_k \\ \dots \\ z_n = a_{0n} + a_{1n}x_1 + \dots + a_{\gamma n}x_{\gamma} + \dots + a_{mn}x_m + b_{1n}y_1 + \dots + b_{jn}y_j + \dots + b_{kn}y_k \end{cases} \quad (5.8)$$

Если модель неадекватна, может быть выдвинута гипотеза нелинейной зависимости, например, вида

$$z = a_0 x_1^{a_1} \dots x_m^{a_m} y_1^{b_1} \dots y_k^{b_k}, \quad (5.9)$$

и снова осуществляется расчет коэффициентов.

Содержание работы

Каждый студент составляет таблицу результатов экспериментального исследования своего технологического процесса. По результатам анализа объекта (лабораторная работа № 1) и результатам оценки влияния факторов (лабораторная работа № 4) проводится корректировка объема и структуры статистического материала.

После корректировки, используя программу *model06*, следует провести определение численного значения коэффициентов уравнений линейной регрессии вида (5.8) и проверить адекватность модели по критерию Фишера.

Порядок подготовки исходных данных и пользования программой *model06* изложен в комментариях к программе (прил. 5).

После завершения обработки по программе на экран дисплея выводятся численные значения коэффициентов линейной регрессии $a_{i\gamma}$ и b_{ij} для всех $i = 1 \dots n$, $\gamma = 1 \dots k$ и $j = 1 \dots m$, а также численное значение критерия Фишера F .

По прил. 1, табл. 2 определяют критическое значение Фишера $F_{кр}$ для $\alpha = 0,95$, $f_1 = N - 1$ и $f_2 = N - (m + k + 1)$. При $F > F_{кр}$ адекватность модели подтверждается. Для проверки модели также используют исходные данные отдельной, произвольно выбранной строки таб-

лицы результатов экспериментального обследования ТП для проверки абсолютной погрешности расчета по модели значения \hat{z}_i . Для такой проверки после запроса программы *model06* вводят значения x_j и y_j из выбранной строки указанной таблицы. Вычисленное по модели значение \hat{z}_i сравнивают со значением экспериментально полученного значения $z_{iэ}$, взятого из той же строки таблицы. Значение $\delta_i = \hat{z}_i - z_{iэ}$ определяет абсолютную ошибку расчета по модели для данного режима.

Оформление отчета

В отчете приводятся:

- краткое обоснование способа моделирования и условий использования модели;
- статистические данные, подлежащие обработке, и комментарии к ним;
- методика обработки исходных данных с целью получения коэффициентов модели;
- результаты обработки данных;
- методика и результаты проверки адекватности модели, а также результаты оценки погрешности результатов расчетов с использованием модели;
- анализ результатов моделирования и предложения о порядке дальнейшей работы с моделью.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Статистические таблицы

Таблица 1

Значения квантилей для критерия χ^2 в зависимости от числа степеней свободы f и вероятности α

f	$1 - \alpha = 0,005$	$1 - \alpha = 0,01$	$1 - \alpha = 0,002$	$1 - \alpha = 0,05$
1	7,88	6,63	5,41	3,84
2	10,59	9,21	7,82	5,99
3	12,84	11,35	9,84	7,81
4	14,86	13,28	11,67	9,49
5	16,75	15,09	13,39	11,07
6	18,19	16,81	15,03	12,59
7	20,28	18,48	16,62	14,07
8	21,96	20,09	18,17	14,79
9	23,59	21,67	19,68	16,92
10	25,19	23,21	21,16	18,31
11	26,76	24,73	22,62	18,99
12	28,30	26,22	24,05	21,03
13	29,82	27,69	25,47	22,36
14	31,32	29,14	26,87	23,69
15	32,80	30,58	28,26	24,99
16	34,27	32,00	29,63	26,69
17	35,72	33,41	30,99	27,59
18	37,16	34,81	32,35	28,87
19	38,58	36,19	33,69	30,14
20	39,99	37,57	35,02	31,41
21	41,40	38,93	36,34	32,67
22	42,47	40,29	37,66	33,92
23	44,18	41,64	38,97	35,17
24	45,56	42,98	40,27	36,42
25	46,93	44,31	41,57	37,63
26	48,29	45,64	42,86	38,89
27	49,65	46,96	44,14	40,11
28	50,99	48,20	45,42	41,34
29	52,34	49,59	46,69	42,56
30	53,67	50,89	47,96	43,77

Таблица 2

Значения квантилей $V^2_{1-\alpha}$ (критерий Фишера F) при вероятности $\alpha = 0,95$ в зависимости от числа степеней свободы f_1 – для большей дисперсии и f_2 – для меньшей дисперсии

f_2	f_1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18,50	19,00	19,20	19,20	19,30	19,30	19,40	19,40	19,40	19,40
3	10,10	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79
4	7,71	6,69	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35
9	5,12	4,26	3,84	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83
f_2	f_1									
	11	12	13	14	15	18	20	24	30	
1	248	254	245	245	246	247	248	249	250	
2	19,50	19,50	19,42	19,43	19,43	19,44	19,45	19,46	19,46	
3	8,66	8,53	8,73	8,71	8,7	8,67	8,66	8,64	8,62	
4	5,80	5,63	5,89	5,87	5,86	5,82	5,8	5,77	5,72	
5	4,56	4,36	4,66	4,64	4,62	4,58	4,56	4,53	4,49	
6	3,87	3,67	3,99	3,96	3,94	3,89	3,87	3,84	3,8	
7	3,44	3,22	3,55	3,53	3,51	3,47	3,44	3,41	3,38	
8	3,15	2,93	3,26	3,24	3,22	3,17	3,15	3,12	3,08	
9	2,94	2,71	3,05	3,03	3	2,96	2,94	2,9	2,86	
10	2,77	2,54	2,89	2,86	2,85	2,79	2,77	2,74	2,7	
20	2,12	1,84	2,25	2,23	2,2	2,15	2,12	1,52	1,46	
∞	1,57	1	1,72	1,69	1,66	1,6	1,57	1,52	1,46	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблицы экспериментального обследования технологического процесса

Таблица 1

Процесс дефростации говядины

№ режима	Характеристики сырья		Параметры процесса			Показатели качества	
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Z_1	Z_2
1	128	-13	14,0	79	40	0,75	3,10
2	78	-15	14,0	79	26	2,80	1,60
3	113	-8	14,0	76	36	1,08	3,00
4	34	-3	13,2	79	20	3,10	1,70
5	102	-10	13,2	91	26	1,80	1,90
6	92	-12	13,2	91	26	2,10	1,75
7	72	-14	13,2	91	26	2,40	1,70
8	70	-13	13,2	91	26	2,40	1,70
9	92	-12	10,8	88	30	2,20	1,90
10	99	-10	10,8	88	30	2,00	2,02
11	95	-10	10,8	88	30	2,04	2,03
12	95	-16	14,2	95	25	2,05	1,50
13	101	-12	14,2	95	25	1,70	1,80
14	114	-7	14,2	95	30	0,80	2,60
15	122	-3	14,3	95	25	0,90	2,30
16	51	-12	14,2	92	25	2,40	1,80
17	94	-8	16,2	92	23	1,50	2,00
18	68	-9	16,2	92	23	1,85	1,99
19	47	-6	16,2	92	23	1,90	2,20
20	81	-7	16,3	97	28	0,90	2,70

Примечание. X_1 – средняя масса туши до дефростации, кг; X_2 – начальная температура внутри туши, °С; Y_1 – температура энергоносителя в камере, °С; Y_2 – влажность энергоносителя в камере, %; Y_3 – время дефростации, ч; Z_1 – потери массы туши, %; Z_2 – температура внутри туши после дефростации, °С.

Таблица 2

Процесс дефростации свинины

№ режима	Характеристики сырья			Параметры процесса			Показатели качества	
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Z_1	Z_2
1	47,0	2,5	-13	13,4	95	25,0	2,4	1,6
2	72,0	4,5	-13	13,4	95	25,0	2,1	1,9
3	49,3	4,0	-4	13,4	95	25,0	1,9	3,7
4	52,0	4,5	-3	13,4	95	20,0	2,4	3,7
5	41,0	2,8	-8	13,4	95	25,0	2,2	2,7
6	98,0	4,5	-3	13,4	95	25,0	1,2	4,6
7	41,5	4,0	-13	14,8	80	24,0	2,2	2,6
8	42,7	2,5	-2	14,8	80	24,0	1,6	5,3
9	44,5	3,0	-3	14,8	80	24,0	1,6	5,0
10	52,0	4,5	-12	16,0	81	22,5	2,6	2,9
11	44,0	3,0	-10	16,0	81	22,5	2,5	3,3
12	67,0	4,5	-8	16,0	81	22,5	2,1	4,1
13	44,3	2,5	-7	16,0	81	22,5	2,4	4,0
14	34,5	3,0	-2	16,0	81	22,5	2,2	5,1
15	66,0	4,5	-8	16,0	81	22,5	2,2	4,1
16	48,0	4,5	-12	16,0	81	22,5	2,6	2,9
17	44,7	3,0	-4	16,8	90	24,0	2,6	4,3
18	56,0	4,0	-3	16,8	90	24,0	2,4	4,7
19	42,0	4,5	-8	16,8	90	24,0	2,9	3,3
20	45,0	3,0	-2	16,8	90	24,0	2,5	4,8

Примечание. X_1 – средняя масса туши до дефростации, кг; X_2 – толщина шпига туши, см; X_3 – начальная температура внутри туши, °С; Y_1 – температура энергоносителя в камере, °С; Y_2 – температура энергоносителя в камере, %; Y_3 – время дефростации, ч; Z_1 – потери массы туши, %; Z_2 – температура внутри туши после дефростации, °С.

Таблица 3

Процесс термообработки вареных колбас

№ режима	Характеристики сырья				Параметры процесса					Показатели качества		
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Z_1	Z_2	Z_3
1	62,4	2,2	12,5	10,9	90	28	85	95	115	64,3	2,17	7,2
2	64,0	2,34	12,8	23,8	88	38	83	93	105	68,3	2,34	6,3
3	64,2	1,76	12,9	20,3	92	36	85	94	115	62,3	1,75	6,1
4	72,5	1,60	13,1	13,2	91	39	86	93	125	60,3	1,58	5,5
5	62,3	1,40	12,4	19,8	90	50	88	90	105	59,5	1,41	6,8
6	60,2	1,76	12,5	10,4	88	31	82	88	115	66,4	1,76	7,1
7	63,3	2,05	12,9	14,1	89	48	83	90	110	63,6	2,00	6,4
8	63,1	2,16	13,7	13,0	90	51	88	91	115	65,0	2,16	4,8
9	64,8	2,43	13,4	12,2	88	50	87	92	110	67,2	2,43	5,7
10	69,1	2,36	13,0	10,1	90	50	88	90	110	66,1	2,36	6,8
11	60,0	2,22	12,2	15,0	92	51	87	89	125	63,2	2,22	7,3
12	65,5	2,13	13,2	16,2	90	45	88	87	110	57,8	1,57	5,9
13	67,3	2,21	12,3	18,7	88	50	85	90	115	65,1	2,0	6,1
14	70,0	2,03	14,3	14,3	91	50	87	91	115	62,2	1,9	5,8
15	61,3	1,84	12,7	12,3	88	49	82	88	112	67,3	1,84	6,9
16	63,2	1,75	12,8	14,0	89	48	82	91	111	63,5	1,98	6,8
17	72,0	1,61	13,4	13,1	90	38	87	92	123	59,3	1,55	5,6
18	64,6	2,42	13,1	12,4	87	50	86	91	109	67,1	2,41	5,7
19	68,5	2,21	13,8	13,4	90	51	88	91	116	65,3	2,14	4,9
20	65,1	2,14	13,3	16,1	89	46	89	87	111	58,2	1,62	5,8

Примечание. X_1 – содержание влаги в фарше, %; X_2 – содержание соли в фарше, %; X_3 – содержание белка в фарше, %; X_4 – содержание жира в фарше, %; Y_1 – температура режима «обжарка», °С; Y_2 – влажность режима «обжарка», %; Y_3 – температура режима «варка», °С; Y_4 – влажность режима «варка», %; Y_5 – длительность процесса термообработки, мин; Z_1 – содержание влаги в колбасе, %; Z_2 – содержание соли в колбасе, %; Z_3 – потери массы партии колбасных батонов, %.

**Процесс непрерывного сбивания
коровьего масла**

№ режима	Характеристики сырья		Параметры процесса			Показатели качества	
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Z_1	Z_2
1	43,5	13	1375	84,0	8,6	0,70	22,5
2	38,5	13	1300	85,7	8,4	0,73	23,3
3	35,0	18	1550	85,7	7,5	0,81	25,2
4	37,3	13	1400	85,7	8,2	0,75	24,0
5	39,5	15	1275	85,7	8,2	0,74	23,6
6	36,0	10	1500	81,4	7,4	0,73	25,5
7	36,0	15	1375	77,8	8,2	0,70	23,4
8	35,5	12	1150	84,0	8,1	0,73	24,1
9	35,0	18	1500	87,5	7,9	0,81	24,4
10	39,0	16	1300	85,7	8,7	0,74	22,4
11	40,0	14	1300	82,1	8,2	0,72	23,4
12	44,0	15	1050	89,3	8,6	0,73	22,6
13	38,0	15	1400	86,7	7,9	0,77	24,3
14	23,6	14	1450	85,7	7,9	0,81	25,3
15	39,0	14	1400	85,7	8,8	0,72	11,5
16	41,0	12	1275	92,9	7,95	0,78	24,6
17	38,0	14	1300	85,7	8,2	0,75	23,8
18	37,3	16	1470	84,0	8,6	0,74	22,7
19	42,0	15	1150	85,7	8,2	0,73	23,4
20	36,0	15	1400	86,0	8,2	0,77	24,0

Примечание. X_1 – жирность сливок, %; X_2 – кислотность сливок, °Т; Y_1 – частота вращения сбивателя, об/мин; Y_2 – частота вращения шнека, об/мин; Y_3 – расход сливок, м³/ч; Z_1 – жирность пахты, %; Z_2 – влажность масла, %.

Процесс термообработки хлеба

№ режима	Характеристики сырья		Параметры процесса			Показатели качества	
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Z_1	Z_2
1	36,0	6,0	70,0	9,0	240	47,0	63,58
2	37,5	4,0	87,0	8,5	250	47,1	60,73
3	39,0	2,5	90,0	9,5	243	47,2	61,6
4	35,5	5,2	75,0	10,0	235	39,2	62,36
5	33,5	6,2	90,0	9,0	235	47,0	63,75
6	38,0	2,0	77,0	6,5	245	34,3	69,30
7	34,5	5,4	80,0	10,0	245	38,4	63,70
8	36,0	2,3	92,0	7,5	240	41,0	61,60
9	35,0	5,0	83,0	11,0	240	39,9	62,89
10	39,8	8,6	91,0	11,5	245	44,6	67,20
11	30,2	3,5	90,0	10,0	240	36,2	61,87
12	36,5	2,2	60,0	7,0	250	39,8	61,62
13	38,0	3,5	98,0	11,0	245	41,5	62,70
14	32,0	6,2	79,0	9,0	230	33,6	63,56
15	36,0	9,0	81,0	9,0	233	34,9	65,30
16	35,2	6,0	96,0	9,0	237	40,7	63,90
17	35,0	4,0	98,0	10,0	235	38,5	61,95
18	31,4	5,7	89,0	7,0	250	38,4	74,20
19	35,3	6,7	90,0	6,5	255	40,5	74,60
20	33,2	3,2	85,0	8,5	245	38,6	70,30

Примечание. X_1 – влажность тестовой заготовки, %; X_2 – кислотность тестовой заготовки, °Т; Y_1 – влажность энергоносителя, %; Y_2 – скорость движения транспортера в печи, см/мин; Y_3 – температура энергоносителя на входе в печи, °С; Z_1 – влажность продукта, %; Z_2 – пористость, %.

Процесс термообработки шпротного полуфабриката

№ режима	Характеристики сырья		Параметры процесса				Показатели качества		
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Z_1	Z_2	Z_3
1	76,0	6,0	70	9,0	140	31	70,0	3,58	2,89
2	77,5	0,4	87	8,5	150	28	71,4	0,73	2,93
3	79,0	2,5	90	9,5	143	29	72,3	1,60	2,70
4	75,5	5,2	75	10,0	135	31	69,2	2,36	2,70
5	73,5	6,2	90	9,0	135	27	70,2	3,75	2,70
6	68,0	12,0	77	6,5	145	32	64,3	9,30	2,86
7	74,5	5,4	80	10,0	145	31	68,4	3,70	3,11
8	76,0	2,3	100	7,5	140	27	71,0	1,60	2,20
9	75,0	5,0	83	11,0	140	29	69,9	2,89	3,20
10	79,8	8,6	115	11,5	145	28	74,6	7,20	3,00
11	70,2	3,5	90	10,0	140	28	66,2	1,87	2,95
12	76,5	2,2	60	7,0	150	31	68,8	1,62	3,00
13	78,0	3,5	100	11,0	145	29	71,5	2,70	2,90
14	72,0	6,2	79	9,0	130	35	62,8	2,56	1,90
15	70,0	9,0	81	9,0	133	32	64,9	5,30	2,50
16	75,2	6,0	96	9,0	137	28	70,7	3,90	2,54
17	75,0	4,0	100	10,0	135	30	68,5	1,95	2,30
18	71,4	15,7	89	7,0	150	31	68,4	3,20	3,20
19	75,3	16,7	90	6,5	155	33	70,5	14,60	3,10
20	73,2	13,2	85	8,5	145	32	68,6	10,30	3,10

Примечание. X_1 – влажность полуфабриката, %; X_2 – жирность полуфабриката, %; Y_1 – масса рыбы, загруженной в вагонетку, кг; Y_2 – время стояния вагонетки (интенсивность движения продукта) в отсеке, мин; Y_3 – температура на выходе из зоны варки, %; Z_1 – влажность продукта, %; Z_2 – жирность продукта, %; Z_3 – соленость продукта, %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Программа *Expert2*

' *Expert2** (с) 2012 * НИУ ИТМО ИХиБТ, каф. АиАПП

```
'-----  
DECLARE SUB Init ()      'инициализация переменных  
DECLARE SUB StartScreen () 'стартовый экран  
DECLARE SUB InputData () 'ввод данных  
DECLARE SUB Calculate () 'расчет  
DECLARE SUB ShowResult () 'результаты на дисплей  
DECLARE SUB PrintResult () 'результаты на принтер  
DECLARE SUB EndProgram () 'завершение программы  
DECLARE SUB ShowInfo (Info$) 'информационная строка  
DECLARE SUB ErrorMessage () 'сообщение об ошибке при вводе  
DIM SHARED MaxM AS INTEGER 'максимальное количество факторов (индекс  
J)  
DIM SHARED MaxN AS INTEGER 'максимальное количество экспертов (индекс  
I)  
DIM SHARED MaxL AS INTEGER 'максимальное количество уровней оценки  
DIM SHARED MinusMaxL AS INTEGER 'ограничение по отриц. шкале оценок  
MaxM = 15: MaxN = 10: MaxL = 5: MinusMaxL = -5  
DIM SHARED M 'количество факторов  
DIM SHARED N 'количество экспертов  
DIM SHARED L 'количество уровней оценки (1 <= L <= MaxL)  
DIM SHARED MinusL 'MinusL = L - 2 * L  
DIM SHARED LC, RC, BlankStr$, ProgName$, CopyRight$  
DIM SHARED ScCode ' вид шкалы: 1 -/+, 2 +  
DIM SHARED KofKonk, KritPirs 'коэф. конкордации, критерий Пирсона  
DIM SHARED Q(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) AS INTEGER 'оценки экспертов  
DIM SHARED QV(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) 'скорректированные оценки экс-  
пертов  
DIM SHARED R(1 TO MaxM) 'сумма оценок каждого фактора  
DIM SHARED R1(1 TO MaxM) 'сумма скорректированных оценок  
DIM SHARED C(1 TO MaxM) 'ср. оценка каждого фактора всеми экспертами  
DIM SHARED Delta(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) 'ошибка оценки j-го фактора i-м  
экспертом  
DIM SHARED DeltaOneExp(1 TO MaxN) 'сумма ошибок i-го эксперта по всем  
факторам  
DIM SHARED V1(1 TO MaxN) 'коэффициент компетентности i-го эксперта по  
САЗ
```

Рис. 1. Текст программы *Expert2*

```

DIM SHARED SigmaOneExp(1 TO MaxN) 'среднеквадратичная ошибка i-го экс-
перта
DIM SHARED C1(1 TO MaxM) 'оценки факторов с коррекцией по компетентно-
сти (CA3)
DIM SHARED H(1 TO MaxM) 'энтропия распределения оценок
DIM SHARED W(1 TO MaxM) 'степень согласованности экспертов

CLS
MenuCode = 1

DO

SELECT CASE MenuCode
CASE 1
  Init
  StartScreen
  InputData
  Calculate
  ShowResult
CASE 2
  PrintResult
CASE 3
  EndProgram
END SELECT

LOCATE 23, 1
COLOR 15: PRINT "1 "; : COLOR 3: PRINT "Повторить ввод ";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "2 "; : COLOR 3: PRINT "Печатать результаты ";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "3 "; : COLOR 3: PRINT "Выход "
COLOR 14: PRINT STRING$(50, "-");
COLOR 15

DO
LOCATE 25, 1: PRINT STRING$(70, " ");
LOCATE 25, 1: INPUT ; "Ваш выбор: ", MenuCode$
IF (VAL(MenuCode$) < 1) OR (VAL(MenuCode$) > 3) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(MenuCode$) >= 1) AND (VAL(MenuCode$) <= 3)

MenuCode = VAL(MenuCode$)

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

LOOP

SUB Calculate

'Расчет

DIM NQ(1 TO MaxM, 1 TO MaxL)

DIM NQ1(1 TO MaxM, MinusMaxL TO MaxL)

' Вычисление суммы рангов j-го фактора [R(J)]

FOR J = 1 TO M

R(J) = 0

FOR I = 1 TO N

R(J) = R(J) + Q(J, I)

NEXT I

NEXT J

' Вычисление относительной значимости j-го фактора [C(J)]

FOR J = 1 TO M

C(J) = R(J) / N

NEXT J

' Отклонение оценки i-го эксперта Q от средней C [Delta(J,I)]

FOR J = 1 TO M

FOR I = 1 TO N

' так было: $\Delta(J, I) = \text{ABS}(C(J) - Q(J, I))$

$\Delta(J, I) = C(J) - Q(J, I)$

NEXT I

NEXT J

' Сумма ошибок i-го эксперта [DeltaOneExp(I)]

FOR I = 1 TO N

DeltaOneExp(I) = 0

FOR J = 1 TO M

' так было: $\Delta\text{OneExp}(I) = \Delta\text{OneExp}(I) + \Delta(J, I)$

$\Delta\text{OneExp}(I) = \Delta\text{OneExp}(I) + \text{ABS}(\Delta(J, I))$

NEXT J

NEXT I

' Сумма ошибок всех экспертов [DeltaAllExp]

DeltaAllExp = 0

FOR I = 1 TO N

DeltaAllExp = DeltaAllExp + DeltaOneExp(I)

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

NEXT I

' Коэффициент компетентности i-го эксперта по САЗ [V1(I)]
FOR I = 1 TO N
  IF DeltaAllExp <> 0 THEN
    V1(I) = DeltaOneExp(I) / DeltaAllExp
  ELSE
    V1(I) = 0
  END IF
NEXT I

' Вычисление относительной значимости j-го фактора с
' поправкой на компетентность экспертов [C1(J)]:
FOR J = 1 TO M
  R1(J) = 0
  FOR I = 1 TO N
    QV(J, I) = Q(J, I) + Delta(J, I) * V1(I) 'коррекция оценок
    R1(J) = R1(J) + QV(J, I)
  NEXT I
  C1(J) = R1(J) / N
NEXT J

' Определение числа экспертов, присвоивших j-му фактору ранг Rang
[NQ(Rang)]
FOR J = 1 TO M
  SELECT CASE ScCode
  CASE 1
    FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
      NQ1(J, Rang) = 0
    NEXT Rang
  CASE 2
    FOR Rang = 1 TO L
      NQ(J, Rang) = 0
    NEXT Rang
  END SELECT
NEXT J

FOR J = 1 TO M
  SELECT CASE ScCode
  CASE 1
    FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
      FOR I = 1 TO N

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

    IF Q(J, I) = Rang THEN
NQ1(J, Rang) = NQ1(J, Rang) + 1
    END IF
    NEXT I
    NEXT Rang
CASE 2
FOR Rang = 1 TO L
    FOR I = 1 TO N
        IF Q(J, I) = Rang THEN
            NQ(J, Rang) = NQ(J, Rang) + 1
        END IF
    NEXT I
    NEXT Rang
END SELECT
NEXT J

```

```

' Вычисление энтропии распределения оценок, присвоенных
' j-му фактору всеми N экспертами [H(J)]
FOR J = 1 TO M
H(J) = 0
SELECT CASE ScCode
CASE 1
    FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
        IF NQ1(J, Rang) <> 0 THEN
            Lg = LOG(NQ1(J, Rang) / N) / LOG(10)
            H(J) = H(J) + NQ1(J, Rang) / N * Lg
        END IF
    NEXT Rang
CASE 2
    FOR Rang = 1 TO L
        IF NQ(J, Rang) <> 0 THEN
            Lg = LOG(NQ(J, Rang) / N) / LOG(10)
            H(J) = H(J) + NQ(J, Rang) / N * Lg
        END IF
    NEXT Rang
END SELECT
NEXT J

```

```

' Вычисление максимальной энтропии [HMax]
SELECT CASE ScCode
CASE 1
    Lg = LOG(1 / (2 * L + 1)) / LOG(10)

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

CASE 2
  Lg = LOG(1 / L) / LOG(10)
END SELECT
HMax = Lg

' Вычисление коэффициента согласованности [W(J)]
FOR J = 1 TO M
  W(J) = 1 - H(J) / HMax
NEXT J

' Вычисление коэффициента конкордации [KofKonk]:
SumH = 0
FOR J = 1 TO M
  SumH = SumH + H(J)
NEXT J
SELECT CASE ScCode
CASE 1
  Lg = LOG(2 * L + 1) / LOG(10)
CASE 2
  Lg = LOG(L) / LOG(10)
END SELECT
KofKonk = (M * Lg + SumH) / (M * Lg)

' Вычисление критерия Пирсона [KritPirs]
KritPirs = N * (M - 1) * KofKonk

END SUB

SUB EndProgram
COLOR 7, 0
CLS
LOCATE 24
PRINT ProgName$
PRINT CopyRight$
PRINT "Разработчики: Стегаличев Ю.Г., Поляков Р.И."
SYSTEM
END SUB

SUB ErrorMsg
FOR I% = 440 TO 1000 STEP 10
  SOUND I%, I% / 20000
NEXT I%

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

END SUB

SUB Init

```
LC = 1 'крайний левый столбец экрана
RC = 79 'крайний правый столбец экрана
BlankStr$ = "" 'Пустая строка для информации и подсказок
FOR k = LC TO RC
  BlankStr$ = BlankStr$ + " "
NEXT k
ProgName$ = "ЭКСПЕРТИЗА V2.0"
CopyRight$ = "(c)1995-1999, Каф. АиАПП СПбГАХИТ"
END SUB
```

SUB InputData

' Ввод исходных данных с клавиатуры

DO

CLS

ShowInfo ("Выберите вид шкалы оценок")

LOCATE 3: COLOR 14, 0: PRINT "Код Описание"

PRINT STRING\$(60, "-")

COLOR 15: PRINT " 1 ";

COLOR 2: PRINT "Двухнаправленная шкала оценок: ";

COLOR 10, 0: PRINT "-Qmax |---| 0 |---| +Qmax"

COLOR 2, 0: PRINT " В качестве оценок допустимы целые положительные"

PRINT " и отрицательные числа (включая 0) в диапазоне (-Qmax...+Qmax)."

PRINT

COLOR 15: PRINT " 2 ";

COLOR 2: PRINT "Положительная шкала оценок: ";

COLOR 10, 0: PRINT "0 |---| +Qmax":

COLOR 2, 0: PRINT " В качестве оценок допустимы целые положительные"

PRINT " числа в диапазоне (1...+Qmax)."

COLOR 14: PRINT STRING\$(60, "-")

LOCATE CSRLIN + 1: COLOR 15

INPUT "Введите код шкалы: ", ScCode\$

IF (VAL(ScCode\$) <> 1) AND (VAL(ScCode\$) <> 2) THEN ErrorMessage

LOOP UNTIL (VAL(ScCode\$) = 1) OR (VAL(ScCode\$) = 2)

ScCode = VAL(ScCode\$)

DIM Help\$(3)

Help\$(1) = "Допустимые значения: (2..." + LTRIM\$(STR\$(MaxN)) + ")"

Help\$(2) = "Допустимые значения: (2..." + LTRIM\$(STR\$(MaxM)) + ")"

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

Help$(3) = "Максимальное значение: " + STR$(MaxL)
DIM S$(3)
S$(1) = "    Количество экспертов: "
S$(2) = "    Количество факторов: "
S$(3) = "Количество уровней оценки: "
DIM Min(3), Max(3), X$(3)
Min(1) = 2: Max(1) = MaxN
Min(2) = 2: Max(2) = MaxM
Min(3) = 1: Max(3) = MaxL

CLS
ShowInfo ("Введите исходные данные")

FOR k = 1 TO 3
LOCATE 10: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 10: COLOR 2: PRINT Help$(k): COLOR 15
DO
LOCATE 3 + k: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 3 + k: PRINT S$(k); : INPUT "", X$(k)
IF (VAL(X$(k)) < Min(k)) OR (VAL(X$(k)) > Max(k)) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(X$(k)) >= Min(k)) AND (VAL(X$(k)) <= Max(k))
LOCATE 3 + k: COLOR 7
PRINT S$(k); X$(k)
NEXT k

N = VAL(X$(1))
M = VAL(X$(2))
L = VAL(X$(3))

FOR J = 1 TO M 'факторы

CLS
ShowInfo ("Введите оценки экспертов")
LOCATE 16: COLOR 2: PRINT "Допустимые значения: целые числа в диапа-
зоне";

SELECT CASE ScCode
CASE 1
MinusL = L - 2 * L
PRINT " ("; LTRIM$(STR$(MinusL)); "..."; LTRIM$(STR$(L)); ");, включая 0"
CASE 2
PRINT " (1..."; LTRIM$(STR$(L)); ")"

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

END SELECT

```
LOCATE 3: COLOR 14: PRINT "Фактор ";  
COLOR 15: PRINT LTRIM$(STR$(J))  
COLOR 14: PRINT STRING$(20, "—")  
COLOR 15
```

FOR I = 1 TO N 'эксперты

SELECT CASE ScCode

CASE 1

DO

LOCATE 4 + I: PRINT STRING\$(78, " ")

LOCATE 4 + I: PRINT "Эксперт "; LTRIM\$(STR\$(I)); ": ";

INPUT "", Qstr\$

IF (VAL(Qstr\$) < MinusL) OR (VAL(Qstr\$) > L) THEN ErrorMessage

LOOP UNTIL (VAL(Qstr\$) >= MinusL) AND (VAL(Qstr\$) <= L)

CASE 2

DO

LOCATE 4 + I: PRINT STRING\$(78, " ")

LOCATE 4 + I: PRINT "Эксперт "; LTRIM\$(STR\$(I)); ": ";

INPUT "", Qstr\$

IF (VAL(Qstr\$) < 1) OR (VAL(Qstr\$) > L) THEN ErrorMessage

LOOP UNTIL (VAL(Qstr\$) >= 1) AND (VAL(Qstr\$) <= L)

END SELECT

LOCATE 4 + I: COLOR 7: PRINT "Эксперт "; LTRIM\$(STR\$(I)); ": "; Qstr\$

Q(J, I) = VAL(Qstr\$)

COLOR 15

NEXT I

NEXT J

COLOR 7, 0

END SUB

SUB PrintResult

' Вывод на принтер

LOCATE 25, 1: PRINT STRING\$(70, " ");

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

LOCATE 25, 1: PRINT "Вывод на принтер...";

LPRINT " Экспертиза 2.0          ";
LPRINT DATE$; " "; TIME$

LPRINT "-----+-----"
LPRINT " Номер |          Оценки"
LPRINT "фактора |          экспертов"
LPRINT "-----+-----"
FOR J = 1 TO M
  LPRINT USING " ## |"; J;
  FOR I = 1 TO N - 1
    LPRINT USING " +#"; Q(J, I);
  NEXT I
  LPRINT USING " +#"; Q(J, N)
NEXT J
LPRINT

LPRINT "-----+-----+-----+-----"
LPRINT " Номер | Средняя оценка | Средняя оценка | Степень"
LPRINT "фактора | (C0) | с поправкой (C1) | согл."
LPRINT "-----+-----+-----+-----"

FOR J = 1 TO M
  LPRINT USING " ## |"; J;
  LPRINT USING " +#.### |"; C(J);
  LPRINT USING " +#.### |"; C1(J);
  LPRINT USING " #.#"; W(J)
NEXT J

LPRINT "-----+-----+-----+-----"
LPRINT USING "Критерий Пирсона: ###.##"; KritPirs

END SUB

SUB ShowInfo (Info$)
' Вывод информационной строки
LOCATE 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$
LOCATE 1, LC + 1
PRINT Info$

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)
COLOR 14
PRINT ProgName$
COLOR 7, 0
END SUB

```

```

SUB ShowResult

```

```

' Вывод результатов на дисплей
CLS
ShowInfo ("Результаты расчета")

```

```

'Шаблон таблицы

```

```

' Номер | Средняя оценка | Средняя оценка | Степень
' фактора | (C0) | с поправкой (C1) | согл.
'-----+-----+-----+-----
' XX | -X.XXX | -X.XXX | X.X
' 3 9 15 26 33 45 49

```

```

p = 10

```

```

T1$ = " | | | "

```

```

T2$ =

```

```

"■-----|-----|-----|-----|
-----■"

```

```

T3$ =

```

```

"■-----|-----|-----|-----|
-----■"

```

```

LOCATE 3, p + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 14

```

```

LOCATE 3, p + 2: PRINT "Номер"

```

```

LOCATE 3, p + 11: COLOR 7: PRINT "Средняя оценка": COLOR 14

```

```

LOCATE 3, p + 29: PRINT "Средняя оценка"

```

```

LOCATE 3, p + 47: PRINT "Степень"

```

```

LOCATE 4, p + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 14

```

```

LOCATE 4, p + 1: PRINT "фактора"

```

```

LOCATE 4, p + 16: COLOR 7: PRINT "(C0)": COLOR 14

```

```

LOCATE 4, p + 28: PRINT "с поправкой (C1)"

```

```

LOCATE 4, p + 48: PRINT "согл."

```

```

LOCATE 5, p - 1: COLOR 9: PRINT T2$

```

```

FOR J = 1 TO M

```

```

LOCATE 5 + J, p + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 15

```

```

LOCATE 5 + J, p + 3: PRINT LTRIM$(STR$(J))

```

```

LOCATE 5 + J, p + 15: COLOR 7: PRINT USING "+#.###"; C(J): COLOR 15

```

```

LOCATE 5 + J, p + 33: PRINT USING "+#.###"; C1(J)

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```

LOCATE 5 + J, p + 49: PRINT USING "#.#"; W(J)
NEXT J
LOCATE CSRLIN, p - 1
COLOR 9: PRINT T3$
LOCATE CSRLIN, p + 1
COLOR 14: PRINT "Критерий Пирсона: ";
COLOR 15: PRINT USING "###.##"; KritPirs

END SUB

```

```

SUB StartScreen
  SHARED LC, RC, ProgName$, CopyRight$, BlankStr$
  DIM L$(11)
  CLS
  LOCATE 1, LC
  COLOR 15, 1
  PRINT BlankStr$
  LOCATE 1, LC + 1
  PRINT CopyRight$
  LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)
  COLOR 14
  PRINT ProgName$
  COLOR 9, 0
  L$(1) = "
  L$(2) = "
  L$(3) = "
  L$(4) = "
  L$(5) = "
  L$(6) = ""
  L$(7) = "
  L$(8) = "
  L$(9) = "
  L$(10) = "
  L$(11) = "
  FOR k = 1 TO 11
    Raw = k + 2
    Col = 41 - LEN(L$(k)) / 2

```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (продолжение)

```
LOCATE Row, Col
  PRINT L$(k)
NEXT k
LOCATE CSRLIN + 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$;
LOCATE CSRLIN, LC + 1
PRINT "Нажмите любую клавишу"
COLOR 7, 0
WHILE INKEY$ = "": WEND
END SUB
```

Рис. 1. Текст программы *Expert2* (окончание)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Программа *ozenka*

Предварительно исходные данные должны быть представлены в виде таблицы

№ режима	Характеристики сырья					Параметры процесса					Показатели качества				
	X_1	...	X_i	...	X_m	Y_1	...	Y_j	...	Y_k	Z_1	...	Z_j	...	Z_n
1															
...															
l															
...															
N															

Для загрузки программы в ОЗУ набрать на клавиатуре LOAD «*ozenka*» и нажать клавишу «ВВОД».

По окончании загрузки (наличие символа « >> » в начале строки) ввести в клавиатуры команду «RUN».

Сообщение на экране дисплея:

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ

КОЛИЧЕСТВО ФАКТОРОВ ВИДА $X =$

Ввести суммарное количество параметров процесса m и нажать клавишу «ВВОД».

Сообщение на экране дисплея:

КОЛИЧЕСТВО ФАКТОРОВ ВИДА $Y =$

Ввести суммарное количество параметров процесса k и нажать клавишу «ВВОД».

Сообщение на экране дисплея:

КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА $Z =$

Ввести суммарное количество показателей качества n и нажать клавишу «ВВОД».

Сообщение на экране дисплея:

КОЛИЧЕСТВО ИССЛЕДОВАННЫХ РЕЖИМОВ

Ввести количество исследованных режимов N и нажать клавишу «ВВОД».

Сообщение на экране дисплея:

ДЛЯ КАЖДОГО РЕЖИМА ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЯ $X_1, X_2, \dots, X_m, Y_1, Y_2, \dots, Y_k, Z_1, Z_2, \dots, Z_n$

ВВОД ПРОИЗВОДИТСЯ ПО ОДНОМУ ЭЛЕМЕНТУ СТРОКИ

РЕЖИМ 1

?

После ввода значения X_1 из первой строки таблицы нажмите клавишу «ВВОД» и ожидайте повторения знака «?». Далее введите значение X_2 и т.д.

Примечание: Если после ввода величины X_2 (или любого другого элемента таблицы) обнаружилось, что предыдущее значение введено неверно, например X_1 , возможна корректура введенной информации. Для этого необходимо прервать процесс ввода (одновременное нажатие клавиш «CTR» и «S/B»). Корректировка производится путем ввода с клавиатуры оператора вида:

$$A(I, J) = R,$$

где I, J – номера режима и параметра неверно введенного элемента таблицы, R – истинное значение элемента.

Далее введите клавишу «ВВОД» и введите с клавиатуры команду «cont», после чего на экране возникает знак «?». Введите следующее значение элемента из таблицы, например, X_2 . Исправление возможно только для предыдущего введенного значения.

После завершения ввода первой строки появляется сообщение:

РЕЖИМ 2

?

После завершения ввода данных из таблицы – сообщение на экране дисплея:

КАЖДЫЙ ВВЕДЕННЫЙ СТОЛБЕЦ РАСПЕЧАТАН В СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ СТРОКЕ

ТАБЛИЦА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

X_1	...	X_m	Y_1	...	Y_k	Z_1	...	Z_n
.....								
M.....								
MAX.....								
MIN.....								
СКО.....								

Сообщение на экране дисплея:

ЕСЛИ НУЖНА ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, ВВЕДИТЕ 1,

ЕСЛИ НЕТ - Ø

При вводе 1 на принтере выводятся исходные данные, математическое ожидание M , максимальное и минимальное значения переменных MAX и MIN .

Сообщение на экране дисплея:

ЕСЛИ НУЖНА ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ, ВВЕДИТЕ 1,

ЕСЛИ НЕТ – Ø

При вводе 1 на принтер выводятся результаты анализа удельного влияния (в процентах) каждого фактора на показатели качества по следующей форме:

ФАКТОР	Z_1	Z_n
X_1
·	·	·
·	·	·
X_m
Y_1
·	·	·
·	·	·
Y_k
ОЦЕНКА		
НЕУЧЕТЕННЫХ		
ФАКТОРОВ

На этом работа по программе завершается.

```

10 PRINT «оценка влияния»
20 INPUT «количество факторов вида X =»; D1
25 INPUT «количество факторов вида Y=»; D2
27INPUT «показателей качество z =»; Z
30 INPUT «количество исследованных режимов =»; N
33 DIM E (30)
40 M = D1+ D2: Y=0: E=0
41 DIM S (60, 60)
42 DIM X (M+Z), A1 (60,60)
43 DIM D (30)
47 DIM O (Z)
50 DIM A (N, M+Z)
51 F=M+Z
52 DIM M3 (F)
53 DIM M1 (F)
54 DIM M2 (F)
55 DIM R (F)
56 DIM C (M+Z), C1 (Z, M)
58 DIM B (N, M+Z)
59 DIM M4 (M+Z)
60 PRINT" для каждого режима введите"
62 PRINT" значения x1... xn, y1...yn; z1...zn»
70 PRINT" ввод производится по одному элементу строки»
80 FOR I = i TO N:PRINT»
90 FOR J = i TO M+Z : INPUT A (I,J) : NEXT J:NEXT I
100 PRINT" каждый введенный столбец распечатан"
110 PRINT" в соответствующей строке" : PRINT
115 PRINT
120 PRINT"      таблица исходных данных"
123 PRINT
130 FOR I=1 TO D1: PRINT" x";I;" "; : NEXT I:FOR I=1 TO D2
132 PRINT"  Y"; I; : NEXT I
135 FOR I=1 TO Z:PRINT"      z";I; : NEXT I:PRINT
140 FOR I=1 TO N:PRINT"      ";;:FOR J=1 TO M+Z : PRINT A (I, J) ;
142 NEXT J:PRINT:NEXT I:PRINT"-----"
143 IF Y=1 THEN 240
145 IF Y=1 THEN 240
150 FOR J=1 TO M+Z:B=A, J.:FOR I=2 TO N:IF B<A (I,J) THEM 170
160 B=A (I, J)
170 NEXT I:M2 (J) = B

```

Рис. 1. Текст программы *ozenka*

```

190 B = A (1, J) : FOR I=2 TO N:IF B>A (I, J) THEN 210
200 B=A (I, J)
210 NEXT I:M1 (J)=B
220 P=0:FOR I=1 TO N:P=P+A (I, J): NEXT I:M3 (J) =P / N
230 NEXT J
232 REM СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
240 PRINT" M":FOR J=1 TO M+Z:PRINT M3(J):NEXT J:PRINT
250 PRINT " MAX": FOR J=1 TO M+Z:PRINT M1(J);: NEXT J:PRINT
260 PRINT" MIN": FOR J=1 TO M+Z:PRINT M2(J);: NEXT J:PRINT
261 IF Y=1 THEN 270
262 PRINT
263 PRINT
265 PRINT" ЕСЛИ НУЖНА ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ"
267 INPUT" ВВЕДИТЕ 1, ЕСЛИ НЕТ 0" ; Y
268 IF Y=1 THEN PRINT
269 IF Y=1 THEN PRINT" ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ" : IF Y=1 THEN GOSUB 1000
270 FOR I=1 TO N:FOR J=1 TO M+Z:B (I, J) : NEXT J:NEXT I
273 FOR J=1 TO M+Z:P=0:FOR I=1 TO N:P=P+B (I, J): NEXT I
274 M3 (J)=P/N : NEXTJ:FOR J=1 TO M+Z:P4=0:FOR I=1 TO N
275 P4=P4+ (B(I, J) – M3(J)^2: NEXT I:M4 (J)=P4/ (N-1) : NEXT J
278 PRINT" если нужна печать результатов"
280 INPUT" расчетов введите 1, если нет 0" ; Y
285 IF Y=1 THEN PRINT
288 U=M+1 : X=1
290 GOSUB 450
293 IF X=1 THEN PRINT"                результаты расчета"
294 FOR J=1 TO M:C (J) = (R(J) = ^2*M4 (J)/ M4 (U) * 100
295 C1 (X, J) = C (J) : NEXT J:X=X+1
297 IF X>Z THEN 355
300 FOR I=1 TO N:A (I, M+1) = A (I, M+X):NEXT I:U=U+1
302 FOR I=1 TO N:A (I, M+X) = 0:NEXT I
303 FOR I=1 TO M+2:D(I)=0:NEXT I
304 FOR I=1 TO N+1:FOR J=1 TO M+X:A1 (I, J) = 0 : NEXT J:NEXT I
305 GOTO 290
355 PRINT
360 PRINT"                оценка влияния"
365 PRINT"фактор"
370 FOR U=1 TO Z:PRINT"                z";U; : NEXT U
372 PRINT
375 FOR I=1 TO M
376 IF I<=D1 THEN PRINT"x" ;i; :GOTO 380
378 E=E+1:PRINT"y";E;

```

Рис. 1. Текст программы *ozenka* (продолжение)

```

380 FOR X=1 TO Z:PRINT C1(X, I) ;
385 NEXT X:PRINT:NEXT I
400 PRINT"оценка"
405 PRINT" неучтенных"
410 PRINT"факторов" ;
415 FOR I=1 TO Z:PRINT O(I) ;
420 NEXT I
425 IF Y=1 THEN GOSUB 1410
430 STOP : END
450 FOR K=1 TO N:FOR K1=1 TO M+1: X (K1) = A (K, K1) : NEXT K1
455 FOR T=1 TO M+1:S (K, T) = X (T) : NEXT T
460 D (M+2) = D (M+2) + X (M+1) ^2:D (1) = A1 (1, M+2) + X (M+1)
465 A1 (I, M+2) = D (1) : FOR I=1 TO M:A1 (I+1, 1) = A1 (1, I+1) + X(I)
470 A1 (1, I+1) = A1 (I+1, 1) : D (I+ ) = A1 (I+1, M+2) + X (I) * X (M+1)
475 A1 (I+1, M+2) = D (I+1) : FOR J=I TO M
480 A1 (I+1, J+1) = A1 (I+1, J+1) + X (I) * X(J) : A1 (J+!, I+1) = A1 (I+1, J+1)
485 NEXT J:NEXT I:NEXT K
490 A1 (1, I) = N:FOR I=2 TO M+1:E(I) = A1 (1, I) : NEXT I
495 FOR S=1 TO M+1:FOR T=S TO M+1:IF A1 (T, S) <>0 THEN 505
497 NEXT T
500 PRINT"коэффициенты регрессии не найдены"
505 GOTO 430:GOSUB 530
510 C=1/A1 (S, S) : GOSUB 540
515 FOR T=1 TO M+1:IF T=S THEN 525
520 C= -A1 (T,S) : GOSUB 545
525 NEXT T:NEXT S:GOTO 550
530 FOR J=1 TO M+2:B= A1 (S,J) : A1 (S,J) = A1 (T,J) : A1 (T,J) = B
535 NEXT J : RETURN
540 FOR J=1 TO M+2:A1 (S,J) = C*A1 (S,J) : NEXT J : RETURN
545 FOR J=1 TO M+2:A1 (T,J) = A1 (T,J) + C*A1 (S,J) : NEXT J:RETURN
550 PRINT
555 FOR T=1 TO M+1:r (T-1) = A1 (T, M+2) : NEXT T
560 REM определение остаточной дисперсии
565 S=0:FOR I=1 TO M+1:S=S+A1 (I, M+2) * D (I) – E (I)*D1/N)
570 NEXT I:T=D (M+2) – D (1) ^2/N:C=T-S:O (X) = C
572 O (X) = O (X)*100/M4 (U) / (N-M-1)
575 RETURN
1000 PRINT" КАЖДЫЙ ВВЕДЕННЫЙ СТОЛБЕЦ РАСПЕЧАТАН ""
1010 PRINT" В СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ СТРОКЕ : PRINT
1020 PRINT
1030 LPRINT" ТАБЛИЦА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ"
1040 LPRINT

```

Рис. 1. Текст программы *ozenka* (продолжение)

```

1050 FOR I=1 TO D1:LPRINT"  X";I;"  ";;NEXT I:FOR I=1 TO D2
1060 LPRINT"  Y";I; : NEXT I
1070 FOR I=1 TO Z:LPRINT"  Z";I;;NEXT I:LPRINT
1080 FOR I=1 TO N:LPRINT"  ";;FOR J=1 TO M+Z:LPRINT A(I,J) ;
1090 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT"-----
1100 LPRINT"  M": FOR J=1 TO M+Z:LPRINT M3 (J) ;; NEXT J:LPRINT
1110 LPRINT"  MAX":FOR J=1 TO M+Z:LPRINT M1(J) ;; NEXT J:LPRINT
1120 LPRINT"  MIN":FOR J=1 TO M+Z:LPRINT M2 (J) ;; NEXT J:LPRINT
1130 RETURN
1410 PRINT
1420 LPRINT"  ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ"
1430 LPRINT"  ФАКТОР":E=0
1440 FOR U=1 TO Z:LPRINT"  Z";U; : NEXT U
1450 LPRINT
1460 FOR I=1 TO M
1470 IF I<= D1 THEN LPRINT"X" ;I; : GOTO 1490
1480 E=E+1:LPRINT"Y";E;
1490 FOR X=1 TO Z:LPRINT C1 (X,I) ;
1500 NEXT X:LPRINT:NEXT I
1510 LPRINT"ОЦЕНКА"
1530 LPRINT"НЕУЧТЕННЫХ"
1530 LPRINT"ФАКТОРОВ" ;
1540 FOR I=1 TO Z:LPRINT O(I) ;
1550 NEXT I
1555 LPRINT
1560 RETURN

```

Рис. 1. Текст программы *ozenka* (окончание)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Программа *model06*

Предварительно исходные данные должны быть представлены в виде таблицы (прил. 4).

Для загрузки программы в ОЗУ набрать на клавиатуре **LOAD model06** и нажать клавишу **ВВОД**.

По окончании загрузки ввести с клавиатуры команду «**RUN**». Далее с клавиатуры последовательно вводят количество факторов вида X , Y , Z , а также количество исследованных режимов N аналогично тому, как было указано в прил. 4.

Порядок вывода на индикацию таблицы исходных данных также аналогичен рассмотренному в прил. 4.

После индикации таблицы исходных данных на экране дисплея и, если необходимо, на принтер выводятся результаты расчета для каждого Z в виде уравнений регрессии и таблицы анализа дисперсий.

По окончании процесса вывода сообщение на экране дисплея:
ЕСЛИ НУЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ КАКОГО-
ЛИБО РЕЖИМА, ИСПОЛЬЗУЯ УРАВНЕНИЯ
РЕГРЕССИИ, ВВЕДИТЕ 1, ЕСЛИ НЕТ- Ø.

При вводе с клавиатуры Ø вычисления по программе прекращаются. При вводе 1 – сообщение на экране дисплея:

НОМЕР $Z = ?$

Ввести порядковый номер показателя качества Z .

Сообщение на экране дисплея:

$X1 =$

?

Ввести с клавиатуры дисплея численное значение фактора X , соответствующее выбранному режиму.

Аналогично вводятся численные значения остальных факторов вида X и Y .

Сообщение на экране дисплея:

$Z(N) =$

Повторяется запрос:

ЕСЛИ НУЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ЗНАЧЕНИЕ Z ДЛЯ
КАКОГО-ЛИБО РЕЖИМА, ИСПОЛЬЗУЯ УРАВНЕНИЯ
РЕГРЕССИИ, ВВЕДИТЕ 1 ЕСЛИ НЕТ – Ø.

Если требуется рассчитать величину Z для какого-либо иного режима, введите 1, если нет – Ø.

```

10 PRINT"                                МОДЕЛЬ"
20 INPUT"количество факторов вида X="; D1
25 INPUT" количество факторов вида Y="; D2
27 INPUT" количество показателей качества Z="; 2
30 INPUT" количество исследованных режимов=" N
33 DIM E (30)
40 M=D1+D2:Y=0:E=0
41 DIM S (60, 90)
42 DIM x (M+Z), A1 (60,60)
43 DIM D (30)
47 DIM O (Z)
50 DIM A (N, M+Z)
51 F=M+Z
55 DIM R (Z, F+1)
56 DIM R1 (F+1)
60 PRINT" для каждого режима введите"
65 PRINT" значения X1... XN, Y1...YN, Z1...ZN"
70 PRINT"ввод производится по одному элементу строки"
80 FOR I=1 TO N:PRINT"                                режим";I
90 FOR J=1 TO M+Z:INPUT A(I, J):NEXT J:NEXT I
100 PRINT"                каждый введенный столбец распечатан"
110 PRINT"                в соответствующей строке" : PRINT
115 PRINT
120 PRINT"                ТАБЛИЦА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ"
123 PRINT
125 PRINT"    "
126 PRINT"    ";
130 FOR I=1 TO D1: PRINT"X"; I ; : NEXT I:FOR I=1 TO D2
132 PRINT"Y" ; I ; : NEXT I
135 FOR I=1 TO Z:PRINT"Z" ; I ; : NEXT I:PRINT
140 FOR I=1 TO N:PRINT :FOR J=1 TO M+Z:PRINT A (I, J) ;
142 NEXT J:PRINT:NEXT I: PRINT"-----"
143 IF Y=1 THEN 278
265 PRINT"если нужна печать таблицы исходных данных"
267 INPUT"введите -1, если нет-0" ; Y
268 IF Y=1 THEN PRINT
269 IF Y=1 THEN GOSUB 1000
278 PRINT"если нужна печать результата"
280 INPUT"расчетов введите-1, если нет -0" ; Y

```

Рис. 1. Текст программы *model06*

```

285 IF Y=1 THEN LPRINT" РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА"
288 U=M+1 : X=1
290 GOSUB 450
293 IF X=1 THEN PRINT" РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА"
294 I1=0 : GOSUB 800
295 I1=0
297 X=X+1 : IF X>Z THEN 360
300 FOR I=1 TO N:A (I, M+1) = A (I, M+X) : NEXT I:U=U+1
302 FOR I=1 TO N:A (I, M+X) = 0:NEXT I
303 FOR I=1 TO M+2:D (I) = 0:NEXT I
304 FOR I=1 TO N+1:FOR J=1 TO M+X: A1 (I,J) = 0:NEXT J:NEXT I
305 GOTO 290
355 PRINT
360PRINT"ЕСЛИ НУЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ЗНАЧЕНИЕ Z ДЛЯ КАКОГО-ЛИБО"
365 PRINT" РЕЖИМА, ИСПОЛЬЗУЯ УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ,"
370 INPUT" ВВЕДИТЕ - 1, ЕСЛИ НЕТ - 0" ;I; : IF I=0 THEN 430
375 INPUT" НОМЕР Z"; O
380 FOR I=1 TO D1:PRINT"X" ;I; "="; : INPUT X(I) : NEXT I
385 FOR I=1 TO D2:PRINT"Y" ;I; "=" ; : INPUT X (I+D1) : NEXT
390 S=0
395 FOR I=1 TO M:S=S+X (I) *R (O, I+1) : NEXT I:S=S+R (O, 1)
400 PRINT"Z" ;O; "=" ;S
410 IF Y=1 THEN LPRINT "Z" ;O; "=" ;S
425 PRINT
427 GOTO 360
430 STOP
431 END
432 REM-ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИИ
450 FOR K=1 TO N:FOR K1=1 TO M+1:X (K1) = A (K, K1) : NEXT K1
455 FOR T=1 TO M+1:S (K, T) = X(T) : NEXT
460 D (M+2) = D (M+2) + X (M+1) ^2:D(1) = A1 (1, M+2) + X(M+1)
465 A1 (1, M+2) = D (1) : FOR I=1 TO M: A1 (I+1,1) = A1 (1, I+1) +X(I)
470 A1 (1, I+1)= A1 (I+1, 1) : D (I+1) = A1 (I+1, M+2) + X (I) * X (M+1)
475 A1 (I+1, M+2)= D (I+1): OR J=I TO M
480 A1 (I+1, J+1) = A1 (I+1, J+1) + X (I) * X (J) : A1 (J+ 1, I+ 1) = A1 (I+1, J+1)
485 NEXT J:NEXT I:NEXT K
490 A1 (1,1) = N:FOR I=2 TO M+1 E (I) = A1 (1,I):NEXT I
495 FOR S=1 TO M+1: FOR T=S TO M+1:IF A1 (T,S) <> 0 THEN 505
497 NEXT T
500 PRINT" КОЭФФИЦИЕНТЫ РЕГРЕССИИ НЕ НАЙДЕНЫ" : GOTO 430
505 GOSUB 530
510 C=1/A1 (S,S): GOSUB 540

```

Рис. 1. Текст программы *model06* (продолжение)

```

515 FOR T=1 TO M+1 : IF T=S THEN 525
520 C= -A1 (T,S) : GOSUB 545
525 NEXT T:NEXT S:GOTO 550
530 FOR J=1 TO M+2:B = A1 (S,J) = A1 (T,J) : A1 (T,J) = B
535 NEXT J: RETURN
540 FOR J=1 TO M+2:A1 (S,J) = C*A1 (S,J) : NEXT J: RETURN
550 PRINT
555 FOR T=1 TO M+1:R1 (T) = A1 (T, M+2) : NEXT T
565 S=0: FOR I=2 TO M+1:S=S+A1 (I, M+2)*(D (I) – E (I)*D(1) / N)
570 NEXT I:D (M+2) – D (1) ^ 2/N:C = T-S: O (X)= C
575 RETURN
800 PRINT" Z " ; X
801 IF Y=1 THEN LPRINT" Z" ; X
804 IF Y=1 THEN LPRINT" КОЭФФИЦИЕНТЫ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ"
805 PRINT"КОЭФФИЦЕНТЫ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ" : PRINT
810 FOR T=1 TO M+1
814 IF Y=1 THEN LPRINT"В" : T-1: "=" ; R1 (T) ;
815 PRINT"В" ; T 1; "=" ; R1 (T) ; : R (X,T) = R1 (T) : NEXT T
819 IF Y=1 THEN LPRINT"УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ"
820 PRINT"УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ" : PRINT
825 T=0 : E=0 : W=0
830 T=T+1
835 IF T=1 THEN PRINT"Z=" ;
836 IF Y=1 AND T=1 THEN LPRINT"Z="; A1 (T, M+2);
840 IF T=1 THEN PRINT A1 (T, M+2);
845 T=T+1 : E=E+1
850 IF A1(T, M+2) >0 THEN PRINT"+" ; A1 (T, M+2) ; "X" ; T-1;
851 IF A1 (T, M+2) >0 AND Y=1 THEN LPRINT"+" ; A1 (T, M+2) ; "X" ; T-1;
855 IF A1 (T, M+2) <0 TNEN PRINT A1 (T, M+2) ; "X" ; T-1 ;
856 IF A1 (T, M+2) <0 AND Y=1 THEN LPRINT A1 (T, M+2) ;"X" ; T -1;
859 IF E=4 AND Y=1 THEN LPRINT
860 IF E=4 THEN PRINT : IF E=4 THEN E=0
865 IF T<D1+1 THEN 845
870 T=T+1:E=E+1:I1 = I1+1
875 IF A1 (T, M+2) >0 THEN PRINT"+" ; A1 (T, M+2) ; "Y" ;I1;
876 IF A1 (T, M+2) >0 AND Y=1 THEN LPRINT"+";A1 (T, M+2) : "Y" ;I1;
880 IF A1 (T, M+2) <0 THEN PRINT A1 (T, M+2) ; "Y" ;I1;
881 IF A1 (T, M+2) <0 AND Y=1 THEN LPRINT A1 (T, M+2) ;I1;
884 IF E=4 AND Y=1 THEN LPRINT
885 IF E=4 THEN PRINT : IF E=4 THEN E=0
890 IF T<D1+D2 THEN 870
895 IF W=1 THEN PRINT

```

Рис. 1. Текст программы *model06* (продолжение)

```

896 IF W=1 AND Y=1 THEN LPRINT
900 IF W=1 THEN 820
910 S=0 : FOR I=2 TO M+1 : S=S+A1 (I, M+2) * (D(I) - E (I) * D(1) / N)
915 NEXT I:T=D (M+2) - D (1) ^ 2/ N:C =T-S
920 I=N-M-1:J=S/M:K=C/I
925 PRINT"ТАБЛИЦА АНАЛИЗА ДИСПЕРСИИ"
935 PRINT"===== "
940 PRINT"КОМПОНЕНТЫ СУММА ЧИСЛО СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ"
945 PRINT"ДИСПЕРСИИ КВАДРАТОВ СТЕПЕНЕЙ СУММЫ КВАДРАТОВ"
950 PRINT"                                СВОБОДЫ"
951 PRINT"РЕГРЕССИЯ          "S, M;" "; J : PRINT
952 PRINT"ОТСТАТОК          "; C, I;" "; K : PRINT
953 PRINT"ИТОГО              "; T, N-1;
955 PRINT"===== = "
960 F= J / K
965 PRINT"F=" ;F:J=S/T
970 PRINT"КВАДРАТ СМЕШАННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ=" ; J
975 PRINT"КОЭФФИЦЕНТЫ МНОЖЕСТВЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ=" ; SQR (J)
980 PRINT"СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОЦЕНКИ=" ; SQR (C/I)
985 IF Y=1 THEN GOSUB 2000
990 RETURN
1000 LPRINT" Т А Б Л И Ц А  И С Х О Д Н Ы Х  Д А Н Н Ы Х "
1005 LPRINT" "
1010 FOR I=1 TO D1:LPRINT"X" ;I; : NEXT I:FOR I=1 TO D2
1020 LPRINT"Y" ;I; : NEXT I
1030 FOR I=1 TO Z:LPRINT"Z" ;I; : NEXT I:LPRINT
1040 FOR I=1 TO N:LPRINT: FOR J=1 TO M+Z:LPRINT A (I,J) ;
1050 NEXT J:LPRINT:NEXTI:LPRINT"-----"
1060 RETURN
2000 LPRINT" Т А Б Л И Ц А  А Н А Л И З А  Д И С П Е Р С И И "
2010 LPRINT" ===== "
2020 LPRINT"КОМПОНЕНТЫ СУММА ЧИСЛО СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ"
2030LPRINT"ДИСПЕРСИИ КВАДРАТОВ СТЕПЕНЕЙ СУММЫ КВАДРА-
ТОВ"
2040 LPRINT"
2050 LPRINT"РЕГРЕССИЯ          "; S, M;"          "; J : PRINT
2060 LPRINT"ОСТАТОК          "; C, I;"          "; K: PRINT
2070 LPRINT"ИТОГО              "; T, N-1
2080 LPRINT" ===== = "
2090 LPRINT"F=" ;F : J=S/T
2100 LPRINT"КВАДРАТ СМЕШАННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ =" ; J
2110 LPRINT"КОЭФФИЦЕНТ МНОЖЕСТВЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ =" ;SQR(J)

```

Рис. 1. Текст программы *model06* (продолжение)

```
2120 LPRINT"СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОЦЕНКИ=" ; SQR (C/ I)  
2130 LPRINT  
2140 RETURN
```

Рис. 1. Текст программы *model06* (окончание)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Примеры подготовки информационного обеспечения технологического процесса

В табл. 1 и в пояснениях к ней приведены типовые примеры выбора метода и приборов для измерения отдельных параметров ТП.

Обоснование выбора методов измерения параметров ТП, приведенных в таблице

Измерение плотности X_1 осуществляется периодически, с частотой поступления отдельный партий молока на производства. В графах 4–9 табл. 1 сформулированы основные требования к измерительной информации со стороны технологического процесса. Метод определения плотности молока стандартизирован (ГОСТ 3625–84) [1]. В соответствии с рекомендациями ГОСТа подходит экспрессный метод измерения, который предполагает использование прибора ареометра типа АМ или АМТ [2]. Диапазон измерения прибора 1,020–1,040 г/см³ определяют по документации на ареометр. В ГОСТе погрешность метода в одной пробе $d \leq 0,0005$ г/см³, порядок отбора и обработки пробы молока определен ГОСТ 26809–86 и ГОСТ 13928-84 [1]. Предельная погрешность метода в данном случае определяется по формуле (3.10)

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \pm 3 \frac{0,0005}{2,27 \cdot \sqrt{2}} = \pm 0,0004 \text{ г/см}^3.$$

Неравенство (3.1) удовлетворяется.

Расхождение d позволяет, в частности, контролировать технологическую операцию предварительного перемещения поступившей партии сырья, если параллельные измерения проводить на разных пробах из одной партии. Если расхождения d превышает предельно допустимую величину – результат измерения бракуется. На забракованной пробе не производят также и последующие измерения, например, содержания жира.

Время, необходимое на проведение двух измерений ареометром, с учетом отбора двух проб из емкости хранения сырья и доставки их в лабораторию не превышает 15 мин. Таким образом, выбранный метод измерения плотности удовлетворяет также требованию (3.8).

Измерение содержание жира в молоке X_2 осуществляется периодически с частотой поступления отдельных партий молока на производство. В графах 4–9 таблицы приведены основные требования к результатам измерения со стороны ТП. Рассмотрена возможность использования экспресс-метода и реализации его на приборе Лактан 1-4.

В документации на прибор Лактан 1-4 [3] определены диапазон измерений 0...6 % жира, систематическая составляющая основной погрешности $\Delta_0 = \pm 0,1$ % жира и случайная составляющая погрешности $\sigma_{\Delta} = 0,06$ % жира.

Таким образом, предельное значение погрешности метода определяется по формуле (3.6)

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \pm(0,1 + 2 \cdot 0,06) = \pm 0,22 \text{ \%}.$$

Как следует из (3.1), погрешность метода превышает требуемую погрешность измерения по ТП (графа 7 табл. 1). Прибор Лактан 1-4 может быть использован в данном случае только при условии периодической тарировки прибора по эталонной среде, например дистиллированной воде, с целью компенсации систематической составляющей погрешности Δ_0 . При выполнении этого условия прибор Лактан 1-4 обеспечивает необходимую точность измерения по формуле (3.1).

Время, необходимое для осуществления одного измерения с помощью прибора с учетом времени отбора (по ГОСТ 26809-86) и доставки пробы, не превышает 20 мин, что соответствует условию (3.8).

Измерение температуры сливок на выходе из теплообменника Y_1 ведется непрерывно; требования к результатам измерения – в графах 4–9 таблицы. Выбран приборный метод измерения с использованием автоматического измерительного моста типа КСМ-2 в комплекте с термосопротивлением типа ТСП.

В документации на прибор КСМ-2 [4, 5] указан диапазон измерения 0...100 °С, основная погрешность в приведенной формуле $\gamma_0 = \pm 0,5\%$ и дополнительная погрешность от влияния окружающей температуры – $\pm 0,1\%$ на каждые 10 °С отклонения от нормальных условий.

Погрешность прибора в абсолютной форме вычисляется по формуле (3.4)

$$\Delta_0 = 0,5 \cdot 100 \cdot 10^{-2} = \pm 0,5 \text{ °С}.$$

Технологические требования								
Контролируемый параметр	Обозначение	Единица измерения	Максимальное значение	Минимальное значение	Номинальное значение	Погрешность, допускаемая технологическим процессом	Максимальная допустимая периодичность контроля	Дополнительные требования к измерениям
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Для технологического процесса изготовления</i>								
Плотность молока	X1	г/см ³	1,032	1,027	1,028	± 0,0005	По мере поступления партий сырья ($\Delta\text{Ч}_{\text{из}} \geq 0,5$ ч)	Необходимо контролировать однородность партии (качество перемешивания)
Содержание жира в молоке	X2	% жира	5	3	4	0,2	По мере поступления партий сырья ($\Delta\text{Ч}_{\text{из}} \geq 0,5$ ч)	Нет
Температура сливок на выходе из теплообменника	У1	°С	96	60	78	± 1,0	Непрерывное измерение	Прибор установлен вблизи теплообменника $t_{\text{опр}} = 32$ °С
Оценка консистенции масла	Z1	Баллы	25	0	25	± 1	По плану контроля качества ($\text{Ч}_{\text{из}} \geq 2$ ч)	Нет
Содержание влаги в масле	Z2	% влаги	16	14	16	0,2	0,5 ч	Нет
<i>Для процесса дефростации</i>								
Средняя масса полутуши до дефростации	X3	кг	130	40	85	9	По мере загрузки партии сырья ($\text{Ч}_{\text{из}} \geq 6$ ч)	Необходимо контролировать однородность партии и осреднять результат измерения по выборке

Таблица 1

Характеристика метода измерения							
Метод измерения	Прибор или комплект измерительного оборудования	Диапазон измерительного оборудования	Допустимая погрешность прибора (метода)	Продолжительность одного цикла измерения	Количество параллельных измерений	Предельные расхождения между параллельными измерениями	Дополнительные характеристики метода
10	11	12	13	14	15	16	17
<i>масла коровьего методом сбивания</i>							
Экспресс-метод	Ареометр АМ	1,020–1,040	$\pm 0,0004 \rho = 0,95$	≤ 15 мин	2	0,0005 г/см ³	ГОСТ 3625-84
Экспресс-метод	Лактан 1-4	1,0...6,0	0,2 % жира	20 мин	Нет	Нет	Тарировка прибора с периодичностью 10 измерений
Приборный метод	КСМ-2	0...100	0,50 %	Непрерывное измерение	Нет	Нет	Нет
Органолептический метод	Нет	0–10 баллов	± 1	15 мин	Нет	Нет	Разработка шкалы оценок консистенции
Лабораторный метод	Комплект оборудования по ГОСТ 3626-73	Нет	Расхождение между двумя пробами не более 0,2 %	15 мин	2	0,20 %	ГОСТ 3626-73
<i>мясных полутуш</i>							
Экспресс-метод	Весы ШСВ-500	20...500 кг	0,2 кг	0,5 ч	10	90	Определяется среднее значение массы и размах по выборке из 10 туш

В графе 9 табл. 1 оговаривается возможность отклонения температуры за пределы нормальных условий, поэтому предельная погрешность измерения определяется по формуле (3.3)

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{0,5^2 + 0,1^2} = \pm 0,56 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Таким образом, прибор типа КСМ удовлетворяет условиям (3.1) и (4.8) и может быть использован для измерения температуры сливок.

Оценка консистенции масла Z_1 осуществляется периодически по плану контроля качества готового продукта. Для измерения этого показателя выбран органолептический метод. По ГОСТ 37-87 [1] для сливочного масла оценка характеристики «консистенция» входит в комплексную характеристику качества «органолептические показатели сливочного масла». Для числовой оценки в баллах консистенции и внешнего вида масла можно использовать шкалу оценок, приведенную в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические показатели	Нормативное значение, баллы
Отличная консистенция и внешний вид	25
	Снижение оценки
Хорошая консистенция и внешний вид	1
Удовлетворительная консистенция и внешний вид	2
Крошливая консистенция	3–4
Засаленный внешний вид	3–4
Оплавленная поверхность	3–5
Мягкая, слабая консистенция	3
Крупные капли влаги	3–5

Такая шкала позволяет численно оценить уровень качества контрольной партии продукта, но не пригодна для формирования управляющих воздействий на ТП (см. табл. 1.1). Для оценки пороков консистенции масла предлагается шкала, приведенная в табл. 3

Таблица 3

Пороки консистенции	Баллы	± баллов
Брак	10	5
Предельно крошливая	9	4
Крошливая	8	3
Удовлетворительная, излишне крошливая	7	2
Хорошая, слегка крошливая	6	1
Отличная	5	0
Хорошая, слегка мягкая	4	–1
Удовлетворительная, излишне мягкая, слабая	3	–2
Мягкая, слабая	2	–3
Предельно слабая	1	–4
Брак	0	–5

Для оценки пороков внешнего вида может быть предложена отдельная шкала.

Измерение содержания влаги в масле Z_2 осуществляется периодически с интервалом 0,5 ч для контроля завершающего этапа технологического процесса. Необходимая точность измерения должна составлять 0,1 интервала возможных значений контролируемого параметра, согласно данным табл. 1.2

$$\Delta_T = 0,2 \% \text{ влаги.}$$

Оценим применимость лабораторного метода определения влаги в масле без наполнителей, рекомендованного ГОСТ 3626-73 [1]. Погрешность метода задана расхождением между двумя параллельными пробами: $d \leq 0,2 \%$. Предельную погрешность метода найдем по формуле (3.10)

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = 3 \frac{0,2}{2,77 \cdot \sqrt{2}} = 0,15 \%$$

Метод удовлетворяет условию (3.1). Условие (3.8) также выполняется, так как продолжительность одного измерения – не более 15 мин.

Таким образом, рассмотренный лабораторный метод может быть использован в системе управления качеством.

Измерение средней массы полутуши перед дефростацией X_3 осуществляются с периодичностью загрузки партий в камеру дефростации. В графах 4–9 табл. 1 обозначены основные требования к результату измерения массы. Особо отмечается неоднородность по массе внутри партии. Метод измерения можно отнести к группе экспресс-методов. Для измерения осуществляется выборка 10 полутуш из потока (100–200 полутуш) загружаемых в камеру дефростации, например, первая партия из 10 полутуш.

Измерение каждой полутуши производится на весах типа ШСВ-500 [6]. В документации на весы приводятся технические характеристики:

Диапазон измерений, кг	20...500	
Основная погрешность (\pm кг)		
в диапазоне измерений, кг	25...100	($\pm 0,1$)
	100...400	($\pm 0,2$)
	400...500	($\pm 0,3$)

После взвешивания подсчитываются:

– средняя масса полутуши

$$X_3 = \frac{1}{10} \sum_{N=1}^{10} M_N,$$

где M_N – результат взвешивания N -й полутуши;

– размах массы в выборке

$$R = M_N^{\max} - M_N^{\min},$$

где M_N^{\max} и M_N^{\min} – максимальное и минимальное значение массы в выборке.

Числовое значение X_3 используется как результат измерения средней массы туши.

Числовое значение R не должно превышать предельное $R_{\max} = 0,95$ кг, заданное для однородности партии полутуш данного вида. Если это условие не выполняется, то партия возвращается на пересортировку.

Погрешность метода измерения в этом случае зависит от погрешности прибора (весов) – *систематическая составляющая погрешности*, и от погрешности определения средней массы туши и размаха в партии по результатам измерения ограниченной выборки – *смешанная оценка результата*. Систематическая составляющая погрешности определения средней массы и размаха при равноточных измерениях определяется погрешностью взвешивания полутуши [7], т. е. она равна основной погрешности весов, указанной в документации: $\Delta_0 = \pm 0,2$ кг.

Вторая погрешность будет зависеть от объема выборки, по которой найдено среднее значение, и от того, как рассеяны отдельные значения масс полутуш относительно $M_{\text{ср}}$. Характеристикой рассеяния может служить размах R .

Тогда предельное отклонение найденного значения X_3 от среднего значения массы всей партии полутуши можно найти как доверительный интервал, накрывающий истинное значение среднего с вероятностью $P = 0,95$

$$\Delta = t_\gamma \cdot S,$$

где t_γ – коэффициент Стьюдента, определяется по таблицам (см. ГОСТ 8.207-76) [7] в зависимости от объема выборки n и доверительной вероятности P ; S – СКО массы туши от среднего значения массы в выборке, определяемое по формуле

$$S = \frac{R}{Q \cdot \sqrt{n}}.$$

Для условий, заданных в графах 4–9 табл. 1

$$S = \frac{9}{4,47 \cdot \sqrt{10}} = 0,64 \text{ кг},$$

где для $n = 10$ и $P = 0,95$ по таблицам [7] находим $t_\gamma = 2,28$.

Откуда $\delta = 2,28 \cdot 0,64 = 1,5$ кг.

С учетом систематической и случайной составляющих погрешность оценки среднего значения массы полутуши

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{из}} = 0,2 + 1,5 = 1,7 \text{ кг},$$

что удовлетворяет неравенству (3.1).

Список литературы к приложению 6

1. Тематический сборник ГОСТ. Технический регламент на молоко и молочную продукцию (187 документов). – М.: ФГУП «Стандартинформ». – 31.07.2012. – <http://ria-stk.ru/electronprint/detail.php?ID=66324>.
2. Ареометр для молока АМ и АМТ. Паспорт. – АТС «Прибор», 2011. – 6 с.
3. Анализатор качества молока «Лактан 1-4». САП 007. 00. 000ПС. Паспорт. – Малое НПП «Сибпромприбор», 1992. – 12 с.
4. Приборы и средства автоматизации. ЦНИИТЭИ приборостроения: Отраслевой каталог. Ч. I. Приборы для измерения и регулирования температуры. – М., 1986. – 91 с.
5. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справ. пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. /Под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976. – 488 с.
6. Приборы и средства автоматизации: Отраслевой каталог. Ч. I. Приборы для измерения и дозирования массы. – М.: Информприбор, 1987. – 105 с.
7. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. – М.: Изд-во стандартов 1990. – 428 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	5
Анализ информационного обеспечения технологического процесса	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	21
Методика экспертных оценок параметров технологического процесса..	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	28
Выбор методов и технических средств контроля параметров технологического процесса	28
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	38
Обработка результатов экспериментального исследования технологического процесса	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	43
Моделирование режимов технологического процесса на основе результатов пассивного эксперимента (регрессионная модель)	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	48
Статистические таблицы	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	50
Таблицы экспериментального обследования технологического процесса.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	56
Программа <i>Expert2</i>	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	69
Программа <i>ozenka</i>	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	76
Программа <i>model06</i>	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	82
Примеры подготовки информационного обеспечения технологического процесса	82



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011 г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931 года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

В институте обучается более 6500 студентов и аспирантов. Коллектив преподавателей и сотрудников составляет около 900 человек, из них 82 доктора наук, профессора; реализуется более 40 образовательных программ.

Действуют 6 факультетов:

- холодильной техники;
- пищевой инженерии и автоматизации;
- пищевых технологий;
- криогенной техники и кондиционирования;

- экономики и экологического менеджмента;
- заочного обучения.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение; машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

В институте создан информационно-технологический комплекс, включающий в себя технопарк, инжиниринговый центр, проектно-конструкторское бюро, центр компетенции «Холодильщик», научно-образовательную лабораторию инновационных технологий. На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются журнал «Вестник Международной академии холода» и электронные научные журналы «Холодильная техника и кондиционирование», «Процессы и аппараты пищевых производств», «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре по 11 специальностям.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

www.ihbt.edu.ru
www.gunipt.edu.ru

Абугов Михаил Борисович
Алёшичев Сергей Евгеньевич
Балюбаш Виктор Александрович
Стегаличев Юрий Георгиевич

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Л.Г. Лебедева

Компьютерная верстка
Д.Е. Мышковский

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 01.02.2013. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,58. Печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 5,63
Тираж 100 экз. Заказ № С 20

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

