

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург
2014

УДК 664

Контроль и автоматизированное управление качеством продукции: Учеб.-метод. пособие / С.Е. Алёшичев, М.Б. Абугов, В.А. Балюбаш, Ю.Г. Стегаличев. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 51 с.

Приведен цикл лабораторных занятий по дисциплинам «Контроль и автоматизированное управление качеством продукции», «Планирование эксперимента и обработка опытных данных», а также «Информационные системы управления качеством в автоматизированных и автоматических производствах», направленный на решение задач оптимизации управления технологическими процессами в различных производственных ситуациях. Работы выполняются с использованием вычислительной техники, а также прикладного и специального программного обеспечения.

Предназначено для студентов пятого курса специальности 220301, а также бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлению 220200.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. А.Г. Новоселов

**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, 2014

© Алёшичев С.Е., Абугов М.Б., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г., 2014

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для проведения занятий по дисциплинам «Контроль и автоматизация управление качеством продукции», являющимся продолжением курса «Технологические процессы автоматизированных производств», а также «Планирование эксперимента и обработка опытных данных», «Информационные системы управления качеством в автоматизированных и автоматических производствах».

В учебном пособии представлены три связанные между собой лабораторных работ, целью которых является практическое ознакомление с различными методами анализа технологических процессов (ТП). В ходе работ обучающиеся на практике знакомятся с приемами математической обработки экспериментальных данных, методикой разработки алгоритмического и программного обеспечения автоматической системы управления ТП пищевых производств, формирующей оптимальные управляющие воздействия на основе выбранных критериев качества продукции.

Первая работа посвящена постановке и решению задачи выбора режимов работы ТП, оптимальных по показателям качества продукции и заданной целевой функции. В работе используется программа для персонального компьютера (ПК) по упорядочению массива данных и решению задач линейного и нелинейного программирования.

Вторая работа посвящена освоению методов расчета оптимальной периодичности контроля, показателей качества в массовом производстве в соответствии с ГОСТ Р 50779.11-2000. Используемые методики статистического регулирования показателей качества и результаты расчета проверяются на имитационной модели ТП, реализованной в программе на ПК.

Третья работа предусматривает ознакомление в режиме пользователя с автоматизированным рабочим местом (АРМ) технолога колбасного производства.

При проведении этой работы осуществляются расчеты оптимальных режимов ведения технологических процессов колбасного производства для заданной партии сырья и производственной ситуации. Предусмотрена также возможность корректировки банка данных в программе АРМ. В работе используется специализированная программа АРМ для ПК.

Справочные материалы, примеры и тексты программ приведены в приложениях 1–3.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Оптимизация режимов технологического процесса по показателям качества продукции

Общие положения

При выполнении данной работы необходимо сформулировать и решить оптимизационную задачу управления технологическим процессом в конкретной производственной ситуации.

Формирование задачи осуществляется с использованием методов математического программирования. При этом используют результаты, полученные группой при выполнении предыдущих лабораторных работ.

Формулировка задачи управления в общем виде приведена в описании лаб. работы №1 учебного пособия по дисциплине «Технологические процессы и производства» (далее – Учебное пособие). Математическая интерпретация задачи управления представляет собой систему, включающую в себя следующие составляющие:

- уравнения, характеризующие состояние объекта,

$$z_i = a_{i0} + \sum_{\gamma=1}^m a_{i\gamma} x_{\gamma} + \sum_{j=1}^k b_{ij} y_j, \quad (1.1)$$

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

- неравенства, определяющие ограничения диапазонов изменения переменных z_i и y_j (пределы ограничений получены при выполнении лабораторной работы № 1, 3, см. Учебное пособие),

$$z_{i \min} \leq z_i \leq z_{i \max}; \quad (1.2)$$

$$y_{j \min} \leq y_j \leq y_{j \max}; \quad (1.3)$$

- целевая функция, которая выбирается по результатам анализа заданной производственной ситуации,

$$L(z_i, y_j) \rightarrow \min(\max). \quad (1.4)$$

Конкретная производственная ситуация задается числовыми значениями характеристик сырья, поступившего на переработку x_{γ} , где $\gamma = 1 \dots m$, а также сведения об условиях переработки данной партии, например, накопились большие запасы сырья, необходима стро-

гая экономия сырья, необходимо выпустить продукцию повышенного качества, продукция готовится на экспорт и т. п.

Анализируя производственную ситуацию, выбирают один из критериев оптимизации:

- критерий качества продукции, при этом целевая функция (1.4) имеет вид

$$L = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left(1 - \frac{|\Delta z_i|}{\Delta z_{i \max}} \right) \rightarrow \max, \quad (1.5)$$

или

$$L = \sum_{i=1}^n \left| \alpha_i \left(\frac{\Delta z_i}{\Delta z_{i \max}} \right) \right| \rightarrow \min, \quad (1.6)$$

где α_i – коэффициент значимости (веса) i -го показателя качества, Δz_i и $\Delta z_{i \max}$ текущие и предельно допустимые значения отклонения i -го показателя качества;

- критерий интенсификации процесса, при этом целевая функция (1.4) имеет вид

$$L = y_j \rightarrow \min, \quad (1.7)$$

или

$$L = y_\zeta \rightarrow \max \quad (1.8)$$

где y_j – время переработки сырья в продукт, y_ζ – количество сырья, проходящего через технологическое оборудование в единицу времени (расход);

- критерий экономии сырья, при этом целевая функция (1.4) имеет вид

$$L = \frac{z_i}{x_\gamma} \rightarrow \max, \quad (1.9)$$

или

$$L = \frac{x_\zeta}{z_i} \rightarrow \min, \quad (1.10)$$

где z_i – количество изготовленного продукта, $x_\gamma(x_\zeta)$ – количество израсходованного сырья (ценного компонента), например молочного жира.

После выбора вида целевой функции приступают к решению основной задачи – выбору числовых значений управляющих воздей-

ствий на технологический процесс, оптимальных для партии сырья с заданными характеристиками x_{γ} .

Одним из универсальных и широко распространенных методов решения задач математического программирования является метод случайного поиска. Основные достоинства этого метода состоят в следующем:

- схема алгоритма его реализации одинакова для задач линейного и нелинейного программирования;
- не подвержен заикливанию;
- имеет относительно несложную программную реализацию.

Точность получаемого решения зависит от длительности вычислительного процесса. Последнее обстоятельство является важным для решения ряда практических задач, когда при невысоких требованиях к точности расчета удается повысить оперативность решения задачи.

Суть метода заключается в поиске экстремума целевой функции (1.4) путем случайного изменения значений координат y_j в заданных условиях задачи диапазонах. Первоначально определяются значения k координат вектора \bar{y} в указанных диапазонах как некоторые случайные величины. При этом целесообразно устанавливать следующее требование: возможные значения каждой из этих величин ($y_1 \dots y_k$) в пределах заданных диапазонов должны быть одинаково вероятны, т. е. эти величины должны распределяться по закону равномерной плотности. В этом случае плотность распределения каждой величины y_j в заданном диапазоне

$$P(y_j) = \frac{1}{y_{j\max} - y_{j\min}}, \quad (1.11)$$

где $y_{j\max}$ и $y_{j\min}$ границы диапазона изменения координаты.

Для полученных случайных величин y_j проверяется выполнение условия (1.2). Если они не выполняются, то генерируются новые значения этих величин и повторно проверяется выполнение условия (1.2). Когда после очередного цикла указанные условия будут выполнены, производится вычисление целевой функции, значение которой α ($y_1 \dots y_k$) и соответствующие ей значения переменных y_j запоминаются. Этот процесс многократно повторяется. Каждое вновь полученное значение целевой функции сравнивается с предыдущим. В результате запоминается экстремальное значение α (по *min* или *max*) и соответствующие ему значения переменных. Очевидно, что точность

экстремального решения возрастает с увеличением длительности такого поиска.

Существуют и другие варианты организации процесса поиска (метод градиента, метод Гаусса-Зайделя и др.). Однако важным достоинством рассматриваемого метода является то, что увеличение числа координат k не усложняет процедуры поиска.

Кроме того, метод случайного поиска позволяет при наличии локальных экстремумов и особых точек найти глобальный экстремум.

Содержание работы

При выполнении данной работы студент берет за основу материалы лабораторных работ, выполненных в соответствии с материалами Учебного пособия:

- числовыми значениями характеристик сырья, поступившего на переработку (номером строки в таблице результатов обследования объекта в прил. 1);

- указаниями об условиях переработки данной партии, определяющих выбор критерия оптимизации и погрешность результата.

Студент выбирает вид целевой функции оптимизации из уравнений (1.5)-(1.10) и формулирует задачу управления в виде системы (1.1)-(1.4). Выбирается также погрешность результатов расчета в виде числа значений показателей качества z_i , вычисленных в диапазоне допустимого их варьирования $z_{i \max} \dots z_{i \min}$.

Для решения задачи предлагается программа «OPT6.BAS» (прил. 2). Программа реализует процедуру случайного поиска. Погрешность результата расчета задается предельным числом циклов расчета целевой функции – это число также вводится до начала расчета. Результаты расчета включают в себя оптимальные значения управляющих воздействий $u_{i \text{ опт}}$, ожидаемые значения показателей качества продукта z_i и численное значение целевой функции $\alpha_{\text{опт}}$. Полученные результаты сравниваются с результатами экспериментального обследования объекта и предлагается порядок их реализации на объекте управления.

Содержание отчета

В отчете приводятся:

- описание производственной ситуации и исходные данные объекта управления;
- выбор одного-двух критериев оптимизации и их обоснование;
- обоснование и описание системы, формализующей задачу управления;
- описание методики и процедуры решения оптимизационной задачи;
- результаты решения задачи оптимизации;
- анализ результатов решения задачи и рекомендации о порядке их реализации на объекте управления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Выбор параметра статистического регулирования качества

Общие положения

Данная работа позволяет освоить практические приемы расчета, планирования и реализации в технологическом процессе оптимальной периодичности контроля (измерения) показателей качества.

Контроль показателей качества в настроенном (налаженном) управляемом технологическом процессе необходим для того, чтобы своевременно определить тенденцию разладки или изменения характеристик оборудования. Однако процедура измерения большинства показателей качества пищевых продуктов трудоемка, требует большого числа последовательных измерений одного и того же показателя, например, массы единичной навески при фасовке продукта в тару. С целью снижения затрат на контроль и управление процессом применяют статистические методы управления качеством (ГОСТ Р 50779.11-2000). Эти методы позволяют планировать управление при периодическом контроле ограниченной выборки из потока продукта.

Таким образом, метод статистического контроля предусматривает определение оптимальной периодичности контроля данного показателя качества z_i , объема выборки (числа контролируемых партий готового продукта при одном измерении z_i), а также допустимых пределов отклонения числового значения z_i в объеме выборки (характеристики неоднородности продукции) и допустимого расхождения значения z_i между последовательными выборками (характеристика разладки процесса).

Исходными данными для проведения расчетов по этому методу являются числовые значения диапазона изменения рассматриваемого показателя качества $z_{i0} \pm \Delta z_{i \max}$ характеристики состояния технологического оборудования, которое определяется периодом работы до разладки L_0 , допустимой продолжительностью работы оборудования в разлаженном состоянии L_1 , а также величиной разброса числового значения показателя качества (СКО) в налаженном режиме. Пе-

риоды L_0 и L_1 могут выражаться в единицах времени или числом партий продукции.

При таком методе контроля необходима математическая обработка результатов измерения контролируемого параметра в выборке. Математическая обработка позволяет оценить смещение уровня наладки технологического процесса, например, по изменению средних арифметических значений дозируемой массы в последовательных выборках, а также оценить устойчивость технологического процесса (состояния оборудования) по изменению рассеивания значений контролируемого параметра в выборке.

По обобщенным оценкам, полученным в результате математической обработки, формируются управляющие воздействия на технологический процесс, например, производится корректировка настройки дозирующего устройства при смещении среднего значения массы от заданного уровня или замена узлов дозирования при недопустимом рассеивании дозируемых масс в выборке.

В данной работе предлагается для заданного исходными данными технологического процесса, используя рекомендации ГОСТ Р 50779.11-2000, определить параметры статистического регулирования с применением различных вариантов математической обработки измерительной информации (рис.2.1). На диаграмме и при описании методик используются следующие обозначения:

L_0 – ожидаемый период работы оборудования в налаженном режиме;

L_1 – допустимая продолжительность работы оборудования в режиме разладки;

Q_1 – среднее значение контролируемого параметра (z_i);

Q_1, Q_2 – верхнее и нижнее браковочные значения контролируемого параметра ($z_{i\ max}, z_{i\ min}$);

Q_4 – СКО контролируемого параметра в начале работы;

T_1 – объем выпуска продукции до начала контроля (периодичность контроля);

$T_2 = T_1 + T_4$ – объем выпущенной за цикл продукции;

T_3 – планируемый объем выпуска продукции;

T_4 – объем выборки для контроля;

D_1, D_2 – верхнее и нижнее значения границ регулирования при контроле среднего арифметического значения (САЗ);

D_3 – граница регулирования при контроле СКО;

D_4, D_5 – верхнее и нижнее значения границ регулирования при контроле медианы (МЕД);
 D_6 – граница регулирования при контроле размаха R ;
 D_7, D_8 – верхнее и нижнее значения первой границы регулирования при контроле кумулятивной суммы выборочного среднего (КСВС);
 D_9 – вторая граница регулирования при контроле КСВС;
 Q_5, Q_6 – коэффициенты усиления при регулировании по каналам положительного и отрицательного воздействия на объект.



Рис. 2.1. Диаграмма параметров контроля

Используются следующие методы обработки измерительной информации. Метод вычисления средних арифметических значений (САЗ) предусматривает вычисление

$$X(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X(i, j), \quad (2.1)$$

где $X(i, j)$ – j -ый результат измерения параметра в i -ой выборке, n – объем выборки (количество наблюдений величины X в j -й момент времени).

Метод вычисления медиан (МЕД) предусматривает определение выборочной медианы $\bar{X}(i)$ по совокупности измерений $X(i, j)$, где $j = 1 \dots n$ – число значений контролируемого параметра в выборке (в момент времени i). Для определения $\bar{X}(i)$ результаты измерения в i – й выборке располагают в виде возрастающего ряда. При четном числе членов ряда медиану определяют как среднее арифметическое двух значений, расположенных в середине ряда. При нечетном числе членов медианой является значение измеряемого параметра, находящееся в центре ряда.

Вычисление значений $X(i)$ и $\bar{X}(i)$ используют для оценки смещения настройки технологического процесса от нормативного значения Q_1 в каждой выборке. При смещении вычисленного значения $X(i)$ или $\bar{X}(i)$ за установленные пределы регулирования вырабатывается и реализуется управляющее воздействие для корректировки настройки процесса.

Метод вычисления кумулятивных сумм для выборочного среднего (КСВС) предусматривает вычисление САЗ – $X(i)$ в выборке i , вычисление отклонения $X(i)$ за установленные границы регулирования K (первая граница) для каждой выборки и суммирования этих отклонений в последовательных выборках по формуле

$$X_m = \sum_{i=1}^m (X(i) - K), \quad (2.2)$$

где x_m – КСВС за m выборок, K – установленная первая граница регулирования (D_7 или D_8).

Суммирование САЗ производится при отклонениях в последовательных выборках только в одну сторону, например, отклонения за верхний предел. При смене знака отклонений значения x_m сбрасываются и начинается накопление новой КСВС. Для формирования управляющих воздействий по результатам вычисления КСВС устанавливается еще один (второй) уровень границ регулирования. При переходе численного значения x_m за второй уровень границ регулирования вырабатывается и реализуется управляющее воздействие для корректировки процесса.

Метод вычисления средних квадратических отклонений (СКО) предусматривает вычисление

$$S(i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X(i,j) - X_0)^2}, \quad (2.3)$$

где $S(i)$ – выборочное СКО в i -ой выборке, $X(i,j)$ – j -й результат измерения контролируемого параметра в i -й выборке, X_0 – среднее значение контролируемого параметра (может совпадать с нормативным значением), n – объем выборки.

Метод вычисления размахов (R) предусматривает определение

$$R(i) = X(i)_{max} - X(i)_{min}, \quad (2.4)$$

где $R(i)$ – числовое значение размаха в i -ой выборке, $X(i)_{max}$, $X(i)_{min}$ – максимальное и минимальное значения контролируемого параметра в i -ой выборке.

Вычисленные значения $S(i)$ и $R(i)$ используют для оценки разброса (рассеивания) значений контролируемой величины. При выходе вычисленных значений $S(i)$ и $R(i)$ за установленный предел формируется управляющий сигнал для остановки процесса и ремонта оборудования.

Содержание работы

В качестве исходных данных для выполнения работы принимаются характеристики одного из вариантов производственной ситуации из табл. 2.1, а также численные характеристики технологического процесса, полученные в предыдущих работах.

Работа выполняется в два этапа. На первом этапе рассчитывают оптимальный план управления качеством при заданном в табл. 1 способе управления. Рассчитываются границы регулирования и объем выборки при контроле. Расчет производится для одного из вариантов периодичности контрольных операций T_1 (строка 6, табл. 2.1). На втором этапе работы осуществляется проверка результатов расчета на имитационной модели технологического процесса, реализованной в программном модуле «REGUL06.BAS». Проверка на модели позволяет определить момент разладки технологического процесса и объем продукции, в котором контролируемый показатель качества z_i вышел за допустимые пределы. При имитации технологического про-

Таблица 2.1

Характеристики технологического процесса
(варианты задания)

№ п/п	Параметр процесса и его обозна- чение	Номер варианта							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	План выпуска продукции (T_3)	1000	600	200	500	800	100	1000	400
2	САЗ (Q_1, z_{10})	по таблице 1.2 из лаб. работы № 1, см. Учебное пособие							
3	Верхний предел браковки (Q_2, z_{1max})	по таблице 1.2 из лаб. работы № 1, см. Учебное пособие							
4	Нижний предел браковки (Q_3, z_{1min})	по таблице 1.2 из лаб. работы № 1, см. Учебное пособие							
5	СКО (Q_4)	по результатам лаб. работы № 3, см. Учебное пособие							
6	Периодич- ность контроля (T_1)	$T_1 = 0,1T_3$							
7	Метод регулиру- вания	САЗ и СКО	МЕД и R	КСВС и САЗ	САЗ и СКО	МЕД и R	КСВС и СКО	САЗ и СКО	КСВС и СКО
8	Период работы до разрядки (α_0)	200	40	200	100	40	80	2000	200
9	Период работы в разлаженно м состоянии (α_1)	1,053	1,11	1,5	1,18	1,053	1,2	1,18	1,5

цесса контролируется как смещение (САЗ, МЕД, КСВС), так и неоднородность (R, СКО) показателя качества.

По результатам имитационной проверки (объем брака, остановка при выходе за допустимый предел R или СКО) выбирают оптимальное значение объема выборки T_1 и принимают решение о необходимости применения регулирующих воздействий в технологиче-

ском процессе и интенсивности этих воздействий (Q_5 и Q_6) либо о необходимости восстановительного ремонта оборудования (уменьшение значения Q_4). По принятым решениям вносят изменения в исходные данные и проверяют результат на имитационной модели.

При выполнении первого этапа работы по рекомендациям ГОСТ Р 50779.11-2000 используют следующее математическое обеспечение.

При управлении по методу средних арифметических значений (САЗ) контролируется смещение настройки параметра, для чего определяют величину смещения настройки вверх $\delta_в$ и вниз $\delta_н$ при полной разладке процесса

$$\delta_в = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_4}; \quad \delta_н = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_4}; \quad (2.5)$$

По заданным в табл. 2.1 периодам налаженного α_0 и разлаженного α_1 процесса определяют:

- вероятность излишней наладки α

$$1 - \alpha = \frac{1}{\alpha_0}; \quad (2.6)$$

- вероятность появления незамеченной разладки β

$$\beta = \frac{1}{\alpha_1}. \quad (2.7)$$

По значениям $\alpha_0(\alpha)$, $\alpha_1(\beta)$ и $\delta_н$ или $\delta_в$, используя табл. 3 и 4 прил. 3, определяют объем выборки T_4 и предельные значения квантилей нормального распределения a для верхней и нижней границ регулирования (если расчетные значения выходят за пределы табл. 3 и 4 прил. 3, необходимо провести интерполяцию табличных значений).

Для выбранных значений объема выборки и квантиля $a_в$ и $a_н$ определяют границы регулирования при управлении по САЗ

$$D_1 = Q_1 + a_в \cdot Q_4 \quad \text{и} \quad D_2 = Q_1 - a_н \cdot Q_4. \quad (2.8)$$

Одновременно с определением САЗ производится обработка измерительной информации с целью выделения СКО, что дает воз-

возможность оценить разброс (неоднородность) качества продукции в партии.

При обработке измерений в выборке с целью управления СКО необходимо назначить границу регулирования СКО

$$D_4 = \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2}{T_4}} \cdot Q_4, \quad (2.9)$$

где $\chi_{1-\alpha}^2$ – квантиль χ^2 – распределения для числа степеней свободы $f=T_4$ и вероятностей излишней наладки α .

Значение $\chi_{1-\alpha}^2$ определяют по табл. 1 прил. 3 для χ^2 – распределения, при этом значения T_4 и α принимают по расчету параметров по САЗ.

При управлении по методу МЕД также контролируют смещение настройки. При подготовке управления определяют объем выборки T_4 и предельное значение квантилей вида $b_в$ и $b_н$ для верхней и нижней границ регулирования по табл. 5 и 6 прил. 3. Принимают значение, равное наибольшему из выбранных по таблице, и определяют границы регулирования

$$D_4 = Q_1 + b_в \cdot Q_4, \text{ и } D_5 = Q_1 - b_н \cdot Q_4. \quad (2.10)$$

Одновременно с определением МЕД производится обработка измерительной информации с целью выделения R , что дает возможность оценить неоднородность продукции в партии. При обработке измерений необходимо назначить предел регулирования R

$$D_6 = \omega_{1-\alpha} \cdot Q_4, \quad (2.11)$$

где $\omega_{1-\alpha}$ – квантиль распределения нормированного размаха при объеме выборки $f=T_4$ и вероятности излишней наладки α .

Значение $\omega_{1-\alpha}$ определяют по таблицам статистики для распределения размаха (табл. 2, прил. 3), при этом значения T_4 принимают по расчету параметров МЕД.

При управлении по методу КСВС для контроля смещения настройки определяют величину при полной разладке по формулам (2.5), а также первые границы регулирования D_7 и D_8 при управлении по КСВС

$$\left. \begin{aligned} D_7 &= Q_1 + \frac{\delta_e}{2} Q_4, \\ D_8 &= Q_1 - \frac{\delta_n}{2} Q_4 \end{aligned} \right\}. \quad (2.12)$$

По табл. 8 прил. 3 границ регулирования в зависимости от числовых значений α_0 и α_1 определяют коэффициенты c и d

$$c = \delta \sqrt{T_4} \quad \text{и} \quad d = \frac{D_9 \sqrt{T_4}}{Q_4}. \quad (2.13)$$

Вычисляют объем выборки при управлении по КСВС

$$T_4 = INT \left(\frac{c}{\delta} \right)^2 + 1, \quad (2.14)$$

где INT – целая часть числа.

Вычисляют вторую границу регулирования D_9 (предельное отклонение КСВС в любую сторону от нормативного значения показателя качества)

$$D_9 = \frac{d \cdot Q_4}{\sqrt{T_4}}. \quad (2.15)$$

Одновременно с определением КСВС производится обработка измерительной информации с целью выделения СКО для контроля неоднородности продукции. Определение предела регулирования СКО аналогично изложенному для метода САЗ и СКО.

После определения объема выборки и границ регулирования необходимо провести проверку методов статистического управления заданным технологическим процессом на имитационной модели и подобрать коэффициенты усиления при управлении. Текст программы имитационной модели «REGUL06.BAS» приведен прил. 2. После запуска данной программы в диалоговом режиме вводятся данные для указанного в табл. 2.1 способа управления.

Кодовые команды программы:

- при $H_2 = 0$ используется САЗ для управления настройкой и СКО для управления разбросом;
- при $H_2 = 1$ используется МЕД для управления настройкой и R для управления разбросом;

- при $H_2 = 2$ используется КСВС для управления настройкой и СКО для управления разбросом.

В соответствии с программой программа запрашивает следующие данные:

- план выпуска изделий T_3 ;
- выпуск изделий до начала контроля T_1 ;
- объем выборки при контроле T_4 ;
- нормативное значение контролируемого параметра Q_1 ;
- верхнее и нижнее значения параметра при браковке Q_2, Q_3 ;
- нормативное значение СКО контролируемого параметра Q_4 .

Параметры математической обработки информации:

- для регулирования по САЗ и СКО – верхнее D_1 и нижнее D_2 значения границ регулирования САЗ и значение D_3 границы регулирования СКО (предельное значение СКО);

- для регулирования по МЕД и R – верхнее D_4 и нижнее D_5 значения границы регулирования МЕД и значение D_6 границы регулирования R ;

- для регулирования по КСВС и СКО – верхнее D_7 и нижнее D_8 значения первой границы регулирования КСВС, значение D_9 второй границы регулирования и значение D_3 границы регулирования СКО.

Для автоматического формирования управляющего воздействия (корректировки настройки) в потоке без остановки процесса вводятся параметры регулирования:

- коэффициенты усиления при положительном Q_5 и отрицательном Q_6 регулирующем воздействии на процесс (в первом приближении значения Q_5 и Q_6 устанавливаются равным 1);

- направление разладки процесса: положительное – путем набора кода $H_1 = 0$ и отрицательное – посредством набора кода $H_1 = 2$.

После ввода всех запрашиваемых данных включается циклическая имитационная модель. Процесс остановится, если будет выпущена партия продукции T_3 либо будет превышена граница регулирования по СКО или R . При остановке формируется сообщение о причине остановки, объеме выпущенной продукции и объеме брака в партии. Эксперимент проводят дважды – при положительном и отрицательном смещении при разладке.

При необходимости следует откорректировать значения коэффициентов усиления Q_5 и Q_6 с целью сокращения доли бракованных изделий в партии, после чего эксперимент повторяют. Необходимо

выбрать настройку, при которой доля бракованных изделий в партии не превышает 5%.

Содержание отчета

В отчете приводятся:

- обоснование целесообразности перехода на статистические методы управления в данном технологическом процессе;
- исходные данные по процессу;
- результаты расчета объема выборки и границы регулирования;
- выбранные параметры настройки системы регулирования;
- результаты эксперимента;
- анализ результатов эксперимента и делается выбор способа и параметров управления для заданного технологического процесса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Приобретение навыков эксплуатации АСУТП на примере автоматизированного рабочего места технолога

В результате выполнения этой работы студенты должны ознакомиться с принципами функционирования автоматизированного рабочего места (АРМ), структурой его программного обеспечения. Затем получить навыки эксплуатации и адаптации АРМ в различных производственных ситуациях.

Общие положения

Рассмотрим работу АРМ на примере работы АРМ оператора колбасного производства. АРМ предназначено для расчета режимов управления основными технологическими операциями колбасного производства: дефростации, фаршеприготовления и термообработки колбасных батонов. Соответствующая схема технологического процесса с указанием информационных потоков, используемых для организации такого управления на предприятии, приведена на рис. 3.1, где используются следующие обозначения: Х.С. – характеристики сырья; О.У.В. – оптимальные управляющие воздействия; П.К.Б – параметры колбасных батонов; M_{cp} средняя масса полутуш; температура в толще бедра; толщина шпика (для свинины); масса закладки компонентов фарша; содержание влаги, жира, соли и белка; T – температура энергоносителя; W – влажность энергоносителя; продолжительность технологической операции; потеря массы; P и $\Phi.П.К.$ – расчетные и фактические показатели качества.

Управление технологическими операциями колбасного производства с использованием АРМ осуществляется следующим образом. На участке дефростации в процессе загрузки мясных полутуш технолог определяет параметры загружаемой партии сырья: среднюю массу туши, температуру внутри туш, толщину шпика у свиных полутуш. Эти данные являются исходными для программного модуля «Дефростация» и вводятся оператором в ПК в диалоговом режиме.

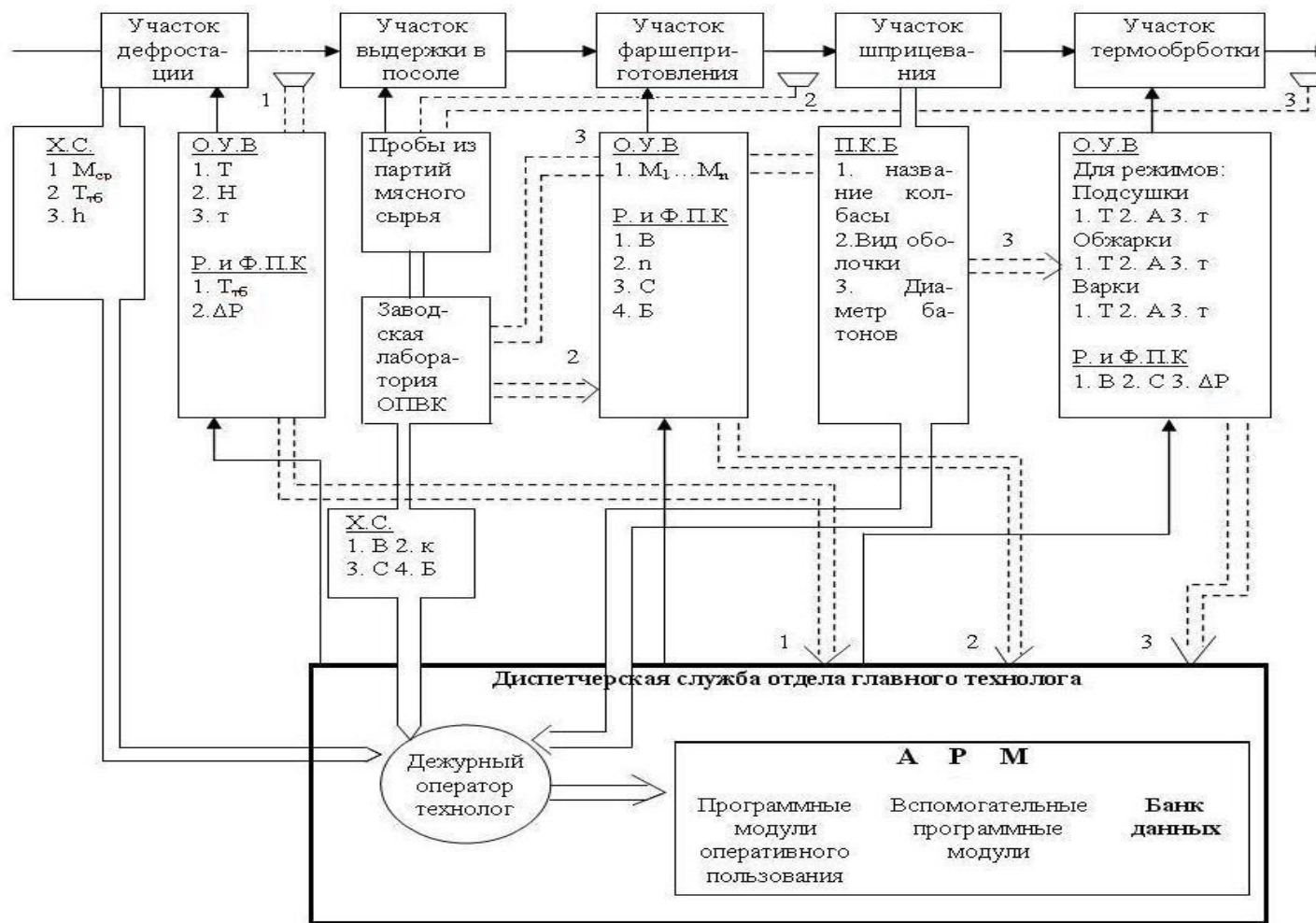


Рис. 3.1. Схема организации информационных потоков на предприятии для управления технологическими процессами колбасного производства с помощью АРМ технолога: 1 – характеристики сырья; 2 – характеристики фарша; 3 – характеристики готового продукта.

При этом оператор также в режиме диалога осуществляет выбор критерия оптимизации для расчета режима технологической операции: «по минимуму потерь» (экономия сырья) или «по минимуму времени обработки» (интенсификация процесса) исходя из производственной ситуации.

По окончании расчетов оператору выдаются значения оптимальных управляющих воздействий ведения операции дефростации: температуры, влажности энергоносителя, продолжительности операции, а также значения ожидаемых показателей качества в виде потерь массы, температуры мяса после дефростации.

Следующей в технологической цепочке рассматривается операция приготовления колбасного фарша. Для управления этой операцией технологу необходимо определить массы закладок отдельных компонентов (соли, воды, свинины, говядины и т. п.), позволяющих получить фарш с требуемым для данного вида колбасы химическим составом. При этом возможны два варианта реализации задачи, основанные на применении «жестких» и «гибких» рецептов. В первом случае нормы закладки мясных компонентов для конкретного сорта колбасы являются константами. У технолога имеется возможность изменять соотношение между отдельными партиями каждого закладываемого мясного компонента, партии должны отличаться друг от друга химическим составом. Например, при жестко заданной массе закладки говядины в фарш можно осуществлять закладку из различных партий говядины, отличающихся содержанием жира, влаги, белка и др.

При «гибкой» рецептуре предусматривается закладка сырья из одной партии с возможностью варьирования массы каждой закладки в определенных пределах.

Расчет дозировки осуществляется с помощью программного модуля «Фарш». Исходными данными являются результаты лабораторных анализов на содержание жира, поваренной соли, влаги, белка в партиях закладываемых мясных компонентов, а также рецептура фарша для данного вида колбасы. В результате расчета технологу выдается распечатка с указанием масс закладок всех компонентов.

Ввод исходных данных и варианта рецептов осуществляется оператором в диалоговом режиме перед запуском программ.

Далее приготовленный фарш шприцуются в колбасную оболочку. Погруженные на тележки колбасные батоны поступают на

термообработку, где осуществляются операции подсушки, обжарки и варки.

Расчет режимов термообработки осуществляется с помощью программного модуля «Термообработка». Исходными данными для расчетов являются: масса колбасных батонов, вид колбасы, вид и диаметр оболочки, химический состав использованного фарша. Эти данные вводятся оператором в ПК в диалоговом режиме. При этом оператор также осуществляет ввод критерия оптимизации: «по минимуму потерь» или «по минимуму времени обработки». В результате расчета оператору выдается распечатка с указанием параметров температурно-влажностных режимов в виде значений температуры, влажности, расхода энергоносителя и длительности обработки данной партии колбасных изделий на этапах операций подсушки, обжарки и варки.

Программное обеспечение (ПО) АРМ составлено на языке *QBasic* (программа «*АРМК.BAS*», прил. 2). Схема, иллюстрирующая структуру ПО АРМ, приведена на рис. 3.2.

Работа программы организована в диалоговом режиме. При ее запуске управляющим блоком выдается запрос – ВВЕДИТЕ КОД НЕОБХОДИМОГО МОДУЛЯ и тут же сообщаются варианты кодов в виде:

- 0 – ДЕФРОСТАЦИЯ
- 1 – ФАРШ
- 2 – ТЕРМООБРАБОТКА
- 7 – КОНЕЦ ПРОГРАММЫ.

После введения оператором необходимого кода происходит обращение к соответствующему программному модулю. Используемая структура ПО АРМ позволяет развивать его функции путем введения в состав ПО новых модулей.



Рис. 3.2. Структура ПО АРМ
 Управляющий модуль ПО включает операторы 5-17.
 Модуль «Дефростация» включает операторы 25-810.
 Модуль «Фарш» включает операторы 1000-1840.
 Модуль «Термообработка» включает операторы 2000-2310.

Содержание работы

Часть.1. Работа с АРМ в режиме пользователя

Эта часть работы состоит в знакомстве с работой АРМ колбасного производства с использованием имеющихся в составе ПО вариантов условий решения задач оптимального управления для всех модулей. Для выполнения этой части работы необходимо в диалоговом режиме осуществить ввод характеристик сырья и выбор целевой функции. Исходные данные (характеристики сырья), необходимые для работы каждого модуля, задаются преподавателем. Решение за-

дач оптимального управления для каждого из модулей осуществляется автоматически и представляется в виде технологической карты с указанием характеристик сырья и расчетных параметров режимов оптимального ведения соответствующего технологического процесса, а также ожидаемых значений показателей качества. Эти распечатки включаются в состав отчета по первой части работы. Далее проводится анализ результатов. Там же, по указанию преподавателя, приводятся те или иные характеристики ПО АРМ.

Часть.2. Создание ПО для АРМа оператора технологического процесса.

После ознакомления со структурой, принципами функционирования АРМа колбасного производства обучающийся создает АРМ для своей технологической операции.

Содержание отчета

Часть.1.

В отчете представляются:

- описание назначения, структуры, принципов функционирования АРМа;
- результаты расчетов оптимального технологического режима в виде технологической карты с комментариями.

Часть.2.

В отчете представляются:

- блок-схема алгоритма работы АРМа своего технологического процесса;
- таблица информационного обеспечения алгоритма;
- текст программы АРМ;
- примеры расчетов по программе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Разработка и реализация модели на основе экспертных оценок: Учеб.-метод. пособие / В.А. Балюбаш, Ю.Г. Стегаличев, С.Е. Алёшичев, М.Б. Абугов. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 58 с.
3. **Стегаличев Ю.Г., Балюбаш В.А., Замарашкина В.Н.** Технологические процессы пищевых производств. Структурно-параметрический анализ объектов управления: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 254 с.
4. ГОСТ Р 50779.11–2000. Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 43 с.
5. **Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С.** Метрология, стандартизация и технические измерения. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с.

**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	1,5-	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 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, %.

ПРОГРАММЫ

Текст программы «OPT6.BAS»

```

1 CLS
5 PRINT "оптимизация"
10 PRINT "введите кол-во искомым переменных"
15 INPUT n1
20 PRINT "введите через запятую ограничения на переменные"
25 PRINT "от,до"
26 DIM x1(20), c1(20), Y(20), s(20), x2(20), c2(20), p(20)
30 FOR i = 1 TO n1: INPUT x1(i), x2(i): NEXT i
35 PRINT "введите общее кол-во неравенств"
40 INPUT a
42 DIM z(a), z1(a)
45 PRINT "введите через запятую ограничения на неравенства"
46 PRINT "от,до"
50 FOR d = 1 TO a: INPUT c1(d), c2(d): NEXT d
55 INPUT "кол-во циклов расчета целевой ф-ции="; n
56 PRINT "если требуется определить max значение целевой ф-ции I"
58 PRINT "введите 1, если min-0"
59 INPUT c
60 PRINT "если нужна печать результатов"
62 PRINT "расчетов введите 1, если нет 0"
63 INPUT f: IF f = 1 THEN PRINT
64 i1 = .000007: w = 0
65 FOR k1 = 1 TO n
70 FOR i = 1 TO n1: s(i) = RND(i1): i1 = s(i): NEXT i: d = 0
75 FOR i = 1 TO n1: Y(i) = s(i) * (x2(i) - x1(i)) + x1(i): NEXT i
'PRINT Y(1), Y(2), Y(3)
80 z(1) = 23.57416 + 70.04578 * .35 + .7385044 * 20 + .1843852# * 60 + .7380801# * Y(1)
+ .1382344# * Y(2) - .4102828# * Y(3) - 1.799611E-02 * Y(4)
81 z(2) = 2.641111 + 22.05577 * .35 - .2194802# * 20 - .0049249 * 60 + 2.792493E-02 *
Y(1) - 1.421525E-03 * Y(2) + .0228789# * Y(3) + 4.279346E-03 * Y(4)
'84 a1(1) = .227: a2(1) = 0: f1(1) = 0: f2(1) = .276
'85 a1(2) = 0: a2(2) = .227: f1(2) = .2: f2(2) = 0
'86 a1(3) = 0: a2(3) = .254: f1(3) = .276: f2(3) = 0
'87 a1(4) = .146: a2(4) = 0: f1(4) = 0: f2(4) = .124
'88 a1(5) = .147: a2(5) = 0: f1(5) = 0: f2(5) = .124
'x(1) = 20: x(2) = 60: x(3) = Y(2): x(4) = Y(3): x(5) = 82
'dx(1) = (x(1) - 25) / (30 - 20)
'dx(2) = (x(2) - 65) / (70 - 60)
'dx(3) = (x(3) - 50) / (65 - 35)
'dx(4) = (x(4) - 170) / (180 - 160)
'dx(5) = (x(5) - 85) / (90 - 80)
'89 FOR i = 1 TO 5

```

```

'90 IF dx(i) > 0 THEN e1(i) = dx(i): e2(i) = 0 ELSE e1(i) = 0: e2(i) = ABS(dx(i))
'91 m1 = 0: m2 = 0
'92 m1 = m1 + (a1(i) * e1(i) + a2(i) * e2(i))
'93 m2 = m2 + (f1(i) * e1(i) + f2(i) * e2(i))
'NEXT i
'94 z(3) = 0 + 10 * m1 - 10 * m2:
95 FOR i = 1 TO a
105 IF z(i) >= c1(i) THEN 115
110 GOTO 70
115 IF z(i) <= c2(i) THEN 125
120 GOTO 70
125 NEXT i
385 l = .6 * ABS(z(1) - 85) / 10 + .2 * ABS(z(2) - 12) / 5 + .2 * ABS(z3 - 0) / 10
395 w = w + 1: IF w = 1 THEN l1 = 1
405 IF c = 1 THEN 445
415 IF l > l1 THEN 475
425 l1 = l: FOR i = 1 TO n1: p(i) = Y(i): NEXT i
430 FOR i = 1 TO a: z1(i) = z(i): NEXT i
435 GOTO 475
445 IF l < l1 THEN 475
455 l1 = l: FOR i = 1 TO n1: p(i) = Y(i): NEXT i
460 FOR i = 1 TO a: z1(i) = z(i): NEXT i
475 PRINT "l("; k1; ")="; l
476 IF f = 1 THEN LPRINT "l("; k1; ")="; l
480 NEXT k1
483 IF f = 1 THEN LPRINT "    результаты расчета.": LPRINT
485 PRINT "                результаты расчета."
486 PRINT
503 IF f = 1 THEN LPRINT " l="; l1
505 PRINT "                l="; l1
510 FOR i = 1 TO n1: PRINT "y("; i; ")="; p(i): NEXT i
512 FOR i = 1 TO a: PRINT "z("; i; ")="; z1(i): NEXT i
513 IF f <> 1 THEN 520
514 FOR i = 1 TO n1: LPRINT "y("; i; ")="; p(i): NEXT i
515 FOR i = 1 TO a: LPRINT "z("; i; ")="; z1(i): NEXT i
520 END

```

Текст программы «REGUL06.BAS»

```
2 CLS
5 PRINT TAB(20); "РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА          "
6 PRINT
10 PRINT "Введите код управления : "
12 PRINT TAB(10); "0 - контроль среднего квадратичного отклонения  "
14 PRINT TAB(10); "  среднего арифметического значения ."
16 PRINT TAB(10); "1 - контроль размахов и медиан."
18 PRINT TAB(10); "2 - накопление кумулятивных сумм выборочного среднего."
20 PRINT TAB(10); "3 - отсутствие регулирования ."
22 PRINT : INPUT "    код    ", H2
24 DIM X(300), Y(300), P(300), Z(300), Z1(300)
25 INPUT "Объем выборки при контроле T4 =", T4: INPUT "Нормативное значение
контролируемого параметра Q1 =", Q1
26 INPUT "Верхнее значение параметра при браковке Q2 =", Q2: INPUT "Нижнее зна-
чение параметра при браковке Q3 =", Q3
27 INPUT "Нормативное значение СКО контролируемого параметра Q4 =", Q4: INPUT
"План выпуска изделия T3 =", T3
30 IF H2 <> 0 THEN 40
35 INPUT "Верхнее значение границы регулирования САЗ D1 =", D1: INPUT "Нижнее
значение границы регулирования САЗ D2 =", D2
36 INPUT "Предельное значение СКО D3 =", D3
40 IF H2 <> 1 THEN 50
45 INPUT "Верхнее D4 и нижнее D5 значение границы регулирования МЕД", D4, D5
46 INPUT "Граница регулирования R D6 =", D6
50 IF H2 <> 2 THEN 60
55 INPUT "Верхнее значение первой границы регулирования КСВС D7 =", D7: INPUT
"Нижнее значение первой границы регулирования КСВС D8 =", D8
56 INPUT "Вторая граница регулирования D9 =", D9
57 INPUT "Значение границы регулирования СКО D3 =", D3
60 INPUT "Коэффициент усиление при положительном воздействии Q5 =", Q5
61 INPUT "и при отрицательном Q6 =", Q6
62 INPUT "Направление разладки H1 [+/-] ", EE$: IF EE$ = "+" THEN H1 = 0 ELSE H1
= 1
63 INPUT "Выпуск изделий до начала контроля T1 =", T1
64 CLS
65 O1 = 0: O2 = 0: Y2 = 0: S3 = 0: S4 = 0: B1 = 0
66 T2 = 0: R = 0: A = 0
67 T2 = T1 + T4
70 C = .000007: B = Q1 + Y2 + B1: S1 = 0: S2 = 0
71 IF O1 < T3 THEN 75
73 PRINT "Y3=1", "Выпуск"; O1, "Брак"; O2
74 GOTO 1000
75 FOR I = 1 TO T2
80 R = -6: FOR L = 1 TO 12: A = RND(C): R = R + A: RANDOMIZE (C): NEXT L
```

```

85 X(I) = B + Q4 * R / 6: NEXT I
90 A = RND(C): C = A: IF H1 <> 0 THEN 93
92 B1 = B1 + Q4 * A / 10: GOTO 95
93 B1 = B1 - Q4 * A / 10
95 P1 = ABS(INT(T1 + T4 * (A - .5))): FOR I = P1 TO T2
97 X(I) = X(I) + B1: NEXT I
100 FOR I = 1 TO T2: IF X(I) > Q2 THEN 130
125 IF X(I) > Q3 THEN 135
130 PRINT "X"; I, " ="; X(I): O2 = O2 + 1
135 NEXT I: PRINT "Y1=1": IF LP = 1 THEN LPRINT "Y1=1"
136 O1 = O1 + T2: GOTO 141
141 IF H2 <> 0 THEN 195
145 P1 = T1 + 1: FOR I = P1 TO T2: S1 = S1 + X(I): NEXT I: N1 = S1 / (T2 - T1)
147 FOR I = P1 TO T2: S2 = S2 + (X(I) - N1) ^ 2: NEXT I: N2 = SQR(S2 / (T2 - P1))
150 PRINT "Y1=0": IF LP = 1 THEN LPRINT "Y1=0"
160 IF N2 < D3 THEN 170
165 PRINT "Y3=1", "СКО="; N2, "Выпуск"; O1, "Брак"; O2
167 GOTO 1000
170 IF N1 < D1 THEN 180
175 Y2 = Y2 + Q6 * (D1 - N1): PRINT "Y2 ="; Y2
176 GOTO 70
180 IF N1 > D2 THEN 190
185 Y2 = Y2 + Q5 * (D2 - N1): PRINT "Y2 ="; Y2
186 GOTO 70
190 PRINT "Y2 ="; Y2
191 GOTO 70
195 IF H2 <> 1 THEN 295
200 P2 = T1 + 1: FOR I = P2 TO (T2 - 1): P1 = I + 1
205 FOR L = P1 TO T2
210 IF X(I) < X(L) THEN 220
215 F1 = X(I): X(I) = X(L)
216 X(L) = F1
220 NEXT L
225 NEXT I: PRINT "Y1=0": IF LP = 1 THEN LPRINT "Y1=0"
230 P1 = T1 + 1: N1 = X(T2) - X(P1)
235 IF N1 < D6 THEN 250
240 PRINT "Y3=1", "R"; N1, "Выпуск"; O1, "Брак"; O2
245 GOTO 1000
250 F2 = T4 / 2
255 IF F2 = INT(F2) THEN 265
260 F3 = INT(F2) + 1 + T1: N2 = X(F3): GOTO 270
265 F3 = F2 + T1: N2 = (X(F3) + X(F3 + 1)) / 2
270 IF N2 < D4 THEN 280
275 Y2 = Y2 + Q6 * (D4 - N2): PRINT "Y2 ="; Y2
276 GOTO 70
280 IF N2 > D5 THEN 290
285 Y2 = Y2 + Q5 * (D5 - N2): PRINT "Y2 ="; Y2
286 GOTO 70

```



```

290 PRINT "Y2 ="; Y2
291 GOTO 70
295 IF H2 <> 2 THEN 70
300 P1 = T1 + 1: FOR I = P1 TO T2: S1 = S1 + X(I)
302 S2 = S2 + (X(I) - B) ^ 2
305 NEXT I: PRINT "Y1=0"
310 N1 = S1 / (T2 - T1): N2 = SQR(S2 / (T2 - T1))
315 IF N2 < D3 THEN 330
320 PRINT "Y3=1", "СКО"; N2, "Выпуск"; O1, "Брак"; O2
325 GOTO 1000
330 IF N1 <= D7 THEN 350
335 S4 = 0: S3 = S3 + (N1 - D7)
340 IF S3 < D9 GOTO 380
345 Y2 = Y2 - Q6 * S3: PRINT "Y2 ="; Y2
346 S3 = 0: GOTO 70
350 IF N1 >= D8 THEN 380
355 S3 = 0: S4 = S4 + (D8 - N1)
360 IF S4 < D9 GOTO 380
370 Y2 = Y2 + Q5 * S4: S4 = 0: PRINT "Y2 ="; Y2
371 GOTO 70
380 PRINT "Y2 ="; Y2
381 GOTO 70
385 L = Y(1) ^ 2 - 12 * Y(1) + 20
395 W = W + 1: IF W = 1 THEN L1 = L
405 IF C = 1 THEN 445
415 IF L > L1 THEN 475
425 L1 = L: FOR I = 1 TO N1: P(I) = Y(I): NEXT I
430 FOR I = 1 TO A: Z1(I) = Z(I): NEXT I
435 GOTO 475
445 IF L < L1 THEN 475
450 L1 = L: FOR I = 1 TO N1: P(I) = Y(I): NEXT I
460 FOR I = 1 TO A: Z1(I) = Z(I)
475 PRINT "L (; K1; ") ="; L
480 NEXT I
485 PRINT "    РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА"
505 PRINT "          L="; L1
510 FOR I = 1 TO N1: PRINT "Y("; I; ")="; P(I): NEXT I
512 FOR I = 1 TO A: PRINT "Z("; I; ")="; Z1(I): NEXT I
1000 P1 = 0: S1 = 0: S2 = 0: S3 = 0: S4 = 0
1010 N1 = 0: N2 = 0: P2 = 0: Y1 = 0: Y2 = 0
1020 F1 = 0: F2 = 0: F3 = 0: W = 0: L = 0: L1 = 0
1025 A = 0: P2 = 0: C = 0: H1 = 0
1030 FOR I = 0 TO 300
1040 X(I) = 0: Y(I) = 0: P(I) = 0: Z(I) = 0: Z1(I) = 0
1050 NEXT I
1060 PRINT "для продолжения нажмите Esc"
1070 DO
1075 LOOP UNTIL INKEY$ = CHR$(27)

```

```
1080 INPUT "Продолжить работу - 1, выйти из программы - 2  ", nm
1090 IF nm = 1 THEN 2
1095 END
```

Текст программы *ARMK.BAS*

```

CLS
6 PRINT "введите код необходимого модуля": PRINT " (0-дефростация,"
7 PRINT " 1-фарш,": PRINT " 2-термообработка,"
8 PRINT " 7-конец программы"
9 INPUT "код="; A
10 IF A = 0 THEN 15
11 IF A = 1 THEN 16
12 IF A = 2 THEN 17
13 IF A = 7 THEN 2995
14 PRINT "ошибочная информация": GOTO 9
15 GOSUB 25: GOTO 6
16 GOSUB 1000: GOTO 6
17 GOSUB 2000: GOTO 6
25 REM дефростация
26 CLEAR D
30 DIM X(3), X1(3), X2(3), F(7), E(7), Y(9), Y1(8), Y2(8), Z(9), Z1(3), Z2(5), Z5(9), Z6(9)
31 N = 0: P = 31: P1 = 4: PRINT
32 INPUT "номер камеры, в которую загружается сырье="; N2
33 PRINT "вид сырья? 0-свинина"
34 INPUT "      1-говядина="; K2:
35 INPUT "ВВЕДИТЕ КРИТ.ОПТ-ИИ 1-MIN ВРЕМ,2-MIN ПОТ.МАССЫ"; K3
38 IF K2 = 0 GOTO 500
39 REM
40 X1(0) = 40: X2(0) = 120: X1(1) = -16: X2(1) = -2
45 F(0) = 14.2: F(1) = 60: F(2) = 20
50 E(0) = 22.6: E(1) = 97: E(2) = 31
55 Z1(0) = 0: Z1(1) = 1.5: Z2(0) = 4: Z2(1) = 7
60 INPUT "      масса туши(кг)="; X(0)
65 IF X(0) < 40 THEN 76
70 IF X(0) <= X2(0) GOTO 85
76 PRINT "исх. данные не попадают в область доп. знач.от"; X1(0); "до"; X2(0)
80 GOTO 60
85 INPUT "температура внутри туши(град.с)="; X(1)
90 IF X(1) < X1(1) GOTO 100
95 IF X(1) <= X2(1) GOTO 110
100 PRINT "исх. данные не попадают в область доп. знач.от"; X1(1); "до"; X2(1)
105 GOTO 85
110 A1 = 10.33 - .00926 * X(0) - .1066 * X(1)
113 PRINT
"=====
115 A2 = 8.350001 - 6.000001E-04 * X(0) + .1703 * X(1)
116 PRINT "камера-"; N2; "сырье-ГОВЯДИНА": PRINT "-----"
119 PRINT "масса туши="; X(0); "кг": PRINT "температура внутри туши="; X(1);
"град.С"
120 FOR I = 0 TO 2: Y(I) = RND(7) * (E(I) - F(I)) + F(I): RANDOMIZE Y(I): NEXT I
122 N = N + 1

```

```

125 Z(0) = A1 - .193 * Y(0) - .065 * Y(1) - .0654 * Y(2)
130 IF Z(0) < Z1(0) GOTO 120
135 IF Z(0) > Z2(0) GOTO 120
140 Z(1) = A2 + .1109 * Y(0) - .053 * Y(1) + .0161 * Y(2)
145 IF Z(1) > Z2(1) GOTO 120
150 IF Z(1) < Z1(1) GOTO 120
160 IF Y(2) >= P GOTO 170
165 P = Y(2): Y1(0) = Y(0): Y1(1) = Y(1): Y1(2) = Y(2): Y1(3) = Z(0)
166 T1 = Z(1)
170 IF Z(0) >= P1 GOTO 185
175 P1 = Z(0): Y2(0) = Y(0): Y2(1) = Y(1): Y2(2) = Y(2): Y2(3) = Z(0)
176 T2 = Z(1)
185 IF N < 150 GOTO 120
189 PRINT
"*****"
190 PRINT "    РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА "
191 IF K3 = 1 THEN 200
192 PRINT " КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ    ПО MIN ПОТЕРЬ МАССЫ"
193 PRINT "температура в камере   ="; Y2(0); "град.С"
194 PRINT "влажность в камере     ="; Y2(1); "%"
195 PRINT "длительность операции   ="; Y2(2); "часов"
196 PRINT "потери массы           ="; Y2(3); "%"
197 PRINT "температура внутри туши ="; T2; "град.С"
198 PRINT
"=====
199 GOTO 6
200 PRINT "КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ    ПО MIN ВРЕМЕНИ"
201 PRINT "температура в камере   ="; Y1(0); "град.С"
202 PRINT "влажность в камере     ="; Y1(1); "%"
203 PRINT "ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИИ   ="; Y1(2); "часов"
204 PRINT "потери массы           ="; Y1(3); "%"
205 PRINT "температура внутри туши ="; T1; "град.С"
206 PRINT
"=====
207 GOTO 6
500 X1(0) = 30: X2(0) = 75: X1(1) = -15: X2(1) = -3
501 X1(2) = 2: X2(2) = 6
505 F(0) = 15.4: F(1) = 70: F(2) = 18
510 E(0) = 23.8: E(1) = 95: E(2) = 30
515 Z1(0) = 0: Z1(1) = 1: Z2(0) = 4: Z2(1) = 6
520 INPUT "масса туши(кг)="; X(0)
525 IF X(0) < X1(0) GOTO 575
570 IF X(0) <= X2(0) GOTO 585
575 PRINT ".от"; X1(0); "до"; X2(0)
580 GOTO 520
585 INPUT "температура внутри туши(град.С)="; X(1)
590 IF X(1) < X1(1) GOTO 600
595 IF X(1) <= X2(1) GOTO 610

```

```

600 PRINT "исходные данные не попадают в область доп. знач.от"; X1(1); "до"; X2(1)
605 GOTO 585
610 INPUT "толщина шпига (см)=      "; X(2)
615 IF X(2) < X1(2) GOTO 625
620 IF X(2) <= X2(2) GOTO 632
625 PRINT "исходные данные не попадают в область доп.знач.от"; X1(2); "до"; X2(2)
627 GOTO 610
632 PRINT
"=====
634 PRINT "камера-"; N2; "сырье-свинина": PRINT "-----"
635 PRINT "масса туши="; X(0); "(кг)"
636 PRINT "температура внутри туши="; X(1); "(град.С)"
637 PRINT "толщина шпига="; X(2); "(см)"
640 A1 = -7.97 - .015 * X(0) + .32 * X(1) + .021 * X(2)
645 A2 = -2.38 + .0032 * X(0) + .19 * X(1) + .19 * X(2)
650 FOR I = 0 TO 2: Y(I) = RND(7) * (E(I) - F(I)) + F(I): RANDOMIZE Y(I): NEXT I
655 N = N + 1
660 Z(0) = A1 + .33 * Y(0) + .082 * Y(1) + .087 * Y(2)
665 IF Z(0) < Z1(0) GOTO 650
670 IF Z(0) > Z2(0) GOTO 650
675 Z(1) = A2 + .087 * Y(0) - .062 * Y(1) + .52 * Y(2)
685 IF Z(1) > Z2(1) GOTO 650
690 IF Z(1) < Z1(1) GOTO 650
700 IF Y(2) >= P GOTO 710
705 P = Y(2): Y1(0) = Y(0): Y1(1) = Y(1): Y1(2) = Y(2): Y1(3) = Z(0)
706 T1 = Z(1)
710 IF Z(0) >= P1 GOTO 805
715 P1 = Z(0): Y2(0) = Y(0): Y2(1) = Y(1): Y2(2) = Y(2): Y2(3) = Z(0)
716 T2 = Z(1)
805 IF N < 500 THEN 650
810 GOTO 189
1000 REM фарш
1015 CLEAR D
1020 DIM X3(8, 4)
1025 PRINT "РАСЧЕТ РЕЦЕПТУРЫ ФАРША"
1030 PRINT "если гибкая рецептура-введите-0"
1035 INPUT "если жесткая рецептура-введите-1"; K3
1040 PRINT "укажите код колбасы  столовая-0"
1045 PRINT "          чайная-1"
1050 INPUT "код="; K2: N4 = 300: F1 = 9999
1055 PRINT "введите химический состав сырья"
1060 PRINT "          ПАРТИЯ ВЛАГА ЖИР СОЛЬ БЕЛОК "
1065 PRINT "          0.0 , 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 пс "
1066 REM ввод хим. состава сырья для гибкой рецептуры
1070 IF K2 > 0 THEN 1118
1072 PRINT "СТОЛОВАЯ КОЛБАСА": PRINT
1075 N1 = 9: N3 = 4: S(1) = 70: S(2) = 15.5: S(3) = 2: S(4) = 12.5: Y0(7) = 2
1080 Y0(1) = 40: Y0(2) = 43: Y0(3) = 4: Y0(4) = 8: Y0(5) = 2: Y0(6) = 1

```

```

1085 IF K3 = 0 THEN 1095
1090 N1 = 11: T(1) = 1277: T(2) = 30: T(3) = 0: T(4) = 175: T(5) = 100: GOTO 1170
1095 T(1) = 1277: T(2) = 30: T(3) = 0: T(4) = 175: T(5) = 17
1100 Y1(1) = 34: Y1(2) = 36: N3 = 2
1110 Y2(1) = 12: Y2(2) = 14: Y2(3) = 4: Y2(4) = 6: GOTO 1160
1118 PRINT "ЧАЙНАЯ КОЛБАСА": PRINT
1120 N1 = 9: N3 = 4: S(1) = 70: S(2) = 17.5: S(3) = 2: S(4) = 10.5
1125 Y0(1) = 50: Y0(2) = 20: Y0(3) = 6: Y0(4) = 8: Y0(5) = 2: Y0(6) = 10
1130 Y0(7) = 4: IF K3 = 0 THEN 1140
1135 N1 = 11: T(1) = 1450: T(2) = 1030: T(3) = 0: T(4) = 200: T(5) = 100
1136 GOTO 1170
1140 T(1) = 1450: T(2) = 1030: T(3) = 0: T(4) = 200: T(5) = 30
1145 Y1(1) = 42: Y1(2) = 17: N3 = 2
1150 Y2(1) = 16: Y2(2) = 6: Y2(3) = 4: Y2(4) = 6
1160 GOSUB 1415: GOTO 1175
1170 GOSUB 1450
1175 FOR I = 1 TO N3: Z(3) = Z(3) + X3(I, 3) * Y4(I): NEXT I
1180 Y(N1) = ((Z(3) - Z2(5) * S(3)) / (S(3) - 100)) * 400 / Z2(5)
1182 FOR J = 1 TO N3: Y4(J) = 400 * Y4(J) / Z2(5): NEXT J: Y4(5) = 400 * Y4(5) / Z2(5)
1184 FOR I = 3 TO N1: Y0(I) = 400 * Y0(I) / Z2(5): NEXT I
1200 GOSUB 1570
1210 GOTO 6
1415 PRINT "ГИБКАЯ РЕЦЕПТУРА"
1420 INPUT "говядина"; N9(1), X3(1, 1), X3(1, 2), X3(1, 3), X3(1, 4)
1425 INPUT "свинина"; N9(2), X3(2, 1), X3(2, 2), X3(2, 3), X3(2, 4)
1426 PRINT "      И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е "
1427 PRINT "      партия влага жир соль белок "
1428 PRINT "говядина;N9(1);" ";X(1,1);" ";X(1,2);" ";X(1,3);" ";X(1,4)"
1429 PRINT "свинина"; N9(2); " "; X3(2, 1); " "; X3(2, 2); " "; X3(2, 3); " "; X3(2, 4)
1430 FOR K1 = 1 TO N4: FOR J = 1 TO 5: Z(J) = T(J): NEXT J
1435 FOR I = 1 TO N3: Y(I) = RND(7) * Y2(I) + Y1(I)
1440 Z(1) = Z(1) + X3(I, 1) * Y(I): Z(5) = Z(5) + Y(I): NEXT I
1445 GOSUB 1515: NEXT K1: RETURN
1450 PRINT "ЖЕСТКАЯ РЕЦЕПТУРА"
1455 INPUT "говядина"; N9(1), X3(1, 1), X3(1, 2), X3(1, 3), X3(1, 4)
1460 INPUT "говядина"; N9(2), X3(2, 1), X3(2, 2), X3(2, 3), X3(2, 4)
1465 INPUT "свинина"; N9(3), X3(3, 1), X3(3, 2), X3(3, 3), X3(3, 4)
1466 INPUT "свинина"; N9(4), X3(4, 1), X3(4, 2), X3(4, 3), X3(4, 4)
1467 PRINT "      И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е "
1468 PRINT "      партия   влага       жир       соль       белок"
1469 PRINT "говядина"; N9(1); " "; X3(1, 1); " "; X3(1, 2); " "; X3(1, 3); " "; X3(1, 4)
1470 PRINT "говядина"; N9(2); " "; X3(2, 1); " "; X3(2, 2); " "; X3(2, 3); " "; X3(2, 4)
1471 PRINT "свинина"; N9(3); " "; X3(3, 1); " "; X3(3, 2); " "; X3(3, 3); " "; X3(3, 4)
1472 PRINT "свинина"; N9(4); " "; X3(4, 1); " "; X3(4, 2); " "; X3(4, 3); " "; X3(4, 4)
1475 FOR K1 = 1 TO N4: FOR J = 1 TO 5: Z(J) = T(J): NEXT J
1480 Y(1) = RND(6) * Y0(1): Y(2) = Y0(1) - Y(1)
1485 Y(3) = RND(7) * Y0(2): Y(4) = Y0(2) - Y(3)
1490 Z(1) = X3(1, 1) * Y(1) + X3(2, 1) * Y(2) + X3(3, 1) * Y(3) + X3(4, 1) * Y(4) + Z(1)

```

```

1495 GOSUB 1515: NEXT K1: RETURN
1515 REM п/программа-целевая функция
1520 Y(N1 - 1) = (Z(1) - Z(5) * S(1)) / (S(1) - 100): Z(5) = Z(5) + Y(N1 - 1)
1525 FOR I = 1 TO N3: Z(2) = Z(2) + X3(I, 2) * Y(I)
1530 Z(4) = Z(4) + X3(I, 4) * Y(I): NEXT I
1535 Z(2) = Z(2) / Z(5): Z(4) = Z(4) / Z(5)
1536 F2 = ABS(Z(2) / S(2) - 1) + ABS(Z(4) / S(4) - 1)
1540 IF F2 >= F1 THEN 1555
1545 FOR I = 1 TO N3: Y4(I) = Y(I): NEXT I
1547 Y4(5) = Y(N1 - 1)
1550 Z2(2) = Z(2): Z2(4) = Z(4): Z2(5) = Z(5): F1 = F2
1555 RETURN
1570 PRINT " РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА "
1572 PRINT
"=====
1575 PRINT "          N ПАРТИИ      МАССА(КГ) "
1577 PRINT "-----"
1578 IF K3 = 1 THEN 1585
1580 PRINT "говядина      "; N9(1); "      "; Y4(1)
1582 PRINT "свинина        "; N9(2); "      "; Y4(2): GOTO 1595
1585 PRINT "говядина      "; N9(1); "      "; Y4(1)
1587 PRINT "говядина      "; N9(2); "      "; Y4(2)
1590 PRINT "свинина        "; N9(3); "      "; Y4(3)
1592 PRINT "свинина        "; N9(4); "      "; Y4(4)
1595 PRINT "стабилизатор  "
1596 PRINT " белковый              "; Y0(3)
1597 PRINT "вода на белок          "; Y0(4)
1600 PRINT " мука                  "; Y0(5)
1601 IF K2 = 0 THEN 1604
1602 PRINT "шпиг боковой          "; Y0(6): GOTO 1605
1604 PRINT "молоко сухое          "; Y0(6)
1605 PRINT "соевый белок          "; Y0(7)
1607 PRINT " вода                  "; Y4(5)
1610 PRINT "соль                  "; Y(N1)
1612 PRINT
"=====
1615 GOSUB 1805
1620 RETURN
1805 PRINT " ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФАРИША "
1810 PRINT "          НОРМА      РАСЧЕТ"
1811 PRINT "-----"
1812 PRINT "влага      "; S(1); "      "; S(1)
1815 PRINT "жир        "; S(2); "      "; Z2(2)
1820 PRINT "соль       "; S(3); "      "; S(3)
1825 PRINT "белок      "; S(4); "      "; Z2(4)
1830 PRINT
"=====
1840 RETURN

```

```

2000 REM Т Е Р М О О Б Р А Б О Т К А
2001 CLEAR D
2003 X1(0) = 60: X1(1) = 10: X1(2) = 1.5: X1(3) = 8: X2(0) = 75
2004 X2(1) = 25: X2(2) = 3: X2(3) = 22: F(0) = 83: F(1) = 23: F(2) = 83
2005 F(3) = 23: F(4) = 80: F(5) = 85: F(6) = 75: F(7) = 60: E(0) = 87: E(1) = 3
2006 E(2) = 87: E(3) = 30: E(4) = 85: E(5) = 95: E(6) = 100: E(7) = 75: Z1(0) = 30
2007 Z1(1) = 1.5: Z1(2) = 71: Z1(3) = 0: Z2(0) = 70: Z2(1) = 3.5: Z2(2) = 76
2008 Z2(3) = 10
2009 N = 0: P = 150: P1 = 10: Q3 = 0
2010 PRINT "укажите сорт колбасы. Столовая-0,"
2011 PRINT "          чайная-1,": INPUT "код="; U
2012 PRINT " параметры колбасного батона   таблица B"
2013 PRINT
"=====
2014 PRINT " оболочка I диаметр I код"
2015 PRINT "-----"
2016 PRINT " белкозин I 75 I 0"
2017 PRINT " -//- I 85 I 1"
2018 PRINT " -//- I 100 I 2"
2019 PRINT " целлофан I 80-90 I 3"
2020 PRINT " -//- I 100 I 4"
2021 PRINT
"=====
2022 INPUT "код оболочки="; W
2023 IF U = 0 THEN IF W = 3 GOTO 2050
2045 PRINT "модели нет": GOTO 2012
2050 I = 0: INPUT "номер камеры="; Q: INPUT "номер секции термообработки = "; Q1
2051 INPUT "содержание влаги в фарше="; X(I): GOSUB 2100: IF I = 0 GOTO 2051
2052 INPUT "содержание жира в фарше="; X(I): GOSUB 2100: IF I = 0 GOTO 2052
2053 INPUT "содержание соли в фарше="; X(I): GOSUB 2100: IF I = 2 GOTO 2053
2054 INPUT "содержание белка в фарше="; X(I): GOSUB 2100: IF I = 3 GOTO 2054
2055 INPUT "введите крит.опт.(1-по MIN времени,2-по MIN потерь массы)"; K
2080 GOTO 2130
2100 IF X(I) >= X1(I) THEN IF X(I) <= X2(I) GOTO 2110
2105 PRINT "повторите ввод в диапазоне от "; X1(I); "до"; X2(I): GOTO 2120
2110 I = I + 1
2120 RETURN
2130 A1 = 58.83 + .209 * X(0) + .0822 * X(1) + .744 * X(2) + .0185 * X(3)
2131 A1 = A1 - 5
2135 A2 = 7.16 + .00021 * X(0) + .0166 * X(1) + .132 * X(2) - .0102 * X(3)
2140 A3 = 90.9 + .023 * X(0) + .178 * X(1) - .176 * X(2) - .023 * X(3)
2141 A3 = A3 - 5.5
2145 A4 = 33.65 + .07 * X(0) + .104 * X(1) + .134 * X(2) - .099 * X(3)
2146 A4 = A4 - 10
2147 FOR V = 1 TO 500
2150 FOR I = 0 TO 7: Y(I) = RND(7) * (E(I) - F(I)) + F(I): RANDOMIZE Y(I): NEXT I
2155 Z(0) = A1 + .0382 * Y(0) + 8.780001E-02 * Y(1) + .0829 * Y(2) - .0177 * Y(3) - .0177
* Y(4)

```



```

2156 Z(0) = Z(0) + .0177 * Y(4) - .143 * Y(4) - .0585 * Y(5) - .003 * Y(6) + .003 * Y(7)
2160 IF Z(0) < Z1(0) GOTO 2150
2161 IF Z(0) > Z2(0) GOTO 2150
2165 Z(1) = A2 - .00492 * Y(0) - .0092 * Y(1) - .00256 * Y(2) - .0106 * Y(3)
2166 Z(1) = Z(1) - .0424 * Y(4) - .0147 * Y(5) + .00219 * Y(6) - .002 * Y(7)
2170 IF Z(1) < Z1(1) GOTO 2150
2171 IF Z(1) > Z2(1) GOTO 2150
2175 Z(2) = A3 - 8.999999E-03 * Y(0) - .018 * Y(1) + .019 * Y(2) - .015 * Y(3)
2176 Z(2) = Z(2) - .14 * Y(4) - .07 * Y(5) + .014 * Y(6) - .012 * Y(7)
2180 IF Z(2) < Z1(2) GOTO 2150
2181 IF Z(2) > Z2(2) GOTO 2150
2185 Z(3) = A4 - .047 * Y(0) - .098 * Y(1) - .097 * Y(2) - .057 * Y(3)
2186 Z(3) = Z(3) - .087 * Y(4) - .007 * Y(5) - .006 * Y(6)
2190 IF Z(3) < Z1(3) GOTO 2150
2191 IF Z(3) > Z2(3) GOTO 2150
2200 IF Y(6) >= P GOTO 2210
2205 P = Y(6); FOR I = 0 TO 7: Y1(I) = Y(I); NEXT I: Y1(8) = Z(3)
2210 IF Z(3) >= P1 GOTO 2230
2215 P1 = Z(3); FOR I = 0 TO 7: Y2(I) = Y(I); NEXT I: Y2(8) = Z(3)
2230 NEXT V
2231 PRINT
"=====
2232 PRINT "      И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е"
2233 PRINT "содержание влаги в фарше      ="; X(0); "%"
2234 PRINT "содержание жира в фарше          ="; X(1); "%"
2235 PRINT "содержание соли в фарше             ="; X(2); "%"
2236 PRINT "содержание белка в фарше           ="; X(3); "%"
2237 IF U = 0 THEN PRINT "колбаса-СТОЛОВАЯ"
2242 PRINT
"*****
2245 PRINT "      Р Е З У Л Ь Т А Т Ы   Р А С Ч Е Т А "
2246 IF K = 1 GOTO 2262
2247 PRINT "критерий оптимизации по MIN потерь массы"
2248 PRINT "температура в камере при подсушке ="; Y2(0); "град.С"
2249 PRINT "влажность в камере при подсушке  ="; Y2(1); "%"
2250 PRINT "температура в камере при обжарке  ="; Y2(2); "град.С"
2251 PRINT "влажность в камере при обжарке   ="; Y2(3); "%"
2257 PRINT "температура в камере при варке    ="; Y2(4); "град.С"
2258 PRINT "влажность в камере при варке      ="; Y2(5); "%"
2259 PRINT "длительность процесса варки       ="; Y2(6); "минуты"
2260 PRINT "      П О Т Е Р И   В Е С А      ="; Y2(8); "%"
2261 GOTO 2300
2262 PRINT "критерий оптимизации по MIN времени"
2265 PRINT "температура в камере при обжарке  ="; Y1(2); "град.С"
2266 PRINT "влажность в камере при обжарке   ="; Y1(3); "%"
2270 PRINT "содержание белка в фарше         ="; X(3); "%"
2275 PRINT "температура в камере при варке    ="; Y1(4); "град.С"
2276 PRINT "влажность в камере при варке      ="; Y1(5); "%"

```

```
2277 PRINT "ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА ВАРКИ      ="; Y1(6); "минут"
2278 PRINT "  потери веса      ="; Y1(8); "%"
2300 PRINT
"=====
2310 GOTO 6
2995 STOP
3000 END
```

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	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	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

Окончание табл.2

f_2	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	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

Таблицы для выбора параметров статистического регулирования технологических процессов

Таблица 3

Значения T_4 и a для $L_1 = 1,053$

L_0	$\delta = 0,6$		$\delta = 0,8$		$\delta = 1,0$		$\delta = 1,5$		$\delta = 2,0$	
	T_4	a	T_4	a	T_4	a	T_4	a	T_4	a
2000	-	-	39	0,530	25	0,633	11	0,991	7	1,250
740	-	-	34	0,513	22	0,636	10	0,945	6	1,231
200	50	0,363	28	0,485	18	0,604	8	0,9	5	1,146
100	44	0,351	25	0,466	16	0,582	7	0,880	4	1,163
40	36	0,327	21	0,426	13	0,541	6	0,796	4	0,980
20	30	0,299	17	0,398	11	0,495	5	0,735	3	0,946

Таблица 4

Значения T_4 и a для $L_1 = 1,18$

L_0	$\delta = 0,6$		$\delta = 0,8$		$\delta = 1,0$		$\delta = 1,5$		$\delta = 2,0$	
	T_4	a	T_4	a	T_4	a	T_4	a	T_4	a
2000	-	-	29	0,609	19	0,76	8	1,141	5	1,521
740	-	-	25	0,593	16	0,742	7	1,113	4	1,484
200	36	0,427	20	0,569	13	0,712	6	1,068	3	1,425
100	32	0,414	18	0,553	11	0,691	5	1,037	3	1,382
40	25	0,392	14	0,522	9	0,653	4	0,980	2	1,306
20	20	0,367	11	0,490	7	0,621	3	0,918	2	1,225

Таблица 5

Значения T_4 и ϵ для $L_1 = 1,053$

L_0	$\delta = 0,6$		$\delta = 0,8$		$\delta = 1,0$		$\delta = 1,5$		$\delta = 2,0$	
	T_4	ϵ	T_4	ϵ	T_4	ϵ	T_4	ϵ	T_4	ϵ
2000	-	-	-	-	39	0,664	17	1,000	11	1,245
740	-	-	-	-	35	0,636	16	0,938	9	1,245
200	-	-	44	0,486	28	0,606	13	0,887	8	1,130
100	-	-	39	0,466	25	0,583	11	0,877	6	1,185
40	-	-	33	0,426	20	0,546	9	0,816	6	0,999
20	47	0,300	27	0,395	17	0,491	8	0,725	5	0,920

Таблица 6

Значения T_4 и ν для $L_1 = 1,11$

L_0	$\delta = 0,6$		$\delta = 0,8$		$\delta = 1,0$		$\delta = 1,5$		$\delta = 2,0$	
	T_4	ν	T_4	ν	T_4	ν	T_4	ν	T_4	ν
2000	-	-	-	-	33	0,720	16	1,032	9	1,420
740	-	-	46	0,550	26	0,706	13	1,030	8	1,320
200	-	-	38	0,520	24	0,656	11	0,970	6	1,305
100	-	-	33	0,506	20	0,650	9	0,970	6	1,182
40	46	0,360	27	0,471	17	0,594	8	0,861	6	1,092
20	38	0,334	22	0,437	14	0,550	6	0,837	5	0,917

Таблица 7

Значения $\omega_{1-\alpha}$ для $L_0 = 200$, $L_1 = 1,005$

T_4	$\omega_{1-\alpha}$	T_4	$\omega_{1-\alpha}$	T_4	$\omega_{1-\alpha}$	T_4	$\omega_{1-\alpha}$
2	3,970	9	5,341	17	5,783	26	6,057
3	4,424	10	5,418	18	5,820	30	6,146
4	4,694	11	5,485	19	5,856	34	6,223
5	4,886	13	5,602	20	5,889	36	6,258
6	5,033	14	5,652	22	5,951	40	6,322
7	5,154	15	5,699	24	6,006	50	6,454
8	5,255	16	5,742				

Таблица 8

Таблица для выбора границ регулирования контрольных карт
кумулятивных сумм выборочного среднего

L_1	$L_0 = 80$		$L_0 = 100$		$L_0 = 120$		$L_0 = 150$		$L_0 = 200$		$L_0 = 250$		$L_0 = 300$	
	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d
1,2	3,20	0,70	3,28	0,74	3,35	0,78	3,42	0,82	3,51	0,88	3,58	0,92	3,64	0,96
1,5	2,60	1,04	2,68	1,10	2,75	1,14	2,82	1,18	2,92	1,24	2,98	1,28	3,09	1,32
1,8	2,27	1,26	2,34	1,32	2,40	1,36	2,47	1,40	2,56	1,46	2,61	1,50	2,67	1,54
2,0	2,10	1,38	2,17	1,44	2,23	1,48	2,29	1,54	2,37	1,60	2,44	1,64	2,49	1,68
2,4	1,86	1,58	1,93	1,64	1,98	1,70	2,04	1,74	2,11	1,80	2,17	1,86	2,22	1,90
3,0	1,59	1,86	1,65	1,90	1,70	1,96	1,75	2,02	1,93	2,10	1,87	2,16	1,92	2,20
4,0	1,29	2,20	1,35	2,28	1,39	2,34	1,45	2,40	1,51	2,50	1,55	2,58	1,59	2,62
5,0	1,10	2,50	1,15	2,58	1,20	2,66	1,25	2,76	1,30	2,84	1,34	2,94	1,38	3,00
6,0	0,96	2,74	1,01	2,85	1,05	2,93	1,10	3,04	1,15	3,16	1,19	3,24	1,23	3,32
8,0	0,77	3,18	0,92	3,30	0,85	3,40	0,90	3,52	0,95	3,66	0,98	3,76	1,01	3,86
10	0,64	3,54	0,68	3,68	0,72	3,80	0,76	3,95	0,81	4,12	0,84	4,25	0,87	4,32

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	3
Оптимизация режимов технологического процесса по показателям качества продукции	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.....	9
Выбор параметра статистического регулирования качества.....	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.....	20
Приобретение навыков эксплуатации АСУТП на примере автоматизированного рабочего места технолога	20
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	26
Приложение 1.....	27
ТАБЛИЦЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	27
Приложение 2.....	29
ПРОГРАММЫ	29
Приложение 3.....	43
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ	43

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

КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Титульный редактор
Р.А. Сафарова

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Компьютерная верстка
Д.Е. Мышковский

Печатается
в авторской редакции

Подписано в печать 29.07.2014. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,02. Печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,06
Тираж 50 экз. Заказ № С 44

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

