

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

На правах рукописи

УДК 510.532:664.71

**ШАРИПОВ Максуд Сиддиқович**

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ  
ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА НА МУКОМОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Специальность: 05.13.07 – “Автоматизация технологических процессов и  
производств”

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

**Ташкент 2006**

Работа выполнена на кафедре «Информационные технологии»  
Ташкентского университета информационных технологий

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор С.С. Касымов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Зиядуллаев А.С.

кандидат технических наук, доцент

Турапина Н.Н.

Ведущая организация:

Ташкентский химико-технологический институт

Защита состоится 29» апреля 2006 г. в 10 часов на заседании  
специализированного совета Д.067.07.01 в Ташкентском  
государственном техническом университете имени Абу Райхана  
Беруни по адресу: 700095, г. Ташкент-95, ул. Университетская, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной  
библиотеке Ташкентского государственного технического университета  
имени Беруни (700095, г. Ташкент-95, ул. Университетская, 2, главный  
корпус, ауд. 215).

Автореферат разослан 28» марта 2006 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук, профессор



Азимов Р.К.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность темы.** Интенсификация промышленных производств, повышение производительности труда, экономное использование сырья, материалов, энергоресурсов, внедрение малоотходной технологии – все это, вместе взятое, определяет новые задачи и цели в области совершенствования управления на основе комплексной автоматизации всех процессов: от организационно – экономических и технологических до реализации технологии производства продукции и ее реализации. Требования повышения уровня организации производства, обеспечения координации деятельности всех подразделений производственного предприятия можно удовлетворить путем интегрирования всех функций управления в единую интегрированную автоматизированную систему управления (ИАСУ). Одной из основных задач пищевой и перерабатывающей промышленности, в частности, мукомольных предприятий, является разработка методов и алгоритмов управления основным производством продуктов переработки зерна на основе математического моделирования и оптимизации в условиях неопределенности исходных данных, а также стохастичности технологических процессов.

Сложность, динамичность и вероятностный характер производственных процессов мукомольных предприятий, природа которых еще не изучена в достаточной мере, вызывает необходимость применения специальных методов при решении задачи автоматизации. Таковыми представляются подходы и методы интегрированного и распределенного управления сложными производственно–технологическими объектами. В этой связи сложная научно-техническая задача синтеза многоуровневой иерархической системы управления основным производством мукомольного предприятия на основе концепций системной оптимизации и построения эффективных алгоритмов их практической реализации отличается несомненной актуальностью.

Диссертационная работа выполнена в рамках госбюджетной НИР Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни «Разработка и реализация многоуровневых систем контроля и управления промышленными объектами» (№ Гос. регистр. 01.97.0005795 ), а также госбюджетной НИР Ургенческого государственного университета «Разработка алгоритмов и системы иерархических структур управления технологическими процессами с дискретно – непрерывным характером производства» (№ Государственной регистрации. 01.98.0007121).

**Объект исследования:** технологические процессы крупнообразования в мукомольном производстве.

**Цель исследования.** Целью диссертационной работы является разработка системы управления технологическим процессом дробления зерна на мукомольных предприятиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие конкретные, наиболее существенные и недостаточно изученные задачи исследования:

- формализация производственно - функционального модуля технологического процесса производства муки как объекта управления;
- построение модели технологического процесса на этапе крупнообразования (драной процесс);
- обоснование схемных решений по построению многоуровневой иерархической структуры автоматизированной системы управления технологическими процессами производства муки;
- осуществление содержательной постановки и решение прикладной задачи оптимизации производственной программы основного производства продуктов мукомольного предприятия;
- разработка вычислительных алгоритмов и программного обеспечения, предназначенных для внедрения в составе интегрированной многоуровневой автоматизированной системы управления мукомольным производством.

**Методы исследования.** Основным инструментом исследования являются методы теории автоматического и автоматизированного управления, методы и алгоритмы математического моделирования и оптимизации сложных технологических процессов и систем.

**Новизна работы.** Научная новизна полученных в диссертации результатов заключается в следующем:

- обоснована структурная формализация технологических схем основного производства муки с привлечением графовых представлений объекта;
- разработаны математические модели производственных процессов мукомольного предприятия;
- предложена многоуровневая иерархическая структура системы управления основным производством продуктов мукомольного предприятия;
- разработаны алгоритмы оптимизации производственно-технологической программы основного производства продуктов мукомольного предприятия.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов выполненной диссертации заключается в разработке методики формализации производственного процесса мукомольного предприятия; построении математических моделей основного производства мукомольного предприятия; синтезе рациональной структуры системы многоуровневого управления, а также в обосновании алгоритмов автоматизированного управления и планирования работы основного производства.

Предложенные модели и алгоритмы многоуровневого управления позволяют синтезировать высокоэффективные автоматизированные системы управления технологическими процессами производства мучной продукции и обеспечивают требуемое качество конечной продукции. Обоснованная инженерная методика применения интегрированного пакета СКМ «LINPROG

**MATLAB»** к построению математических моделей технологических процессов переработки зерна и разработанный программный интерфейс позволяют значительно упростить процедуры и приемы имитационного моделирования и системного анализа результатов промышленных экспериментов в условиях широкой вариации характеристик исходного сырья (в том числе и модификация зерна) и параметров технологических режимов. Разработанное программное обеспечение комплекса задач многоуровневого автоматизированного и автоматического управления основным производством мукомольного предприятия позволяет, в конечном итоге, повысить уровень и качество вырабатываемых управленческих решений.

**Реализация результатов диссертационной работы.** Теоретические и практические результаты диссертационной работы в виде моделей и алгоритмов решения задач многоуровневого управления основным производством мукомольного предприятия нашли практическую реализацию в составе комплекса прикладных программ, принятого к внедрению на Ханкинском мукомольном заводе.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре «Информатика и вычислительная техника» Ургенчского государственного университета.

Ожидаемый экономический эффект от реализации разработок диссертации на Ханкинском мукомольном заводе составляет 8,67 млн. сумов в год.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы отражены в выступлениях, обсуждены и получили одобрение на следующих международных, республиканских научно-теоретических и практических конференциях и семинарах: Международной научной конференции «Иктисодий ва амалий математиканинг замонавий муаммолари» (Самарканд, 1997г.); республиканской научно-практической конференции «Жараён-2000» (Бухара, 2000 г.); VII- международной конференции «Региональная информатика -2000» (Санкт-Петербург, 2000 г.); республиканской научно-практической конференции «Техника фанлари ва XXI аср глобал муаммолари» (Ташкент, 2001г.); республиканской научно-практической конференции «Передовые технологии в пищевой промышленности» (Ташкент, 2002 г.); XV-международной научной конференции «Математическое методы в технике и технологиях (ММТТ-15)» (Тамбов, 2002 г.); Международной научно-практической конференции «Инновация-2003» (Ташкент, 2003 г.); республиканской научно-практической конференции «Современные управляющие и информационные системы» (Ташкент, 2003 г.); республиканской научно-практической конференции «Дифференциальные уравнения и их приложения» (Нукус, 2004 г.); международной научной конференции «Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе» (Ташкент, 2005 г.); республиканской научной конференции «Современные проблемы математического моделирования », (Нукус, 2005г.)

**Опубликованность результатов.** По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 17 научных работ, получено 1 свидетельство Патентного Ведомства РУз на программный продукт № DGU 00886.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка цитированной литературы из 118 наименований и приложений, куда вынесен вспомогательный материал, поясняющий основное содержание диссертации, а также документы, подтверждающие степень внедрения результатов работы.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении описывается состояние решаемой научной задачи, обосновывается актуальность темы диссертации, на научно-методическом уровне излагается идея предложенного подхода, сформулированы цель и задачи исследования, раскрывается научная новизна работы, значимость ее результатов для науки и практики, дана общая характеристика работы.

В первой главе, носящей обзорно-постановочный характер, с критических позиций выполнен анализ современного состояния многоуровневого иерархического управления технологическими процессами с дискретно-непрерывным характером производства, рассмотрены вопросы повышения эффективности функционирования систем управления сложными технологическими процессами, которые реализуются с привлечением адекватных математических моделей производственных процессов. Рассмотрены задачи совершенствования систем управления мукомольным предприятием и выполнен анализ известных методов управления и математического описания объектов. Установлено, что существенные трудности в управлении производством сопряжены с необходимостью преодоления противоречий между желаемой простотой описания объекта управления и потребностью учета широкого спектра производственных характеристик объекта, а также противоречий между требованиями оперативности формирования управленческих решений и глубины их проработки. Основным способом преодоления указанных противоречий является многоуровневое иерархическое представление системы как объекта управления и процесса формирования управленческих решений. Формализация объекта управления в виде иерархической структуры обладает рядом преимуществ, основными из которых являются: возможность декомпозиции рассматриваемой системы; обеспечение интеграции решаемых проблем; повышение адаптивности и надежности системы в целом; возможность выделения и стандартизации модулей, ориентированных на решение упрощенных задач, а также координация решаемых задач в рамках единой системы управления. Применение разумно построенных интегрированных иерархических систем управления приводит к значительному улучшению технико-экономических показателей работы промышленных предприятий.

В работе проанализировано современное состояние и выполнен анализ многоуровневого иерархического управления технологическими процессами применительно к мукомольному производству. Показана целесообразность применения принципов и методов декомпозиционного подхода, позволяющего разделить общую задачу управления производством на функциональные подзадачи с последующей их интеграцией и агрегированием в единый информационный комплекс. При разработке и реализации моделей оптимального управления основным производством мукомольного предприятия с использованием методов статистического анализа необходимо учитывать факторы многовариантности режимов технологической линии и стохастичности производственного процесса. Показано, что применяемые в настоящее время на мукомольных предприятиях методы управления основным производством, как правило, строятся по схеме сходящихся детерминированных графов и тем самым слабо учитывают сложность и динамичность технологического процесса. Выполнено обоснование выбора методов и моделей оптимального управления в иерархической структуре управления основным производством мукомольного предприятия с учетом возможных взаимосвязей задач данной системы с другими задачами в общей схеме управления предприятием. В работе на основе системного анализа сложных технических систем формулируются и обосновываются концепции многоуровневой иерархии управления мукомольным предприятием. На основе обобщения фактического материала, приведенного в этой главе, осуществлена уточненная постановка основной цели и задач исследования.

Вторая глава посвящена вопросам формализации технологического процесса дробления зерна как объекта управления.

Многообразие конечных продуктов мукомольного производства представлено графом классификационных признаков исходной и конечной продукции. Пусть конечный продукт мукомольного производства  $a_N$  классифицируется по  $N$  признакам  $p_l$ , причем, каждый  $l$ -ый признак может принимать  $a_l$  значений. Пусть  $p_{l,k}$  -  $k$ -ое значение признака  $p_l$  ( $l = 1, 2, \dots, a_l$ ). Если значение  $p_{l,k}$  ( $l=1, 2, \dots, N; k=1, 2, \dots, a_l$ ) изобразить вершинами плоского неориентированного графа, а взаимосвязи между ними - ребрами, то иерархической структуре классификационных признаков исходной и конечной продукции соответствует корневое дерево (связный ациклический граф). Рассматриваемый граф определяется заданием двух множеств  $P, F$ , где  $P$  - множество вершин графа,  $F$  - множество пар элементов из  $P$ . Для задания графа  $G(P, F)$  используется матрица смежности  $S = \{s_{ij}\}$  ( $i = 1, 2, \dots, q; j = 1, 2, \dots, q$ ), где  $q$  - число вершин графа;

$$s_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если существует связь между вершинами с номерами } i, j; \\ 0, & \text{если не существует связи между вершинами с номерами } i, j. \end{cases}$$

Величина  $q$  определяется по формуле:

$$q = 1 + \sum_{i=2}^N \prod_{j=2}^i a_j. \quad (1)$$

Определенной модификации конечного продукта соответствует простая цепь, т.е. чередующаяся последовательность различных вершин и ребер графа  $G(Y, V)$  (при условии прохождения всех  $N$  слоев дерева).

В работе предлагается методом агрегирования свести множество технологических операций переработки зерна к двум обобщенным операциям – «помол» и «размол».

Структура производственного процесса переработки зерна формализована в виде ориентированного графа. Рассматриваемый граф производственного процесса содержит вершины преобразования, соответствующие дискретным режимам обобщенных операций, вершины управления материальными потоками и вершины хранения промежуточной и конечной продукции. Используемый для целей управления агрегированный граф является слабосвязным, бесконтурным и стохастическим в узлах преобразования. Конечным вершинам графа соответствуют результаты производственного процесса – конечные продукты (разновидности муки), невозвратные отходы зерна.

Построение стохастической модели модуля сводится к исследованию законов распределения выпуска продукции при реализации только одного технологического режима.

Вход модуля представим скалярной величиной  $x_i$  с интенсивностью использования режима  $i$ . Пусть задан вектор  $Q^{(i)} = \{q_{ij}\} (j = 1, \dots, l)$  параметров технологии  $q_{ij}$ , где  $q_{ij}$  – коэффициент выхода продукта  $j$  при единичной интенсивности режима  $i$ .

$$\text{Величины } q_{ij} \text{ - такие, что: } \sum_{j=1}^l q_{ij} = 1; 0 \leq q_{ij} \leq 1; i = 1, \dots, l. \quad (2)$$

Выход модуля представим случайным вектором  $a^{(i)} = \{a_{ij}\} (j=1..l)$ , где  $a_{ij}$  – выпуск продукта  $j$  при интенсивности  $x_i$  использования дискретного технологического режима  $i$ .

Задача формулируется следующим образом. По заданной величине  $x_i$  и при известном законе распределения вектора  $Q^{(i)}$  требуется определить:

- а) закон распределения случайного вектора  $a^{(i)}$ ;
- б) закон распределения случайной величины  $a_{ij}$ ;
- в) числовые характеристики системы  $\{a_{ij}\} (j=1..l)$  из  $l$  коррелированных случайных величин  $a_{ij}$ ; ковариации  $\lambda_{jj}^{(i)}$  между случайными величинами  $a_{ij}$  и  $a_{j'}$ .

Для построения математической модели драного процесса методами многофакторного регрессионного анализа выявлены точки - места отбора проб для исходных данных:  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  - измельчение соответственно после I, II, III и IV -драной системы, в процентах;  $y$  - зависимая величина, извлечение муки I-сорта, в процентах.

По результатам опробования на Ханкинском мукомольном предприятии нами осуществлена попытка оценить влияние качества



промежуточной продукции – степени извлечения в различных точках драной системы на конечный продукт.

Математическая модель в этом случае дает весьма ценную информацию о процессе дробления зерна, обеспечивая возможность выработки рекомендаций относительно распределения извлечения ценного продукта на мукомольном производстве между различными ступенями процесса дробления, желательного уровня извлечения основного продукта  $x_i$  в разрезе I, II, III и IV – драной системы и их влияния на конечный продукт  $y$ .

На основе регрессионного анализа экспериментальных данных для функции многих переменных  $x_i, i=1,2,3,\dots,n$  нами получена математическая модель вида:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & 278,1 - 4,67x_1 - 4,37x_2 + 2,95x_3 - 2,2x_4 + 1,72x_5 - 1,47x_6 + 0,02x_1x_2 + 0,05x_1x_3 + 0,03x_1x_4 \\ & - 0,02x_1x_5 - 0,01x_1x_6 + 0,01x_2x_3 + 0,05x_2x_4 - 0,04x_2x_5 + 0,04x_2x_6 - 0,05x_3x_4 + 0,1x_3x_5 \\ & - 0,1x_3x_6 - 0,1x_4x_5 + 0,05x_4x_6 + 0,8x_5x_6. \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициент множественной корреляции  $R=0,8156$ . Остаточная дисперсия  $S_{ост}^2 = 1,223$ .

В результате проверки уравнения на адекватность по критерию Фишера выяснено, что оно с приемлемой точностью отражает реальный процесс.

Анализ полученной регрессионной модели позволяет сформулировать ряд частных рекомендаций, которые дают возможность разрабатывать на их основе рациональную систему управления процессом дробления зерна.

Во многих случаях целесообразно использование языка теории графов и перевод на него технологических схем и зависимостей рассматриваемого процесса измельчения зерна в мукомольном производстве.

Исходя из этого, исследуемый технологический процесс дробления зерна представляется гомеоморфным графом (рис.1). Рассматриваемый граф является ориентированным.

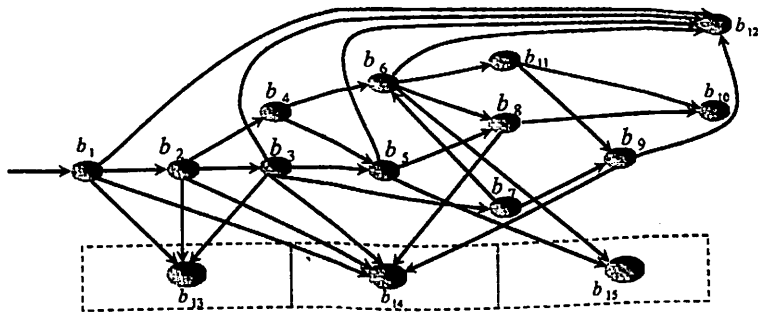


Рис.1. Граф технологического процесса дробления зерна.

Графу технологического процесса дробления зерна на мукомольном предприятии соответствуют матрицы смежности  $A = \|a_{ij}\|$ , матрицы длительности операций  $T = \|t_{ij}\|$  и затрат  $Q = \|q_{ij}\|$ , количественные матрицы  $M = \|m_{ij}\|$ , качественные матрицы  $C = \|c_{ij}\|$  соответственно, в которых:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ая вершина связана с } j\text{-ой вершиной;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$t_{ij}$  - длительность операции, переходящей с  $i$ -ой вершины на  $j$ -ую вершину;  $q_{ij}$  - затраты на операции, переходящие с  $i$ -ой вершины на  $j$ -ую вершину;

$m_{ij}$  - количество продукции на операции, переходящей с  $i$ -ой вершины на  $j$ -ую вершину;  $c_{ij}$  - качество продукции на операции, переходящей с  $i$ -ой вершины на  $j$ -ую вершину.

Располагая матрицами смежности  $A = \{a_{ij}\}$ , ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) графа  $G(B, \Gamma)$  для исследуемого технологического процесса, можно с помощью теории конечных автоматов формулировать и решать следующие общие задачи:

- синтеза технологической схемы;
- анализа рассматриваемого объекта;
- декомпозиции исходной системы.

При решении этих задач аппарат теории графов оказывается весьма полезным и плодотворным.

В третьей главе приведены модели оптимального планирования и управления основным производством мукомольного предприятия.

Предлагается управлять производственным процессом по двухступенчатой схеме в соответствии с количеством обобщенных операций. На основании построенной двухстадийной модели производственного процесса мукомольного предприятия и установленного закона совместного распределения выпусков конечной (промежуточной) продукции при заданных параметрах технологического процесса и интенсивностях реализации дискретных технологических режимов формулируется задача объемного планирования затрат ресурсов и выпуска продукции.

Задача управления рассматриваемым производством сводится к определению таких интенсивностей режимов агрегированных операций, при которых в рамках наложенных на систему производственных ограничений обеспечивается максимально возможная эффективность производства. Последняя оценивается с помощью критерия эффективности, отражающего степень соответствия полученных решений основной цели управления.

Рассмотрим последовательно структурные элементы оптимизационной модели. Управляющими переменными (управлениями) являются: неотрицательные вектор  $X = \{x_i\} (i \in I)$  и матрица  $Y = \|y_{ij}\| (k \in K)$  интенсивностей реализации дискретных технологических режимов, а переменными состояниями системы в момент времени  $t$  - вектор

$v(t) = \{v_k(t)\} (k \in K)$  объемов промежуточных продуктов  $k$  в емкостях (узлах хранения).

Используя полученные результаты, имеем: при фиксированных матрицах  $Q = \|q_{ik}\|$  и  $P = \|p_{ij}\|$  технологических параметров, матрицах  $X$  и  $Y$  интенсивностей использования режимов технологии математические ожидания случайных величин интенсивностей выпуска  $k$ -ого промежуточного продукта и интенсивностей выпуска  $j$ -ого конечного продукта, которые определяются соответственно  $\sum_i q_{ik} x_i$ ,  $k \in K$  ;

$\sum_{j \in J} W_j$  выражениями:

$$W_j = \sum_i q_{ij} x_i + \sum_k p_{kj} y_k. \quad (4)$$

Учет внешних условий осуществляется при следующих ограничениях:

а) математическое ожидание выпуска  $j$ -ого конечного продукта ограничивается сверху и снизу величиной спроса:

$$\underline{b}_j \leq W_j \leq \bar{b}_j, \quad j \in J, \quad (5)$$

где  $\underline{b}_j$  - нижняя и верхняя границы объемов выпуска продукта  $j$  (государственный заказ на выпуск продукции  $j$ );

б) ожидаемые объемы выпуска конечных продуктов в плановом периоде, которые ограничиваются снизу плановыми показателями (контрольными цифрами):

$$\sum_{j \in J} A_j^{(v)} W_j \geq Q^{(v)}, \quad v = \overline{1, n_v}; j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где  $n_v$  - количество объемных плановых показателей;

2) затраты внешних ингредиентов (сырья) на производство продукции в плановом периоде, которые ограничиваются сверху предельными объемами поставок:

$$x_i \leq U_i, \quad i \in I. \quad (7)$$

Внутренние условия функционирования производственной системы учитываются на основе ее математической модели. Для каждого  $k$ -ого промежуточного продукта вводится балансовое соотношение вида:

$$v_k(T) = v_k(0) + \sum_i x_i q_{ik} - y_k, \quad k \in K, \quad (8)$$

формализующее требование соблюдения для узла  $E_j$  баланса в целом за плановый период между поступлением и потреблением  $k$ -ого промежуточного продукта с учетом запасов на начало и конец планового интервала.

Дополнительным ограничением на управление являются затраты внутренних ингредиентов (ресурсов технологического оборудования, трудовых затрат).

Ограничения на лимитирующие ресурсы времени работы технологического оборудования имеют вид:

для операции "помол"

$$\sum_{i \in I} r_i x_i \leq f; \quad (9)$$

для операции "размол"

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} z_{kj} p_{kj} y_k \leq \varphi. \quad (10)$$

Ограничения на лимитирующие трудовые ресурсы имеют вид:

для операции "помол"

$$\sum_{i \in I} n_{il} x_i \leq \alpha_l, \quad l \in L_1; \quad (11)$$

для операции "размол"

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} m_{kj} p_{kj} y_k \leq \beta_l, \quad l \in L_2. \quad (12)$$

Условия неотрицательности управляющих переменных суть таковы:

$$x_i \geq 0, \quad i \in I, \quad (13)$$

$$y_k \geq 0, \quad k \in K \quad (14)$$

и определяют область  $G(X, Y)$  допустимых управлений  $X, Y$ .

Решение задачи управления производственной системой заключается в выборе оптимальных управлений  $X^*$  и  $Y^*$ , доставляющих экстремум функционалу (критерию эффективности)  $E(X, Y)$  на множестве управлений  $(X, Y) \in G(X, Y)$ .

Функционал  $E(X, Y)$  является формализацией цели управления, определяемой экономическими аспектами функционирования производственной системы для задач верхнего уровня и формулируемой в терминах объемов затрат и выпуска продукции.

Формализуем ряд частных экономических критериев эффективности производства.

1. Прямые производственные затраты. Если учитывать только затраты на производство, зависящие от выбора управлений  $X$  и  $Y$ , то в качестве минимизируемой целевой функции может быть принята

$$E_1(X, Y) = \sum_{i \in I} \lambda_i x_i + \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \hat{\lambda}_{kj} p_{kj} y_k. \quad (15)$$

2. Математическое ожидание условной прибыли.

$$E_2(X, Y) = \max \left\{ \sum_{i \in I} \left( \sum_{j \in J} c_j q_{ij} - \lambda_i \right) x_i + \sum_{j \in J} \left( \sum_{k \in K} c_j - \hat{\lambda}_{kj} \right) p_{kj} y_k \right\}. \quad (16)$$

3. Математическое ожидание объема реализации. Функционал имеет вид:

$$E_3(X, Y) = \max \sum_{j \in J} c_j \left( q_{ij} x_i + \sum_{k \in K} p_{kj} y_k \right). \quad (17)$$

4. Максимум удовлетворения спроса. Функционал имеет вид:

$$E_4(W) = \max \min_{j \in J} \left\{ \varepsilon_j \frac{W_j(X, Y)}{b_j} \right\}, \quad (18)$$

где  $\varepsilon_j$  - коэффициент, характеризующий относительную важность для народного хозяйства продукта  $j$ ;  $\bar{b}_j$  - спрос на продукт  $j$ ;

$\frac{W_j(X, Y)}{\bar{b}_j}$  - уровень удовлетворения спроса на продукт  $j$ ;

$W = \{W_j\}$  - вектор объемов выпуска  $W_j$  продуктов  $j$ .

5. Максимум использования производственных возможностей предприятия. Целевая функция имеет вид:

$$E_s(W) = \max_{a,d} \min \left\{ R_d \frac{S_d(W)}{S_d^*} \right\}, \quad (19)$$

где  $R_d$  - коэффициент, характеризующий относительную важность использования производственных ресурсов (здесь в качестве ресурса  $d$  может быть любой ингредиент - конкретный вид исходного сырья, оборудования или специальности рабочих);  $S_d^*$  - заданный уровень наличных ресурсов вида  $d$  в плановом периоде;  $S_d(W)$  - потребность в ингредиенте  $d$  под выпуск  $W$  конечных продуктов;  $D$  - множество лимитирующих производственных ингредиентов  $d$ .

Для приведения максиминного функционала (18) к виду, используемому в задачах линейного программирования (ЛП), введем дополнительную переменную  $M$ , принимаемую в качестве критерия оптимальности, и  $n_j$  дополнительных ограничений вида:

$$\varepsilon_j \frac{W_j(X, Y)}{\bar{b}_j} \geq M, \quad j = \overline{1, n_j} \quad (20)$$

где  $n_j$  - мощность множества  $J$ .

При этом критерий оптимальности принимает вид:

$$E'_s = \max M. \quad (21)$$

Функционал (21) приводится к линейному виду аналогичным образом.

Система ограничений (5) - (14) и система целевых функций (15) - (19) позволяют достаточно гибко реагировать на различные производственные ситуации.

Очевидно, что рассмотренная задача синтеза управлений  $(X, Y) \in \text{extr}\{E(X, Y) / (X, Y) \in G(X, Y)\}$  с линейной относительно  $G(X, Y)$  целевой функцией  $E(X, Y)$  и областью  $G(X, Y)$  допустимых управлений  $(X, Y)$ , определяемой системой линейных ограничений (5) - (14), сводится к задаче ЛП.

Анализ модели ЛП осуществляется с применением пакета программ LINPROG MATLAB. В результате решения задачи ЛП получаем матрицы  $X^* = \|x_i^*\|$  и  $Y^* = \|y_k^*\|$  оптимальных управлений. В качестве

оптимального плана выпуска продукции в плановом периоде может быть принят вектор  $W^* = \{W_j^*\}$  ( $j \in J$ ) с компонентами  $W_j^*$ .

В работе рассматривается алгоритм программного интерфейса для реализации на ЭВМ с помощью пакета прикладных программ "MATLAB" (Раздел «Математика, Optimization Toolbox») модели оптимального планирования и управления мукомольным производством. Программный интерфейс предназначен для преобразования структур входных массивов в структуру массива, соответствующую формату входных данных пакета "MATLAB".

В качестве основного элемента производственной структуры мукомольного завода в работе рассматривается технологический процесс получения муки – дробление зерна и размол (ТП ДРЗ).

Система управления основным производством дробления зерна (ДРЗ) представляется четырехуровневой иерархической системой, отдельные уровни которой разделены следующими функциями управления: объемное (текущее) планирование - оперативно-календарное планирование - выбор оптимальных технологических режимов - регулирование процессов.

Временная декомпозиция задачи управления производственным процессом проводится на основе частотных характеристик возмущений производственного процесса получения муки. Каждый уровень иерархической системы управления технологическим процессом ДРЗ отслеживает возмущения определенного спектра частот.

На уровне I решается комплекс задач объемного планирования затрат и выпуска продукции. В этот комплекс входят: основная задача - расчет оптимальной производственной программы мукомольного предприятия с разбивкой по кварталам и месяцам.

На уровне II детализируются во времени решения, принятые на уровне I, и осуществляется отработка возмущений, длительность которых соизмерима с

продолжительностью периода оперативного управления (декада, смена). На данном уровне решается комплекс задач оперативно-календарного планирования и управления.

На уровне III оптимальные оперативные решения, определенные на уровне II, реализуются путем выбора оптимальных параметров дискретных технологических режимов на основе текущего анализа возмущений.

На уровне IV решается задача непосредственного регулирования процессов и обеспечения устойчивого и точного поддержания определенных на уровне III параметров технологических процессов.

В работе решается задача автоматизации управления основным производственным процессом мукомольного предприятия на основе объемных детерминированных моделей.

Разрабатываемая гибкая система управления основным производством мукомольного предприятия на основе объемных моделей призвана управлять материальными потоками (интенсивность исходного продукта зерна) в производстве с целью согласования нагрузок агрегатов размольной системы,

а также определять и реализовывать оптимальные режимы технологических процессов, которые удовлетворяют технико-экономическим показателям объемно-оперативного плана мукомольного предприятия.

Управление материальными потоками зерна в мукомольном производстве охватывает наиболее характерные для непрерывного производства задачи распределения нагрузок между последовательно работающими размольными станками технологического процесса дробления зерна в первой ступени размольной системы мукомольного производства.

Для мукомольного предприятия с комплектным оборудованием нами предложен вариант автоматизированной системы управления технологическими процессами, включающий в себя три подсистемы: централизованного контроля наиболее важных режимных параметров производства и работы основного технологического оборудования мукомольного предприятия; оперативного расчета технико-экономических показателей (ТЭП) и режимных параметров производства; централизованную подсистему управления производительностью мукомольного предприятия.

На базе проведенного предпроектного обследования Ханкинского мукомольного предприятия как объекта автоматизированного управления рекомендована структурная схема ЦСУП (рис.2).

ЦСУП в составе верхнего уровня АСУ ТП решает две основные задачи, а именно:

- расчет помольной партии зерна по модификациям исходного продукта и выдачу режимного задания (РЗ) для управления;
- контроль исполнения режимного задания (КРЗ).

Структурно ЦСУП по модификациям конечных продуктов построена следующим образом. В управляющий вычислительный комплекс (УВК) вводится исходная информация  $W_j$  - плановое задание выпуска  $j$  - ого конечного продукта,

которая является решением задачи оперативно-календарного планирования нижнего уровня организационной АСУ

$$W_j = \{ W_{j1}, W_{j2}, W_{j3}, W_{j4}, W_{j5}, W_{j6}, W_{j7} \}, \quad (22)$$

$W_{j1}, W_{j2}, W_{j3}, W_{j4}$  - плановое задание по выпуску муки высшего, первого, второго и третьего сортов соответственно;  $W_{j5}, W_{j6}, W_{j7}$  - плановое задание по выпуску манной крупы, макаронной муки и отходы производства.

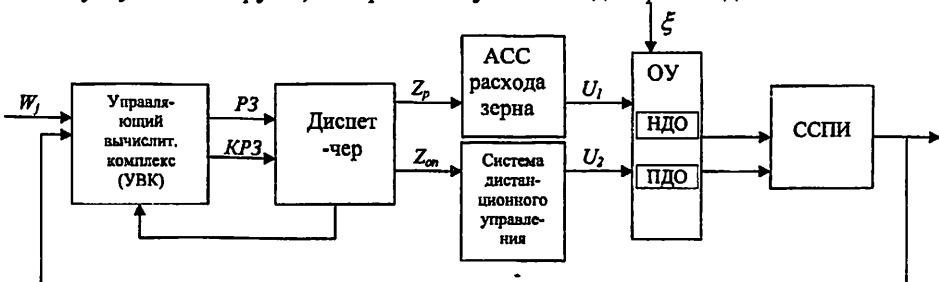


Рис. 2. Централизованная система управления производством.

Эти задания чаще всего выдаются на смену. В управляющем вычислительном комплексе (УВК), согласно разработанному алгоритму и соответствующего пакета программных модулей (ППМ) производится расчет помольной партии зерна (ППЗ) по модификациям исходного продукта.

Расчет ППЗ производится на базе уравнений материального баланса, связывающих задание по производительности с массами и соответственно с расходами зерна. При этом интенсивность подачи зерна  $W_j$  по модификациям исходного продукта определяется задачей подсистемы технико-экономического планирования работы основного производства. Оптимальные значения интенсивностей подачи зерна  $W_j$  согласуются во времени с рассчитываемой ППЗ.

При расчете ППЗ используются также величины, характеризующие производительность оборудования мукомольного производства (драных станков, рассевов, вальцевых станков центрифуг, триеров и т.д.).

Разработанные алгоритмы ЦСУП реализованы на ЭВМ IBM PC с использованием интегрированной системы Delphi-6 в среде Windows 98 и выше. Алгоритм расчета ППЗ на ЭВМ реализован в виде девяти процедур, объединенных в единый модуль. Алгоритм ППЗ представляет собой самостоятельную задачу, выполняемую под управлением Windows 98 и выше с дискретностью три раза в смену.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритмических основ расчетов на ЭВМ, а также практическому приложению методов оптимального планирования и управления мукомольным производством.

Все программы разработаны с использованием программного комплекса MATLAB и объединены в единый пакет прикладных программ для решения оптимизационных задач линейного программирования – согласно концепции пакетов прикладных программ (MATLAB Optimization Toolboxes), принятой в системе MATLAB.

Разработанная программная система моделирования, оптимизации и управления обеспечивает следующие возможности:

- совместного использования с другими пакетами прикладных программ, входящих в состав программного комплекса MATLAB;
- анализа, коррекции и применения M-функций для разработки новых приложений в качестве шаблонов, написанных на языке MATLAB;
- использования в рамках системы MATLAB на любой вычислительной платформе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализировано современное состояние задачи автоматизации производства муки на мукомольных предприятиях с точки зрения управления и выявлены основные тенденции их дальнейшего развития и совершенствования.

2. Выполнен обоснованный выбор методов и моделей оперативного управления в иерархической структуре управления основным производством мукомольного предприятия с учетом факторов многовариантности режимов технологических процессов и стохастичности производственного процесса.



3. Построена граф-структура, формализующая классификационные признаки исходной и конечной продукции мукомольного предприятия. Разработана графовая модель технологического процесса, а также вероятностная модель производственного процесса, которая сводится к определению законов распределения векторов выпуска конечных продуктов при фиксированном векторе запуска исходной продукции (помольной партии) при заданных матрицах технологических параметров.

4. На основе результатов экспериментально-статистических исследований построена математическая модель процессов крупобразования и извлечения ценных компонентов на четырех драных системах.

5. С целью более глубокого изучения структуры и физико-механических явлений, лежащих в основе технологического процесса, а также на базе математических моделей исследуемых объектов разработаны методы расчета, оптимального проектирования, синтеза и анализа технологических схем, построена система управления технологическими процессами на основе гомеоморфного графа технологического процесса дробления зерна.

6. На основе системного анализа объекта как сложной технологической системы разработана многоуровневая иерархическая структура интегрированной системы управления основным производством мукомольного предприятия.

7. Разработана модель текущего планирования и оперативного управления основным производством мукомольного предприятия. Предложена система управления основным производством мукомольного предприятия, синтезирована система управления производительностью мукомольного предприятия в составе интегрированной многоуровневой АСУ ТП мукомольного предприятия.

8. Обоснован алгоритм формирования матрицы параметров (программный интерфейс) оптимизационной модели планирования основного производства мукомольного предприятия, реализованный на IBM PC с помощью СКМ «MATLAB». Программный интерфейс, написанный в интегрированной среде FOXPRO и реализованный на ЭВМ, в значительной степени облегчает трудоемкость процесса формирования массива коэффициентов ограничений оптимизационной модели, позволяет автоматизировать процесс ввода параметров оптимизационной модели, преобразует структуры входных массивов в структуру массива, соответствующую формату входных данных универсального интегрированного пакета СКМ «LINPROG MATLAB».

9. Показано, что учет многовариантности и стохастичности технологического процесса, а также требование первоочередности в переработке модификаций зерна различных сортов позволяют обеспечить направленный выпуск продукции требуемого качества с минимальными затратами и потерями (ненормативные переходы сортов муки, угары муки и т.д.). Ожидаемый совокупный экономический эффект от реализации

разработок диссертации на предприятиях зерноперерабатывающей промышленности составляет 8,67 млн. сумов в год.

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих научных работах:**

1. Юсупов Ф., Шарипов М.С., Уразалиев М. Дон махсулотларини кайта ишлаш жараёнларини блок модуллик моделлаштриш ва тизимли оптималлаш. «Алгоритмлашнинг замонавий муаммолари». Маърузалар тезислари туплами. «КИБЕРНЕТИКА» илмий ишлаб-чиқариш бирлашмаси., Тошкент: 1996. -б. 300-301.

2. Юсупов Ф, Шарипов М.С. «Концепция и методы многоуровневого иерархического управления технологическими процессами с дискретно-непрерывным характером производства». Иқтисодий ва амалий математиканинг замонавий муаммолари». Халқаро илмий конференция маърузалар туплами. СамГУ, Самарқанд, 1997. -б. 173-179.

3. Юсупов Ф, Шарипов М.С., Рахимов Б.С. Формализация конечных продуктов мукомольного завода в виде графовых структур с целью автоматизации производства, «Жараён-2000»-Республика илмий-амалий конференцияси. Илмий мақолалар туплами. Бухоро, 2000. -б. 296

4. Юсупов Ф, Шарипов М.С. Стохастическая модель производственного процесса переработки зерна. VII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика-2000» (РИ-2000) Санкт-Петербург, 5-8 декабря 2000 г., Тезисы докладов, Часть-1, СПб, 2000.-с.111-112.

5. Юсупов Ф, Шарипов М.С., Рахимов Б.С. Стохастическая модель основного производственного процесса переработки зерна. «Жараён-2000» -Республика илмий-амалий конференцияси. Илмий мақолалар туплами. Бухоро, 2000. -б. 301-302.

6. Касымов С.С., Юсупов Ф., Шарипов М.С. Построение модели производственных процессов переработки зерна в виде графовых структур. «Техника фанлари ва XXI аср глобал муаммолари ». Маърузалар туплами. 3-қисм, Тошкент, 2001. -с. 88-89.

7. Касымов С.С., Юсупов Ф., Шарипов М.С. «Построение графовой модели производственного процесса переработки зерна», ДАН РУз, №10-11, 2001. -с.43-44

8. Шарипов М.С. «К составлению экспериментально-статистическими методами статических моделей технологического процесса переработки зерна», ДАН РУз., №5, 2002. -с. 40-43.

9. Касымов С.С., Юсупов Ф.Ю., Шарипов М.С. Стохастическая модель технологического процесса переработки зерна. XV Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-15), Сборник трудов, том 6, Тамбов, 2002 -с. 126-128

10. Юсупов Ф., Шарипов М.С. «Формализация параметров исходного сырья и конечных продуктов мукомольного предприятия в виде графа», «Вестник ТашГТУ», №1, 2003. -с. 154-156.

11. Шарипов М.С. «Экспериментально-статистическое исследование технологического процесса дробления зерна». Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». №1, 2003. -с. 57-59.

12. Юсупов Ф., Шарипов М.С., Сетметов Н.У. Использование многофакторного эксперимента для исследования технологического

процесса дробления зерна. Совместный выпуск, «Современные управляющие и информационные системы». Ташкент, 2003., -с.108-112.

13. Юсупов Ф., Шарипов М.С., Садиков С.Б. Автоматизация управления производственным процессом размола зерна на основе объемных статических моделей. Международная научно-практическая конференция. Сборн. научных статей. «Инновация-2003» Ташкент, 2003. -с. 232-233.

14. Юсупов Ф., Шарипов М. Построение матричной модели технологического процесса дробления зерна в терминах теории графов. «Дифференциальные уравнения и их приложения», КГУ, Нукус, 2004.-с. 54 – 57.

15. Юсупов Ф., Шарипов М., Юсупов Д. Ун комбинатида I-майдалаш системасига келадиган доннинг сарфини тартибланган модел ёрдамида стабиллаш системасини лойхалаш. Международная научная конференция «Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе» Ташкент, 2005., -с. 297-299.

16. Касымов С.С., Юсупов Ф., Шарипов М.С. Топологическое представление технологического процесса переработки зерна. Материалы Республиканской научной конференции «Современные проблемы математического моделирования», том 1, Нукус, 2005., -с. 43-48.

17. Шарипов М.С. Четырехуровневая иерархическая система управления основным производством переработки зерна. Материалы Республиканской научной конференции «Современные проблемы математического моделирования», том 1, Нукус, 2005., -с. 40-43.

18. Шарипов М.С., Юсупов Ф. «Программное обеспечение расчета помольной партии зерна» Патент № DGU 00886, 2005 г.

Соискатель



Шарипов М.С.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор М.С. Шариповнинг 05.13.07–«Технологик жараёнларни ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш» ихтисослиги бўйича «Ун ишлаб чиқариш корхоналарида донни майдалаш технологик жараенини бошқариш» мавзусидаги диссертациясининг

## ҚИСҚАЧА МАЗМУНИ

Калит сўзлар: математик моделлаштириш, технологик жараёнлар, тартибланган моделлар, стохастик моделлар, оптимал бошқарув, бошқарув системаси.

Тадқиқот объекти: ун ишлаб чиқариш корхонасидаги донни майдалаш технологик жараени.

Ишнинг мақсади: ун ишлаб чиқариш корхоналарида донни майдалаш технологик жараёнини бошқариш системасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот усуллари: автоматик ва автоматлаштирилган бошқариш назарияси усуллари, мураккаб технологик жараёнлар ва тизимларни оптималлаш ҳамда математик моделлаштиришнинг алгоритмлари ва усуллари.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: диссертация ишининг илмий янгилиги: асосий ишлаб чиқариш жараёнининг технологик схемаси графлар назарияси асосида расмийлаштирилган, ишлаб чиқариш жараёнининг математик модели қурилган, кўп поғонали иерархик бошқарув системасининг структураси таклиф қилинган, асосий ишлаб чиқариш жараенини оптималлаш алгоритмлари таклиф қилинган.

Амалий аҳамияти: кўп поғонали бошқарувнинг таклиф қилинган моделлари ва алгоритмлари ун ишлаб чиқариш корхоналаридаги асосий технологик жараёнларни самарали бошқариш системаларини синтез қилишга, ҳамда охириги олинадиган тайер маҳсулотларнинг сифатини оширишга имкон яратади. Математик моделларнинг ечимларини олиш учун интеграллашган пакет «LINPROG MATLAB» дан фойдаланиш таклиф қилинган ва программа интерфейси ишлаб чиқилган. Ун ишлаб чиқариш корхонаси учун ишлаб чиқилган кўп поғонали бошқарув системасини масалаларини ечиш учун яратилган программа таъминоти бошқарув ечимларини ишлаб чиқишда самарали ёрдам беради.

Тадбиқ даражаси ва иқтисодий самарадорлик. Диссертация ишининг назарий ва амалий натижалари ун ишлаб чиқариш корхонасининг кўп поғонали бошқарув системасининг моделлари ва уларни ечиш алгоритмлари программалар комплекси кўринишида Хонқа ун комбинатида фойдаланиш учун қабул қилинди.

Донни янчиш технологик жараёнини моделлаштириш ва ҳисоблаш методикаси, яратилган методлар, алгоритмлар ва программалар Урганч давлат университетининг «Информатика и ҳисоблаш техникаси» кафедрасида ўқув жараенига тадбиқ этилган.

Диссертация натижаларини ва қилинган таклифларни халқ хўжалиги соҳасига тадбиқ қилиш натижасида қутиладиган иқтисодий самарадорлик йилига 8,67 млн. сўмни ташкил қилади.

Қўлланилиш соҳаси. Донни қайта ишлаш саноатида.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Шарипова М.С. на тему: «Управление технологическим процессом дробления зерна на мукомольных предприятиях» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

Ключевые слова: математическое моделирование, обобщенная операция, технологические процессы, детерминированные и стохастические модели, оптимизация, оптимальное управление, система управления.

Объект исследования: технологические процессы крупнообразования в мукомольном производстве.

Цель работы: разработка системы управления технологическим процессом дробления зерна на мукомольных предприятиях.

Методы исследования: Основным инструментом исследования являются методы теории автоматического и автоматизированного управления, методы и алгоритмы математического моделирования и оптимизации сложных технологических процессов и систем.

Полученные результаты и их новизна: Научная новизна полученных в диссертации результатов заключается в следующем: обоснована структурная формализация технологических схем основного производства муки с привлечением графовых представлений объекта; разработаны математические модели производственных процессов мукомольного предприятия; предложена многоуровневая иерархическая структура системы управления основным производством продуктов мукомольного предприятия; разработаны алгоритмы оптимизации производственно-технологической программы основного производства продуктов мукомольного предприятия.

Практическая значимость: Предложенные модели и алгоритмы многоуровневого управления позволяют синтезировать эффективные системы управления технологическим процессом в производстве продуктов мукомольного предприятия и способствуют повышению качества конечной продукции. Предложена методика применения интегрированного пакета СКМ «LINPROG MATLAB» для построения математических моделей процессов производства мукомольного предприятия. Разработанное программное обеспечение позволяет повысить уровень и качество вырабатываемых управленческих решений.

Степень внедрения и экономическая эффективность. Теоретические и практические результаты диссертационной работы, модели и алгоритмы решения задач многоуровневого управления основным производством мукомольного предприятия нашли практическую реализацию в виде комплекса прикладных программ, принятого к внедрению на Ханкинском мукомольном заводе.

Разработанные методы, алгоритмы и программы, методика расчета и моделирования технологического процесса дробления зерна внедрены в учебный процесс на кафедре «Информатика и вычислительная техника» Ургенчского государственного университета.

Ожидаемый экономический эффект от реализации разработок и рекомендаций диссертационной работы составляет 8,67 млн. сумов в год.

Область применения. Зерноперерабатывающая промышленность.

## RESUME

Thesis of Maqsud Sharipov on the scientific degree competition of sciences in 05.13.07.-"Automation of technological processes and manufactures" specialty  
Subject:

«Management of technological process of crushing of a grain at the flour-grinding enterprises»

Key words: the mathematical modelling, the generalized operation, the technological processes determined and stochastic models, optimization, optimum control, a control system.

Objects of research: technological processes in flour-grinding manufacture.

The purpose of work: system engineering of management by technological process of crushing of grain at the flour-grinding enterprises.

Methods of research: the Basic tool of research are methods of the theory automatic and automated management, methods and algorithms of mathematical modelling and optimization of complex technological processes and systems.

The received results and their novelty: Scientific novelty of the results received in the dissertation consists in the following: structural formalization of technological schemes of the basic manufacture of a flour with attraction representations of object is proved; mathematical models of productions of the flour-grinding enterprise are developed; the multilevel hierarchical structure of a control system is offered by the basic manufacture of products of the flour-grinding enterprise; algorithms of optimization of the production program-technological of the basic manufacture of products of the flour-grinding enterprise are developed.

The practical importance: the Offered models and algorithms of multilevel management allow to synthesize effective control systems of technological process in manufacture of products of the flour-grinding enterprise and promote improvement of quality of end production. The technique of application of integrated package SCM "LINPROG MATLAB" for construction of mathematical models of processes of manufacture of the flour-grinding enterprise is offered. The developed software allows to raise a level and quality of developed administrative decisions.

Degree of introduction and economic efficiency. Theoretical and practical results of dissertational work, model and algorithms of the decision of problems of multilevel management of the basic manufacture of FGE have found practical realization as the complex of applied programs accepted to introduction on Xanqa a flour-grinding factory.

The developed methods, algorithms and programs, design procedure and modelling of technological process of crushing of a grain are introduced in educational process on faculty « Computer science and ST» Urgench state university.

Expected economic benefit of realization of development and recommendations of dissertational work makes 8,67 ml. som in one year.

Scope. flour-milling industry

Подписано к печати 27.03.2006 г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 1 п.л. Тираж 100. Заказ № 169.  
Отпечатано в типографии ТГТУ. г.Ташкент ул. Талабалар, 54.