

Автор ер,  
п 84

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ПТАЦУК АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ

УДК 658.5.011.56:636.085.55.6

ЛОГИКО-ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ  
(ПТК) КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Специальность 05.13.07 - автоматическое управление  
и регулирование, управление технологическими про-  
цессами (промышленность)

Переучет 1984

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Одесса- 1983

МОНАРХИЧЕСКИЙ  
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Работа выполнена на кафедре автоматизации производственных процессов Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Платонов П.Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Жук К.Д.

кандидат технических наук  
Негребов Г.Я.

Ведущая организация: Всесоюзное научно-производственное объединение "Пищепром-автоматика"

Защита состоится <sup>25</sup> марта 1983г. в <sup>13<sup>00</sup></sup> часов на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова по адресу: г.Одесса, ул. Свердлова, 112, ОТИПИ им.М.В.Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова.

12  
1983г.

ЗАГИВАЛОВ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Решение Продовольственной программы, намеченной XXVI съездом КПСС и майским (1982 г.) пленумом ЦК КПСС, выдвигает в ряд особо актуальных задачу ускоренного развития комбикормового производства – основы промышленного животноводства. При этом главным является всемерная интенсификация производственных процессов, суть которой заключается в ускорении темпов научно-технического прогресса и совершенствовании управления.

Успехи отрасли комбикормовой промышленности в X-ой пятилетке, перевыполнившей план по сумме годовых заданий на 5,4 млн. тонн, не снижают актуальность и остроту стоящих задач. Этот вывод следует из напряженности плановых заданий XI-й пятилетки, предусматривающих увеличение выпуска комбикормов на 13 + 15% и белково-витаминных добавок в два раза, что позволит довести удельный вес комбикормов в общем объеме кормовых концентратов с 40 до 63%.

Одним из основных направлений интенсификации комбикормового производства, в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС, является создание эффективных систем управления технологическими комплексами на базе использования микропроцессорных средств. Поэтому разработка эффективной системы управления подготовительным технологическим комплексом (ПТК) – одним из основных комплексов комбикормового производства – является актуальной задачей.

Объектом исследования в диссертационной работе является процесс формирования многокомпонентных потоков на подготовительных технологических линиях комбикормового завода и логико-динамическая система управления (ЛДСУ) этими линиями как единым подгото-

v014215  
Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

ОНАХТ 17.07.12  
Логико-динамическая



v014215

вительным технологическим комплексом (ПТК).

Цель работы заключается в интенсификации функционирования ПТК путем разработки и внедрения эффективной логико-динамической системы управления этим комплексом.

Методы исследования. Теоретические результаты получены с привлечением теории множеств, теории графов и теории конечных автоматов, а также аппарата дифференциального исчисления и методов имитационного моделирования сложных технических систем. При анализе и обработке экспериментальных данных применялись методы математической статистики.

Научная новизна. Впервые разработана обобщенная математическая модель (ММ) ЛДСУ ПТК комбикормового завода, учитывающая изменение структуры системы в процессе ее функционирования, а также наличие случайных возмущений по интенсивностям потоков компонентов смеси.

Сформулированы и доказаны ряд утверждений (теоремы 1,2), на основании которых разработана методика синтеза эффективных алгоритмов управления ЛДСУ ПТК комбикормового завода, доведенная до пакета алгоритмов и программы и инженерных методик.

Разработана иерархическая структура ЛДСУ ПТК на базе асинхронных конечных автоматов типа автоматов Мура и теоретически обоснован вид целевой функции критерия оптимальности ЛДСУ ПТК.

Практическая ценность заключается в разработке пакета алгоритмов и программ имитационного моделирования ЛДСУ ПТК, который может быть использован в качестве базового при разработке программного обеспечения микропроцессорных систем управления ПТК комбикормового завода или систем управления аналогичными подготовительными комплексами других производств.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на семинаре секции "Кибернетика и автоматичес-

кое управление" научного совета по проблеме "Кибернетика" АН УССР (г.Одесса, 1981 г.), на всесоюзных научно-технических конференциях "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности (г.Одесса, 1977 г.), "Проблемы кибернетики в сельскохозяйственном производстве" (г.Одесса, 1979 г.), "Механика сыпучих материалов" (г.Одесса, 1980 г.), "Управление производством и автоматизированные системы управления" (г.Одесса, 1980 г.), на научно-технических конференциях ОТИП им.М.В.Ломоносова (г.Одесса, 1973 - 1982 г.г.).

Внедрение результатов работы. ЛДСУ ПТК, функционирующая в информационно-советующем режиме, внедрена на Кулиндоровском комбикормовом заводе Одесского областного управления хлебопродуктов. Годовой экономический эффект на этапе внедрения фактически составил более 20 тыс. руб.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ, в том числе пакет алгоритмов и программ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, библиографии из 112 наименований и приложения. Изложена на 117 страницах машинописного текста. Приложение содержит пакет алгоритмов и программ, вспомогательные таблицы и рисунки, математические выкладки, акты: производственных испытаний - I, внедрения - I, расчет экономической эффективности - I.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, формулируется ее цель, главная задача и положения, выносимые автором на защиту.

В первой главе дается краткий анализ ПТК комбикормового завода с позиций его управления. В результате устанавливается, что отличительной особенностью ПТК как объекта управления является

его принадлежность к классу сложных технических систем, структура которых изменяется в процессе функционирования. Отмечается наличие существенных возмущений по интенсивностям потоков компонентов комбикормовой смеси.

С позиций проведенного анализа обсуждаются известные методы решения задачи управления ПТК комбикормового завода, как задачи технико-экономического и календарного планирования. Делается вывод о недостаточности известных результатов для разработки эффективной системы управления (СУ) ПТК, который основывается на ограниченном характере ММ ПТК, не учитывающих изменяемую структуру объекта и наличие возмущений.

Рассматриваются факторы, определяющие целесообразность построения эффективной СУ ПТК в классе систем логико-динамического типа. В числе этих факторов отмечается наличие альтернативных транспортных связей между элементами ПТК и существенное влияние оптимальности выбора структуры ПТК на производительность главной линии дозирования-смешивания.

Дается краткий обзор способов формального описания ЛДСУ и особенностей синтеза алгоритмов управления в таких системах на базе асинхронных конечных автоматов, типа автоматов Мура.

На основании выполненного анализа формулируются задачи исследования и вытекающие из их решения научные результаты.

Главная задача. Разработать эффективную ЛДСУ ПТК комбикормового завода, позволяющую интенсифицировать процесс производства комбикормов.

Вспомогательная задача 1. Разработать обобщенную ММ ЛДСУ ПТК, отражающую изменение структуры системы и наличие случайных возмущений по интенсивностям потоков компонентов комбикормовой смеси.

Вспомогательная задача 2. Выполнить теоретическое обоснова-

ние принципов синтеза эффективных алгоритмов управления (АУ) в ЛДСУ ПТК и провести декомпозицию критерия их оптимальности.

Вспомогательная задача 3. Разработать методику синтеза эффективных АУ в ЛДСУ ПТК, ориентированную на имитационное моделирование ЛДСУ ПТК на ЭМ.

Вспомогательная задача 4. Создать программное обеспечение в виде пакета алгоритмов и программ, позволяющего реализовать управляющую часть ЛДСУ ПТК средствами вычислительной техники и выполнить всестороннюю проверку разработанных АУ в производственных условиях.

Во второй главе приводятся обобщенная математическая модель (ММ) ЛДСУ ПТК и ее графовое представление. Формулируется постановка задачи синтеза управлений в ЛДСУ ПТК. Обобщенная ММ ЛДСУ ПТК разрабатывалась поэтапно. На первом этапе по результатам анализа номенклатуры и особенностей функционирования технологических машин (ТМ), входящих в состав ПТК комбикормовых заводов, выделено семь групп оборудования, допускающих однотипное математическое описание СУ: 1) дробилки и вальцовые станки; 2) бункера; 3) транспортеры и норрии; 4) рассева; 5) зерноочистительные машины; 6) весоизмерительное дозирующее оборудование; 7) смесители. Для каждой группы разработана ММ в виде системы логико-дифференциальных уравнений, дополненных системой неравенств, отражающих характерные для данной группы ТМ технологические ограничения.

Проводится краткий анализ "типовых" ММ ЛДСУ ПТК, показывающий существенные отличия ММ ЛДСУ бункерами от ММ ЛДСУ прочих групп ТМ, входящих в состав ПТК комбикормового завода. Эти отличия определяются характером связи между интенсивностями входных и выходных потоков компонентов. Для большинства ТМ эта связь носит непрерывный, функциональный характер, в то время как для наддозаторных бункеров и других буферных емкостей такая связь в явном виде от-

существует. На втором этапе синтезируется обобщенная ММ ЛДСУ ПТК в виде следующей системы уравнений и неравенств:

$$\frac{dZ_{ij}^s(t)}{dt} = \left[ \sum_{s \in S_{ij}^+} \sum_{l \in L_{ij}^+} \sum_{k \in I} x_{klij}^{s+}(t) u_{klij}^s(t) - \sum_{s \in S_{ij}^-} \sum_{l \in L_{ij}^-} \sum_{k \in I} y_{ijkl}^{s-}(t) u_{ijkl}^s(t) \right] u_{ij}^s(t);$$

$$Z_{ij}^s(t_k) = Z_{ij}^s; \quad Z_{ij}^s(t_k) = Z_{ijk}^s;$$

$$0 \leq Z_{ij}^{smin} \leq Z_{ij}^s(t) \leq Z_{ij}^{smax};$$

$$\sum_{s \in S_{ij}^-} \sum_{l \in L_{ij}^-} \sum_{k \in I} \int_{t_{kij}^{s-}}^{t_{kij}^{smax}} y_{ijkl}^{s-}(t) u_{ijkl}^s(t) dt \leq \Pi_{ij}; \quad (1)$$

$$y_{ijkl}^{s'}(t) = f_{ij}(x_{k''le''ij}^{s''}; \alpha_{ij}^{s',s''}; t);$$

$$s' \in S_{ij}^-; \quad s'' \in S_{ij}^+; \quad k' \in I;$$

$$l' \in L_{ij}^-; \quad l'' \in L_{ij}^+; \quad k'' \in I;$$

$$y_{ijkl}^{s'}(t) = \sum_{s'' \in S_{ij}^+} \alpha_{ij}^{s',s''}(t) x_{k''le''ij}^{s''}(t);$$

$$s' \in S_{ij}^-; \quad l'' \in L_{ij}^+; \quad k'' \in I;$$

$$l' \in L_{ij}^-; \quad k' \in I;$$

$$u_{klij}^s(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } Z_{kl}^s(t) > Z_{kl}^{smin} \wedge Z_{ij}^s(t) < Z_{ij}^{smax} \wedge u_{ij}^s(t) = 1 \\ 0, & \text{если } Z_{kl}^s(t) \leq Z_{kl}^{smin} \vee Z_{ij}^s(t) \geq Z_{ij}^{smax} \vee u_{ij}^s(t) = 0 \end{cases}$$

$$k \in I; \quad l \in L_{ij}^+;$$

$$u_{ijkl}^s(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } Z_{ij}^s(t) > Z_{ij}^{smin} \wedge Z_{kl}^s(t) < Z_{kl}^{smax} \wedge u_{kl}^s(t) = 1 \\ 0, & \text{если } Z_{ij}^s(t) \leq Z_{ij}^{smin} \vee Z_{kl}^s(t) \geq Z_{kl}^{smax} \vee u_{kl}^s(t) = 0 \end{cases}$$

$$k \in I; \quad l \in L_{ij}^-;$$

Введем обозначение:

$$\sum_{s \in S_{ij}^-} \sum_{l \in L_{ij}^-} \sum_{k \in I} \int_{t_{kij}^{s-}}^{t_{kij}^{smax}} y_{ijkl}^{s-}(t) u_{ijkl}^s(t) dt = B_{ij}(t) \quad (2)$$

Тогда управление  $u_{ij}^s(t)$  для некоторого агрегата  $j$   $i$ -я технологической линии определится следующим образом:

$$u_{ij}^s(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } B_{ij}(t) \leq \Pi_{ij} \wedge t \in \bigcup_{j \in T_{ij}} [t_{xij}; t_{(x+1)ij}] \\ 0, & \text{если } B_{ij}(t) > \Pi_{ij} \vee t \notin \bigcup_{j \in T_{ij}} [t_{xij}; t_{(x+1)ij}] \end{cases} \quad (3)$$

где  $U_{ij}^s(t) = \begin{cases} 1 & j\text{-й агрегат } i\text{-й ТЛ включен в момент времени } t, \\ 0 & j\text{-й агрегат } i\text{-й ТЛ выключен в момент времени } t, \end{cases}$

$U_{iej}^s(t) = \begin{cases} 1 & \text{между агрегатами } l \text{ и } j \text{ } i\text{-й ТЛ существует связь в} \\ & \text{момент времени } t, \\ 0 & \text{между агрегатами } l \text{ и } j \text{ } i\text{-й ТЛ отсутствует связь в} \\ & \text{момент времени } t, \end{cases}$

$i$  - номер технологической линии (ТЛ),  $s$  - номер сырья,  
 $t, t_n, t_k$  - соответственно текущее, начальное и конечное время,  
 $l, j$  - номера агрегатов (ТМ),  $Z_{ij}^s(t), [Z_{ij}^s(t)]$  - соответственно количество  $s$ -го сырья, находящегося в момент времени  $t$  в  $j$ -м ( $l$ -ом) агрегате  $i$ -й ТЛ,  $x_{iej}^{st}(t)$  - интенсивность входного потока  $s$ -го сырья, поступающего из агрегата  $l$  в агрегат  $j$   $i$ -й ТЛ в момент времени  $t$ ,  $y_{ije}^s(t)$  - интенсивность выходного потока  $s$ -го сырья, поступающего из агрегата  $j$  в агрегат  $l$   $i$ -й ТЛ в момент времени  $t$ ,  $S_{ij}^+$  - подмножество номеров сырья, поступающего в  $j$ -й агрегат  $i$ -й ТЛ,  $S_{ij}^-$  - подмножество номеров сырья, выходящего из  $j$ -го агрегата  $i$ -й ТЛ,  $L_{ij}^+$  - подмножество номеров агрегатов, из которых поступает сырье в  $j$ -й агрегат  $i$ -й ТЛ,  $L_{ij}^-$  - подмножество номеров агрегатов, в которые поступает сырье из агрегата  $j$   $i$ -й ТЛ,  $\pi_{ij}^s$  - производительность  $j$ -го агрегата  $i$ -й ТЛ по  $s$ -му сырью,  $a_{ij}$  - конструктивная характеристика  $j$ -го агрегата  $i$ -й ТЛ,  $T_{ij}$  - множество моментов времени включения агрегата  $j$  линии  $i$ ,  $t_{ij}^{\pm}$  - соответственно момент времени включения и выключения агрегата  $j$ ,  $Z_{ij}^{s \min}, Z_{ij}^{s \max}$  - соответственно минимально и максимально допустимое количество  $s$ -го сырья в  $j$ -м агрегате  $i$ -й ТЛ.

В соответствии с теорией ЛДСУ, ММ (I)-(3) должна удовлетворять

условиям единственности  
 $U_{ij}^s \wedge U_{in}^s = 0, j \neq n, U_{ijkl}^s \wedge U_{ijmn}^s = 0, l \neq n$  (4)  
 и полноты

$$\bigvee_{i=1}^I U_{ij}^s = 1, \bigvee_{j=1}^J U_{ij}^s = 1, \bigvee_{l=1}^{L^+} U_{ijkl}^s = 1, \bigvee_{l=1}^{L^-} U_{ijkl}^s = 1 \quad (5)$$

Модель (I)-(5) описывает некоторую абстрактную ЛДСУ ПТК с неопределенной размерностью и неизвестным количеством возможных структурных состояний. Для перехода к ММ ЛДСУ ПТК конкретного комбикормового завода необходимо выполнить ряд процедур: 1) нумерацию индексов  $i, j, s$  и описание индексных множеств  $L^+, L^-$  согласно технологической схеме ПТК; 2) параметрическую идентификацию ММ ЛДСУ ПТК, используя " типовые " ММ и паспортные данные оборудования; 3) уточнение зависимостей  $x_{ij}^s = f(t)$  и  $y_{ij}^s = f(x_{ij}^s, Z_{ij}^s, a_{ij}, t)$ , определяющих непрерывную составляющую  $x_{ij}^s(t)$  вектора управления и степень подробности описания динамической части ЛДСУ ПТК.

Дополнением аналитического описания (I)-(5) является графовая модель ЛДСУ ПТК, приведенная на рис. I. Как видно из рисунка, эта модель представляет собой гибридный граф, объединяющий граф потоков сигналов (потоков компонентов комбикорма) с интенсивностями  $x_{ij}^{st}, y_{ij}^{st}$  (нагрузки дуг) и автоматные графы  $A_i^B, A_{im}^f$ , задающие структурные переходы в ЛДСУ ПТК при переключении альтернативных транспортных связей на входе  $A_i^B$  либо "внутри"  $A_{im}^f$  ПТК. Этим графам, как известно, соответствуют конечные асинхронные автоматы, типа автоматов Мура. Вершины  $L_j^{TM}$  соответствуют ТМ, вершины  $b_{is}, c_{is}, f_{in}$  отражают состояние автоматов  $A_i^B, A_{im}^f$ .

Разделение множества  $A$  управляющих автоматов на два подмножества  $A^B = \bigcup_{i \in I} A_i^B$  и  $A^f = \bigcup_{i \in I} A_{im}^f$  отражает принятый в диссертации подход к декомпозиции задачи синтеза АУ в ЛДСУ ПТК. Суть его заключается в ориентации на поэтапную процедуру синтеза АУ и двухуровневую иерархическую структуру управляющей части ЛДСУ ПТК. Нижний уровень составляет множество автономных автоматов  $A_{Ai}^B$ , заменяющие асинхронные автоматы  $A^B$  и формирующие очередность переработки компо-

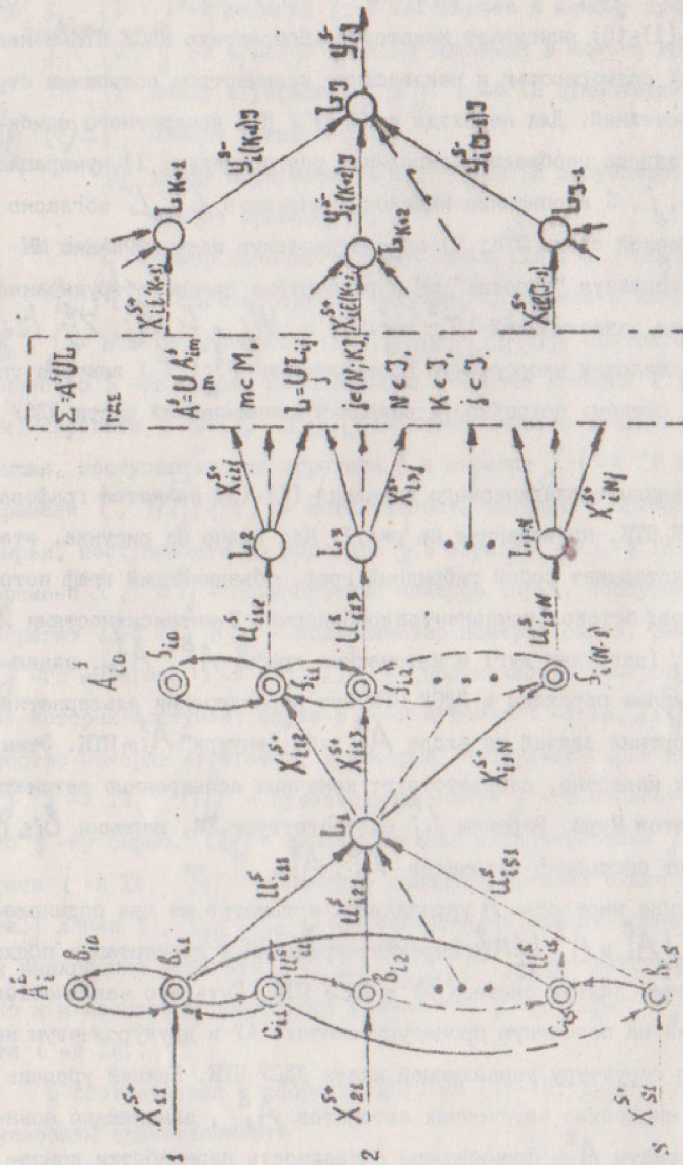


Рис. 1. Графовая модель, отражающая обобщенную ММ ЛДСУ ПТК комбинированного завода

нентов комбикорма на  $\gamma$ -ом интервале  $T_{ir} = [t_{i(r-1)}; t_{ir}]$  постоянства составляющей  $x_{ij}^s(t)$  вектора управления  $x_{ij}^s(t) = const, t \in T_{ir}$

Верхний уровень составляет некоторый асинхронный автомат  $A^{BY}$ , формирующий оптимальные (по заданному критерию) выходные функции автоматов  $A_{Ai}^B$ .

Предполагается, что структура ПТК  $\Sigma_R$  выбирается для каждого рецепта комбикорма на первом этапе синтеза АУ и в процессе подготовки данного рецепта не изменяется. Автоматы  $A_{im}^s$  вырождаются в этом случае в устройства типа "логический ключ", управляемые командами  $U_{is}^{s+}$  автомата  $A_{Ai}^B$ . Предполагается также упрощенное описание ЛДСУ ПТК, когда функционирование последовательной цепочки ТМ от входа  $i$ -ой ТЛ до наддозаторного бункера представляется для  $\delta$ -го компонента и  $\gamma$ -го интервала значением  $\hat{x}_{ijr}^s(t)$ , удовлетворяющим условию:

$$\hat{x}_{ijr}^s(t) = \min M[x_{ijr}^s(t)] \quad (6)$$

Упрощение задачи синтеза АУ в ЛДСУ ПТК (1)-(5) продиктовано отсутствием эффективных аналитических методов синтеза асинхронных автоматов, но и в принятой постановке задача остается достаточно сложной, требующей выполнения значительного объема теоретических и экспериментальных исследований.

Третья глава начинается с изложения результатов анализа, применительно к ЛДСУ ПТК, директивного критерия оптимальности АСУ ТП вида:

$$\varphi \rightarrow \max(\Delta \Pi_n + \Delta \Pi_c), \quad (7)$$

где  $\Delta \Pi_n$  - прирост прибыли у потребителя АСУ ТП,  $\Delta \Pi_c$  - прирост прибыли в смежных отраслях, с целевой функцией вида:

$$\partial = \left[ N_1 - (C_1 + K_1 E_n) \right] - \left[ N_2 - (C_2 + K_2 E_n) \right] + \Delta \partial_c, \quad (8)$$

где  $\partial$  - годовой экономический эффект,  $N_2, N_1$  - объем реализации

продукции в оптовых ценах до и после внедрения системы управления,  $C_2, C_1$  - себестоимость продукции до и после внедрения системы управления,  $K_2, K_1$  - капитальные вложения до и после внедрения системы управления,  $E_n$  - отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,  $\Delta \mathcal{E}_c$  - экономия, получаемая в смежных отраслях после внедрения системы управления.

В результате проведенного анализа устанавливается, что общий критерий (7) соответствует локальному критерию оптимальности ЛДСУ ПТК вида:

$$\varphi^H \rightarrow \min_{n_i} \left\{ \max_i \sum_{i=1}^N (t_{3i}^s (n_i^s) + S_i t_{ni}^s) + t_{ge}^s \right\}, \quad (9)$$

где  $n_i^s$  - число циклов последовательной переработки нескольких компонентов комбикорма на  $i$ -й ТЛ,  $t_{3i}^s$  - время создания запасов  $S$ -го компонента комбикорма на  $i$ -ой ТЛ,  $S_i$  - количество перерабатываемых компонентов комбикорма,  $t_{ni}^s$  - время переналадки  $i$ -ой ТЛ перед переработкой  $S$ -го компонента,  $t_{ge}^s$  - время дозирования-смешивания  $S$ -го компонента.

Критерий оптимальности ЛДСУ ПТК (9) используется в дальнейшем для проведения теоретических исследований по обоснованию процедур выбора структуры ЛДСУ ПТК и синтеза автомата  $A_{Alr}^B$ . В результате этих исследований сформулировано и доказано ряд утверждений, дающих отправные точки для построения машинно-ориентированной процедуры синтеза эффективной ЛДСУ ПТК.

Теорема 1. Для произвольного набора компонентов  $S \in S_i$ , перерабатываемых с интенсивностями  $x_{ir}^s \in X_i^s$  на  $i$ -ой ТЛ существует последовательность  $x_{ir}^s(t_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, k < \infty$ ,  $t_k \in T_{ir}$ , минимизирующая функционал:

$$\varphi^A \rightarrow \min \left( \sum_s \omega_1 t_{ni}^s + \sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^{S_i} \omega_2 n_i^s t_k^s \right), \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

где  $t_k^s$  - время переработки  $S$ -го компонента в  $K$ -ом цикле,  $\omega_1, \omega_2$  - весовые коэффициенты.

Лемма 1. Для заданных  $x_{ir}^s(t)$  и  $y_{ir}^s(t)$  время  $T_r^{nc} \in T_{ir}$  простоя смесителя из-за нарушения технологических ограничений на  $i$ -й ТЛ определяется соотношением:

$$P_c(t) < T_r^{nc} \leq P_c(t) + \frac{Z_{ij}^{\delta \min}}{y_{ir}^s(t)}, \quad t \in T_{ir} \quad \text{или}$$

$$P_c(t) - \frac{Z_{ij}^{\delta \min}}{y_{ir}^s(t) - x_{ir}^s(t)} < T_r^{nc} \leq P_c(t) + \frac{Z_{ij}^{\delta \min}}{y_{ir}^s(t) - x_{ir}^s(t)}, \quad t \in T_{ir}$$

$$P_c(t) = \frac{(t_r - t_{r-1}) [y_{ir}^s(t) - x_{ir}^s(t)]}{y_{ir}^s(t)} - \frac{Z_{ij}^{\delta} (t_{r-1})}{y_{ir}^s(t)},$$

где  $Z_{ij}^{\delta} (t_{r-1})$  - уровень запасов в  $j$ -м наддозаторном бункере,  $Z_{ij}^{\delta \min}$  - минимально допустимый уровень запаса.

Теорема 2. Из двух альтернативных вариантов структуры ЛДСУ ПТК  $\sum_r \wedge \sum_m$  удовлетворяющих условию  $y_{ir}^s(t) > x_{ir}^s(t) > x_{i(r+1)}^s(t) \geq 0, t \in T_{ir}$  (12) лучшим по критерию (9) является вариант  $\sum_r$ .

Теорема 1 является утверждением о существовании решения задачи оптимального синтеза (или выбора) автомата  $A_{Alr}^B$  для случая линейного варианта (10) целевой функции (ЦФ) критерия (9). Оптимальная последовательность  $x_{ir}^s(t_k)$  формируется для  $S$ -го компонента выходной функцией автомата  $A_{Alr}^B$  в последовательные моменты времени  $t_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, k < \infty, t_k \in T_{ir}$ .

Для нелинейной ЦФ (9) доказательство существования оптимального решения задачи синтеза  $A_{Alr}^B$  получить не удалось в силу сложности задачи. Существование такого решения для задач ограниченной раз-

мерности  $S = 5+10$  установлено с помощью итерационного алгоритма синтеза  $A_{A1r}^B$ , описанного в диссертации. Алгоритм включает процедуру направленного перебора вариантов последовательностей  $x_{ir}^s(t_k)$  с использованием пакета алгоритмов и программ имитационного моделирования ЛДСУ ПТК на ЭВМ. В совокупности с алгоритмом формирования интервалов  $T_{ir}$  алгоритм синтеза  $A_{A1r}^B$  составляет основу верхнего уровня  $A^{BY}$  управляющей части ЛДСУ ПТК. Формирование интервалов  $T_{ir}$  выполняется путем анализа трендов математического ожидания случайных процессов  $\hat{x}_{ir}^s(t)$ , что позволяет оптимизировать работу ЛДСУ ПТК в условиях возмущений по интенсивностям перерабатываемых потоков компонентов и наделяет СУ ПТК адаптивными свойствами. Векторы  $Z_{ij}^s(t_{r+1})$  учитываются для пересчета значений  $\Pi_{ij}^s$  на момент времени  $t_{r+1} \in T_{i(r+1)}$ .

Лемма I и, доказанная на ее основе, Теорема 2 дают правило селекции структур  $Z_r$  на первом этапе синтеза ЛДСУ ПТК. Это правило заключается в анализе соотношения

$$\sum_{s=1}^{S_i} K_R^s x_{ij}^s \geq \sum_{s=1}^{S_i} K_R^s x_{ij}^s(r+1), \quad (13)$$

где  $K_R^s$  - весовая доля  $s$ -го компонента в  $R$ -ом рецепте;  $x_{ij}^s$ ,  $x_{ij}^s(r+1)$  - интенсивности переработки компонентов при варианте структуры  $i$ -й ТЛ  $Z_r$  и  $Z_{r+1}$ . Перебор альтернативных вариантов структуры  $i$ -й ТЛ организуется на множестве  $L_i = L_i^+ \cup L_i^-$ ,  $L_i \in L$ , с одновременной подстановкой соответствующего значения величины  $\hat{x}_{ij}^s(t)$ .

В полном объеме разработанная методика синтеза ЛДСУ ПТК включает следующую последовательность процедур: П1 - определение главной и вспомогательных ТЛ ПТК, П2 - выбор лучшей структуры по правилу (12), (13), П3 - расчет на ЭВМ оптимальной последовательности  $x_{ir}^s(t_k)$ ,  $t_k \in T_{ir}$ , П4 - анализ вектора  $M[x_{ir}^s(t)]$ ,  $Z_{ij}^s(t)$  и формирование интервалов  $T_{ir}$ ,  $r = 1, 2, \dots, R$  начальных значений планового задания для  $(r+1)$ -го интервала, П5 - расчет

оптимальной последовательности  $x_{i(r+1)}^s(t)$ .

Методика синтеза ЛДСУ ПТК доведена до пакета алгоритмов и программ, позволяющего реализовать управляющую часть ЛДСУ ПТК на ЭВМ. Исследование синтезированных АУ путем имитационного моделирования ЛДСУ ПТК на ЭВМ показали (рис.2) значительную эффективность разработанной методики по сравнению с известными способами управления ПТК комбикормового завода.

В четвертой главе приводится краткая характеристика организационной и информационной структуры ЛДСУ ПТК, внедренной в 1982 году на Кулиндоровском комбикормовом заводе в информационно-советующем режиме. Сбор и первичная обработка информации выполнялась по разработанной методике, затем проводился расчет оптимальной структуры ПТК и очередности переработки компонентов для всех ТЛ, входящих в состав ПТК. Результаты расчета, представленные в удобной для оператора форме, использовались для управления процессом подготовки компонентов комбикормовой смеси.

Использование разработанной ЛДСУ ПТК в информационно-советующем режиме, а не в режиме непосредственного управления ПТК, конечно, не позволило использовать все возможности системы управления. Однако, даже в таком "усеченном" варианте предлагаемая ЛДСУ ПТК доказала свою эффективность. Этот вывод подтверждается полученным фактическим экономическим эффектом в размере более 20 тыс. руб. в год. Расчет экономического эффекта проводился по данным функционирования ЛДСУ ПТК в период внедрения с использованием соответствующих методик оценки эффективности законченных НИР.

В заключительной части главы обсуждаются перспективы дальнейших исследований по разработке эффективных систем управления ПТК комбикормовых заводов. Отмечается целесообразность расширения круга задач, решаемых ЛДСУ ПТК за счет включения ее в состав подсистемы управления качеством комбикормов по содержанию протеина в зер-

в. 0. 14215

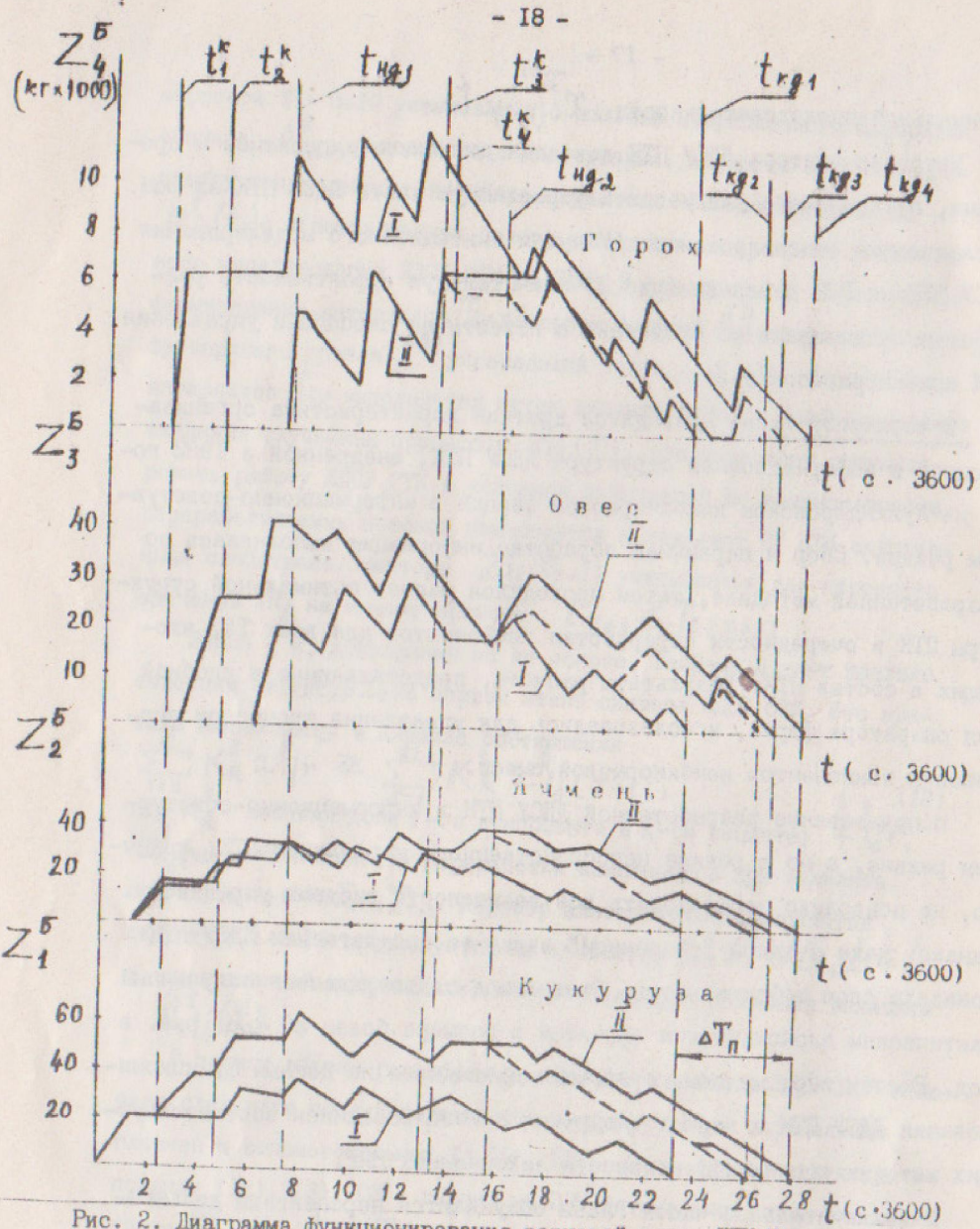


Рис. 2. Диаграмма функционирования зерновой линии ПТК Кулиндоровского комбикормового завода в условиях возмущений по  $X_{i_0}^S$ : I - управление осуществлялось по алгоритмам, разработанным в диссертации (Рис.3); II - управление осуществлялось по известным алгоритмам;  $t_i^k$  - момент  $i$ -й коррекции  $\Delta U$ ;  $t_{ng}, t_{kg}$  - соответственно начало и конец дозирования, рецепт К54-2

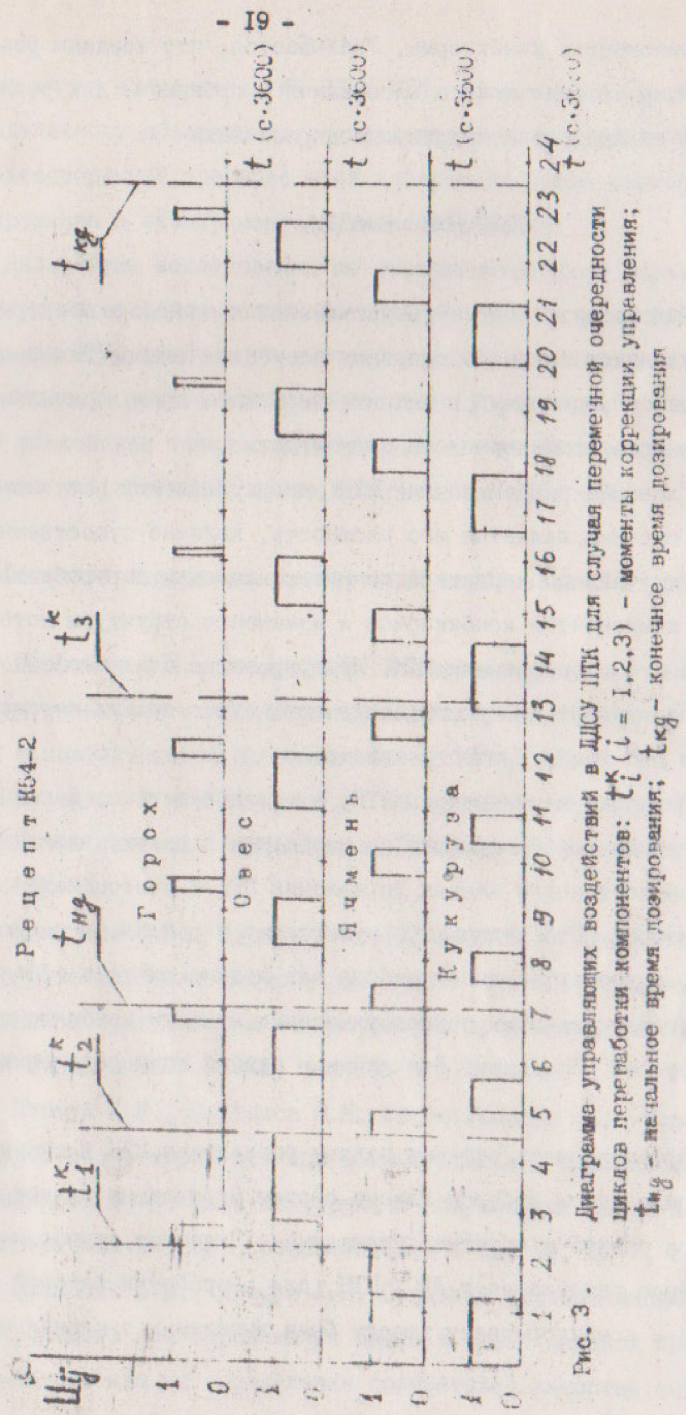


Рис. 3. Диаграмма управляющих воздействий в ДСУ ПТК для случая переменной очередности циклов переработки компонентов:  $t_i^k$  ( $i = 1, 2, 3$ ) - моменты коррекции управления;  $t_{ng}$  - начальное время дозирования;  $t_{kg}$  - конечное время дозирования

новых компонентах комбикорма. Указывается, что созданы реальные предпосылки, в виде пакета алгоритмов и программ, для реализации ЛДСУ ПТК на средствах микропроцессорной техники.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Подготовительный технологический комплекс комбикормового завода является одним из основных элементов технологической схемы завода, определяющий в значительной мере производительность и эффективность комбикормового производства.
2. Главными особенностями ПТК как управляемой поточно-транспортной системы является его сложность, наличие существенных возмущений случайного характера по интенсивностям перерабатываемых потоков компонентов комбикормов и изменение структуры потоков в процессе функционирования ПТК. Игнорирование этих особенностей ПТК обуславливает низкую эффективность существующих методов управления ПТК комбикормового завода.
3. Интенсификация работы ПТК, а, следовательно, и повышение эффективности комбикормового производства в целом, возможна лишь при новой постановке задачи управления ПТК с учетом изложенных выше факторов. Эта задача сформулирована и решена, в первом приближении, в диссертационной работе как задача синтеза эффективной ЛДСУ подготовительными технологическими линиями комбикормового завода, которая объединяет эти линии в единый технологический комплекс.
4. Эффективность решения задачи управления ПТК в значительной мере определяется выбором класса систем управления, в котором выполняется синтез алгоритмов управления. В данном случае наиболее эффективное решение дает ЛДСУ ПТК, для разработки которой применительно к комбикормовому заводу были выполнены оригинальные ис-

следования по составлению ИМ ЛДСУ ПТК, теоретическому обоснованию и методическому обеспечению синтеза алгоритмов управления, а также по всесторонней проверке этих алгоритмов путем имитационного моделирования и экспериментальных исследований.

5. Дальнейшие исследования по совершенствованию управления ПТК комбикормовых заводов должны быть направлены на разработку систем управления ПТК, включающих систему управления качеством продукции и работающих в режиме непосредственного управления комплексом. Основу реализации таких систем управления на базе микро-ЭВМ может составить разработанный пакет алгоритмов и программ.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Платонов П.Н., Пташук А.И. Автоматизированная система управления качеством в производстве комбикормов. - Мукомольно-злеварная и комбикормовая промышленность, 1975, №1. с. 26.
2. Платонов П.Н., Пташук А.И. Об основных направлениях работ по повышению качества комбикормов. - Стандарты и качество, 1976, №10, с. 52-53.
3. Платонов П.Н., Пташук А.И., Денисюк Н.А. Экспрессный метод определения белка в зерне пшеницы. - Научно-технический реферативный сборник, серия Комбикормовая промышленность. М., ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1976; вып. 3, с. 11-13.
4. Пташук А.И., Платонов П.Н. Автоматизация процесса определения протеина в зерне пшеницы и продуктах его переработки. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности". Одесса, 1977, с. 77-78.
5. Платонов П.Н., Пташук А.И. Создание автоматических измерительных средств для определения белка в сырье пищевой промышленности. - Автоматизация определения показателей качества сырья, полу-

продуктов и готовой продукции в пищевой промышленности. Киев, Знание, 1978, с. 34-35.

6. Платонов П.Н., Пташук А.И. Пути создания и внедрения комплексных систем управления качеством продукции на комбикормовых предприятиях. - Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы кибернетики в сельскохозяйственном производстве". М., 1979, с. 200-201.

7. Платонов П.Н., Федунец П.Д., Пташук А.И., Редунов Г.М. Совершенствование оперативного управления процессами переработки сыпучего сырья в комбикормовом производстве. - Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов". Одесса, 1980, с. 247-248.

8. Хобин В.А., Пташук А.И., Платонов П.Н. К вопросу разработки интегрированных систем управления (ИСУ) комбикормовыми предприятиями. - Тезисы докладов к I Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "Управление производством и автоматизированные системы управления", посвященной 110-й годовщине со дня рождения В.И.Ленина. М., ЦНИИТЭПищепрома, 1980, с. 33-34.

9. Платонов П.Н., Долгозвяг В.А., Пташук А.И. Методологические аспекты разработки интегрированных систем управления качеством продукции (ИСУКП) на комбикормовых предприятиях. - Автоматическое управление технологическими процессами в пищевой промышленности. Краснодар, Изд-во КПИ, 1982, с. 29-36.

10. Пташук А.И., Редунов Г.М., Гончаренко А.Е., Федунец А.Д. Пакет алгоритмов и программ оперативного управления процессом переработки сырья на комбикормовых предприятиях. - Алгоритмы и программы. Информационный бюллетень, 1982, № 7, П005889.

*Пташук*