

Авторефер.  
с 41

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

---

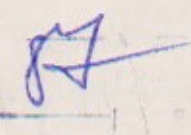
На правах рукописи

СПЕКТОР Роман Иосифович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ СКОРОПОР-  
ТЯЩЕГОСЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА КОНСЕР-  
ВИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ)

Специальность 05.13.07 - Автоматическое  
управление технологическими процессами  
(пищевая промышленность)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Переучер 19. 

Одесса, 1977 г.

СМ

Работа выполнена во Всесоюзном проектно-конструкторском и научно-исследовательском институте автоматизации пищевой промышленности "Пищепромавтоматика".

Научные руководители:

профессор, доктор технических наук Платонов П.Н.,  
кандидат технических наук Клевицкий З.С.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук Полуэктов Р.А.,  
доцент, кандидат технических наук Гуревич А.А.

Ведущее предприятие:

Украинский научно-исследовательский институт консервной промышленности (УкрНИИКП).

Защита состоится "24" июня 1977 г. в  
1430 - на заседании специализированного совета  
- шифр КО 68.35.01 (специальность 05.13.07) Одесского  
технологического института пищевой промышленности  
им. М.В. Ломоносова по адресу: 270039 г. Одесса,  
ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

разослан "18" мая 1977 г.

12

ОНАХТ 08.06.12 С.  
Исследование процесс



v012941

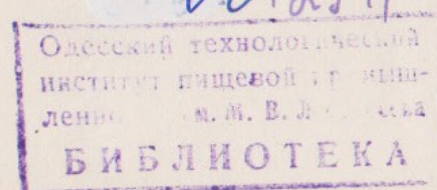
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Решениями XXV съезда КПСС одной из особо актуальных определена проблема максимального сохранения пищевой ценности сельскохозяйственного сырья и наиболее полного его использования, в том числе в процессе промышленной переработки, с целью обеспечения потребителей высококачественными полноценными продуктами питания.

Подходы к решению названной проблемы определяются назначением и спецификой конкретного технологического процесса, функциональные границы которого очерчены совокупностью предписаний, регламентирующих технологию. Именно в этих границах (как правило, "приемка сырья - хранение готовой продукции") необходимо, во избежание потери полноты и общности, проводить рассмотрение технологического объекта управления.

Для наибольшего числа технологических процессов преобразования скоропортящегося сельскохозяйственного сырья\* в пищевые продукты, в том числе и для процесса консервирования, определяющее влияние на резуль-

\* Скоропортящимся именуется сырье, качество которого при хранении в запасах снижается, а технологически регламентированная предельная длительность хранения существенно меньше продолжительности сезона переработки.



тат преобразования оказывают показатели, характеризующие качество сырья. Поэтому решение проблемы наиболее полного его использования и максимального сохранения пищевой ценности связано, главным образом, с рациональным осуществлением управления сырьевыми потоками (УСП) на перерабатывающем предприятии.

УСП является расширением области автоматизации процессов управления за пределы традиционных работ по автоматизации операций обработки сырья на технологическом оборудовании с охватом той сферы, где потери могут быть наиболее существенными. Это и определяет необходимость и актуальность работ по УСП.

Настоящая диссертация посвящена исследованию процесса управления потоками скоропортящегося сельскохозяйственного сырья на перерабатывающем консервном предприятии, входящем в состав агропромышленного комплекса (АПК). Целью исследования является разработка алгоритмов распределения партий поступающего на переработку сырья (выбора режимов или способов и мест хранения) и формирования очередностей переработки партий из запасов, при использовании которых обеспечивается достижение экстремального значения показателя эффективности управления.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней:

- показана возможность получения достаточно общих результатов благодаря приведению различных структурных схем процессов переработки (независимо от вида сырья) к двум обобщенным вариантам структурных схем;
- выполнена обобщенная постановка задачи управления выделенным классом объектов, определена целевая функция и сформулированы математические модели задачи управления;
- разработаны приемы сокращения размерности моделей и приведения их к виду, позволяющему получать реше-

ние известными методами математического программирования.

Практическая ценность работы состоит в том, что в ней уделено особое внимание вопросам реализуемости алгоритмов УСП в условиях информационного обмена на конкретном технологическом процессе.

Проблема реализуемости связана, с одной стороны, с возможными ограничениями на объем памяти управляющего устройства и длительность получения решения и, с другой стороны, - с затруднениями в получении при информационном обмене численных значений некоторых трудноизмеримых параметров.

Поэтому в диссертации:

- разработаны приемы расчленения процесса решения на ряд последовательно выполняемых этапов и способы получения результата на каждом этапе на основе использования специальных (в том числе приближенных) алгоритмов;
- предложен и использован принцип формирования семейства математических моделей задач управления (и соответствующих им алгоритмов) с различной степенью адекватности реальному процессу (различным количеством и содержанием параметров состояния, подлежащих учету и прогнозированию); этот принцип позволяет обосновывать приемлемый алгоритм управления по результатам имитационного моделирования на основе компромисса между эффективностью и реализуемостью;
- составлено математическое описание, выполнено исследование реальных процессов и опытное внедрение процедур управления сырьевыми потоками на конкретном объекте, подтвердившее достаточно высокую эффективность проведенного исследования (свыше 80 тыс. руб. в год на одном виде сырья);
- материалы диссертации использованы при разработке алгоритмов управления сырьевыми потоками в базис-

вой для отрасли автоматизированной системе управления на Измаильском производственно-аграрном объединении консервной промышленности (ПАО КП).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и семи приложений. Объем диссертации - 107 страниц основного текста, 14 рисунков, 14 таблиц и 72 страницы приложений.

Структура диссертационной работы подчинена задаче исследования: в ней содержится краткая характеристика объекта, постановка и математические модели задачи УСП, приемы снижения размерности задачи, алгоритмы управления для выделенных разновидностей объекта, материалы исследований на имитационных моделях двух производств консервного предприятия и материалы опытного внедрения. В приложения вынесены разделы, содержащие громоздкие выводы либо являющиеся вспомогательными.

## ОСНОВНЫЕ ИДЕИ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ

### Постановка задачи управления

АПК - это совокупность агрозоны и промышленного предприятия. Под агрозоной понимается группа хозяйств, производящих и поставляющих на переработку один или несколько видов сельскохозяйственного сырья. Предприятие осуществляет технологическое преобразование сырья в конечный продукт.

Сырье, поступающее на предприятие, состоит из отдельных партий ( $j = 1, 2, \dots, J$ ). Партии данного вида сырья различаются временем поступления  $\theta_j$ , а также измеряемыми в момент  $\theta_j$  массой  $G_j$  и компонентами вектора качественных характеристик  $\{v_j\}$ .

В этот же момент для каждой партии прогнозируются:

- значения технологически регламентированной предельной длительности хранения  $T_{js}$  (для любого из

$S = 1, 2, \dots, S$  возможных для данного вида сырья способов хранения) - как функции  $\{v_j\}$ ;

- значения показателя  $\pi_{js}$ , являющегося также функцией  $\{v_j\}$  и характеризующего результат переработки в  $\ell$ -м цехе ( $\ell = 1, 2, \dots, L$ ) в любой момент времени  $\theta_j \leq t \leq \theta_j + T_{js}$  единицы массы партии сырья после хранения  $S$ -м способом.

Ожидаемый результат переработки всей  $j$ -й партии

$$\Pi_{js}^{et^M} = \int_{t_j^M}^{t_j^K} \pi_{js}^{et} \cdot \bar{q}_e(t) \cdot dt,$$

где  $t_j^M, t_j^K$  - соответственно моменты начала и окончания переработки;

$\bar{q}_e(t)$  - заданная прогнозируемая функция производительности (в единицах интенсивности использования массы сырья на входе  $\ell$ -го цеха).

В качестве показателя, характеризующего результат функционирования объекта за период (сезон) его работы, принята величина

$$F_{об.} = \sum_{j=1}^J \Pi_j,$$

где  $\Pi_j$  - значение  $\Pi_{js}^{et^M}$  для фиксированного набора  $S, \ell$  и  $t^M$ .

Содержание задачи УСП заключается в отыскании такого алгоритма распределения поступающих партий сырья между цехами (включая выбор  $S$ ) и формирования очередностей переработки этих партий из запасов (с учетом ограничений по  $T_{js}$ ), при использовании которого обеспечивается достижение экстремального значения  $F_{об.}$

Основные свойства технологического процесса, учитываемые при рассмотрении задачи УСП, сводятся к следующему.

1. Входной поток - случайный, нестационарный - состоит из отдельных партий сырья; достаточно точный прогноз входного потока (момент поступления, качественные признаки и масса каждой партии) недостижим.

2. Переработка сырья осуществляется в нескольких цехах на группах технологических линий. Линии в цехе работают от общего входа, характеризуются случайными значениями производительности и различаются показателями результатов переработки; при наличии запасов сырья технологические линии цехов работают с возможной предельной нагрузкой.

3. Сырье может храниться в запасах несколькими способами, различающимися темпом изменения его качественных характеристик и технологически регламентированными предельными длительностями хранения; возможны две организационные схемы хранения - в цеховых или в общезаводском запасах. При хранении всегда обеспечивается доступ к любой партии в любой момент времени.

4. Место и способ хранения партии определяются в момент поступления; их изменение в последующем не производится.

5. Поступившее сырье должно быть полностью переработано. При этом желательно осуществлять переработку каждой партии до наступления технологически регламентированной предельной длительности хранения. В случае, когда в силу несоответствия интенсивности входного потока и производительности предприятия не удается обеспечить выполнения этого условия, допускается пердержка сверх технологически регламентированной предельной длительности хранения. При этом величина пердержки должна быть для каждой партии минимально возможной.

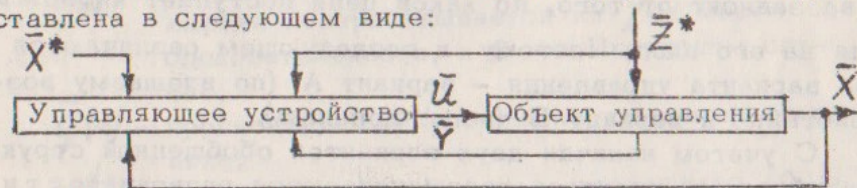
6. Подача сырья в цех осуществляется партиями. Одновременная переработка сырья из нескольких партий или переработка партии долями в несмежные промежутки времени не производится.

7. Продолжительность переработки партии данного вида сырья определяется, в основном, ее массой и производительностью цеха и практически не зависит от качественных признаков, длительности и способа хранения в запасах; длительность хранения в запасах может существенно (на несколько порядков) превышать продолжительность переработки партии.

8. Функционирование объекта - периодическое. Каждый цикл состоит из периода переработки и периода ремонтно-восстановительных работ. Длительность периода переработки существенно (на несколько порядков) превышает технологически регламентированную предельную длительность хранения сырья в запасах.

Перечисленные выше свойства, учитываемые при исследовании задачи УСП, практически не зависят от вида сырья и структуры конкретного технологического процесса. Поэтому все разнообразие встречающихся в практике технологических схем переработки сведено к двум обобщенным вариантам, различающимся организационными схемами хранения.

Параметрическая схема системы управления представлена в следующем виде:



В приведенной схеме:

- вектор свойств объекта  $\bar{Y}$  включает в себя: характеристики принятых способов и мест хранения сырья; измеренные при поступлении и прогнозируемые характе-

ристики партий сырья, находящихся в запасах; прогнозируемые характеристики технологических линий перерабатывающих цехов;

- вектор управляющих воздействий  $U$  содержит: способ и место хранения прибывающей партии сырья; сведения об очередности переработки партий в цехах;

- компоненты выходного вектора  $X$  включают в себя фактические моменты окончания переработки в цехах каждой партии сырья;

- вектор возмущающих воздействий  $\bar{Z}^*$  содержит: характеристики прибывающей партии сырья (которые поступают на вход управляющего устройства); отклонения фактических характеристик технологических линий цехов от прогнозируемых; ошибки измерения и прогнозирования характеристик партий сырья и т.п.;

- вектор задающих воздействий  $X^*$  определяет цели управления и алгоритм функционирования системы.

Приведенная система - комбинированная, дискретная, содержащая разомкнутую систему управления по внешнему воздействию (поступление новой партии сырья) и замкнутую систему управления по отклонению (выход за заданные пределы разности между прогнозируемым и фактическим моментами окончания переработки партии сырья в технологическом цехе). Показана достаточность рассмотрения только установившихся режимов работы системы.

Содержание алгоритма работы управляющего устройства зависит от того, по какой цепи поступает информация на его вход. Поэтому в последующем различаются два варианта управления - вариант А (по внешнему воздействию) и вариант Б (по отклонению).

С учетом наличия двух вариантов обобщенной структурной схемы процесса рассматриваются разновидности задачи управления 1А, 2А, 1Б, 2Б.

## Математические модели задачи управления

Введем обозначения:

$t_0$  - момент изменения состояния системы (время поступления новой партии сырья, время окончания переработки партии сырья в цехе);

$j^H$  - индекс партии, поступившей в момент  $t_0$  на предприятие;

$Z_{lj^H}^S$  - булева переменная, принимающая значение 1, если  $j^H$ -я партия должна перерабатываться в  $l$ -м цехе после хранения  $S$ -м способом, и значение 0 - в противном случае;

$F_{j^H}^{t_0}$  - показатель, характеризующий результат переработки всех партий сырья из запасов предприятия, включая  $j^H$ -ю партию;

$F_l^{t_0}$  - показатель, характеризующий результат переработки всех партий из запаса  $l$ -го цеха (значение критерия в задаче 1Б);

$F_{lj^H}^{t_0 S}$  - то же, с включением в запас  $j^H$ -й партии при ее хранении  $S$ -м способом;

$\gamma$  - порядковый номер места в последовательности переработки партий сырья из цехового запаса ( $\gamma = 1, 2, \dots, \Gamma$ );

$Z_{j\gamma}$  - булева переменная, равная 1, если  $j$ -я партия перерабатывается на  $\gamma$ -м месте последовательности, и 0 - в противном случае;

$\bar{q}(t)$  - прогнозируемая функция производительности цеха;

$M_s^{t_0}$  - множество партий сырья, хранящихся  $S$ -м способом на момент  $t_0$  в цеховом запасе;

$M^{t_0}$  - множество партий сырья, хранящихся на момент  $t_0$  в цеховом запасе:  $M^{t_0} = \bigcup_{s=1}^S M_s^{t_0}$ ;

$\xi_j^T$  - момент времени, соответствующий наступлению технологически регламентированной предельной длительности хранения:

$$\xi_j^T = G_j + T_j;$$

$\bar{z}$  - вектор, образующий допустимое решение задачи:  $\bar{z} = \{z_{j\gamma}, j \in M^{t_0}; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma\}$ ;

$t_{j\gamma}^H(\bar{z})$ ,  $t_{j\gamma}^K(\bar{z})$ ,  $\Pi_{j\gamma}(\bar{z})$  - соответственно моменты времени начала и окончания переработки и значение показателя, характеризующего результат переработки  $j$ -й партии в случае, если она находится на  $\gamma$ -м месте последовательности; запись этих величин как функции  $\bar{z}$  означает, что они зависят не только от  $\bar{z}$ , но и от того, какие именно партии предшествуют  $j$ -й партии в последовательности переработки; указанные величины связаны между собой зависимостями:

$$t_{j\gamma}^K(\bar{z}) = t_{j'(\gamma+1)}^H(\bar{z}), j, j' \in M^{t_0}; j \neq j'; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma.$$

$$G_j = \int_{t_{j\gamma}^H(\bar{z})}^{t_{j\gamma}^K(\bar{z})} \bar{q}(t) dt \text{ и } \Pi_{j\gamma}(\bar{z}) = \int_{t_{j\gamma}^H(\bar{z})}^{t_{j\gamma}^K(\bar{z})} \pi_j \cdot \bar{q}(t) \cdot dt; j \in M^{t_0}; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma.$$

Математические модели задач 1А и 1Б будут иметь следующий вид (в задаче 1Б, в силу свойства 4 объекта, индексы  $\ell$  и  $s$  опущены):

### Задача 1А

$$F_{j\gamma}^{t_0} = \sum_{s=1}^S \sum_{\ell=1}^L [z_{\ell j\gamma}^s \cdot F_{\ell j\gamma}^{t_0 s} + (1 - z_{\ell j\gamma}^s) \cdot F_{\ell}^{t_0}] \rightarrow \text{ext } z. \quad (1)$$

$$z_{\ell j\gamma}^s = \{0, 1\}, \ell = 1, 2, \dots, L; s = 1, 2, \dots, S; \quad (2)$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{\ell=1}^L z_{\ell j\gamma}^s = 1. \quad (3)$$

### Задача 1Б

$$F^{t_0} = \sum_{j \in M^{t_0}} \sum_{\gamma=1}^{\Gamma} z_{j\gamma} \cdot \Pi_{j\gamma}(\bar{z}) \rightarrow \text{ext } z. \quad (4)$$

$$z_{j\gamma} = \{0, 1\}, j \in M^{t_0}; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma; \quad (5)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\Gamma} z_{j\gamma} = 1, j \in M^{t_0}; \quad (6)$$

$$\sum_{j \in M^{t_0}} z_{j\gamma} = 1, \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma; \quad (7)$$

$$t_{j\gamma}^K(\bar{z}) \leq \xi_j^T, j \in M^{t_0}; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma. \quad (8)$$

Математические модели задач 2А и 2Б могут быть записаны аналогично моделям 1А и 1Б.

Отметим, что 1А и 2А - это задачи булева программирования, имеющие небольшие размеры (обычно  $L \leq 4$ ;  $S \leq 6$ ); их решение может быть легко получено полным перебором вариантов. Решение задач 1Б и 2Б нетривиально (сравнительно большие размеры, возможная противоречивость условия (8), зависимость  $\Pi_{j\gamma}$  от  $\bar{z}$ ). Поэтому в работе основное внимание уделено решению этих задач.

Решение задачи 2Б2 на первом этапе аналогично решению задачи 2Б1, а на втором - состоит в формировании и решении задачи булева программирования, аналогичной 1Б2.

### Исследование реальных процессов

Перед использованием алгоритмов УСП на конкретном технологическом процессе возникает необходимость определить их эффективность и реализуемость.

Как правило, более эффективному алгоритму соответствует более сложная (труднее реализуемая) процедура управления. С другой стороны, реализовать управление тем легче, чем меньшее число параметров состояния системы подлежит учету и прогнозированию.

Однако уменьшение адекватности модели и рассматриваемого процесса приводит к снижению достижимого эффекта. Отсюда возникает необходимость проведения специальных исследований, которые, очевидно, невыполнимы в условиях реального процесса в связи с принципиальной невозможностью испытания (с целью сравнения) различных алгоритмов в одних и тех же ситуациях, значительной трудоемкостью и длительностью проведения эксперимента и т.п.

В силу изложенного в работе использованы методы имитационного моделирования. Исследование конкретного объекта (Измаильского ПАО КП) строилось по принципу отсеивания учитываемых параметров состояния системы на основе эвристической оценки их значимости: в результате было получено семейство математических моделей и соответствующих им алгоритмов УСП. Для удобства оценки результатов при моделировании дополнительно использовались алгоритмы УСП, аналогичные принятым в практике процедурам ("нижний уровень" целевой функции), и алгоритмы управления, соответствующие возможному "верхнему уровню" значений целевой функции.

Выбор приемлемых процедур управления осуществлялся на основе компромисса между эффективностью алгоритма (превышением целевой функции над "нижним уровнем") и его реализуемостью (в связи с требуемым объемом памяти управляющего устройства, длительностью решения, возможностью получения при информационном обмене численных значений некоторых трудноизмеримых параметров и т.п.).

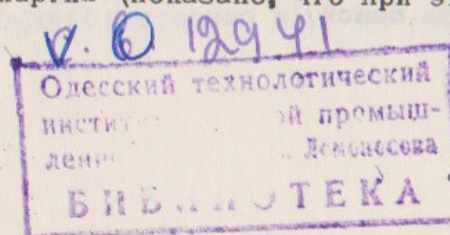
Исследовано решение задач управления потоками овощного сырья (пяти наименований) при производстве овощезакусочных консервов (процесс № 1) и потоками зеленого горошка (процесс № 2).

Процесс № 1. При решении задачи УСП необходимо иметь зависимости для прогнозирования в момент  $t_j$  параметров функции  $\pi_{js}^{lt} = f(t)$ ,  $s=1,2,\dots,S$ ,  $l=1,2,\dots,L$  - количества полуфабриката из единицы массы сырья (эти параметры, в свою очередь, являются функциями  $\{v\}, l, s$ ).

Получение указанных зависимостей занимает обычно много времени и требует больших затрат. Поэтому при имитационном моделировании и выборе алгоритма управления одновременно оценивалась целесообразность проведения таких исследований для условий рассматриваемого объекта.

Перед моделированием:

- проведены "пристрелочные" технологические эксперименты, позволившие получить статистическое описание параметров указанных зависимостей как случайных величин и обосновать линейность функции  $\pi_{js}^{lt} = f(t)$ ;
- разработана имитационная модель процесса;
- разработаны алгоритмические схемы УСП для случаев: решения задачи при условии, что коэффициент при аргументе  $t$  в искомой зависимости одинаков для всех партий (показано, что при этом очередность пере-



работки определяется последовательностью возрастания  $\xi_j^T$  и по сути соответствует принятой на практике процедуре отправки в переработку "самой плохой партии"); решения задачи в идеализированных условиях (при наличии неограниченных перерабатывающих мощностей).

На основе анализа результатов моделирования показано, что проводить технологические исследования для рассматриваемого процесса нецелесообразно, а в качестве алгоритма УСП можно принять процедуру формирования очередности переработки по возрастанию  $\xi_j^T$ .

Процесс № 2. При изучении процесса необходимость в получении зависимостей, аналогичных описанным для процесса № 1, была установлена априорным путем на основе анализа свойств объекта. Поэтому на процессе был проведен необходимый комплекс технологических исследований.

Эти исследования позволили установить:

- зависимость между ожидаемыми значениями обобщенного показателя качества готовой продукции, качественной характеристикой сырья (индексом матуromетра, измеренным в момент  $\xi_j$ ) и длительностью хранения сырья в запасах;

- значения обобщенного показателя качества готовой продукции, соответствующие границам между ее сортами.

При моделировании использовалось два алгоритма распределения партий между цехами, пять алгоритмов формирования очередностей переработки партий в цехе № 1 и четыре алгоритма формирования очередностей и выбора в переработку партий из запасов цеха № 2.

По результатам моделирования были выбраны алгоритмы решения задачи 1А (среднее значение эффективности - 10,1 тыс. руб. за сезон) и алгоритм решения задачи 1Б (суммарное по двум цехам значение эффективности - 94,9 тыс. руб. за сезон).

Математическое ожидание суммарной эффективности предложенных алгоритмов с вероятностью 99,7% не ниже 93,2 тыс. руб. за сезон.

Опытная проверка результатов исследований в условиях реального производства выполнена в сезон переработки. Из-за отсутствия на объекте в период испытаний вычислительной техники для проведения опытной проверки была разработана специальная процедура управления диспетчером - человеком.

Эта процедура соответствовала выбранным алгоритмам и использовала:

- номограмму для определения ожидаемого сорта продукции при переработке партии сырья в момент поступления и длительности ее хранения в запасах до "перехода" в более низкий сорт;

- шкалу предпочтений, определяющую процедуру распределения входного потока между цехами в зависимости от качественной характеристики поступающих партий и состава запасов в цехах;

- специальное запоминающее устройство, позволяющее определять возможность направления поступающей партии в тот или иной цех, ожидаемый сорт продукции, которую должен выпускать цех в течение некоторого временного интервала, длительность последнего и очередность переработки сырья из запасов;

- специальное устройство для фиксирования мест (отсеков), загруженных хранящимся сырьем.

В процессе проверки установлено, что ожидаемые сорта готовой продукции, назначаемые диспетчером, соответствуют оценкам дегустационной комиссии предприятия, а фактическая эффективность совпадает с расчетной. Вместе с тем, с целью увеличения надежности прогнозирования результатов переработки были смещены границы сортов готовой продукции; при этом значение фактического годового эффекта (с учетом затрат на реализацию процедуры) составило 81,4 тыс. руб. за сезон.

Предложенная процедура УСП использовалась в течение ряда сезонов переработки на Измаильском ПАО КП. В настоящее время на объекте установлен вычислительный комплекс АСВТ с процессором М-6000, основным назначением которого является управление потоками скоропортящегося сельскохозяйственного сырья на основе разработанных алгоритмов.

#### Выводы

По материалам выполненной работы могут быть сделаны следующие основные выводы.

1. Показано, что достаточно общие результаты для различных видов сырья и различных технологических схем перерабатывающих предприятий могут быть получены при рассмотрении двух обобщенных структурных схем сырьевых потоков, отличающихся организацией хранения сырья в запасах (вариант с цеховыми запасами - 1 и вариант с общезаводским запасом - 2).

2. Выполнена обобщенная постановка задачи управления. Показано, что система управления сырьевыми потоками - дискретная комбинированная, включающая разомкнутую систему управления по внешнему воздействию и замкнутую систему управления - по отклонению. Показано также, что для рассматриваемого класса объектов достаточно изучать только установившиеся режимы работы системы.

3. Определена целевая функция и сформулированы математические модели задач управления по внешнему воздействию (А) и по отклонению (Б) соответственно для каждой из двух обобщенных структурных схем объекта: 1А, 1Б, 2А, 2Б. Показано, что наиболее простое решение задач 1А и 2А может быть получено полным перебором вариантов. Для задач 1Б и 2Б разработаны алгоритмы снижения размерности; на основе учета специфических особенностей объекта построены видоизменения математических моделей (1Б1, 1Б2, 1Б3, 2Б1, 2Б2, 2Б3).

4. Обосновано сведение моделей 1Б3 и 2Б3 к транспортным задачам с запретами, а моделей 1Б1, 1Б2, 2Б1 - к задачам булева программирования. Предложены способы снижения размерности задач 1Б2, 2Б1, 2Б2; для решения задачи 1Б1 разработан специальный алгоритм.

5. Разработаны подходы к решению проблемы реализуемости алгоритмов управления в условиях информационного обмена на конкретном технологическом процессе.

В зависимости от существа затруднений:

- предложено расчленение процесса решения на ряд этапов и использование, при необходимости, на каждом этапе специальных приближенных алгоритмов (например, в случае ограничений на объем памяти вычислительного устройства или длительность решения задачи);

- использован предложенный принцип формирования семейства математических моделей (и соответствующих им алгоритмов) с различной степенью адекватности реальному процессу, позволяющий по результатам имитационного моделирования выбирать (на основе компромисса между эффективностью и реализуемостью) приемлемый алгоритм управления (например, когда затруднено получение числовых значений некоторых параметров).

6. Составлено математическое описание и выполнено исследование реальных процессов для двух производств головного предприятия Измаильского ПАО КП. Для одного из производств обоснован выбор алгоритмов, существенно повышающих эффективность функционирования объекта, для другого - показана нецелесообразность проведения отраслевым НИИ сложных, длительных и дорогостоящих исследований.

Полученные результаты использованы при разработке алгоритмов управления сырьевыми потоками в базовой для отрасли автоматизированной системе управления Измаильского ПАО КП.

7. Проверка адекватности моделей реальному процессу произведена путем опытного внедрения на головном предприятии Измаильского ПАО КП в сезон переработки. При проверке установлено, что прогнозируемые значения ожидаемых сортов готовой продукции соответствуют оценкам дегустационной комиссии предприятия, а фактическая эффективность совпадает с расчетной (свыше 80 тыс. руб. за сезон).

#### АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты исследований докладывались: на научной конференции "Применение математической статистики в экономике сельского хозяйства", г. Одесса, 1969 г.; на заседании Научно-технического совета Министерства пищевой промышленности УССР, г. Киев, 1969 г.; на Всесоюзном семинаре "Современный подход к вопросам улучшения организации производства и управления - применительно к предприятиям, перерабатывающим скоропортящееся сельскохозяйственное сырье", г. Одесса, 1969 г.; на 1-й конференции по оптимальному планированию и управлению народным хозяйством, г. Москва, 1971 г.; на Всесоюзном совещании "Средства вычислительной техники в автоматизированных системах управления технологическими процессами", г. Северодонецк, 1971 г.; на Всесоюзном симпозиуме "Имитационное моделирование", г. Москва, 1973 г.; на научной конференции в Московском технологическом институте пищевой промышленности, г. Москва, 1973 г.; на заседании Одесского отделения секции № 6 Ученого совета по проблеме "Кибернетика" Академии наук УССР, г. Одесса, 1974 г.; на заседании теоретического семинара информационно-вычислительного отдела Агробиологического научно-исследовательского института ВАСХНИЛ, г. Ленинград, 1974 г.

Основные результаты исследований экспонировались на ВДНХ СССР по Министерству пищевой промышленности СССР в 1971 г. и в составе экспоната "Автоматизированная система управления Измаильским производственно-аграрным объединением консервной промышленности" - на тематической выставке "Использование вычислительной техники и средств автоматизации для повышения эффективности управления и качества продукции пищевой промышленности СССР", - в феврале 1977 г. (экспонат награжден почетным дипломом, дипломом первой степени и медалями ВДНХ СССР).

Работа награждена также в 1976 г. в составе материалов разработки АСУ на Измаильском ПАО КП дипломом и второй премией Всесоюзного конкурса "За эффективность управления".

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Гимельфарб А.Г., Гресс В.Г., Клевицкий З.С., Спектор Р.И. Определение сортопотенциала сельскохозяйственного сырья с целью прогнозирования результатов переработки. Тезисы докладов на научной конференции "Применение математической статистики в экономике сельского хозяйства". Одесса, Одесский сельскохозяйственный институт, 1969.

2. Клевицкий З.С., Спектор Р.И., Шевелев В.А. Статистическое моделирование процесса переработки скоропортящегося сельскохозяйственного сырья с целью определения дисциплины обмена сырья в запасах. Тезисы докладов на научной конференции "Применение математической статистики в экономике сельского хозяйства". Одесса, Одесский сельскохозяйственный институт, 1969.

3. Клевицкий З.С., Спектор Р.И., Хаит М.Я. К вопросу разработки системы управления консервным предприятием. АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме "Оптимальное планирование и управление народным хозяйством". М., 1969.

4. Клевицкий З.С., Герланц Е.А., Спектор Р.И., Хаит М.Я. О разработке автоматизированной системы управления агропромышленным комплексом. Труды 1 конференции по оптимальному планированию и управлению народным хозяйством. М., ЦЭМИ АН СССР, 1971.

5. Клевицкий З.С., Спектор Р.И., Хаит М.Я., Герланц Е.А. О разработке математического обеспечения автоматизированной системы оперативного управления агропромышленным комплексом. Материалы Всесоюзного совещания "Средства вычислительной техники в автоматизированных системах управления технологическими процессами". Северодонецк, 1971.

6. Спектор Р.И., Герланц Е.А., Клевицкий З.С. Об одной задаче оперативного управления переработкой скоропортящегося сырья. В сб. "Вопросы оптимального программирования в производственных задачах". Воронеж, Воронежский госуниверситет, 1971.

7. Спектор Р.И., Клевицкий З.С., Квастель А.Д. Об одном алгоритме определения очередности переработки партий скоропортящегося сырья из запасов. В сб. "Труды института "Пищепромавтоматика", вып. 8, Одесса, 1971.

8. Спектор Р.И., Клевицкий З.С., Квастель А.Д. Диспетчерское управление переработкой скоропортящегося сырья. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1972, № 4.

9. Гимельфарб А.Г., Клевицкий З.С., Спектор Р.И. Прогнозирование сорта готовой продукции при управлении переработкой зеленого горошка. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1972, № 6.

10. Клевицкий З.С., Шевелев В.А., Спектор Р.И., Ривилис А.А., Резников П.А., Хаит М.Я. Оперативное управление в АСУ агропромышленного комплекса. "Электротехническая промышленность". Серия "Общепромышленные вопросы", выпуск 8 (411). М., Информэлектро, 1973.

11. Клевицкий З.С., Ковач П.К., Непомнящий С.Т., Спектор Р.И., Талис Л.Б. Применение имитационного моделирования для обоснования алгоритмов решения задач диспетчерского управления переработкой скоропортящегося сырья. Краткие тезисы докладов Всесоюзного симпозиума "Имитационное моделирование экономических систем", М., 1973.

12. Спектор Р.И. О рациональном использовании склада при партионном составе запасов. В "Сборнике научных трудов" института "Пищепромавтоматика", вып. 15, Одесса, 1976.

13. Клевицкий З.С., Спектор Р.И., Островский В.М., Форощук А.М. Об информационном обмене. В "Сборнике научных трудов" института "Пищепромавтоматика", вып. 15, Одесса, 1976.