

Авторст
168 168

НЕТ КАРТ

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

На правах рукописи

ГОРДИЕНКО Лариса Леонидовна

УДК 664.84.001.57:635.64

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА
КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ТОМАТОПРОДУКТОВ В АПО

Специальность 05.13.07 - автоматизация технологических
процессов и производств (отрасли агропромышленного комплекса)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1988

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

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

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Р. А. Полуэктов
- доктор технических наук, профессор
М. П. Асмаев

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт
продуктов детского питания и систем
управления агропромышленными комплексами
консервной промышленности
КОНСЕРВПРОМКОМПЛЕКС (г. Одесса)

Защита состоится "21" октября 1988 г. в 13 час. на
заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова,
270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского техно-
логического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Автореферат разослан "19" сентября 1988 г.

Ученый секретарь специализированного
совета, д-р техн. наук, доцент

Л. И. КАРНАУШЕНКО

ОНАХТ

14.07.11

Оперативное управлен



v016267

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

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный уровень и тенденция развития научно-технических достижений в сфере управления хозяйственным механизмом нашей страны требуют безотлагательного решения многих социально и экономически значимых проблем. К числу основных, отмеченных в решениях партии и правительства в последние годы, относятся проблема наиболее полного удовлетворения населения продуктами питания, а также проблема сокращения потерь сельскохозяйственной продукции на всех этапах ее движения от поля к потребителю.

Необходимость удовлетворения спроса населения в продукции плодоовощного подкомплекса АПК, отсутствие эффективной координации сырьевых потоков в его производящих и заготовительно-перерабатывающих подразделениях, которое в значительной степени обуславливает потери плодоовощной продукции на этапе поле-перерабатывающее предприятие, определяют актуальность направления и темы диссертационной работы, посвященной повышению эффективности процесса производства концентрированных томатпродуктов в агропромышленном объединении (АПО) путем совершенствования оперативного управления процессом на основе координации составляющих его технологических операций.

Объектом исследования является процесс производства концентрированных томатпродуктов (ППКТП) в АПО, который представляется взаимосвязанной совокупностью всех технологических операций - от уборки томатов до получения готового продукта (томат-пасты). Целесообразность выбора ППКТП в АПО в качестве объекта исследования обусловлена следующими факторами: 1) потребление томатов на душу населения, которое должно составлять 25% нормы потребления продукции овощных и бахчевых культур в свежем и консервированном виде, существенно отстает от минимальной рекомендованной нормы потребления; 2) значительные удельные объемы переработки томатов (60% от объема овощного сырья) и производства томат-пасты (50% от объема выпуска продукции из томатов) и тенденция к их возрастанию; 3) существующая система управления процессом не устраняет количественную и временную несогласованность сырьевых потоков, вследствие чего наблюдаются значительные потери томатного сырья и определяющих его качество компонентов.

Цель работы - повысить эффективность ППКТП в АПО путем разработки моделей и алгоритмов координации составляющих процесс технологических операций (ТО), обеспечивая формирование управляющих

воздействий, направленных на максимальную сохранность томатного сырья и рациональное использование производственного оборудования.

Метод решения поставленных в работе задач заключается в совместном использовании формально-логического аппарата теории управления, теории иерархических многоуровневых систем, теории расписаний, методов исследования операций.

На защиту выносятся: представление об объекте исследования как взаимосвязанной потоками томатного сырья совокупности всех операций производственного процесса; математические модели типовых технологических операций (ТТО) процесса и математическая модель (ММ) ПСКТП в АПО; ММ двухэтапной оптимизационной задачи координации ТТО ПСКТП по потоку предмета труда; математические модели управления ТТО; алгоритмы формирования воздействий, координирующие потоки предмета труда во времени, работу погрузочно-разгрузочных механизмов и технологических линий перерабатывающих предприятий.

Научная новизна. I. Производство концентрированных томатпродуктов в АПО, как объект исследования, представляется взаимосвязанной совокупностью всех ТО - от уборки томатов до получения готового продукта (томат-пасты), в отличие от принятых схем представления производственного процесса, ограничивающих ТО рамками одного предприятия.

2. Впервые предложен подход к решению задач оперативного управления ПСКТП в АПО на основе количественной и пространственно-временной координации составляющих его ТО.

3. Математические модели ТТО отражают взаимосвязь динамических характеристик основных элементов процесса труда, что обеспечивает возможность их использования в решении задач оперативного управления как отдельной ТТО, так и, в отличие от известных результатов, ПСКТП в АПО в целом.

4. Впервые разработана ММ ПСКТП в АПО как композиция математических моделей ТТО, отражающая основные особенности объекта управления.

5. Показано, что повышение эффективности управления, в отличие от принятых схем ориентации на максимальную прибыль или минимизацию издержек производства, достигается минимизацией потерь количества томатного сырья и характеризующих его качество компонентов.

6. Впервые разработана ММ задачи оперативного управления ПСКТП в АПО на основе координации составляющих процесс ТО.

7. Предложены алгоритмы формирования воздействий, координирующие потоки предмета труда во времени, а также работу погрузочно-раз-

грузочных механизмов и технологических линий, отличающиеся от известных направленностью на обеспечение максимальной сохранности томатного сырья и рационального использования производственного оборудования.

8. Синтезированная дендограмма координации ТО, обеспечивая возможность разработки концептуальной модели двухуровневой оптимизационной задачи координации технологических операций ППКТП в АПО, позволяет одновременно формировать оптимальную структуру системы управления объектом в отличие от подходов, требующих для достижения этой цели реализации специальных процедур структурного синтеза.

Практическая ценность. Работа согласуется с координационным планом фундаментальных исследований по прикладным проблемам "Кибернетика" АН СССР (№ 1.12 "Проблемы кибернетики, управления и автоматизации", № госрегистрации 77077635) и планом важнейших НИР, утвержденных Постановлением СМ СССР (приказ № 209 от 23.20.8. г.). Использование полученных результатов обеспечивает увеличение производства концентрированных томатопродуктов за счет уменьшения потерь количества томатного сырья и характеризующих его качество компонентов, сокращение простоев транспортных средств в очереди на обслуживание, организацию работы технологических линий перерабатывающих предприятий в соответствии с регламентом. Координация ТО по потоку предмета труда способствует рациональному использованию средств труда на всех технологических операциях ППКТП в АПО.

Внедрение результатов работы. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение решения задач оперативного управления ППКТП в АПО на основе координации составляющих процесс ТО прошло проверку в АПО "Одессаплодоовощхоз". По оценке внедрения результатов исследования в АПО "Одессаплодоовощхоз" годовой экономический эффект составляет 86 тысяч рублей.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на всесоюзных (г. Москва, 1983 г., г. Кишинев, 1987 г.) и республиканских (г. Калининград, 1986 г., г. Винница, 1988 г.) научно-технических конференциях, на семинаре Ленинградского ДНТП (1985 г.), на секциях научного совета АН УССР по проблеме "Кибернетика" при Южном научном центре АН УССР (г. Одесса, 1985 г., 1987 г., 1988 г.), на отчетных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М. Б. Ломоносова (1983-1988 г.г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения,

четырёх глав, содержит изложение основных результатов и выводов по работе, библиографию из 138 наименований и приложения, представленная на 269 страницах, включая 44 рисунка и 23 таблицы. Приложение содержит статистические данные об объекте, исходные данные для моделирования процесса и результаты экспериментальных исследований, акт внедрения и расчет экономической эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность направления и темы диссертации формулируются ее цель и положения, выносимые на защиту, раскрыта новизна работы.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы управления процессами производства консервированной продукции из плодоовощного сырья в АПО. Производство консервированной продукции из плодоовощного сырья в АПО представляет собой взаимосвязанный поток плодоовощного сырья комплекс ТО, осуществляемых на полях совхозов, входящих в состав АПО, и последующих операций обработки плодоовощного сырья на заготовительно-перерабатывающих пунктах (ЗПП), пунктах первичной переработки (ППП), в цехах совхозов (ЦС) и перерабатывающих предприятий (ПП). Пространственно-временная и количественная взаимосвязанность операций позволяет классифицировать их как производственный процесс. Условия протекания производственного процесса при эффективном использовании комплекса производственного оборудования определяются принятой технологией переработки плодоовощного сырья. Специфика процесса производства консервированной продукции из плодоовощного сырья в АПО, и, в частности, ППКТП, при управлении которым необходимо учитывать как особенности организации его в АПО, так и особенности физико-химических свойств плодоовощного сырья и технологии переработки, обуславливает повышенные требования к протеканию производственного процесса во времени (его динамике) и необходимость согласования всех составляющих процесс ТО для решения проблемы максимального сохранения пищевой ценности плодоовощного сырья и наиболее полного использования в процессе промышленной переработки.

Анализ процессов производства консервированной продукции с позиций управления, проведенный Я.Э.Ерихимовичем и М.Я.Хаитом для различных видов плодоовощного сырья и нами для ППКТП, показал:

- 1) в качестве управляющих воздействий могут использоваться как количества сырьевых компонентов, потребляемых средствами труда в единицу времени, так и различные показатели, измеряемые энергетическими потоками;
- 2) при управлении процессом может быть выбран один из

нескольких критериев управления в зависимости от конкретных условий осуществления процесса; 3) управление производственным процессом должно осуществляться многоуровневой иерархической системой управления; 4) реальные возмущения, действующие на процесс, и скоропортящийся характер плодовоовощного сырья обуславливают особую актуальность оперативного управления рассматриваемым процессом.

В работе сформулированы основные задачи оперативного управления процессами производства консервированной продукции из плодовоовощного сырья, решение которых позволяет повысить эффективность производственного процесса как за счет количественной и пространственно-временной координации сырьевых потоков, так и за счет управления предметами и средствами труда на каждой ТО.

В результате аналитического обзора формулируется главная задача исследования – координация ТО ШКТП в АПО с целью обеспечения максимальной сохранности томатного сырья и рационального использования средств труда при оперативном управлении процессом. Для ее реализации формулируются вспомогательные задачи, решаемые в диссертационной работе: 1) формализация ШКТП в АПО; 2) алгоритмизация процедуры двухэтапной координации ТО ШКТП; 3) исследование реализуемости координации ТО при оперативном управлении ШКТП.

Во второй главе на этапе формализации ШКТП определены ТТО процесса и построены их математические модели; композиция последних приводит к общей модели процесса. Для ШКТП, как объекта управления в АПО, характерны семь ТТО: уборка томатов, погрузка томатного сырья (цельноплодных томатов и (или) томатного полуфабриката) в транспортные средства, транспортировка томатного сырья, разгрузка томатного сырья, хранение томатного сырья, первичная переработка цельноплодных томатов, переработка томатного полуфабриката (пульпы) в готовую продукцию. При разработке ММ ТТО принято представление о выполнении операции как осуществлении простого процесса труда в единстве его основных моментов: предмета труда (P), средства труда (C) и самого труда (T), который может быть фиксирован его результатом, которым является продукт труда (R). В концептуальном представлении ММ ТТО описана трехместным кортежем:

$$M \triangleq \left\langle \begin{bmatrix} P^T \\ P^\Phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} C^T \\ C^\Phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} T^T \\ T^\Phi \end{bmatrix} \right\rangle, \quad (I)$$

где символами " T " и " Φ " обозначены, соответственно, априорные и апостериорные значения величин в принятом для них символьном представлении. Последующая конкретизация (I) при построении математических моделей ТТО ШКТП направлена на отражение как стати-

ческих, так и динамических свойств объекта управления. Так, например, составляющими ММ шестой ТТО являются: предмет труда - цельноплодные томаты, предназначенные для первичной переработки, средства труда - линии первичной переработки, продукт труда - томатная пульпа. Статической характеристикой шестой ТТО является место ее выполнения, динамической - вес томатного полуфабриката, выработанного на линиях первичной переработки к моменту времени t : $M'(t)$. В соответствии с условием материального баланса

$$M'(t) = M'(\tau - \Delta\tau) + M'[\tau - \Delta\tau, t] - M''[\tau - \Delta\tau, t], \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau], \quad (2)$$

где $M'(\tau - \Delta\tau)$ - величина, характеризующая вес томатного полуфабриката, выработанного к моменту времени $(\tau - \Delta\tau)$; $M'[\tau - \Delta\tau, t]$ - то же на интервале времени $[\tau - \Delta\tau, t]$; $M''[\tau - \Delta\tau, t]$ - величина, характеризующая весовое значение потерь томатного полуфабриката на интервале времени $[\tau - \Delta\tau, t]$.

Взаимосвязь между характеристиками предмета, средства и продукта труда описывается следующей совокупностью соотношений:

$$M'[\tau - \Delta\tau, t] = \int_{\tau - \Delta\tau}^t \lambda_{nn}(t) dt, \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau], \quad (3)$$

$$\lambda_{nn}(t) = \begin{cases} \mathcal{L}_{nn}(t), & \text{если } (M_{np.nn}(t) > 0) \wedge (M'_{xp}(t) + M'_{tp.cp}(t) + M'_{tl}(t) > 0), \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau], \\ 0, & \text{если } (M_{np.nn}(t) = 0) \vee (M'_{xp}(t) + M'_{tp.cp}(t) + M'_{tl}(t) = 0), \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau], \end{cases} \quad (4)$$

где $\lambda_{nn}(t)$ - интенсивность переработки томатов на линиях первичной переработки к моменту времени t ; $\mathcal{L}_{nn}(t)$ - регламентированная производительность линий первичной переработки к моменту времени t ; $M_{np.nn}(t)$ - величина, характеризующая вес томатов, предназначенных для первичной переработки, к моменту времени t ; $M'_{xp}(t)$, $M'_{tp.cp}(t)$, $M'_{tl}(t)$ - величина, характеризующая вес томатной пульпы, который может быть принят, соответственно, на хранение, к погрузке в транспортные средства, для переработки на технологических линиях, к моменту времени t .

В соответствии с изложенным, ММ шестой ТТО описывается кортежем

$$M_{\delta}^{(6)} \triangleq \left\langle \begin{bmatrix} M_{np.nn,\delta}(t) \\ M_{np.nn,\delta}(t) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{nn,\delta}(t) \\ \mathcal{L}_{nn,\delta}(t) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} M'_{\delta}(t) \\ M'_{\delta}(t) \end{bmatrix} \right\rangle, \quad (5)$$

конкретизирующим содержательно концептуальное представление (1) ТТО, а именно: обозначением места ее выполнения (символ " δ ") и фазовых переменных - веса цельноплодных томатов, предназначенных для переработки ($M_{np.nn,\delta}(t)$), производительности линий первичной переработки ($\mathcal{L}_{nn,\delta}(t)$) и веса пульпы ($M'_{\delta}(t)$), как характеристик

предмета, средства и продукта труда в априорных, определяемых по формулам (2), ..., (4) и апостериорных, определяемых измерением, значениях величин.

Для построения ММ ППКТП в АПО осуществлена композиция математических моделей ТТО, отражающая специфику взаимосвязей ТО, следовательно и их модельных описаний: места выполнения ТТО систематизированы "привязкой" к дугам, последовательность ТО отражается топологическими уравнениями, также систематизированными "привязкой" к дугам. В работе приведены обобщенные функциональные схемы ММ ТТО; выделены фазовые переменные потокового и потенциального типа и установлено соответствие между ними с позиции уравнений непрерывности, описываемыми в общем виде следующими соотношениями:

$$M_{пj}(t) = \alpha_{п,p}^{(к)} \cdot M_{р(j-1)}(t), \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau]; \quad (1)$$

$$M_{р(j-1)}(t) = \sum_k \alpha_{п,p}^{(к)} \cdot M_{пk}(t), \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau]; \quad (2)$$

$$M_{пj}(t) = \sum_k \alpha_{п,p}^{(к)} \cdot M_{рk}(t), \quad t \in [\tau - \Delta\tau, \tau], \quad (3)$$

где $\alpha_{п,p}^{(к)}$ - формируемые системой управления величины в диапазоне $\{0, 1\}$, характеризующие долю общей величины потока томатного сырья для передачи с одной ТО на другую, $M_{пj}(t)$ - масса предмета труда на операции с номером j к моменту времени t , $M_{р(j-1)}(t)$ - масса продукта труда на предыдущей, по отношению к j ТО к моменту времени t .

В совокупности с математическими моделями ТТО данные соотношения описывают ММ (без ограничений) ППКТП в АПО.

Математические модели ТТО ППКТП составляют основу имитационной модели, которая была разработана с целью выявления "узких мест" процесса, вследствие отсутствия сведений о взаимовлиянии различных ТО на величину потерь фазовых переменных потокового и потенциального типов. Имитировались десять вариантов, отличающиеся начальным уровнем "запасов" на различных ТО процесса, интенсивностью изменения "запасов" и обслуживания транспортных средств на ТО. Результаты имитационного моделирования указали на чувствительность процесса в целом к изменению параметров каждого из элементов системы, что обуславливает необходимость как количественной и пространственно-временной координации потоков томатного сырья в целом в системе, так и управления отдельными ТО ППКТП на основе координирующих воздействий.

В диссертации показано, что оперативное управление ППКТП в

АПО должно быть направлено на сохранение качественных и количественных показателей исходного сырья. С учетом этого, критерий оперативного управления ППКТП приобретает следующий вид:

$$F = \sum_k \sum_j \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau} M_{jk}^n(t) dt \rightarrow \min, \quad t \in [\tau-\Delta\tau, \tau], \quad (9)$$

где $\int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau} M_{jk}^n(t) dt$ - величина, характеризующая потери томатного сырья на интервале оперативного управления $[\tau-\Delta\tau, \tau]$ на ТО с номером j , $j = \overline{1, JJ}$.

Зависимость (9) принимается за основу при синтезе моделей системы управления ППКТП в АПО как объекта управления.

В третьей главе решается задача синтеза моделей системы управления ППКТП в АПО. Для рассматриваемого объекта, в соответствии с гипотезой разделимости Н.Н.Моисеева, построение программной траектории осуществляется на этапе планирования, а корректировка движения объекта на траектории, учитывающая реально складывающуюся ситуацию в подразделениях АПО производящих и перерабатывающих томатное сырье, осуществляется по результатам решения задачи оперативного управления ППКТП. Задача оперативного управления ППКТП формулируется в диссертации как задача определения значений показателей, характеризующих предмет труда на ТТО, для которых потери предмета труда минимальны в условиях ограничений, обусловленных значениями показателей предмета труда на ТТО, определенными на этапе планирования, и регламентными значениями показателей средств труда.

Поставлена и решена задача структурного синтеза системы координации ТО ППКТП в АПО, которая базируется на методе иерархической группировки и формулируется в терминах многоуровневой кластеризации. В результате алгоритмизации процедуры синтеза системы координации ТО процесса получена оптимальная структура системы координации ТО ППКТП в АПО, основными компонентами которой являются подсистемы локального управления (ПЛУ1, ..., ПЛУ34), непосредственно управляющие ТО процесса, и подсистема верхнего уровня управления (ПВУУ)-координатор, который должен так воздействовать на ПЛУ, чтобы была достигнута цель, поставленная перед всей системой на интервале оперативного управления.

Синтез задач управления ППКТП в АПО на периоде оперативного управления охватывает задачу по отысканию координирующих воздействий, решаемую ПВУУ, и совокупность задач, решаемых ПЛУ на периоде автономного функционирования. Учитывая, что ППКТП в АПО требует согласованности составляющих его ТО как по потоку предмета труда, так и по времени поступления томатного сырья на отдельные ТО про-

цесса, допускаем, что оптимизационные задачи, решаемые ПЛУ, параметризуются подачей на их входы координирующих сигналов, полученных в результате решения ПРУВ двухэтапной оптимизационной задачи: на I этапе определяются оптимальные координирующие воздействия по потоку предмета труда, поступающего с поля на ЭП, ПП, ЦС и ПП, с ЭП и ПП на ПП; на II этапе определяются оптимальные координирующие воздействия по времени поступления предмета труда на отдельные ТО процесса с учетом распределения потока томатного сырья, полученного на первом этапе.

В формализованном представлении задача I этапа координации в общем виде записывается следующим образом. При известных: $M_{1C_2K}^{on}$,

$$M_{13S_2N_2}^{on}, M_{6P_2N_2}^{on}, M_{7P_2N_2}^{on}, M_{14S_2N_2}^{on}, M_{15S_2N_2}^{on}, M_{j_2K}^{on}, M_{j_3K}^{on}, M_{26N_2}^{on}, M_{27N_2}^{on}, T_1, T_1', T_2, T_2', R_{C_2K}, V_{C_2K}, R_{S_2N_2}, V_{S_2N_2}, R_{P_2N_2}, V_{P_2N_2}$$

найти $G^I = \{M_{2C_2K}^{on}, M_{10C_2S_2}^{on}, M_{20C_2N_2}^{on}, M_{28C_2K_2}^{on}, M_{18S_2N_2}^{on}, M_{3C_2K_2}^{on}, M_{11C_2S_2}^{on}, M_{21C_2K_2}^{on}, M_{29C_2K_2}^{on}, M_{13S_2N_2}^{on}, M_{4C_2K_2}^{on}, M_{12C_2S_2}^{on}, M_{22C_2N_2}^{on}, M_{30C_2K_2}^{on}, M_{22S_2N_2}^{on}, M_{8P_2N_2}^{on}, M_{16S_2N_2}^{on}, M_{9P_2K_2}^{on}, M_{17S_2N_2}^{on}, M_{25P_2N_2}^{on}, M_{25S_2N_2}^{on}\}$, (10)

$$\text{для которого } F^I = \sum_{C_2K} \sum_{S_2N_2} \sum_{K_2} [(M_{2C_2K}^{on} + M_{10C_2S_2}^{on} + M_{20C_2N_2}^{on} + M_{28C_2K_2}^{on} + M_{18S_2N_2}^{on}) \cdot T_2 + \frac{R_{C_2K}}{V_{C_2K}} \cdot M_{3C_2K_2}^{on} + \frac{R_{C_2S_2}}{V_{C_2S_2}} \cdot M_{11C_2S_2}^{on} + \frac{R_{C_2N_2}}{V_{C_2N_2}} \cdot M_{21C_2K_2}^{on} + \frac{R_{C_2K_2}}{V_{C_2K_2}} \cdot M_{29C_2K_2}^{on} + \frac{R_{S_2N_2}}{V_{S_2N_2}} \cdot M_{19S_2N_2}^{on} + (M_{4C_2K_2}^{on} + M_{12C_2S_2}^{on} + M_{22C_2N_2}^{on} + M_{30C_2K_2}^{on} + M_{22S_2N_2}^{on}) \cdot T_1 + (M_{8P_2N_2}^{on} + M_{16S_2N_2}^{on}) \cdot T_2' + \frac{R_{P_2N_2}}{V_{P_2N_2}} \cdot M_{9P_2K_2}^{on} + \frac{R_{S_2N_2}}{V_{S_2N_2}} \cdot M_{17S_2N_2}^{on} + (M_{25P_2N_2}^{on} + M_{25S_2N_2}^{on}) \cdot T_1'] \rightarrow \min$$
 (11)

при следующих ограничениях:

$$\sum_K M_{j_1C_2K}^{on} = M_{1C_2K}^{on}, \quad (12) \quad \sum_{N_2} M_{18S_2N_2}^{on} = M_{13S_2N_2}^{on}, \quad (13)$$

$$\sum_{N_2} M_{8P_2N_2}^{on} = M_{6P_2N_2}^{on} + M_{7P_2N_2}^{on}, \quad (14) \quad \sum_{N_2} M_{16S_2N_2}^{on} = M_{14S_2N_2}^{on} + M_{15S_2N_2}^{on}, \quad (15)$$

$$\sum_{C_2} M_{j_2C_2K}^{on} + \sum_{S_2} M_{22S_2N_2}^{on} = M_{j_3K}^{on} + M_{j_4K}^{on}, \quad (16) \quad \sum_{P_2} M_{25P_2N_2}^{on} + \sum_{S_2} M_{25S_2N_2}^{on} = M_{26N_2}^{on} + M_{27N_2}^{on}, \quad (17)$$

$$M_{j_1C_2K}^{on} = M_{j_5C_2K}^{on} = M_{j_6C_2K}^{on} \geq 0, \quad (18) \quad M_{18S_2N_2}^{on} = M_{19S_2N_2}^{on} = M_{22S_2N_2}^{on} \geq 0, \quad (19)$$

$$M_{8P_2N_2}^{on} = M_{9P_2N_2}^{on} = M_{25P_2N_2}^{on} \geq 0, \quad (20) \quad M_{16S_2N_2}^{on} = M_{17S_2N_2}^{on} = M_{25S_2N_2}^{on} \geq 0, \quad (21)$$

$$M_{j_7K}^{on} \geq 0, \quad M_{j_8K}^{on} \geq 0. \quad (22)$$

Задача II этапа координации в формализованном представлении в общем виде записывается следующим образом. При известных:

$$M_{j_1 c_k}^{on}[T_0^y, T_1^y], M_{18 s_2 n_2}^{on}[T_0^y, T_1^y], M_{8 p_2 n_2}^{ion}[T_0^y, T_1^y], M_{16 s_2 n_2}^{ion}[T_0^y, T_1^y], R_{c_k}, V_{c_k}, R_{s_2 n_2}, V_{s_2 n_2}, R_{p_2 n_2}, V_{p_2 n_2}, (M_{j_2 k}^{max}(t), t \in [T_0^y, T_1^y]), (M_{25 n_2}^{max}(t), t \in [T_0^y, T_1^y]), T_1, T_1', T_2, T_2', G_{тр.ср}, G'_{тр.ср}$$

найти $\vec{C}^{\Pi} = \{t_{mn2c_k p_2}, t_{mn10c_k s_2}, t_{mn20c_k n_2}, t_{mn28c_k x_2}, t_{mn18s_2 n_2}, t_{mn8p_2 n_2}, t_{mn16s_2 n_2}, t_{mn4c_k p_2}, t_{mn12c_k s_2}, t_{mn22s_2 n_2}, t_{mn30c_k x_2}, t_{mn22s_2 n_2}, t_{mn25p_2 n_2}, t_{mn25s_2 n_2}\}$, (23)

для которого $F^{\Pi} = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 \rightarrow \min$ (24)

при следующих ограничениях:

$$\sum_{c_k} \sum_k \sum_m M_{j_1 c_k}^{on}(t_{mnj_1 c_k}) = \sum_{c_k} \sum_k M_{j_2 c_k}^{on}[T_0^y, T_1^y], \quad (25)$$

$$\sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{18 s_2 n_2}^{on}(t_{mn18 s_2 n_2}) = \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{18 s_2 n_2}^{on}[T_0^y, T_1^y], \quad (26)$$

$$\sum_{p_2 n_2} \sum_m M_{8 p_2 n_2}^{ion}(t_{mn8 p_2 n_2}) = \sum_{p_2 n_2} \sum_m M_{8 p_2 n_2}^{ion}[T_0^y, T_1^y], \quad (27)$$

$$\sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{16 s_2 n_2}^{ion}(t_{mn16 s_2 n_2}) = \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{16 s_2 n_2}^{ion}[T_0^y, T_1^y], \quad (28)$$

$$M_{j_2 c_k}^{on}(t_{mnj_2 c_k}) \leq M_{j_2 k}^{max}(t), \quad (29)$$

$$M_{25 p_2 n_2}^{ion}(t_{mn25 p_2 n_2}) + M_{25 s_2 n_2}^{ion}(t_{mn25 s_2 n_2}) \leq M_{25 n_2}^{max}(t), \quad (30)$$

где

$$\Pi_1 = \sum_{c_k} \sum_k \sum_m M_{j_1 c_k}^{on}(t_{mnj_1 c_k}) - \sum_{c_k} \sum_k \sum_m M_{j_2 c_k}^{on}(t_{mnj_2 c_k}), \quad (31)$$

$$t_{mnj_2 c_k} = t_{mnj_1 c_k} + T_2 + R_{c_k} / V_{c_k}, \quad (32)$$

$$\Pi_2 = \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{18 s_2 n_2}^{on}(t_{mn18 s_2 n_2}) - \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{22 s_2 n_2}^{on}(t_{mn22 s_2 n_2}), \quad (33)$$

$$t_{mn22 s_2 n_2} = t_{mn18 s_2 n_2} + T_2 + R_{s_2 n_2} / V_{s_2 n_2}, \quad (34)$$

$$\Pi_3 = \sum_{p_2 n_2} \sum_m M_{8 p_2 n_2}^{ion}(t_{mn8 p_2 n_2}) - \sum_{p_2 n_2} \sum_m M_{25 p_2 n_2}^{ion}(t_{mn25 p_2 n_2}), \quad (35)$$

$$t_{mn25 p_2 n_2} = t_{mn8 p_2 n_2} + T_2' + R_{p_2 n_2} / V_{p_2 n_2}, \quad (36)$$

$$\Pi_4 = \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{16 s_2 n_2}^{ion}(t_{mn16 s_2 n_2}) - \sum_{s_2 n_2} \sum_m M_{25 s_2 n_2}^{ion}(t_{mn25 s_2 n_2}), \quad (37)$$

$$t_{mn25 s_2 n_2} = t_{mn16 s_2 n_2} + T_2' + R_{s_2 n_2} / V_{s_2 n_2}. \quad (38)$$

Здесь: M_{jk}^{on} - весовое значение показателя предмета труда на операции с номером j , выполняемой на k -м месте, $j = 1, \dots, 32$;
 $C = \{C_q | q = \overline{1, Q_1}\}$ - множество кодов подразделений АПО, производящих томаты; $P = \{P_q | q = \overline{1, Q_2}\}$ - множество кодов ППП АПО; $S = \{S_q | q = \overline{1, Q_3}\}$ - множество кодов ЗПП АПО; $X = \{X_q | q = \overline{1, Q_4}\}$ - множество кодов ЦС АПО;
 $N = \{N_q | q = \overline{1, Q_5}\}$ - множество кодов ПП АПО; $j_1 = 2, 10, 20, 28$; $j_2 = 4, 12, 22, 30$; $j_3 = 5, 13, 23, 31$; $j_4 = 6, 14, 24, 32$; $j_5 = 3, 11, 21, 29$; $j_6 = 4, 12, 22, 30$; $X = CUPUSUXUN$; G^I - множество, содержащее координирующие сигналы по потоку предмета труда; F^I - целевая функция задачи I этапа координации, отражающая минимизацию потерь потока предмета труда при его распределении; G^II - множество, содержащее сигналы, координирующие потоки предмета труда во времени; F^II - целевая функция задачи II этапа координации, отражающая минимизацию потерь предмета труда на ТО погрузки, транспортировки и разгрузки томатного сырья; P_g - величина, характеризующая потери предмета труда на ТО погрузки, транспортировки и разгрузки, соответственно, $g = 1, 2, 3, 4$;
 T_1, T_1' - регламентированное значение длительности разгрузки, соответственно, томатов и пульпы; T_2, T_2' - регламентированное значение длительности погрузки, соответственно, томатов и пульпы;
 $G_{тр.ср.}, G'_{тр.ср.}$ - регламентированное значение грузоподъемности транспортного средства, соответственно, по томатам и пульпе; $M_{j_2k}^{max}(t)$ - максимальное количество томатов, которое может быть одновременно разгружено на k - заготовительно-перерабатывающем подразделении АПО, $k \in K \setminus C, t \in [T_0^y, T_1^y]$; $M_{25N_2}^{max}(t)$ - максимальное количество пульпы, которое может быть одновременно разгружено на N_q ПП АПО, $(N_q | q = \overline{1, Q_5}, t \in [T_0^y, T_1^y])$; V - регламентированная скорость движения транспортного средства; R - расстояние перемещения томатного сырья.

При формировании информации для решения двухэтапной оптимизационной задачи координации ТО ППКТП в АПО применяется процедура комбинированного формирования данных, основанная на совместном использовании адаптивного и встречного способов формирования данных.

Разработанные математические модели задач I и II этапов координации ТО ППКТП в АПО отражают координацию потоков предмета труда количественно, во времени и пространстве.

Задача, стоящая перед каждой ПЛУ на периоде автономного функционирования, заключается в отыскании такой последовательности управляющих воздействий $U_{jk}(t)$, $t \in [T_0^y, T_1^y]$, при которой

$$M_{jk}^n [T_0^y, T_1^y] \rightarrow \min, \quad (39)$$

выполняются ограничения

$$L_{pe,jk}^{min} \leq L_{jk} [T_0^v, T_1^v] \leq L_{pe,jk}^{max}, \quad (40)$$

$$M_{jk} [T_0^v, T_1^v] \leq M_{rp,jk} [T_0^v, T_1^v], \quad (41)$$

а также условие

$$M_{jk} [T_0^v, T_1^v] = M_{jk}^{on} [T_0^v, T_1^v], \quad (42)$$

где $M_{jk}^{on} [T_0^v, T_1^v]$ - величина, характеризующая потери предмета труда при выполнении ТО с номером j на месте ее осуществления k в течение периода автономного функционирования $[T_0^v, T_1^v]$.

В работе разработаны модели управления ТТО, композиция которых составляет модель ПШКТП в АПО, и алгоритм формирования управляющих воздействий.

Проанализирована проблема координируемости задач управления ПШКТП в АПО на периоде оперативного управления. Доказаны утверждения, обосновывающие координируемость этих задач, и рассмотрены условия, при которых существует решение двухэтапной оптимизационной задачи координации ТО процесса. Решение задачи I этапа координации получено с использованием ПШП решения задач ЛП на ЭВМ ЕС-1022. Для решения задачи II этапа координации используется эвристический подход, базирующийся на методах теории расписаний. Разработаны алгоритм решения задачи и программа, реализующая его на ЭВМ. В диссертации показано, что функционирование двухуровневой иерархической системы управления ПШКТП в АПО согласовано относительно задач, решаемых в системе в целом на периоде оперативного управления.

В четвертой главе дана характеристика АПО "Одессаплодоовощхоз", проведен анализ существующей системы управления процессами производства, заготовки, переработки и реализации плодовоовощной продукции в объединении, результаты которого обосновывают необходимость применения разработанных алгоритмов количественной и пространственно-временной координации ТО при оперативном управлении ПШКТП на этом объекте. Сформулирована содержательная поставка задач координации работы погрузочно-разгрузочных механизмов (ПРМ) и технологических линий (ТЛ) перерабатывающих предприятий на интервале автономного функционирования. Разработаны алгоритмы координации работы ПРМ и ТЛ перерабатывающих предприятий. Предлагается графическое решение задачи координации работы ПРМ для частного случая, когда производительность этих средств труда одинаковая.

Для обоснования эффективности разработанных алгоритмов координации ТО ПШКТП в АПО "Одессаплодоовощхоз" проведен машинный эксперимент, в ходе которого объект исследовался с позиции основных

этапов процесса координации ТО. Для оценки эффективности разработанных алгоритмов оперативного управления ППКТП в АПО на основе координации составляющих процесс ТО был привлечен большой объем статистических данных об основных параметрах функционирования объекта в сопоставимом интервале времени. Анализ сравнения результатов экспериментальных исследований с фактическими данными функционирования объекта показал, что вследствие координации ТО по потоку предмета труда на интервале оперативного управления системой, а также координации средств труда на периоде автономного функционирования подсистем, степень сохранности томатного сырья увеличивается на 1,6%, что приводит к увеличению сезонного выпуска 30% томат-пасты на 1,1%, сокращаются энергетические затраты на 7,82%; сверхнормативные простои транспортных средств уменьшаются на 27% суммарного времени осуществления транспортного процесса.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Показано, что пространственно-временная и количественная взаимосвязанность ТО по обработке томатного сырья требует рассмотрения их как составляющих единого процесса производства концентрированных томатопродуктов в АПО.

2. Специфика объекта, при управлении которым необходимо учитывать как особенности, обусловленные организацией ППКТП в АПО, так и особенности, обусловленные физико-химическими свойствами томатного сырья и технологией его переработки, требует для решения проблемы максимального сохранения пищевой ценности томатного сырья и наиболее полного его использования в процессе промышленной переработки количественную и пространственно-временную координацию ТО ППКТП на интервале оперативного управления.

3. Определены и выделены семь ТТО процесса, для которых разработаны математические модели, отражающие взаимосвязанность динамических характеристик основных элементов процесса труда, что позволяет использовать их в решении задач управления как отдельной ТО, так и ППКТП в АПО в целом. Синтезирована ММ ППКТП в АПО как композиция математических моделей ТТС, отражающая основные особенности объекта управления и составляющая основу для формализации и решения задач оперативного управления.

4. Показано, что повышение эффективности управления ППКТП в АПО достигается минимизацией потерь количества томатного сырья и определяющих его качество компонентов.

5. Формирование решений по управлению ППКТП в АПО представлено решениями двухэтапной оптимизационной задачи по отысканию ко-

ординирующих воздействий по количеству, времени и месту поступления предмета труда на отдельные ТО ППКТП, решаемую ПБУУ, и совокупности задач, решаемых ПЛУ на периоде автономного функционирования.

6. Разработанные алгоритмы формирования координирующих воздействий существенно повышают эффективность управления ППКТП в АПО как с позиции сохранности томатного сырья, так и с позиции рационального использования средств труда.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Гордиенко Л.Л., Семашко В.И., Федунец А.Д. Совершенствование системы управления сырьевыми потоками в агропромышленных комплексах /АПК/ (на примере объединения "Одессаплодоовощхоз") // Управление в агропромышленных и пищевых комплексах: Сб. науч. тр. - Киев: ИК АН УССР, 1983. - С. 7-12.
2. Платонов П.Н., Федунец А.Д., Гордиенко Л.Л. К вопросу обоснования комплекса задач управления агропромышленными комплексами. // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1983. - № 6. - С. 7-9.
3. Гордиенко Л.Л., Платонов П.Н., Федунец А.Д. Моделирование процесса обработки сырьевых потоков плодоовощной продукции в АПК // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1985. - № 1. - С. 43-47.
4. Гордиенко Л.Л. Управление технологическими процессами обработки сырья в плодоовощных АПО. - Одесса, 1985. - 15 с. - Деп. в УкрНИИТИ 17 мая 1985 г., № 1056 Ук-35 Деп.
5. Платонов П.Н., Гордиенко Л.Л. Управление транспортно-складскими процессами в плодоовощных АПО // Материалы семинара "Современные системы управления транспортно-складскими процессами", 5-6 марта 1985 г., Ленинград. - Л., 1985. - С. 26-29.
6. Гордиенко Л.Л., Касьянов В.М., Федунец А.Д. Совершенствование системы управления процессом производства концентрированных томатных продуктов в АПО // Тез. докл. науч. техн. конф. "Вопросы совершенствования управления в пищ. пром-ти". - Калининград, 1986. - С. 13-14.
7. Платонов П.Н., Гордиенко Л.Л. Выявление путей повышения эффективности управления процессом производства концентрированных томатных продуктов в АПО // Тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. "Системы управления и средства автоматизации в агропромышленном комплексе", 10-12 ноября 1987 г., Кишинев. - М. - 1987. - С. 139-140.
8. Платонов П.Н., Гордиенко Л.Л. Оперативное управление процессами производства консервированной продукции из скоропортящегося сырья в региональных АПК // Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. "Информатика и автоматизация в регионе", 24-26 мая 1988 г., Винница. - Винница, - 1988. - С. 57.

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

Л 209/

В 16 267