

Авторефер.
П43

Одесский технологический институт пищевой промышленности
имени М. В. Ломоносова

На правах рукописи

Погирный Юрий Владимирович

УДК 621.865.8:62-50

СИНТЕЗ АСУ ТРАНСПОРТНЫМИ МОДУЛЯМИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1990

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

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Жуковский Э.И.

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент Драгаев В.П.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Кринецкий И.И.,

доктор технических наук, профессор Попов В.И.

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт автоматизации пищевой промышленности НПО "Пищепромавтоматика"

Защита состоится "29" июня 1990 г. в 10³⁰ 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 технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова

Автореферат разослан "26" мая 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
д.т.н., профессор

 Л.И.Карнаушенко

Одесский технологический институт пищевой промышленности
И.И. Карнаушенко
д.т.н., профессор

ОНАХТ

26.06.12

Синтез АСУ транспорт



Актуальность тем. На перерабатывающих предприятиях пищевой промышленности организация подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских (ПРТС) работ отстает от организации производственных процессов. Давно образовался и продолжает нарастать разрыв между производительностью труда на основных и вспомогательных работах, обусловленный диспропорцией в уровне их автоматизации и комплексной механизации.

В результате только по перерабатывающим предприятиям пищевой промышленности на ПРТС операциях занято свыше 100 тыс. человек, из них от 25 % до 50 % выполняют ПРТС работы вручную. Экономически и социально необходимым представляется значительное увеличение выпуска средств механизации ПРТС работ, предусмотренное "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 гг. и на период до 2000 г."

По мере насыщения вспомогательного производства средствами механизации, в том числе транспортными средствами, все большую актуальность приобретают вопросы автоматизации управления ими. Комплексная механизация и автоматизация конечных операций, применение тары - оборудования, контейнерных, пакетных перевозок грузов, маршрутизация межцеховых перемещений на перерабатывающих предприятиях АПК требует выработки решений по эффективному использованию автоматических транспортных модулей (АТМ) как представителя класса машин напольного колесного электротранспорта с автоматическим управлением.

Объектом исследования является технологический процесс (ТП) перемещения тарно-штучных грузов с использованием автоматических транспортных модулей как элемента производственного процесса предприятий АПК.

Цель работы - повысить эффективность функционирования внутризаводских транспортных систем предприятий пищевых производств путем создания математического, алгоритмического и технического обеспечения АСУ транспортными модулями (АСУ ТМ).

Методы исследования основываются на применении положений теории управления, теории конечных автоматов, теоретической механики, теории электропривода, имитационном моделировании.

На защиту выносятся: математическая модель (ММ) и критерий оптимальности функционирования автоматизированной транспортной системы (АТС) с использованием АТМ в качестве основного технологического оборудования; автоматная структура многоуровневой

АСУ ТМ и алгоритмы управления, реализуемые данной структурой; ММ АТМ с двумя мотор-колесами как динамической системы в процессе движения по заданному маршруту; система автоматического управления движением (САУД) по заданному маршруту АТМ с обратными связями координатно-операторного типа.

Научная новизна. 1. Разработана ММ процессов перемещения тарно-штучных грузов в рамках АТС, построенной на базе АТМ, отличающаяся единым конечноавтоматным описанием как объекта управления (ОУ), так и многоуровневой управляющей системы. 2. Впервые получен формализованный критерий оптимальности функционирования АТС в условиях предприятий пищевой промышленности. 3. Впервые разработан обобщенный алгоритм управления (ОАУ) процессами перемещения штучных грузов в рамках АТС с использованием АТМ, обеспечивающий выполнение заявок на перемещение грузопакетов по оптимальным маршрутам, оптимизацию временной картины транспортного процесса, регулирование производительности каналов выполнения заявок. 4. Для АТМ с двумя мотор-колесами, которые используются одновременно как ведущие и поворотные, разработана ММ бокового движения АТМ как ОУ САУД по заданному маршруту. 5. Теоретически обоснована, разработана и технически реализована система автоматического управления движением по заданному маршруту, где впервые использованы обратные связи координатно-параметрического и параметрического типа, предложена методика выбора коэффициентов задатчика динамических свойств.

Практическая ценность. Результаты исследований, проведенных в работе, позволяют проектным организациям и предприятиям пищевой промышленности повысить уровень комплексной механизации и автоматизации ПРТС работ посредством выбора рациональных решений по ТТС; подбора номенклатуры и количества оборудования АТС, построения иерархической АСУ ТМ, разработки алгоритмов управления АТС.

Использование предложенной структуры информационно-измерительной системы (ИИС) существенно расширяет информационные возможности индуктивного способа задания маршрута движения. Разработанная САУД сочетает адаптивные свойства СПС-систем и линейный сигнал управления, что позволяет работать с исполнительным механизмом (ИМ) поворота АТМ в виде двух мотор-колес, имеющих местные СУ с ИИМ-преобразователями.

Внедрение результатов работы. Результаты работы использованы при разработке технических предложений по автоматизации транспортных операций на Московском масложиркомбинате, выполненных в рамках НИР № Г.Р. 02.89.0045567 "Разработать научные основы построения распределительных АСУ технологическими процессами масложирового и хлебопекарного производства на средствах микропроцессорной техники". Два комплекта системы автоматического управления АТМ прошли испытания, внедрены и с 1 сентября 1986 г. приняты к опытной эксплуатации Ильичевским отделением ВНИИТИ ПО "Динамо". Работы выполнены в рамках хоздоговора кафедры автоматизации производственных процессов ОТИИ им.М.В.Ломоносова № Г.Р.01.84.0045571. САУД АТМ (положительное решение по заявке № 4397082/30-15), имеющая обратные связи координатно-параметрического и параметрического типа, заложена в конструкторскую документацию на комплекс бортовых устройств автоматики, разработанной по заказу-наряду ОI304860I2-3 72 Ильичевским филиалом ВНИИТИ для ВНИИэлектротранспорта (г.Калининград). САУД оснащен экспериментальный образец и четыре опытно-промышленные образца АТМ (электроробокера), внедрение которых в рамках АТС запланировано на II квартал 1991 г. Расчетный экономический эффект от внедрения одного электроробокера в промышленности составляет 14,49 тыс.руб. в год.

Апробация работы: основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных конференциях: "Экономические проблемы создания автоматизированных и робототехнических систем", (Орджоникидзе, 1984 г.), "Динамическое моделирование сложных систем", (Гродно, 1987 г.); "Автоматизация производства и управления в перерабатывающей промышленности Госагропрома СССР", (Одесса, 1989 г.) и республиканских конференциях (г.Запорожье, 1984 г.); на секции "Проблемы построения ГАП на базе непрерывных технологий" научного совета по проблеме "Кибернетика" АН УССР (г.Одесса, 1988 г.); научно-технических конференциях (г.Одесса, 1982 г., г.Ужгород, 1983 г., г.Ильичевск, 1985 г.); на конференциях молодых ученых и специалистов НИО "Пищепроматоматика" (г.Одесса), 1987 г., 1988 г.), на научных конференциях ОТИИ им.М.В.Ломоносова (1987 г., 1989 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 5 авторских свидетельств и одно положительное решение на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения,

четырёх разделов, заключения, списка литературы из 172 наименований и 18 приложений. Основное содержание изложено на 148 страницах машинописного текста и содержат 52 рисунка и 9 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, поставлена ее цель, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проанализировано современное состояние и тенденции развития внутрипроизводственных транспортных систем на предприятиях пищевой промышленности.

Основой функционирования подсистемы внутризаводского транспорта предприятий пищевой промышленности (ПП) является процесс перемещения штучных грузов. Литературный обзор показал, что во многих случаях эффективно применение АТМ, о чем свидетельствует более чем 20-ти летний зарубежный опыт использования автоматического транспорта на предприятиях ПП.

По результатам анализа существующих ТТС на конечных операциях предприятий ПП определена типовая роботизированная ТТС перемещения тарно-штучных грузов, основу которой составляют АТМ.

Процесс перемещения штучных грузов организуется в рамках АТС, состоящей из технологического объекта управления – роботизированной ТТС и управляющей системы, в качестве которой выступает АСУ ТМ.

Проведена инвентаризация задач, решаемых АСУ ТМ, сделан вывод о возможности использования ряда существующих технических решений перечисленных задач.

Основу программного обеспечения АСУ ТМ составляет ОАУ АТС, который трактуется как последовательность вычислительных процессов, обеспечивающая решение задачи формирования заданий и команд управления оборудованием транспортной системы с целью ее функционирования в соответствии с избранным критерием оптимальности.

Основные подзадачи ОАУ и методы их решения определяются рядом специфических особенностей предприятий ПП в структурном и функционально-технологическом аспектах, которые не позволяют в большинстве случаев воспользоваться существующими (соответствующими) разработками для машиностроения.

Проведен анализ существующих критериев функционирования АТС и подходов к построению ММ компонентов АТС. Определена перспективная для использования в ПП кинематическая схема (КС) АТМ.

На основании аналитического обзора формулируются задачи

исследования: 1. Выработать подход к формализации описания процесса перемещения тарно-штучных грузов, на основании которого разработать ММ АТС. 2. Разработать критерий функционирования системы и формализовать параметрическую схему АТС как ОУ. 3. Разработать алгоритмы оптимального управления АТС. Провести их исследование на модели. 4. Разработать и исследовать ММ основного технологического оборудования АТС – АТМ как автомата и как динамической системы в процессе перемещения тарно-штучных грузов. 5. Осуществить синтез и исследовать САУД с обратными связями координатно-операторного типа для основных режимов работы АТМ. 6. С целью практической проверки основных положений работы осуществить техническую реализацию элементов АСУ ТМ.

Во втором разделе предложен подход к формализации описания процесса перемещения штучного груза в АТС создаваемых на базе АТМ. Суть его заключается в следующем:

1) процесс перемещения штучных грузов рассматривается как многоуровневый; 2) каждый из выделенных уровней L_1, L_2, L_3 рассматривается как конечный автомат (КА), а управляющее устройство (УУ) соответствующего уровня строится также в виде КА; 3) исполнительный уровень L_1 отработки приводами АТМ определенных элементов процесса перемещения штучного груза рассматривается как совокупность КА; 4) УУ уровня L_2 процесса перемещения штучного груза единичным АТМ, или бортовое устройство программного управления (БУПУ) строится в виде КА с входной алфавит которого входит входной алфавит совокупности приводов АТМ и сигналов синхронизации выполнения команд, а выходной алфавит состоит из входных алфавитов приводов АТМ; 5) УУ уровня L_3 процесса перемещения тарно-штучных грузов группой АТМ представляет собой КА с настраиваемой структурой, являющийся композицией из нескольких автоматов, один из которых – задающий, остальные – исполнительные.

Получена ММ АТМ как КА, специфика которой определяется предложенным подходом. Это позволило для избранного микропрограммного способа организации УУ предложить структурную схему БУПУ АТМ.

Для АТМ с рекомендованной для предприятий ЦП КС разработана ММ АТМ как ОУ системы автоматического управления движением по заданному маршруту. С учетом специфики предложенной индуктивной информационно-измерительной системы АТМ в качестве переменных состояния ММ использованы внутренние координаты АТМ, доступные непосредственному измерению. Это позволило представить АТМ в процессе маршрутослежения как ОУ системы стабилизации, на которую воз-

действуют внешние возмущения, вызванные изменением положения маршрутозадающего кабеля в плоскости дороги, следующим векторным уравнением:

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u + D(t)z, \quad (I)$$

где $x = (\epsilon, \alpha, \beta, \frac{d\alpha}{dt})^T$; $z = (\gamma_{3g}, \psi_{3g}, \frac{d\psi_{3g}}{dt}, \frac{d^2\psi_{3g}}{dt^2})^T$;

$$A(t) = \begin{bmatrix} 0 & V & V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I \\ 0 & 0 & \frac{c^*}{mV} & -I \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T\omega} \end{bmatrix}; \quad B(t) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -\frac{K\omega}{T\omega} \end{bmatrix}; \quad D(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -I & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T\omega} & -I \end{bmatrix},$$

а m , $T\omega$ и V - разные для каждого этапа процесса транспортирования с известными диапазонами изменения:

$$m_{min} \leq m \leq m_{max}; \quad T\omega_{min} \leq T\omega \leq T\omega_{max}; \quad 0 \leq V \leq V_{max}.$$

В модели приняты следующие обозначения: ϵ - ошибка по положению или линейное отклонение АТМ от заданного маршрута α - ошибка по углу ориентации (курсовой угол АТМ); β - угол увода АТМ; γ_{3g} - задание по положению центра тяжести АТМ, ψ_{3g} - задание по углу ориентации АТМ; c^* - коэффициент сопротивления уводу колеса; m, V соответственно масса с грузом и скорость движения АТМ; $K\omega, T\omega$ - соответственно коэффициент передачи и постоянная времени исполнительного механизма контура поворота АТМ.

Экспериментальные исследования опытного образца АТМ подтвердили корректность операций при синтезе ММ, показали широкий диапазон изменения параметров АТМ при значительном уровне неопределенности, что требует придания САУД свойств инвариантности.

В третьем разделе при разработке программного комплекса алгоритмов оптимального управления АТС на языке КА составлен ММ функционирования АТС, которая отражает основные процессы, происходящие в транспортной системе, сочетая воедино информационно-алгоритмические процессы СУ и логико-время-пространственные отношения процесса перемещения тарно-штучного груза. По функциональным признакам ММ можно разделить на 6 групп моделируемых процессов (рис.1). 1. Выработка УУ уровня L_3 (СУ АТС) управляющих сигналов на АТМ определяется ОАУ АТС. 2. Функционирование программной части БУПУ j -го АТМ моделируется автоматами A_j^I и A_j^{II} . По сигналам о маркере $U_{1j}^I(t)$ и об окончании выполнения технологической операции $U_{2j}^I(t)$ они формируют номер текущего кадра n_j и его содержание A_{Kj} . 3. Группа автоматов TD_j, DUG_j, MK_j

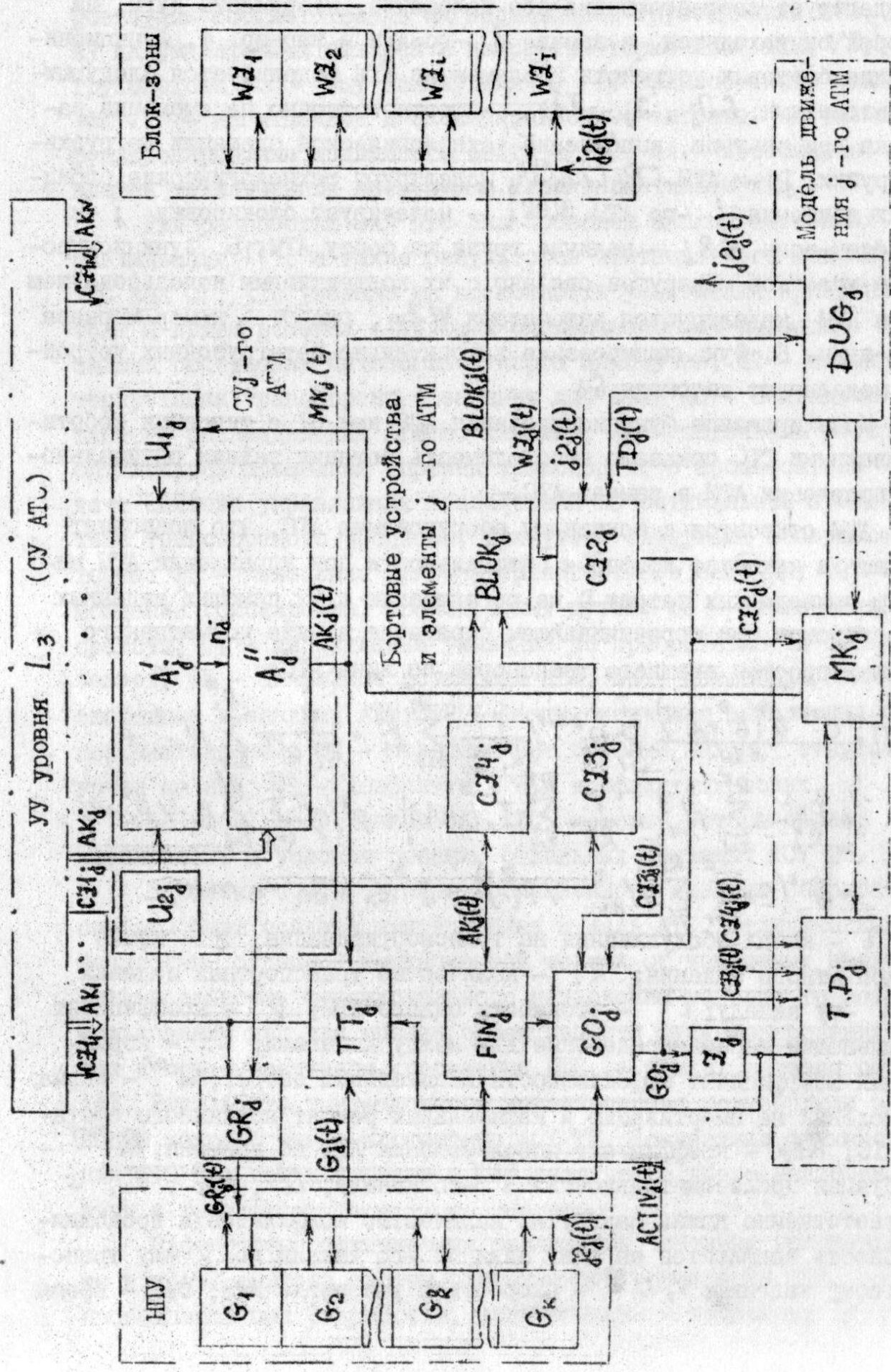


Рис.1 Структурная схема автоматной модели АТС.

отражает пространственно-временные процессы перемещения j -го АТМ и моделирует соответственно его положение, координаты дуги, на которой он находится, и заезд j -го АТМ в маркер. 4. Функционирование бортовых устройств и элементов АТМ моделируется следующими автоматами: $G O_j$, Z_j , $T T_j$ — соответственно перемещение, задержка при разгоне, выполнение технологической операции погрузки-разгрузки j -м АТМ. $C X_2 j, C X_3 j, C X_4 j$ моделируют технологические блокировки движения j -го АТМ. $B L O K_j$ — моделирует блокировку j -м АТМ блок-зоны, $G R_j$ — наличие груза на борту АТМ. 5. Функционирование участков маршрутов связано с их коллективным использованием всеми АТМ, моделируется автоматами $W Z_m$, где m — номер маркера блок-зоны. 6. Функционирование накопительно-перезрузочных устройств моделируют автоматы $G k$.

Моделирование функционирования АТС как ОУ с типовыми роботизированными ТТС показало необходимость решения задачи оптимального управления АТМ в рамках АТС.

АТМ относится к основному оборудованию АТС, что позволяет принять в качестве критерия оптимальности при управлении АТМ минимум приведенных затрат Π на организацию с их помощью заданных грузопотоков при ограничивающем параметре в виде нормативного времени простоя внешней транспорта по вине АТС:

$$\Pi = \frac{C^{TM} \eta^{\alpha} (\epsilon^{\alpha} + \alpha^{OT})}{K_{BP}} \sum_{i=1}^I Q_i^{pa.v} \left(\frac{1}{R_i^K V} \sum_{z=1}^{R_i^K} l_i^z + \frac{V}{R_i^K a^{PT}} \sum_{z=1}^{R_i^K} N_{ki}^z + \right. \\ \left. + \frac{ter}{R_i^K} \sum_{z=1}^{R_i^K} N_{ki}^z + \frac{1}{R_i^K} \sum_{z=1}^{R_i^K} T_{ki}^z + AA \right) + P^{\alpha} (q^{\alpha} \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^{R_i^K} l_i \cdot V P_i^z + \\ + \delta^{\alpha} (2 + \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^{R_i^K} N_{ki}^z \cdot V P_i^z)) + \epsilon^{\alpha} K_{П} + \Delta n \rightarrow \min,$$

где i — канал обслуживания на транспортирование, z — номер транспортного задания; R_i^K — количество транспортных заданий по i -му каналу; C^{TM} — стоимость одного АТМ; η^{α} — коэффициент учитывающий перераспределение АТМ между каналами; ϵ^{α} — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат; α^{OT} — норма отчислений на амортизацию и капитальный ремонт подвижного состава АТС; K_{BP} — коэффициент использования АТМ по времени; $Q_i^{pa.v}$ — требуемая производительность i -го канала, l_i^z , N_{ki}^z , T_{ki}^z — соответственно длина маршрута, количество конфликтов и продолжительность конфликтов за один цикл i -го канала по z -му транспортному заданию; V , a^{PT} — скорость и ускорение АТМ; ter — время

предпусковой сигнализации; $q^э, p^э, \delta^э$ – удельные затраты электроэнергии соответственно на перемещение грузоединицы АТМ, зарядку аккумуляторных батарей и на разгон-торможение АТМ; $VP_i^э$ – объем грузопотока по i -му каналу для z -го транспортного задания; $K_n, Э_n$ – капитальные и эксплуатационные затраты, не зависящие от функционирования подвижного состава АТС; АА – постоянная, определяемая техническими временными характеристиками АТМ.

Для разработки ОАУ АТС был проведен анализ возможных путей минимизации Π , а также результатов имитационного моделирования АТС как ОУ, что указало на возможность уменьшения приведенных затрат Π путем решения следующих оптимизационных подзадач: А1 – подзадача построения оптимальной карты маршрутов; А2 – подзадача интерпретации транспортного задания для АТМ; А3 – подзадача оперативного распределения АТМ по каналам; А4 – подзадача построения оптимальной временной картины транспортного процесса; А5 – подзадача синтеза управляющих воздействий по оптимальной временной картине транспортного процесса, при учете следующих возмущающих факторов: Ф1 – изменение вектора транспортного задания; Ф2 – zagrożождение (блокировка) транспортных путей; Ф3 – отказ технических средств; Ф4 – директивные указания по приоритетности обслуживания заявок; Ф5 – аварийные остановки АТМ; Ф6 – изменение количества свободных и занятых АТМ; Ф7 – факты окончания выполнения транспортных заданий; Ф8 – переполнение грузами НПУ или отсутствие груза на них; Ф9 – конфликты АТМ в конфликтных зонах.

На рис.2 представлен ОАУ АТС, который устанавливает последовательность и условия решения отдельных подзадач АСУ ТМ.

В связи с отсутствием промышленного аналога разрабатываемой системы была создана имитационная модель АТС. Отличительной особенностью созданной имитационной модели от известных является универсальность функционального назначения модели, то есть ее использование как для оценки эффективности функционирования АТС, так и при оперативном управлении АТС (в рамках решения подзадачи А4). Результаты имитационного моделирования подтвердили эффективность разработанных алгоритмов АСУ ТМ. Показатели функционирования АТС при использовании в ОАУ различного числа подзадач приведены в табл.1.

Рассмотрена техническая реализация основных положений работы в части синтеза систем программного управления АТМ, которая проводилась при разработке, изготовлении и внедрении двух компи-

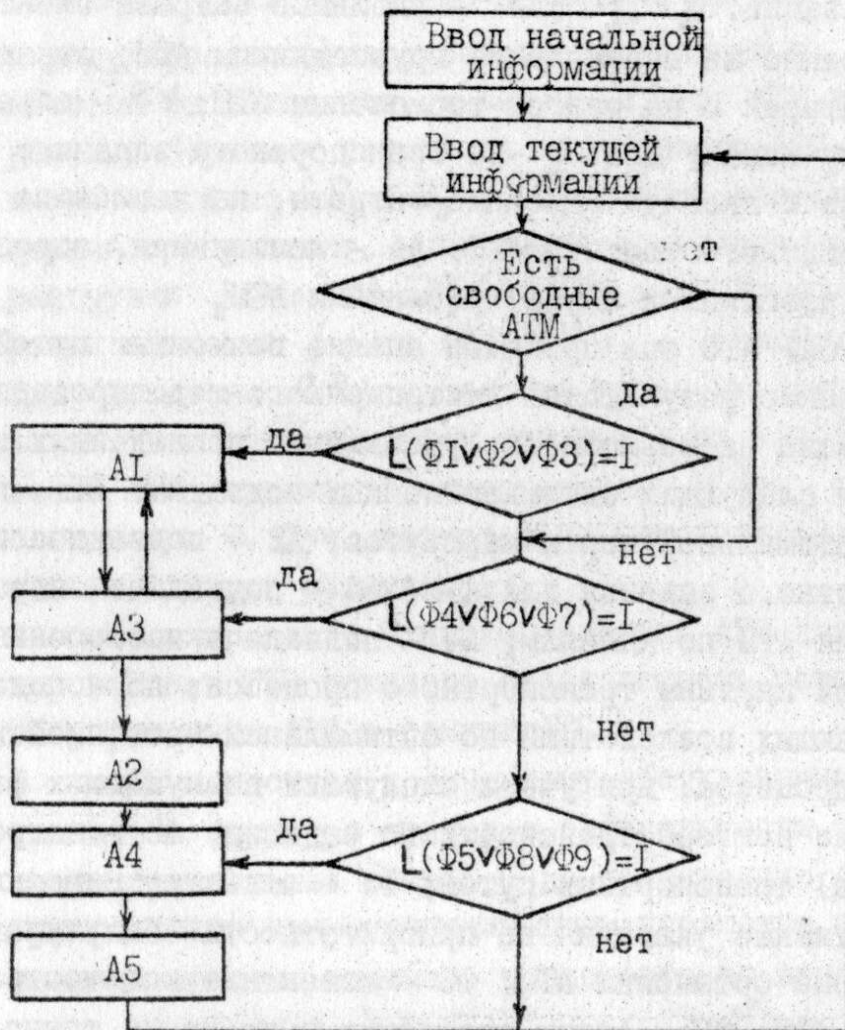


Рис.2 Обобщенный алгоритм управления АТС

Таблица I

Результаты имитационных экспериментов при
варьировании числа используемых подзадач ОАУ

Показатели функционирования АТС	Варианты моделир. с работой		
	А1, А2	А1, А2, А3	А1, А2, А3, А4, А5
Количество заданий, не выполненных в срок	4	1	0
Количество конфликтов в системе	64	104	12
Время простоя АТМ при конфликтах (с)	711	737	62
Количество троганий АТМ	297	302	256
Простой по вине АТС (с)	1924	49	0
Время моделирования (ч)	3	3	3

лектов систем автоматического управления АТМ.

Опытно-промышленные испытания АТМ с разработанными системами подтвердили возможность их использования для выполнения раз-

личных погрузочно-разгрузочных и транспортных операций в промышленных условиях.

В четвертом разделе проведен анализ и моделирование существующих структур САУД для объекта (I), на основании чего предложена структура САУД с использованием координатно-операторных т.е. координатной (КОС), координатно-параметрической (КПОС) и параметрической (ПОС) обратных связей со следующими законами:

в контуре КОС: $u(x(t)) = k(t)x(t)$, где $k(t) = (k_1, k_2, k_3, k_4)$;
в контуре КПОС: $k(t) = \mu(t) k^0 S^x$, где $k^0(t) = (k_1^0, k_2^0, k_3^0, k_4^0)$,

$$\mu = \begin{cases} -\alpha^* \operatorname{sgn}(\sigma(t)) & \text{при } |\mu(t)| \leq 1, \\ 0 & \text{при } |\mu(t)| > 1, \mu(t_0) \leq 1, \end{cases} \quad \alpha^* = \operatorname{const} > 0$$

$$\sigma(t) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4,$$

S^x — диагональная 4x4 матрица с элементами $\operatorname{sgn} x_i, i=1, \dots, 4$ отражающая факт знакопеременности КПОС и ПОС; в контуре ПОС:

$$c(\rho(t)) = c + \rho(t), \quad \rho(t) = \delta \mu(t) \beta S^x,$$

где $\rho = (\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4)$; $\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4)$, $0 \leq \beta_i \leq 1 (i=1, \dots, 4)$

Отличительной особенностью системы управления является использование $u(t)$ для организации ПОС, т.е. $\beta_i = k^* k_i (i=1, \dots, 4)$

$$k^* = \frac{1}{\max k_i^0} \quad (i=1, \dots, 4)$$

Тогда при попадании решений системы в область

$$G_\delta^* = \{ x \in R_x^4 : |\sigma^*(x)| \leq \delta k^* k^0 |x_m| \},$$

где $\sigma^*(x) = cx(t) + k \delta u(t)$, $|x|_m = (|x_1|, \dots, |x_4|)^T$,

поведение системы описывается уравнением

$$\dot{x}(t) = \left[A(t) - \frac{B(t)c}{k^* \delta} \right] x(t).$$

Выполнен этап параметрического синтеза САУД, в рамках которого получены аналитические выражения условий сходимости решений предлагаемой системы к области G_δ^* , включения и устойчивости движения системы в G_δ^* . Предложена методика определения настроек задатчика динамических свойств системы с использованием аппарата аналитического конструирования регуляторов. Для ЦВМ составлена программа решения матричного алгебраического уравнения Риккати по методу Третьякова-Репина. Следует отметить, что в данном случае метод использован для вычисления настроек не основного, а вспомогательного контура регулирования.

Проведено исследование функционирования САУД в типовых режимах работы АТМ. При выборе настроек САУД, обосновано применение интегрального квадратичного критерия, который в рамках предложенных структур позволяет получить минимальные отклонения АТМ

от заданной траектории при действии внешних возмущений со стороны дороги.

Техническая реализация, испытания и внедрение САУД с обратными связями координатно-операторного типа осуществлялись на АТМ конструкции Ильичевского филиала ВНИПТИ. На примере исследования САУД АТМ в лабораторных и производственных условиях показаны основные преимущества разработанной САУД, которая сочетает непрерывный сигнал управления и инвариантные свойства регулятора по отношению к изменяющимся режимным параметрам процесса перемещения штучного груза. В результате применения САУД такой конструкции удалось добиться воспроизведения предписанного маршрута с точностью до 15 мм во всем диапазоне изменения режимных параметров (вес груза до 1000 кг, скорость движения до 1 м/с). В режиме точного позиционирования при межведомственных испытаниях определена абсолютная величина максимального отклонения АТМ при позиционировании — ± 5 мм, что полностью отвечает технологическим требованиям при перемещении штучного груза.

Основные выводы и результаты работы

1. Анализ состояния внутрипроизводственных транспортных систем предприятий ПП выявил объективные предпосылки и эффективность применения автоматических транспортных машин при перемещении тарно-штучных грузов пищевых производств.

2. Ряд особенностей, специфичных для предприятий пищевой промышленности, как в структурном, так и в функционально-технологическом аспектах не позволяет в большинстве случаев воспользоваться разработками по АТС, построенными на базе АТМ для машиностроения.

3. Разработана ММ функционирования АТС, отличающаяся единым конечноавтоматным описанием информационно-алгоритмических процессов системы управления и логико-время-пространственных отношений процесса перемещения тарно-штучных грузов. Имитационная модель АТС, построенная на основании полученных зависимостей, используется как для оценки эффективности работы системы на этапе проектирования, так и при оперативном управлении АТМ.

4. Анализ результатов имитационного моделирования и полученного критерия оптимальности функционирования АТС позволил определить структуру и основные подзадачи обобщенного алгоритма управления АТС, как основу функционирования АСУ ТМ.

5. Алгоритмы решения подзадач ОАУ синтезированы на единой методической основе, позволяющей оптимизировать процесс преобразо-

вания транспортного задания, поступающего на АТС в оптимальную логическую и временную последовательность команд, поступающих на АТМ.

6. Осуществлен синтез эффективной САУД с обратными связями координатно-операторного типа, отличительной особенностью которой является сочетание непрерывного сигнала управления и свойств инвариантности по отношению к основным параметрическим возмущениям процесса перемещения штучного груза.

7. Адекватность ММ, используемых при синтезе основных элементов АСУ ТМ, корректность методики синтеза САУД и целесообразность предлагаемого подхода к проектированию бортовых устройств программного управления АТМ подтверждена результатами производственных испытаний и внедрения элементов АСУ ТМ на автоматических транспортных модулях конструкции Ильичевского филиала ВНИПИ.

Расчетный экономический эффект от внедрения одного АТМ в промышленности составляет 14,49 тыс.руб. в год.

Список научных трудов

1. А.с.830493 СССР, МКИ G 08 G 1/01, B61 L 1/03. Устройство для управления движением автоматического транспорта /В.П.Драгаев, Л.П.Драгаева, В.В.Волошин, Ю.В.Погирный (СССР).—Опубл.15.05.81, Бюл. № 18.— 6 с.: ил.
2. А.с. 847950 СССР, МКИ A01B 69/04, G 05 D 1/03. Устройство автоматического управления движением транспортного средства /В.П.Драгаев, Л.П.Драгаева, В.В.Волошин, Ю.В.Погирный (СССР). Опубл.23.07.81, Бюл. № 27.— 8 с.: ил.
3. Драгаев В.П., Драгаева Л.П., Погирный Ю.В. Транспортные работы в гибких автоматизированных системах перемещения штучных грузов на складах и предприятиях пищевой промышленности //Тез. докл.Респ.науч.-техн.конф."Пути сокращения применения ручного труда в отраслях пищевой промышленности".—Запорожье, 1984.—С1-2.
4. Драгаев В.П., Драгаева Л.П., Погирный Ю.В. Эффективность использования транспортных роботов при создании ГАП//Тез.докл. Всесоюз.науч.-техн.совещания "Экономические проблемы создания эффективных автоматизированных робототехнических систем".—Орджоникидзе, 1984.— С.23.
5. А.с.1202982 СССР, МКИ B65 G 63/00. Устройство для управления автоматически движущимся по заданному маршруту транспортным средством /А.А.Галиулин, Ю.В.Погирный, В.П.Драгаев, Л.П.Драгаева (СССР).—Опубл.23.07.86, Бюл. № 1.— 6 с.: ил. (21)3770187/27-11 (22) 25.07.84

6. Погирный Ю.В. Создание гибких транспортных систем на перерабатывающих предприятиях АПК //Перечень новых технологий и технических решений /НПО "Пищепромавтоматика".-Одесса, 1986.-С.10-11.
7. А.с.1262458 СССР, МКИ G 05 D 1/03. Устройство для управления движением транспортного средства /В.П. Драгаев, Л.П. Драгаева, Ю.В. Погирный (СССР).-Опубл.07.10.86, Бюл.№ 37.- 10 с.: ил.
8. Федунец А.Д., Погирный Ю.В. Моделирование роботизированных транспортно-складских систем //Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Динамическое моделирование сложных систем".-Гродно, 1987.-С.65-66.
9. А.с.1320828, МКИ G 08 G 1/01. Устройство для управления движением транспортного средства /В.П. Драгаев, Л.П. Драгаева, Ю.В. Погирный (СССР).-Опубл.30.06.87, Бюл.№ 24.- 4 с.: ил.
10. Погирный Ю.В. Использование обратных связей координатно-операторного типа при построении системы маршрутослежения автоматического транспортного модуля. Одесса, 1987.-8 с., ил./Рук. деп. в УкрНИИТИ 08.87, № 1260.
11. Погирный Ю.В. Аспекты реализации автоматного подхода в процессе синтеза структуры гибких автоматизированных транспортных систем предприятий агропромышленного комплекса. Одесса, 1987.-24 с., ил./Рук. деп. в УкрНИИТИ 08.87, № 1346.
12. Погирный Ю.В. Особенности разработки микропроцессорной информационной подсистемы автоматических транспортных модулей для предприятий АПК //Перечень информационных карт о внедренных новшествах на предприятиях Одесской области /НПО "Пищепромавтоматика".-Одесса, 1988.- С.22-23.
13. Погирный Ю.В. Автоматизация транспортных операций на перерабатывающих предприятиях АПК //Интенсификация процессов и новые технологии переработки, хранения и транспортировки в АПК: Сб. науч. трудов.- К.: УМК ВО, 1988.- С.87-95.
14. Положительное решение Госкомизобретений СССР от 27.01.89 о выдаче авторского свидетельства по заявке №4397082/30-15, МКИ А01В 69/04. Система управления автоматическим транспортным модулем /Ю.В. Погирный, Ф.К. Балашов, А.А. Галиулин, В.О. Яковлев (СССР).
15. Погирный Ю.В. Модели процессов перемещения тарно-штучных грузов с использованием автоматического колесного транспорта//Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Автоматизация производства и управления в перерабатывающей промышленности АПК".-Одесса, 1989, с.69-70.

