

924

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

Ефремова Клара Дмитриевна

УДК 678.744.33.02:681.513.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЦИКЛОВОЙ
АВТОМАТИКИ ДЛЯ МНОГОЭМЕНКЛАТУРНОГО
РАЗВЕТВЛЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОСБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ

05.13.07 - Автоматическое управление и
регулирование, управление
технологическими процессами
(промышленность)

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Челябинск - 1986

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Бургвиц А.Г.

Официальные оппоненты - лауреат Ленинской премии, доктор
технических наук, профессор
Таль А.А.;

кандидат технических наук, старший
научный сотрудник Глухов В.Н.

Ведущая организация - Научно-производственное объединение
"Промавтоматика".

Задача состоится " " 1983 года, в час
на заседании специализированного совета К 069.13.04 в
Челябинском политехническом институте имени Ленинского
комсомола.

Адрес института: 454044, г. Челябинск-44,
проспект им. В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " " 1983 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

В.С. Йабреев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие производства обуславливает все более широкое применение многоименованных разветвленных технологических процессов, управление которыми неразрывно связано с повышением эффективности действующих производств. Увеличение эффективности производства, одна из важнейших задач, поставленных XXII съездом КПСС, являющаяся действенным резервом экономии общественного труда. Техническое перевооружение, проводимое в одиннадцатой пятилетке в различных отраслях народного хозяйства, направлено на повышение эффективности производства за счет увеличения производительности действующего технологического оборудования путем разработки эффективных систем управления.

Разработка систем управления сложными технологическими процессами действующего химического производства стеклообразных полимеров должна обеспечивать основную цель производства с учетом взаимосвязей между отдельными стадиями и агрегатами процессов, а также технических и экономических ограничений в условиях конкретного производства.

Традиционные одноуровневые и известные двухуровневые системы управления технологическими процессами (работы В.Г. Лазарева, Е.И. Пийль, И. Месаровича и других) в должной степени не дают желаемого эффекта управления, так как не учитывают специфику производства, состоящих из ряда параллельно-функционирующих агрегатов. В связи с этим разработка иерархической системы управления процессами производства стеклообразных полимеров, учитывающей технико-экономические показатели производства и обеспечивающей максимальную производительность технологического оборудования является актуальной задачей.

Цель и задачи работы. Целью диссертации является разработка оптимальной иерархической системы управления технологическими процессами действующего химического производства стеклообразных полимеров, предназначенной для увеличения производительности производственного оборудования.

В соответствии с поставленной целью основные задачи определены следующим образом:

- провести анализ технологического процесса действующего химического производства стеклообразных полимеров как объекта управления;
- сделать выбор и обоснование структурной организации иерархии управления процессом производства стеклообразных полимеров;
- разработать алгоритмы для каждого уровня трехуровневой иерархической системы управления рассматриваемыми процессами производства;
- провести аппаратурную реализацию блоков нижнего уровня управления технологическими процессами функционирующего производства полимеров.

Объект исследования. Иерархически организованная система управления многономенклатурным разветвленным технологическим процессом производства стеклообразных полимеров.

Методы исследования. В работе методы теории конечных автоматов приняты в качестве основных методов исследования. Для решения задачи оптимизации управления использованы общие положения теории линейного программирования. При разработке алгоритмов нижнего уровня автоматизации процессов изготовления полимеров и среднего уровня координации управляемых блоков применен математический аппарат теории графов.

Теоретические результаты и научная новизна работы заключается в том, что:

- предложена и обоснована структура иерархического управляемого автомата, позволяющая оптимально координировать работу взаимодействующих технологических процессов производства стеклообразных полимеров, содержащих параллельно-функционирующие звенья, значительно полнее использовать имеющиеся ресурсы, а также повысить адаптивность системы управления;
- разработана математическая модель оптимального управления процессами изготовления стеклообразных полимеров учитывая специфику производства, включая план выпуска продукции в расчете на оптимальную производительность действующего технологического оборудования;

- создана методика проектирования трехуровневой системы управления процессами действующего производства стеклообразных полимеров, позволяющая получить комплексное описание алгоритма функционирования управляющего автомата, решавшего задачи автоматизации, координации и оптимизации.

Практические результаты и новизна диссертации определяется:

- разработкой трехуровневой системы управления циклическими процессами химического производства органического стекла, в результате использования которой обеспечивается увеличение производительности оборудования за счет его максимального использования, а также улучшается организация управления сложным разветвленным производством, содержащим наряду с последовательным выполнением технологических операций параллельно-работающие линии агрегатов;
- разработкой алгоритма и программы расчета распределительной задачи, позволяющих определить оптимальные графики загрузки оборудования на стадии полимеризации органического стекла.

Предмет и степень внедрения. Реализация результатов работы характеризуется отладкой и вводом в эксплуатацию локальных систем управления технологическими процессами изготовления органического стекла на Челябинском заводе "Оргстекло", а также принятой на том же заводе методикой оптимальной координации управляющих блоков действующими процессами производства полимеров.

Эффективность внедрения. Экономический эффект от внедрения управляющих устройств технологическими процессами изготовления органического стекла только в одном цехе составляет 100 тыс. руб. в год. Экономическая эффективность внедрения всей иерархической системы управления слагается из экономии, полученной за счет снижения трудозатрат, уменьшения сырьевых и энергетических ресурсов, снижения потерь от брака, а также за счет увеличения производительности функционирующего технологического оборудования и улучшения условий труда обслуживающего персонала.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на I и II научно-технических

конференциях молодых ученых и специалистов Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола (г. Челябинск, 1977, 1979), на XI Всесоюзном совещании по пневмоавтоматике (г. Новочеркасск, 1982), на XXXI-XXXX научно-технических конференциях Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола (г. Челябинск, 1978-1982), на XXXУП научно-методической и научно-исследовательской конференции Московского автомобильно-дорожного института (г. Москва, 1979), на региональной конференции "Гидравлика и пневмоавтоматика в управлении производственными процессами и в робототехнических системах" (г. Челябинск, 1980), на IV Всесоюзном симпозиуме по пневматическим (газовым) приводам и системам управления (г. Тула, 1981), на региональных конференциях по системам управления (г. Киев, 1982, 1983).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (112 наименований), трех приложений (приложение I - текст программы на алгоритмическом языке ПЛ-1; приложение II - отрывок на методику проектирования иерархической дискретной системы управления процессом производства оргстекла; приложение III - копии актов внедрения), 139 страниц машинописного текста, 93 стр. иллюстраций и 7 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

При создании систем управления технологическими процессами может быть использован двоякий подход, а именно: одноуровневый и иерархический. При первом подходе переход от алгоритма управления к функциональной схеме управляющего устройства осуществляется с применением первичного языка описания условий работы автомата. Это позволяет упростить процедуру проектирования, что является несомненным достоинством.

Однако иерархически организованная система имеет перед одноуровневой такое достоинство, как модульность построения, что позволяет строить более сложные организации из более простых, как из элементов. Другим положительным свой-

ством иерархических систем является их декомпозируемость. Это свойство отражает тот факт, что взаимодействие между подсистемами является более слабым, чем взаимодействие внутри подсистем и кроме того, оно значительно упрощает не только собственное поведение систем, но и их описание с точки зрения исследования сложности. Функциональные блоки иерархии обнаруживают двойственное поведение. Они функционируют как целостные по отношению к нижестоящим блокам и как части вышестоящих блоков.

При создании иерархической системы управления функционирующим промышленным комплексом редко предоставляется возможность коренной перестройки всего комплекса, ввиду наличия ряда экономических и технических ограничений. По существу приходится исходить из имеющейся уже системы регулирования рабочих процессов и управления на нижнем уровне, добавляя к ней управление более высокого уровня и осуществляя тем самым интеграцию всего управления системой. Интеграция достигается посредством координации. Следовательно, в системе управления могут быть выделены последовательные уровни принятия решения. На каждом из них обрабатывается информация, поступающая от нижнего уровня, с целью определения управляющих сигналов, соответствующих координирующему воздействиям со стороны вышестоящего уровня. Выделение уровней соответствует вертикальной декомпозиции системы управления.

Кроме того, на каждом уровне может быть осуществлена горизонтальная декомпозиция. При этом производится выделение функциональных задач, решение которых мало связано, или совсем не связано с другими задачами этого же уровня.

Горизонтальная декомпозиция первого уровня системы соответствует декомпозиции технологического процесса. Для этого в нем выделяют локальные участки. Управление каждым из них слабо зависит от управления соседними участками.

Локальные системы управления получают информацию об объекте и реализуют управляющие воздействия на объект. Поэтому именно локальные системы являются основой декомпозиции всей системы управления и, как правило, эффективность управления технологическими процессами определяется качеством работы локальных систем.

Число уровней управления, расположенных над локальными системами зависит от многих факторов. К ним прежде всего

относятся: организационная структура системы управления, используемые технические средства, территориальное расположение локальных систем и др.

Поскольку иерархическая система управления образована взаимосвязанными уровнями, каждый из которых в свою очередь иерархичен по своей структуре и подлежит разбиению, то процесс деления можно продолжать до тех пор, пока не будет достигнут уровень элементарных подсистем.

Одна из известных декомпозиционных моделей (работы В.Г. Лазарева и Е.И. Пиль), рассматривает организацию системы управления технологическими процессами как иерархию с двумя уровнями. Такая модель управляющего автомата содержит управляющие устройства процессами на нижнем уровне (уровень автоматизации) и один координирующий блок верхнего уровня (уровень координации). Наличие центрального блока программного управления, являющегося координирующим устройством, позволяет довольно просто заменять программу управления без изменения всей структуры управляющего автомата.

Однако, координирующее устройство может быть представлено в виде блочной структуры (работы В.В. Алесячкина и С.А. Едицкого). Блочное построение резко снижает размерность и сложность описания управляющего автомата.

В настоящее время не существует формальных средств, позволяющих адекватным образом и единным языком описывать разнобразные процессы на разных уровнях иерархии. В связи с этим каждый уровень описывается с помощью разных языковых конструкций.

При исследовании вопросов повышения эффективности действующих производств и проектирования иерархических систем управления ими возникают две группы задач. Это прежде всего задачи анализа объекта управления, включающие расчет показателей эффективности работы технологического оборудования с учетом их возможного увеличения и повышения качества выпускаемой продукции. Кроме того, задачи синтеза автомата, целью которых является построение схемы управляющего автомата в целом и отдельных его блоков на разных уровнях иерархии управления. Среди работ, которые широко освещают вопросы анализа и синтеза автоматов для нижнего уровня управления следует отметить работы советских и зарубежных авторов, среди них работы В.М. Глушкова, И.А. Гаврилова,

Н.Е. Кобринского, Д.А. Постпелова, М.А. Айзермана, А.А. Талия, Э.А. Якубайтиса, С. Колдуэлла, Г. Мили, Э. Мура, Дж. фон Неймана, Дж. Уалфмана и др.

Известные иерархически организованные двухуровневые системы управления являются не оптимальными, поскольку не оптимизирован порядок взаимодействия управляющих блоков, составляющих нижний уровень управляющего автомата.

В связи с этим в работе предлагается декомпозиционная модель управления в виде трехуровневой иерархической структуры, которая может служить элементарным модулем при построении сложной многоуровневой дискретной системы управления и отражает все цели управления: автоматизацию технологических процессов, координацию управляющих блоков нижнего уровня и оптимизацию управления (рис. 1).

В химической промышленности важными аргументами в пользу иерархического подхода при управлении являются сложность самих технологических схем, состоящих из ряда параллельных операций, а также сложные взаимодействия между отдельными процессами производства. Одним из следствий сложного взаимодействия процессов является возникновение "узких мест", которые замедляют темпы производства.

Химическое производство стеклообразных полимеров, и, в частности, органического стекла относится к классу непрерывно-дискретных производств, характеризующихся наличием циклов, т.е. промежутков времени, через которые повторяется некоторый непрерывный производственный процесс. Химический процесс не расчленен во времени внутри цикла, и поэтому требует непрерывного управления, учитывающего его динамику. Поскольку учет динамики производства между циклами будет проще, чем внутри цикла, то управление производством от цикла к циклу можно считать преимущественно статическим. По окончании очередного цикла есть возможность полностью оценить полученный полуфабрикат и технико-экономические показатели процесса (производительность его, себестоимость продукции и др.).

Решение задачи увеличения производительности действующего технологического оборудования и повышения качества выпускаемого полимера начинается с разработки локальных подсистем управления. Для чего проведена горизонтальная декомпозиция технологического процесса изготовления органического

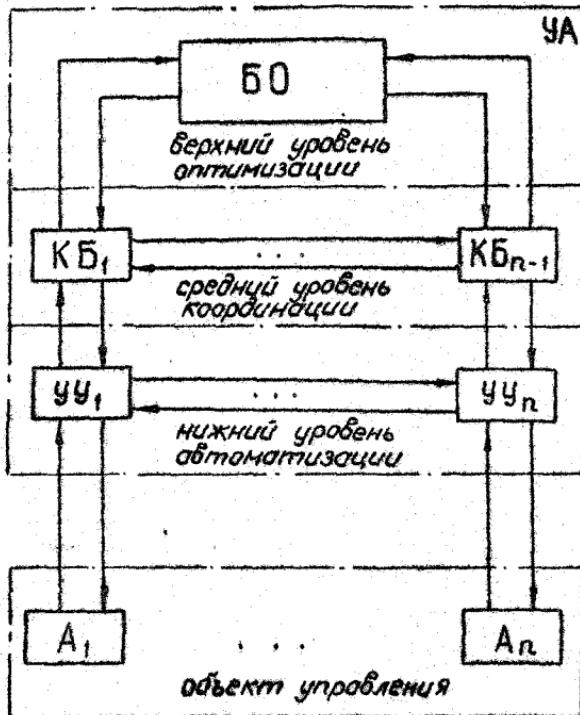


Рис. 1. Трехуровневая модель управления:
 БО - блок оптимизации; КБ_j - координирующий
 блок; УУ_j - управляющее устройство;
 А_i - агрегат объекта управления (ОУ);
 УА - управляющий автомат

стекла. В результате выделено пять основных локальных участков, каждый из которых состоит из параллельных линий, а именно: процесс приготовления формополимерной смеси, процесс заливки смеси в стеклянные формы, процесс формоукладки, процессы загрузки тележек с формами в конвейеры воздушной полимеризации и конвейеры сухой разъемки.

Учитывая сложность производственного процесса изготовления оргстекла, низкий технический уровень автоматизации существующего производства на первом этапе разработаны алгоритмы управления каждым из пяти основных процессов производства.

При разработке алгоритмов управления нижнего уровня использована стандартная позиционная структура и ориентированный на нее языки циклических процессов ЯЦП и графы циклических процессов ГЦП. Формализованное описание условий работы управляющих устройств представлено в виде ориентированных графов операций. На рис. 2 приведен пример одного из пяти разработанных алгоритмов управления. Использование графа в качестве математической модели управления является весьма удобным, т.к. он дает наиболее полное и наглядное представление о системе управления. Здесь A_0 - оператор начала работы системы, спарторы $A_1 - A_{16}$ осуществляют последовательность необходимых технологических операций. Логические условия $Q_1 - Q_{16}$ характеризуют начало каждой операции.

Существенное значение для успешного решения задачи автоматизации имеет организация сбора первичной информации процесса. Наряду с использованием стандартных датчиков были проведены поиски средств контроля качества химического полупродукта и средств управления для выработки управляющих воздействий. В результате разработаны пневматические схемы вискосиметра и устройства для управления поршневым пневмоприводом.

Однако разработанные алгоритмы управляющих устройств, составляющих нижний уровень иерархии управления, не решают задачу координации управляющих блоков при взаимодействии технологических процессов.

Проведенный анализ процессов изготовления оргстекла выявил "узкое место" производства по производительности оборудования при переходе из отделения формоукладки к кон-

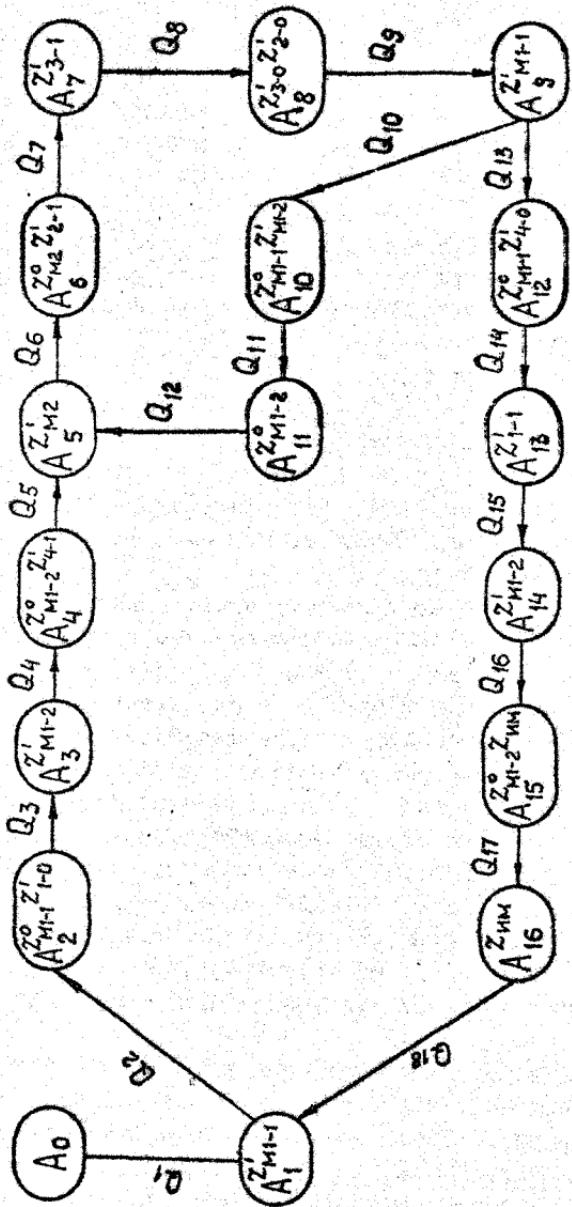


Рис. 2. Алгоритм управления процессом
формуляции

вейерам воздушной полимеризации, которое характеризует сложное взаимодействие двух смежных процессов, один из которых состоит из ряда параллельно-функционирующих агрегатов. В связи с этим возникла необходимость разработки среднего уровня координации, задачей которого является обеспечение заданного порядка и очередности взаимодействия управляющих блоков.

Координация - это один из механизмов для достижения интеграции производства. Проблема координации при многоуровневом управлении связана прежде всего с определением взаимодействия нижестоящих блоков. При этом работа координирующего уровня сводится к выбору способа координации и выбору координирующих воздействий. Решение этих задач для производства оргстекла проведено с помощью метода, предложенного в работах В.В. Алешечкина, основой которого является выделение различных признаков взаимодействия агрегатов (по виду схемы соединения, по типу технологических операций, по очередности работы) и разработкой соответствующих координирующих блоков, организующих заданный порядок работы управляющих блоков нижнего уровня иерархии управления производством. Связь в этом случае задается путем отождествления выходных переменных одного блока с входными другого.

В результате описания уровня координации для управления процессами производства стеклообразных полимеров все взаимодействия управляющих блоков представлены в виде схем композиций, которые учитывают характер взаимосвязи и порядок передачи полупродуктов.

В зависимости от функций, реализуемых в системе управления и учитывая составленные схемы композиций проведен выбор типовых координирующих блоков. При этом использованы альтернативный P_A и дизъюнктивный P_D распределяющие блоки. Порядок очереди взаимодействия управляющих блоков устанавливается с помощью системы приоритета, в частности, для распределяющего блока P_D используется приоритет по рангу готовности. Алгоритм работы P_D при взаимодействии процесса формоукладки с процессом загрузки конвейеров полимеризации описывается выражениями булевой алгебры:

$$\begin{aligned} Y_r &= X_{r_1} \vee X_{r_2} \vee X_{r_3} \vee X_{r_4} \vee X_{r_5} \vee X_{r_6} ; \\ X_p &\equiv Y_p = Y_{p_1} = Y_{p_2} = Y_{p_3} = Y_{p_4} = Y_{p_5} = Y_{p_6} . \end{aligned}$$

При создании среднего уровня системы управления технологическими процессами производства органического стекла разработаны три алгоритма координации. Взаимодействие групп управляемых блоков процесса полимеризации с группой управляемых блоков процесса дополнительной полимеризации может быть осуществлено с помощью механического блока, который накопив поступающий полу-продукт после полимеризации будет загружать его в любой свободный конвейер дополнительной полимеризации. В этом случае не используется координация блоков, а происходит лишь простая передача полу-продукта в любой свободный агрегат.

Разработанные алгоритмы координации просты, нетрудоемки и дают наглядное представление о характере взаимодействия управляемых блоков нижнего уровня.

Однако передача полу-продукта из отделения формоуладки в конвейеры воздушной полимеризации производится по схеме, содержащей диэлектронный распределитель, работа которого не является строгим законом распределения полу-продукта в параллельно-функционирующие идентичные конвейеры. В связи с этим возникает задача оптимизации управления процессом организации загрузки действующего технологического оборудования на стадии полимеризации стеклообразных полимеров. В качестве критерия оптимизации выбрана производительность оборудования. Минимизация простоеев конвейеров полимеризации эквивалентна их максимальной производительности.

Суть задачи оптимизации управления состоит в определении алгоритма оптимизации, при котором критерий оптимизации принимает экстремально возможное значение. Структурно оптимизация управления процессами производства стеклообразных полимеров представлена в виде блока оптимизации (рис. 1).

Задачу оптимального распределения загрузки по конвейерам полимеризации можно отнести к классу так называемых транспортных задач. Решение задачи состоит в разработке алгоритма оптимального управления в конкретной постановке, что и сделано для производства оргстекла и проведена его реализация на ЭЦВМ ЕС-1022 с помощью разработанной программы на языке ПЛ-1.

Разработана в общем виде математическая модель верхней ступени предлагаемой иерархии трехуровневого управления, являющаяся модификацией задачи транспортного типа, в частности распределительной задачи. Алгоритм оптимизации имеет вид:
минимизировать линейную форму

$$F = \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n C_{lj} X_{lj}$$

при условиях

$$a_j S_j \leq \sum_{l=1}^m X_{lj} \leq a_j , \quad j = \overline{1, n} ;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{lj} \leq b_l , \quad l = \overline{1, m} ;$$

$$X_{lj} \geq 0 , \quad l = \overline{1, m} , \quad j = \overline{1, n} .$$

Здесь через m и n обозначены количество конвейеров и материалов соответственно. X_{lj} - число партий тележек j -го материала, выпускаемого на l -ом конвейере, a_j - количество тележек в партии, S_j - число смен, $a_j S_j$ - план выпуска продукции, b_l - ресурс каждого конвейера, λ_j - коэффициент, выраженный произведением времени t_j подготовки единицы для приготовления j -го материала и величины партии R_j этого материала.

Отличительными особенностями разработанной математической модели оптимального управления процессами производства стеклообразных полимеров от классической транспортной задачи являются ограничения снизу и сверху для величин X_{lj} . Наличие ограничения снизу обуславливается заданием плана выпуска j -го материала, а сверху - техническими возможностями технологического оборудования.

Для решения задачи оптимизации применяется симплекс-метод.

Очевидно, что математическая модель оптимизации управления отражает основные свойства объекта, в том числе возможную зависимость от параметров. Однако в силу ряда причин математические модели отличаются от описываемых реальных объектов. Кроме того, само управление в результате неидеальности элементов и устройств, реализующих его, будет отличаться от расчетного. Все это приводит к нарушению условий

оптимальности. В связи с этим чрезвычайно важной становится проблема оценки чувствительности оптимального управления к вариациям параметров объекта. Поэтому в работе проведен анализ чувствительности разработанной математической модели оптимизации управления технологическими процессами производства стеклообразных полимеров. Для исследования чувствительности использован обобщенный метод потенциалов. Проведенное исследование показало оптимальность решения математической модели, что является подтверждением ее работоспособности.

Существенное влияние на деятельность трехуровневого управляющего автомата оказывает его нижний уровень. На этом уровне осуществляются функции контроля и управления физическими процессами производства продукции. К нему относятся входные и выходные устройства, измерительные приборы и средства индикации. Здесь ведется текущий контроль за основными технологическими параметрами, производится контроль за качеством ведения процессов. Поэтому можно считать, что нижний уровень является определяющим при организации управления всем производством. И, следовательно, большую роль играет реализация алгоритмов управления этого уровня, который определяет надежность работы всей системы управления.

Подсистемы нижнего уровня иерархии управления влияют на вышестоящие уровни как непосредственно, так и косвенно, снабжая их всей запрашиваемой информацией и принимая необходимые решения. Конечный успех действия всей системы управления зависит от того, как работают подсистемы нижнего уровня.

Выбор технических средств реализации принципиальных схем управляющих устройств основного уровня иерархии управления осуществлен прежде всего по конкретным условиям эксплуатации устройств, а также по характеристикам этих средств. Помимо того, учитывались основные факторы, которые определяют область рационального применения технических средств. К ним относятся быстродействие, надежность, пожаро- и взрывобезопасность, воздействия окружающей среды, а также вид энергии технологического объекта управления.

Реализация нижнего уровня системы управления процессами изготовления оргстекла проведена с помощью современных технических средств пневмоавтоматики - элементов систем ЦМКИ и УСЭППА. Выбор пневматических средств обусловлен тем, что в

производство стеклообразного полимера основу исполнительных механизмов составляют пневматические устройства и используются в основном пневматические датчики. Кроме того, сам технологический процесс по своей природе похаровероопасен. Важное значение имеет также и то, что применение пневматики является обоснованно традиционным для автоматизации производственных процессов химической промышленности.

Для циклических процессов действующего химического производства органического стекла разработка функциональных схем управляющих устройств произведена с помощью формализованной процедуры на базе макромодулей пневматической системы ЦИКЛ, блоки которой построены агрегатным способом из унифицированных типовых узлов. При этом по всем алгоритмам управления определены уравнения, описывающие функциональные блоки устройств, и произведена структурная реализация блоков.

Уравнения блоков устройства управления составлены по формализованному описанию технологического процесса на языке циклических процессов ЯЦП для рабочего режима работы. Наладочный режим не рассматривается. Функциональные схемы дискретных управляющих устройств для пяти основных процессов производства оргстекла состоят из трех блоков: блока логических условий (БЛУ), индикации операций (БИО) и блока выходов (БВ). Уравнения блоков имеют вид:

$$\text{БЛУ: } Q_1 = U \beta_1, \quad U = \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4;$$

$$Q_2 = X_1 X_5 \cdot 0;$$

$$\dots$$

$$Q_{11} = \bar{X}_4,$$

здесь Q_i - логические условия перехода к данной операции; β_1 - входное воздействие от внешнего фактора (сигнал "пуск"), $X_i X_j$ - логическое умножение (операция "И"). Сигналы индикации, выработанные в БИО имеют вид:

$$a_1 = T(Q_1 a_{10}; a_2);$$

$$a_2 = T(Q_2 a_1; a_3);$$

$$a_{10} = T(Q_{10} a_9; a_1),$$

где a_{i-1}, a_{i+1} - переменные для сигналов индикации предшествующей и последующей операций процесса. Эти сигналы далее проходят на соответствующие ячейки блока выходов.

Уравнения БВ имеют вид:

$$Z_1 = Q_1 \vee Q_{H1};$$

$$Z_{M5} = Q_4 \vee Q_{H15},$$

где Z_i - выходные сигналы, которые воздействуют на соответствующие исполнительные органы объекта управления; $-$ логические условия для наладочного режима работы управляющего устройства.

Переход от одной операции цикла к другой осуществляется при условии завершения предыдущей операции и выполнении определенного логического условия.

Согласно функциям БЛУ, БИО и БВ сделан подбор макромодулей системы ЦИКЛ. В результате подбора описаны схемы основных устройств управления всех пяти технологических процессов изготовления полимера содержат макромодули функциональных усилителей, командных циклических, универсальной логики и временные.

Используемые пневматические элементы универсальны и надежны в работе, что в значительной степени гарантирует эффективную работу всей иерархической системы, состоящей из трех уровней управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в работе исследования позволили получить следующие основные теоретические и практические выводы и результаты.

1. Анализ действующего химического производства органического стекла как объекта управления, показал, что методика построения трехуровневой иерархической системы управления технологическими процессами изготовления стеклообразных полимеров должна с одной стороны обеспечить управление самими процессами производства, что осуществляется управляющими устройствами, а с другой стороны - оптимально координировать работу этих устройств для параллельно-функционирующих линий производства с помощью координирующего и оптимизирующего блоков. Это позволяет обеспечить максимальную производительность действующего технологического оборудования, ликвидировать "увязое место" в производстве полимеров, повысить качество выпускаемой продукции, а также учесть наличие в химическом производстве параллельных идентичных процессов.

2. Иерархическую систему управления циклическими процессами производства стеклообразных полимеров целесообразно строить как трехуровневую, состоящую из нижнего уровня, который представляет собой множество управляющих блоков, среднего уровня - множество координирующих блоков, управляющих работой нижнего уровня иерархии, и верхнего уровня, представленного одним блоком оптимизации управления.

3. Разработанные алгоритмы нижнего уровня иерархической системы управления технологическими процессами производства стеклообразных полимеров являются формализованным описанием условий работы дискретных управляющих устройств на языке циклических процессов, с помощью которых управляют физическими процессами производства.

4. Задача координации среднего уровня отражает технологические взаимодействия управляющих устройств нижнего уровня управления изготовлением стеклообразных полимеров, учитывая в конкретном производстве наличие параллельных участков. При этом каждый алгоритм представляет собой определенный закон координации, описанный с помощью графа передачи продукции.

5. Математическая модель верхней ступени иерархии управления технологическими процессами производства стеклообразных полимеров представляет собой модификацию транспортной задачи линейного программирования, которая учитывает технико-экономические показатели конкретного производства и позволяет оптимизировать всю систему управления по производительности. Блок-схема алгоритма оптимизации реализована на ЭЦВМ с помощью составленной программы, что позволяет получить оптимальный график загрузки параллельно-работающих конвейеров "узкого места" производства оргстекла на стадии его полимеризации с учетом плана выпуска полимеров и технических возможностей действующего технологического оборудования.

6. Исследование математической модели оптимального управления технологическими процессами производства стеклообразных полимеров на чувствительность при вариациях ее параметров показало оптимальность решения, что является подтверждением работоспособности модели.

7. Наличие в производстве оргстекла пневматических исполнительных органов и датчиков первичной информации, а

также использование формализованной процедуры построения дискретных управляющих устройств на базе элементов пневматической системы ЦИКЛ позволяет реализовать нижний уровень управления процессами изготовления оргстекла с помощью современных пневматических средств. При этом для контроля качества полимеров разработана пневматическая схема индикатора вязкости, а для управления запорной арматурой - схема управления поршневым пневмоприводом.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Ефремова К.Д. К вопросу применения средств пневмоавтоматики в процессах приготовления технологических смесей. - В кн.: Динамика гидропневматических систем. - Научн. тр. / Челяб. политех. ин-т, 1978, № 197, с. 7-14.

2. Ефремова К.Д. Пневматическая система управления процессом приготовления многокомпонентных смесей. В кн.: Гидравлика и пневмоавтоматика в управлении производственными процессами и в робототехнических системах: Тез. докл. региональной конф. Челябинск, 1980, с. 36.

3. Бургвиц А.Г., Ефремова К.Д. Пневматическая система управления процессом получения форполимеров. - В кн.: Динамика гидропневматических систем. - Научн. тр. / Челяб. политехн. ин-т, 1981, № 267, с. 64-71.

4. Ефремова К.Д. Пневматическая система управления формоукладкой. - Механизация и автоматизация производства, 1979, № 12, с. 11-12.

5. Бургвиц А.Г., Ефремова К.Д. Применение пневмоавтоматики для управления производством стеклообразных полимеров. - В кн.: Пневмоавтоматика: Тез. докл. XІУ Всес. совещания по пневмоавтоматике. - И., 1982, с. 142.

6. Бургвиц А.Г., Ефремова К.Д. Пневматическая система экстремального управления процессом получения оргстекла. - В кн.: Тез. Всес. симпозиума по пневматическим (газовым) приводам и системам управления. - Тула, 1981, с. 53.

7. Ефремова К.Д. Оптимальное управление процессом полимеризации оргстекла. - В кн.: Динамика гидропневматических систем. - Научн. тр. / Челяб. политехн. ин-т, № 267, с. 71-76.

8. А.с. 590496 (СССР). Устройство для управления поршневым приводом / А.Г. Бургвиц, К.Д. Ефремова, Г.И. Имайлов, В.И. Лагода, Б.И. Тарасенко, М.И. Сагаконь. - Опубл. в Б.И., 1978, № 4.

9. А.с. 705309 (СССР). Устройство для измерения вязкости жидкостей / А.Г. Бургвиц, К.Д. Ефремова, В.И. Лагода. - Опубл. в Б.И., 1979, № 47.

Берн