

М 491685
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ИВОННСКИЙ ВЕНИАМИН ИОСИФОВИЧ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ

Специальности

08.00.28 - Организация производства

08.00.13 - Экономико-математические методы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1990

Работа выполнена на Куйбышевском заводе аэродромного оборудования.

Научный руководитель - доктор экономических наук,
профессор Парамонов Ф.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
доцент Колобов А.А.
- кандидат экономических наук
Пастухов Г.М.

Ведущее предприятие - Куйбышевское моторостроительное
производственное объединение
им. М.В.Фрунзе

Защита диссертации
на заседании спе-
циального совеща-
ния в Московском го-
сударственном
университете
им. Н.Э.Баумана
в зале
печата

10 1990 года

15.16 в

ете имени
нская ул., 5

заверенный
адресу.
еке МГТУ.

М491685

90 года.

Т.Г.Садовская

Объем 1,0 п.л.
им. Н.Э.Баумана

Актуальность проблемы. Кризисное состояние экономики нашей страны в настоящее время стало общепризнанным фактом. Одним из необходимых условий выхода из создавшегося тяжелого положения является включение экономических рычагов, форсирующих перевод народного хозяйства на путь его интенсификации. Непременным требованием при этом должно быть увеличение темпов использования достижений научно-технического прогресса.

Одним из рациональных (исходя из состояния госбюджета) путей, по которым должна идти наука, является доведение до совершенства тех разработок, внедрение которых одерживается не из-за отсутствия заинтересованности со стороны производства, а из-за недостатков, имеющихся в существующих проектах. А особенно это касается научно-исследовательских работ, обещающих получение значительного экономического эффекта, таких, в частности, как разработка автоматизированной системы внутрицехового оперативно-календарного планирования в условиях машиностроительных производств.

М 491695
Анализ состояния вопроса автоматизации внутрицехового оперативно-календарного планирования показывает, что в существующих разработках отсутствует автоматизированная функция оперативного регулирования хода производства, в то время как для наиболее сложных условий производства (при мелкосерийном и среднесерийном типе его) она абсолютно необходима. Неизбежность возникновения отклонений от любого заранее запланированного хода производства заставляет нас сделать вывод о том, что автоматизированная система в таких условиях будет работоспособной только тогда, когда она сможет обеспечить и оперативную обработку сообщений об отклонениях, и оперативное изменение дальнейшего хода производства, обусловленное возникшими отклонениями. Все эти соображения привели к определению основных принципов моделирования процесса производства в АСУ и к выработке концепции формирования динамической модели производственного процесса.

Первый принцип, определяющий условия построения модели производственного процесса, заключается в необходимости достижения адекватности управляемого объекта - участка - и той его модели, которая зафиксирована в АСУ. Несмотря на очевидность этого положения, приходится констатировать, что оно до сих пор полностью не выполняется.



Дело, в частности, в том, что до сего времени во всех работах, касающихся моделирования работы участка дискретного производства, авторы либо рассматривали этот процесс через призму фиксации модели на непрерывной временной оси (а такая модель может отобразить только работу рабочих мест с одинаковой сменностью), либо относили моделирование для рабочих мест, функционирующих с различной сменностью, к частным случаям и не придавали разработке теории необходимой глубины. Поэтому в практике проектирования АСУ пользовались либо искусственным приемом приведения модели к условиям одинаковой сменности на рабочих местах, не дававшим точных значений начала и конца выполняемых на участке работ, либо имитационным методом моделирования, который не обеспечивал построения модели для наиболее эффективных форм организации производства на участке.

Поэтому в данной работе изложена теория моделирования производственного процесса в подразделении, на рабочих местах которого установлена произвольная сменность работы. Свобода организации производства в подразделении при этом практически ничем не ограничена: разработанная система моделирования обеспечивает точный расчет координат модели для последовательной, параллельной и параллельно-последовательной обработки.

Целью выполненной разработки явилось создание инструмента, обеспечивающего математическое моделирование производственных процессов в указанных условиях, а объектом исследования — модель процесса производства.

Модель производственного процесса рассматривается в работе как информационная конструкция, в которой отображены моменты времени начала и окончания всех работ, включенных в план, с идентификацией выполняемой работы и рабочего места, выполняющего работу. Любой зафиксированный в модели момент времени носит название временной координаты того или иного события. Как принято, отсчет значения временной координаты ведется по оси времени, нуль которой установлен в начало планового периода, а точнее — в начало первой смены первых суток этого периода.

С сформулированных таким образом позиций в работе выполнен анализ процедурного состава алгоритмов построения моделей процесса производства с различной его организацией, а также моделей, реализуемых при различных методах оптимизации модели.

Этот анализ дал возможность, во-первых, произвести классификацию структур моделей с точки зрения алгоритмизации процесса моделирования и, во-вторых, определить набор вычислительных процедур, наличие которого обеспечивает реализацию любого из рассмотренных алгоритмов моделирования. Вся эта предварительная часть работы выполнена, естественно, на основе фиксации моделей на непрерывной оси времени.

А основным содержанием работы является "перенос" установленного набора вычислительных процедур, необходимых при моделировании, в условия формирования модели на осях рабочего времени рабочих мест, работающих с произвольной сменностью. В результате был разработан математический аппарат моделирования для указанных условий, который, будучи использован в стандартном программном обеспечении АСУ, устраняет (при подготовке прикладных программ) все проблемы, связанные с моделированием на прерывистых осях рабочего времени.

Методология, методика и использованные материалы. Методологической основой проведенных исследований по поставленной проблеме послужили основы материалистической теории и марксистско-ленинский диалектический метод. В процессе работы над диссертацией автор использовал свой опыт, накопленный в результате практической деятельности и изучения опубликованных в печати работ советских и зарубежных специалистов в области вычислительной техники, системной техники, систем управления и организации производства. Основная направленность исследований диктовалась решениями апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС, XXVII съезда КПСС и ряда последующих заседаний Политбюро ЦК КПСС и Совета Министров СССР.

Математические методы проведенных исследований базируются на аппарате линейной алгебры, алгебры целых чисел, геометрии и математического моделирования; при выборе наиболее эффективных решений и практической реализации теоретических разработок использовались знания в области вычислительной техники и программирования.

Научная новизна. Вся работа, за исключением ее первой главы, представляет собой новый, ранее отсутствовавший раздел теории моделирования производственных процессов в низшем звене дискретного производства - участке - при любой форме и любом ме-

тоде организации производства и на любой стадии автоматизированного планирования. Новизна заключается в том, что разработанная теория существенно расширяет границы области применения математического моделирования производственных процессов: оно может теперь применяться в условиях произвольной сменности, установленной на рабочих местах участка.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что математические выводы разработанной теории представляют собой целостный математический аппарат, обеспечивающий автоматизированное моделирование производственных процессов в условиях произвольной сменности, установленной на рабочих местах. Этот математический аппарат был использован при разработке стандартного программного обеспечения для автоматизированных систем управления работой участка.

Реализация и апробация. В апреле 1981 г. совместным приказом Министра авиационной промышленности СССР и Министра высшего и среднего специального образования РСФСР на научной базе Куйбышевского политехнического института была образована отраслевая научно-исследовательская лаборатория № 12 "Организация и управление производством авиационного агрегатостроения", перед которой была поставлена задача разработки и внедрения автоматизированной системы управления групповой поточной линией (АСУ ГПЛ). ОНИЛ-12 была размещена на территории Куйбышевского завода аэродромного оборудования, и завод, став (на основании договора) основной производственной базой для отработки АСУ, принял посильное участие в проводимой работе.

В 1983 г. перед объединенным коллективом проектировщиков АСУ возникла проблема формирования модели производственного процесса на рабочих местах ГПЛ, работающих с различной сменностью. Автором данной статьи сначала была решена возникшая проблема, а затем — по результатам ее решения — было разработано стандартное программное обеспечение (в виде процедур-функций и процедур-подпрограмм), реализующее выведенный математический аппарат на языке ПЛ/I. Затем эта библиотека стандартных процедур (ЕСП), обеспечивающая моделирование в условиях произвольной сменности работы оборудования, была успешно использована в прикладных программах АСУ ГПЛ, ориентированных на ЕС ЭВМ.

Основные результаты проделанной работы докладывались на координационном Совещании по проблеме "Управление эффективно-стью производства (направление "Совершенствование управления производством на базе экономико-математических методов и автоматизированных систем)"", проходившем в г.Куйбышеве в 1984 г.

Публикация. Материалы, касающиеся разработанной системы моделирования в условиях произвольной сменности работы оборудования, содержатся в работах, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и заключения, изложенных на 150 страницах машинописного текста. Текст диссертации хорошо подкреплён иллюстративным материалом (в работе - 42 рисунка).

В начале первой главы работы рассмотрено состояние вопроса автоматизации оперативно-календарного планирования в условиях машиностроительных производств и отражены проблемы внедрения автоматизированных систем ОКП; доказана необходимость оснащения систем этого класса функцией оперативного регулирования хода производства; введено понятие динамической модели производственного процесса, которая может обеспечить оперативное регулирование, и сформулированы основные принципы моделирования при формировании такой модели; поставлена, исходя из сделанных выводов, задача исследования.

В остальных трёх параграфах главы проведен детальный анализ влияния особенностей организации производства и соглашения о методе оптимизации модели на процедурное содержание вычислительного процесса моделирования. С этой целью рассмотрены модели, характерные для различных форм движения партий деталей при обработке, проанализирован математический аппарат основных методов оптимизации модели, исследованы алгоритмы формирования различных структур совокупной модели многопредметной и многооперационной обработки.

В начале второй главы выполнена классификация разновидностей моделей производственных процессов, основанная на особенностях алгоритмизации процесса конструирования модели, и сделан анализ моделей разных классов. Анализ показал, что для обеспечения моделирования производственного процесса необходимо и достаточно набора из четырех вычислительных процедур.

Далее во второй главе дана разработка процедур, алгоритмы которых относятся к математическому аппарату общего назначения, т.е. необходимыми при построении (на разномосненнх рабочих местах) модели любого производственного процесса:

- алгоритма расчета количества рабочего времени, заключенного между двумя временными координатами;
- алгоритма расчета второй временной координаты выполнения работы;
- алгоритма преобразования временных координат начала и конца работы в календарно-плановые данные.

Третья глава посвящена теории связи рабочих мест и разработке специальных алгоритмов, необходимых только при моделировании процесса производства, организованного параллельно-последовательным методом. Здесь приведены все алгоритмы расчета временной координаты наиболее раннего начала работы на принимающем рабочем месте.

В четвертой главе изложено несколько вопросов, связанных с той или иной стороной практического использования разработки.

Разработка стержневого варианта математического аппарата системы моделирования выполнялась на основе упрощенной схемы условий организации производственного процесса, что было оправдано лишь на первой стадии исследований. Поэтому здесь рассмотрены те изменения в математической формулировке алгоритмов, которые должны быть введены при применении системы моделирования в условиях отклонений в производственной обстановке. Рассмотрена модифицированная форма двух алгоритмов при изменении начальных условий, в которых применяются процедуры, а также модификация специальных алгоритмов в следующих случаях:

- при условии непостоянства размера партии одноименных деталей при обработке на различных рабочих местах;
- при установлении переменной величины времени обработки передаточной партии деталей.

Здесь же рассмотрены вопросы практической реализации разработанной системы моделирования для эксплуатации в АСУ, приведены программные модули, составившие библиотеку стандартных процедур, даны эксплуатационные характеристики этих модулей. Последние два параграфа посвящены перспективам в области совершенствования системы моделирования и оценке экономического эф-

фекта от внедрения практической реализации системы моделирования.

Основные результаты. Разработка нового раздела теории моделирования процесса производства позволила создать математический аппарат, обеспечивающий выполнение всех стандартных вычислительных процедур, необходимых при формировании модели производственного процесса на разносменных рабочих местах.

Общая схема условий организации производственного процесса, положенная в основу разработки математического аппарата моделирования, такова:

- производственное подразделение является звеном низшего уровня управления дискретного производства и представляет собой совокупность какого-то количества рабочих мест;
- процесс производства в подразделении может быть организован любым методом;
- в подразделении установлена S_0 -сменная работа (длительность смен одинакова и равна t^c), при этом каждое отдельное рабочее место работает с произвольной сменностью S ($S \leq S_0$).

Кроме указанных данных, в формулах широко используются две производные величины:

- длительность C суток для данного производственного подразделения ($C = S_0 t^c$);
- длительность p рабочего периода для данного рабочего места ($p = S t^c$).

Остальные исходные данные будут вводиться по мере необходимости в ходе дальнейшего изложения материала.

При записи формул в работе используется известная математическая символика:

$[X]$ - ближайшее целое число, меньшее или равное X , его "пол";

$\lceil X \rceil$ - ближайшее целое число, большее или равное X , его "потолок";

$X \bmod y$ - остаток от деления X на y : наименьшее положительное число, которое нужно вычесть из y , чтобы результат делился на X без остатка.

Далее будет приведена окончательная математическая фор-

мулировка алгоритмов моделирования производственного процесса на рабочих местах, работающих с произвольной сменностью; при этом в необходимых случаях будут рассматриваться и теоретические вопросы.

Три первых алгоритма образуют общую часть математического аппарата системы моделирования: этот набор необходим для формирования модели производственного процесса при любой его организации.

Алгоритм расчета количества рабочего времени, заключенного между двумя временными координатами t^H и t^K ($t^H \leq t^K$), кроме своего прямого назначения, часто используется для расчета трудоемкости работы, заданной временными координатами ее начала и конца.

Реализуется этот алгоритм расчетом по формуле

$$T = p([t^K/c] - [t^H/c]) + t^K \bmod c - t^H \bmod c.$$

Алгоритм расчета второй временной координаты выполнения работы применяется в тех случаях, когда известна трудоемкость работы и задана одна из временных координат (начала или конца работы); определить нужно вторую, неизвестную, координату.

Для характеристики работы, трудоемкость которой равна T , введена дополнительная величина, названная продолжительностью работы. Продолжительность работы определена как разность временных координат конца и начала работы и обозначается обозначением трудоемкости работы, заключенной в квадратные скобки (при неопределенности квадратные скобки индексируются номером рабочего места, на котором определяется продолжительность работы).

Тогда, если решается прямая задача (по известной временной координате t^H начала работы определяется координата t^K), алгоритм реализуется расчетом по формуле

$$t^K = t^H + [T],$$

если же решается обратная задача (по известной координате t^K определяется координата t^H) - расчетом по формуле

$$t^H = t^K - [T].$$

Продолжительность работы, фигурирующая в обеих вышеприве-

денных формулах, вычисляется либо по формуле расчета минимальной продолжительности работы, либо по формуле расчета максимальной продолжительности. В работе показано, что эти формулы могут быть представлены в четырех различных формах. В форме I, например, формулы имеют вид:

$$T_{\min} = c([\overline{T/p}] - 1) + p(1 - [(T \bmod p)/p]) + T \bmod p,$$

$$T_{\max} = c[\overline{T/p}] - p[(T \bmod p)/p] + T \bmod p.$$

Выбор той или иной формулы для расчета продолжительности работы определяется по результату проверки специальных условий, названных критериями минимальности продолжительности работы. Если условие критерия минимальности удовлетворяется, рассчитывается минимальная продолжительность работы, если не удовлетворяется — максимальная.

При решении прямой задачи условие критерия минимальности имеет вид

$$t^H \bmod c \leq p[(T \bmod p)/p] - T \bmod p,$$

при решении обратной задачи —

$$t^K \bmod c \geq T \bmod p.$$

Алгоритм преобразования временных координат начала и конца работы в календарно-плановые данные. Вычисленные в процессе формирования модели производственного процесса временные координаты t^H и t^K , определяющие начало и конец выполнения работ, предназначены для управления работой того или иного производственного подразделения и должны найти отражение в выходных управляющих документах, но форма представления временных координат не позволяет выполнить их непосредственное занесение в документы. Перед занесением каждая временная координата должна быть преобразована к виду, в котором она будет легко и естественно восприниматься человеком.

Мы считаем, что для этого временная координата должна быть преобразована в номер N_c суток (с начала планируемого периода), номер N_{cm} смены (в данных сутках) и время t_{cm} с начала смены (в минутах).

Важно подчеркнуть, что при моделировании на прерывистой оси рабочего времени должно быть обеспечено не просто преобразование временных координат, а преобразование координат начала или конца работы. Объясняется это спецификой преобразования временных координат, совпадающих с границами смен. Если, например, точка конца второй смены (на двухсменном рабочем месте) будет соответствовать координате начала работы, то она должна быть преобразована в нуль времени с начала первой смены следующих суток. Если эта же точка будет координатой конца работы, ее следует трансформировать в 480 мин. с начала второй смены в данных сутках.

Для реализации такого алгоритма преобразования выведены шесть формул. Преобразование временных координат t^H производится по формулам:

$$N_c^H = \lfloor (t^H + c - p) / c \rfloor + 1,$$

$$N_{cm}^H = \lfloor (t^H \bmod c) / t^c \rfloor \bmod S + 1,$$

$$t_{cm}^H = t^H \bmod t^c;$$

координаты t^K преобразуются по формулам:

$$N_c^K = \lceil t^K / c \rceil,$$

$$N_{cm}^K = (\lceil (t^K \bmod c) / t^c \rceil - 1) \bmod S + 1,$$

$$t_{cm}^K = t^K \bmod t^c + (1 - \lceil (t^K \bmod t^c) / t^c \rceil) t^c.$$

Алгоритм расчета временной координаты наиболее раннего начала работы на принимающем рабочем месте при параллельно-последовательной обработке составляет специальную часть математического аппарата системы моделирования. Он необходим только в том случае, когда процесс обработки организован параллельно-последовательным методом.

Исходные условия применения этого алгоритма формулируются

следующим образом. На двух рабочих местах, связанных подачей деталей, должна быть построена модель процесса параллельно-последовательной обработки партии (из N штук) однотипных деталей. Рабочее место, начинающее обработку первым, будет называться подающим; рабочее место, продолжающее обработку, — принимающим.

Характеристиками, определяющими процесс обработки на подающем и принимающем рабочих местах (с индексами 1 и 2 соответственно), являются: установленная сменность работы — S_1 и S_2 , штучное время обработки детали — t_1 и t_2 . Величина времени обработки передаточной партии деталей выбрана постоянной и равной t_0 . И, наконец, задана временная координата начала обработки на подающем рабочем месте (t_1^H).

Для сокращения записи формул в тексте используется еще несколько производных величин: трудоемкость обработки партии деталей ($T_1 = nt_1; T_2 = nt_2$), длительность рабочего периода на рабочих местах ($\rho_1 = S_1 t^c; \rho_2 = S_2 t^c$, где t^c — длительность смены) и длительность суток (C). Известной считается и координата конца обработки на подающем рабочем месте (t_1^K).

Нужно определить временную координату t_2^H наиболее раннего начала работы на принимающем рабочем месте.

Временная координата, вычисляемая по этому алгоритму, — это тот момент времени, начиная с которого на принимающем рабочем месте может быть начата обработка партии деталей; начала для того, чтобы довести ее до конца в соответствии со всеми требованиями параллельно-последовательной обработки. Подчеркнем, что, если обработка начнется раньше того момента времени, который будет определен данным алгоритмом, довести ее до конца без возникновения перерыва в работе не удастся.

Выводу алгоритма в работе предшествует теоретическая проработка проблем формирования модели на рабочих местах с различной установленной сменностью. Введено понятие фиксации модели по началу (по концу) обработки, изложены два критерия, определяющие характер фиксации модели (локальный и общий критерии фиксации), определены области действия обоих критериев.

Диаграмма с результатами оценки ситуации по локальному и общему критерию приведена здесь для того, чтобы в дальнейшем при изложении алгоритма можно было бы пользоваться установлен-

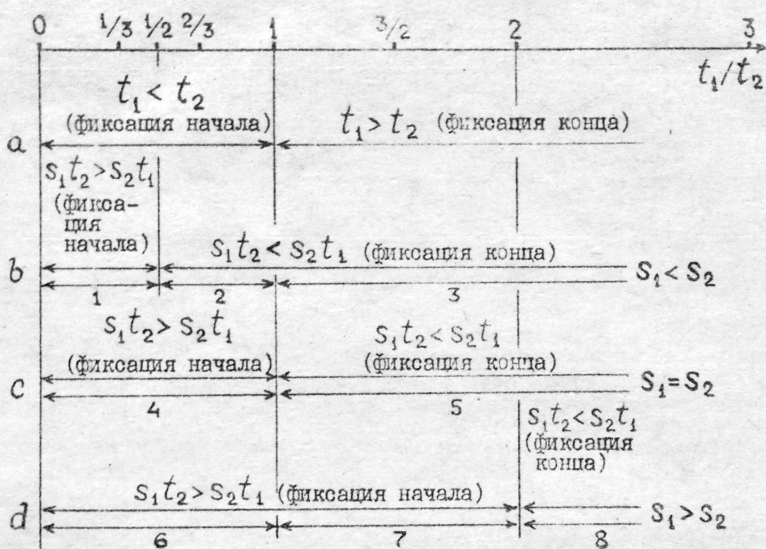


Диаграмма областей и зон результатов применения локального и общего критериев фиксации модели

ными в работе терминами "уровень" и "зона".

На диаграмме изображена полуось положительных действительных чисел, символизирующая множество отношений величин штучного времени обработки (t_1/t_2), на которой отложены значения отношений сменностей (S_1/S_2) и области действия критериев.

Различные области действия критериев в различных ситуациях изображены на нескольких горизонтальных "уровнях".

На уровне **a** диаграммы отложены области действия локального критерия, а на уровнях **b, c, d** - области действия общего критерия при всех возможных соотношениях сменностей на подающем и принимающем рабочих местах, а именно:

- на уровне **b** - при соотношении $S_1 < S_2$ (для иллюстрации взят случай $S_1=1$ и $S_2=2$);
- на уровне **c** - при соотношении $S_1 = S_2$;

- на уровне a^1 - при соотношении $S_1 > S_2$ (для иллюстрации взят случай $S_1=2$ и $S_2=1$).

На уровнях b , c , d отмечены и пронумерованы сегменты (номерами с I по 3), именуемые в дальнейшем зонами, в пределах которых сочетание результатов применения локального и общего критериев остается постоянным.

Далее в работе проделан тщательный анализ процедуры фиксации модели и сформулированы основные правила формирования модели. Выполненная теоретическая проработка конструирования модели параллельно-последовательной обработки дала возможность вывести формулы для расчета координаты t_2^H и разработать алгоритмы их выбора в той или иной ситуации.

Алгоритмы выбора формул для расчета координаты t_2^H здесь не приводятся из-за его сложности. А формулы, по которым выполняется расчет искомой координаты в зонах I-3, приведены ниже.

$$1. t_2^H = t_1^H + t_0; \quad t_2^H = t_1^H + [t_0]_1;$$

$$t_2^H = c[t_1^H/c] + t_0 - [t_2[(p_1 - t_1^H \bmod c)/t_1]]_2.$$

$$2. t_2^H = t_1^H + t_0; \quad t_2^H = c[t_1^K/c] + t_0 - [t_2[(T_1 - t_1^K \bmod c)/t_1]]_2.$$

$$3. t_2^H = t_1^K - [T_2 - t_0]_2.$$

$$4. t_2^H = t_1^H + [t_0]_1.$$

$$5. t_2^H = t_1^K - [T_2 - t_0]_2.$$

$$6. t_2^H = t_1^H + t_0; \quad t_2^H = t_1^H + [t_0]_1; \quad t_2^H = c[t_1^H/c].$$

$$7. t_2^H = c[t_1^H/c]; \quad t_2^H = c[(t_1^H - p_2 + t_0)/c] + p_2 - t_2[f/t_1].$$

$$(f = p_2 - t_0 - t_1^H \bmod c \quad f = p_1 + p_2 - t_0 - t_1^H \bmod c).$$

$$8. t_2^H = t_1^K - [T_2 - t_0]_2; \quad t_2^H = c[(t_1^K - p_2 + t_0)/c] - [T_2 - t_2[f/t_1]]_2$$

$$(f = t_1^K \bmod c - p_2 + t_0 \quad f = p_1 + t_1^K \bmod c - p_2 + t_0).$$

Разработка алгоритмов моделирования в их первоначальной форме производилась на основе сравнительно простой схемы условий организации производственного процесса, и это на первом

этапе проведения исследований было оправдано.

Но в последней главе работы рассмотрен вопрос о том, как сказывается изменение тех или иных условий на особенностях применения алгоритмов моделирования, на специфике их формы, на характере дополнительных вычислительных процедур.

В первую очередь рассмотрены особенности применения алгоритмов моделирования при снятии ограничений на постоянство величины партии деталей и величины времени обработки передаточной партии деталей. В работе показаны варианты формирования модели, которые должны быть реализованы в случаях различной величины партии обрабатываемых деталей на подающем и принимающем рабочих местах, изложено, как изменится последний алгоритм при установке переменной величины времени обработки передаточной партии деталей.

Далее рассмотрена модификация алгоритма расчета количества рабочего времени, заключенного между двумя временными координатами, и алгоритма расчета второй временной координаты выполнения работы при условии возможности расположения исходных координат в нерабочем периоде суток. Так, первый из указанных алгоритмов в этом случае меняет основную расчетную формулу:

$$T = p([t^k/c] - [t^h/c]) + \min\{t^k \bmod c; p\} - \min\{t^h \bmod c; p\}.$$

Все алгоритмы, составившие теоретическую базу системы моделирования производственного процесса в условиях произвольной сменности работы оборудования, запрограммированы автором на языке ПЛ/1 в виде стандартных процедур-подпрограмм и процедур-функций: создана специальная библиотека автоматизации программирования, ориентированная на ЕС ЭВМ. Затем эта библиотека стандартных процедур (БСП) была в полном объеме включена в состав программного обеспечения автоматизированной системы управления групповой поточной линией (АСУ ГПЛ).

С конца 1985 г. проводится этап опытной эксплуатации АСУ ГПЛ на пяти машиностроительных заводах г. Куйбышева. Окончательного ответа на вопрос о возможности промышленной эксплуатации АСУ ГПЛ пока еще нет, но работоспособность программных модулей БСП никаких сомнений не вызывает. В процессе опытной эксплуатации были подтверждены, во-первых — полная достоверность всех теоретических выводов системы моделирования, а

во-вторых - соответствие эксплуатационных характеристик модулей ЕСП тем требованиям, выполнение которых необходимо для обеспечения возможности их использования в автоматизированных системах оперативного управления работой подразделения дискретного производства.

В заключение подчеркнем преимущества, которые получит пользователь при включении в автоматизированную систему ОКП модулей разработанной системы моделирования по сравнению с использованием аппарата имитации произвольной сменности работы оборудования.

При оценке этих двух путей по величине единовременных затрат на внедрение прежде всего отметим, что имитационная модель может быть получена с использованием либо стандартного, либо оригинального программного обеспечения (ПО). Использование стандартного ПО сопряжено с существенными затратами поля оперативной памяти ЭВМ, а разработка оригинального ПО, ввиду его сложности, обходится достаточно дорого. Поэтому включение в АСУ небольших, и к тому же - готовых, стандартных модулей разработанной системы моделирования имеет неоспоримые преимущества перед применением аппарата имитации.

Но основным достоинством системы моделирования в условиях произвольной сменности работы оборудования является то, что только эта система предоставляет средства для построения модели, отображающей наиболее эффективную организацию производственного процесса - параллельно-последовательную форму движения партий деталей по рабочим местам. Никаким другим путем, в том числе - и имитационным, невозможно определить момент, когда на принимающем рабочем месте необходимо начать обработку партии деталей, чтобы довести ее до конца в соответствии со всеми требованиями, предъявляемыми к организации параллельно-последовательного движения.

Экономический эффект, обусловленный именно этим достоинством системы моделирования, за 10 лет ее эксплуатации даже по минимуму можно оценить суммой, равной пяти процентам от стоимости товарной продукции, производимой подразделениями, составляющими объем внедрения системы. Период возврата единовременных затрат при этом в подавляющем большинстве случаев составит менее одного года.

По теме диссертации автор имеет следующие работы:

1. Ивонинский В.И. Алгоритмы точных расчетов при моделировании процесса параллельно-последовательной обработки на групповой поточной линии с произвольной сменностью работы ее рабочих мест//Экономика и управление: Отраслевой научно-технический сборник НИИэкономики. -1984. -4(16). -С.46-55. д.с.п.
2. Моделирование производственного процесса: Отчет по теме "Разработка и совершенствование системы оперативного управления основным производством на базе ЭВМ серии ЕС / КИТИ. Рук. темы Иванова А.С., отв. исп. Ивонинский В.И. ГР № 01830066898, инв. № 0287.0 067833. -Куйбышев, 1986. -79 с.
3. Ивонинский В.И. Вариант оптимизационного моделирования производственного процесса на групповой поточной линии//Управление эффективностью производства с использованием АСУ: Сб. тезисов докладов на Всесоюзной научной конференции. -М., 1984. -С.
4. Парамонов Ф.И., Петров А.И., Ивонинский В.И. Групповые потоки на машиностроительных заводах. -Куйбышев: Книжное издательство, 1970. -95 с.

В.И.И.