05.13.07
Е156

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

УДК 621.774:681.5

Евдонин Анатолий Михайлович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОТДЕЛКИ ОБСАДНЫХ ТРУБ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

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

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Челябинск

1983

ЦГТМ

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор ЦЫГАНКОВ В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ГАФИЯТУЛЛИН Р.Х.,
кандидат технических наук БУСЛЕНКО В.Н.

Ведущая организация – Уральский научно-исследовательский трубный институт.

Защита состоится 198 года, в часов, на заседании специализированного совета К 053.13.04 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола.

Адрес института: 454044, г. Челябинск, пр.им. В.И.Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 198 года.

Ученый секретарь специализированного совета Жабреев В.С.

ЭОХ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь т е м ы. В соответствии с социально экономическими задачами десятой пятилетки и "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" предусматривалось и предусматривается значительное увеличение производства высокопрочных труб, прежде всего нефтяного сортамента. Осуществленная в связи с этим реконструкция технологического процесса отделки обсадных труб Челябинского трубопрокатного завода, потребовала проведения исследований по наиболее эффективной организации нового производственного процесса. Учитывая трудности, связанные с проведением экспериментальных исследований и сложность реального объекта, возникает проблема по согласованию технологического процесса и выбору оптимального количества оборудования, определению эффективности нового процесса и прогнозированию годовой программы производства труб. Решение этих вопросов связано с построением адекватной модели технологического процесса, методики исследования и обоснованием выбора критерия оптимальности, разработка которых усложняется отсутствием исследований по оптимизации объектов прокатного производства в смысле предложенного критерия оптимальности.

Таким образом, разработка и исследование технологического процесса отделки труб, как объекта управления, методом имитационного моделирования является актуальной научной задачей.

Ц е л ь и з а д а ч и р а б о т ы. Основной целью работы является совершенствование технологического процесса участка отделки обсадных труб на основе метода имитационного моделирования. Исходя из поставленной цели, были определены следующие задачи:

а) разработать содержательное описание реконструируемого технологического процесса участка горячей и холодной отделки обсадных труб как объекта управления, необходимое для построения имитационной модели;

б) разработать имитационную модель, алгоритмическое и программное ее обеспечение для исследования технологического процесса с последовательной маршрутной технологией;

в) обосновать критерий оптимальности, разработать эффективный алгоритм его минимизации;

г) провести исследование технологического процесса на имитационной модели для выработки рекомендаций по совершенствованию работы участка отделки обсадных труб.

Челяб...
политехнический ...
научная библиотека

Научная новизна. На основе агрегативного метода моделирования сложных систем разработаны имитационная модель, алгоритмы и комплекс программного обеспечения для исследования нового технологического процесса отделки труб. Наличие модели позволяет осуществить анализ процесса функционирования нового производственного цикла и изучить поведение процесса в зависимости от структуры маршрутной технологии и значений параметров устанавливаемого оборудования.

Предложена методика определения показателей эффективности реконструируемого участка отделки, которая предполагает проведение согласования процесса на основе локальной оптимизации операции и последующей коррекции параметров маршрутной технологии.

Предложен критерий локальной оптимизации, удовлетворяющий противоречивым требованиям, предъявляемым к любой технологической операции: максимальная загрузка оборудования и минимальное время ожидания оборудования полуфабрикатом.

В соответствии с предложенным критерием локальной оптимизации построен алгоритм минимизации функции, заданной имитационной моделью. В отличие от известных, алгоритм более быстродействующий и позволяет определить минимум функции цели на интервале $(0, \infty)$, не задаваясь предварительно числом экспериментов.

Практическая ценность. Результаты работы могут быть положены в основу совершенствования технологических процессов прокатного производства, а также других дискретных объектов, удовлетворяющих условиям рассмотренных задач. В частности, на базе исследований, проведенных предлагаемым методом, выданы рекомендации по оптимальной организации отделки обсадных труб на одной технологической линии.

Реализация работы. Разработанная методика исследования дискретного производственного процесса прошла опытную проверку в ходе решения практических задач при реконструкции трубопрокатного цеха и при выборе оптимального варианта многопультовой системы с разделением времени, созданной в Челябинском политехническом институте.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на:

1) первой Всесоюзной научно-технической конференции "Применение ЭВМ в металлургии", Москва, 1973 г.;

2) Всесоюзном координационном совещании по проблеме "Проектирование и внедрение АСУП", Саратов, 1974 г.;
3) третьей Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции "Достижения и перспективы развития технической кибернетики", Киев, 1975 г.;
4) Всесоюзной научной конференции "Математическое обеспечение автоматизированных систем управления", Москва, 1975 г;
5) Всесоюзной конференции "Стохастические системы управления", Челябинск, 1976 г.;
6) Всесоюзном совещании "Проблемы автоматического контроля и управления в технологическом производстве радиоэлектронной аппаратуры и повышении качества продукции", Новосибирск, 1976 г.;
7) Межвузовской научно-методической конференции "Технические средства и программированное обучение в учебном процессе", Челябинск, 1977 г.;
8) семинаре "Многомашинные комплексы и системы коллективного пользования ЭВМ как техническая база автоматизации проектирования", Челябинск, 1979 г.;

П у б л и к а ц и и. По результатам выполненных исследований опубликовано 7 работ.

О б ъ е м р а б о т ы. Содержание работы изложено на 131 странице машинописного текста, содержит 20 рисунков, 8 приложений объемом 25 листов.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Библиография содержит 71 наименование.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В о в в е д е н и и обоснованы актуальность темы и излагаются положения, выносимые на защиту.

В п е р в о й г л а в е произведен краткий обзор литературы по методам и целям построения имитационных моделей управления технологическими процессами прокатного производства.

Проведение эффективных исследований по совершенствованию объектов управления, подвергающихся реконструкции при условии выполнения производственной программы, невозможно без построения и использования имитационных моделей. В зависимости от класса объекта управления и целей управления могут применяться самые разнообразные модели. Так, для решения задач оперативного управления и

календарного планирования наиболее эффективными являются линейные модели, построение которых основано на методах линейного и динамического программирования, для оценки эффективности производственного процесса на этапе проектирования - модели, построенные на базе теории массового обслуживания, для исследования объектов управления, функционирующих в условиях воздействия большого количества случайных факторов - имитационные модели и т.д.

Анализ работ, посвященных моделированию объектов управления прокатного производства показал, что в настоящее время не существует единого подхода при разработке имитационных моделей управления. Но для широкого класса динамических систем единый подход дает теория агрегативного моделирования, разработанная Н.П.Бусленко. Применяя методы этой теории при формализации элементов системы и в соответствии с критерием оптимальности, нетрудно построить адекватную имитационную модель объекта управления. При этом появляется возможность оптимизации функций, заданных моделирующим алгоритмом. Как показывает опыт разработки таких алгоритмов основным недостатком при их реализации является большой объем вычислительных работ. В связи с этим представляет интерес разработка эффективных, обладающих большим быстродействием алгоритмов минимизации функций, заданных моделирующими алгоритмами.

На основании обзора и в соответствии с поставленной целью, в работе сформулированы задачи исследования.

В т о р а я г л а в а посвящена составлению содержательного описания нового технологического процесса отделки обсадных труб.

Содержательное описание, являясь первым шагом на пути формализации технологического процесса, содержит сведения о физической природе исследуемого объекта управления и количественных характеристиках, полученных хронометрированием работы операций, общих для существующего и нового технологических процессов. Базой для составления содержательного описания является наличие плана реконструкции цеха и технической документации, а также результаты наблюдения за существующей маршрутной технологией.

Существующий технологический процесс производства труб в цехе разделяется на две маршрутные схемы:

а) участок изготовления и сдачи обсадных труб;

б) участок изготовления и сдачи гладких труб.

Обе технологические линии имеют общую металлургическую часть: методическая печь и прошивной стан. Кроме того, в составе цеха

имеется отделение инспекции и ремонта труб, отделение изготовления муфт, оцинковочное, термическое и травильное отделения, а также ряд вспомогательных служб. Общий объем всего сортамента труб в цехе составляет 330 тысяч тонн в год, обсадных - 80 тысяч тонн в год.

Проведенная реконструкция цеха создает условия для значительного увеличения выпуска обсадных (нефтегазоносных) труб. При этом, для повышения качества обсадных труб в технологический процесс добавляется отделение горячей отделки, включающее операцию нагрева труб в печи с шагающими балками, калибровочный стан, передаточную решетку с переменной скоростью и косовалковый правильный стан. Новая маршрутная линия включает 28 технологических операций.

В связи с реконструкцией были проведены исследования с целью выявления возможности организации производства труб на одной линии, выбора оптимального количества оборудования и оценки качества функционирования нового технологического процесса.

В третьей главе рассматриваются принципы построения имитационной модели технологического процесса участка отделки обсадных труб.

Построение модели основано на принципе выделения агрегативных частей процесса, установления взаимосвязей между ними и разработки математической конструкции более общего вида - системы взаимодействующих агрегатов. Технологический процесс с последовательной маршрутной технологией рассматривается как агрегативная система, а моделирование, как последовательная цепь переходов из одного особого состояния агрегата в другое.

Тогда, фиксируя достаточно полную информацию о состояниях системы в соответствующие моменты модельного времени (моменты особых состояний), получим ее характеристики. В соответствии со структурной схемой технологического процесса в качестве автономного полюса системы принята операция "прокатный стан", все последующие операции формализованы неавтономным агрегатом.

На основе анализа работы участка отделки выделен ряд элементарных событий процесса, из совокупности которых и их взаимодействия построена модель абстрактной операции, адекватно отображающая функционирование любой из реальных операций, входящих в маршрутную технологию.

В соответствии с элементарными событиями абстрактной операции введены следующие основные координаты состояния агрегата:

$Z_1(t)$ - время, оставшееся до окончания первоначального ожидания;

$Z_2(t)$ - время, оставшееся до окончания межоперационного ожидания;

$Z_3(t)$ – время, оставшееся до окончания подготовки к операции;
$Z_4(t)$ – время, оставшееся до окончания обработки;
$Z_5(t)$ – время, оставшееся до момента сбоя оборудования;
$Z_6(t)$ – время, оставшееся до окончания ремонта оборудования;
$Z_7(t)$ – параметры вновь поступившего полуфабриката;
$Z_8(t)$ – параметры оборудования;
$Z_9(t)$ – количество заявок в очереди на обработку.

Введем ряд дополнительных координат состояния агрегата:
$Z_{1+к}(t)$ – признак первоначального ожидания полуфабриката;
$Z_{2+к}(t)$ – признак межоперационного ожидания полуфабриката;
$Z_{3+к}(t)$ – признак подготовки к операции;
$Z_{4+к}(t)$ – признак обработки полуфабриката;
$Z_{5+к}(t)$ – время до нового сбоя оборудования;
$Z_{6+к}(t)$ – признак ремонта оборудования;
$Z'_{6+к}(t)$ – количество срывов технологического процесса;
$Z'_{4+к}(t)$ – признак сбоя оборудования при обработке;
$Z'_6(t)$ – емкость промежуточного склада.

Оператор выходов G представим совокупностью операторов G', вырабатывающего очередные моменты выдачи выходного сигнала и оператора G'' – его содержание. Вид оператора перехода H зависит от наличия входных и управляющих воздействий в рассматриваемом интервале времени Δt и образован операторами U и V'. Оператор U определяет состояние агрегата между моментами особых состояний, а оператор V' – в моменты поступления входных воздействий.

В соответствии с принятыми координатами состояний агрегата определена структура подмножеств Z_n $(n=1-6)$.

П о д м н о ж е с т в о Z_1. $Z_1(t)=0$. Элементы этого подмножества характеризуют первоначальное ожидание поступления полуфабриката, заканчивающееся в момент t_{no}. Состояние агрегата в момент $(t_{no}+0)$ определяется оператором V':

$$Z_3(t_{no}+0)=\tau_r=\alpha_1+x_1(\beta-\alpha);\quad Z_5(t_{no}+0)=\alpha_4+x_5(\beta_4-\alpha_4)+t_{no};$$
$$Z_7(t_{no}+0)=\alpha;\quad Z_8(t_{no}+0)=\beta;\quad Z_9(t_{no}+0)=0, \qquad (I)$$

где x_1, x_5 – случайные числа в интервале (0,I);
α, β, α_4, β_4 – образуют соответственно интервал продолжительности подготовки к операции и интервал времени до момента первого сбоя оборудования.

Множество $Z^{(y)}_{(g,\beta)}$ есть объединение двух подмножеств, определяе-

мых соотношениями:

$$Z_1^{Y} \rightarrow Z_1(t) = 0; \quad Z_2^{Y} \rightarrow Z_2(t) = 0. \qquad (2)$$

Оператор G' формирует моменты $t_{yi} = t_{no}$ выдачи выходного сигнала, удовлетворяющие (2), а оператор G'' формирует содержание выходного сигнала:

$$y_1 = Z_1(t); \quad y_2 = Z_2(t); \quad y_3 = Z_{1+K}(t); \quad y_4 = Z_{3+K}(t). \qquad (3)$$

Для оператора U_1, определяющего состояние агрегата в полуинтервале $(t_{no}, t_r]$ рассмотрены три случая.

Первый случай. В полуинтервале $(t_{no}, t_r]$ агрегат не получает входных сигналов. Оператор U_1 имеет вид:

$$Z_3(t) = Z_3(t_{no}+0) - (t_K - t_{no}); \quad Z_5(t) = Z_5(t_{no}+0) - t;$$
$$Z_7(t) = Z_7(t_{no}+0); \quad Z_8(t) = Z_8(t_{no}+0); \quad Z_9(t) = Z_9(t_{no}+0), \qquad (4)$$

где t_K – текущее время.

Второй случай. В полуинтервале $(t_{no}, t_r]$ на вход агрегата поступают входные воздействия, изменяя координату $Z_9(t)$ на новую $Z_9(t) = Z_9(t_{no}+0)+1$. Остальные координаты в заданном полуинтервале $(t_{no}, t_r]$ определяются согласно (4).

Третий случай. В полуинтервале $(t_{no}, t_r]$ произошел сбой в работе оборудования. Оператор U_1 имеет вид:

$$Z_{5+K}(t) = a_2 + x_3(b_2 - a_2) + a_1 + x_2(b_1 - a_1) + a_4 + x_5(b_4 - a_4);$$

$$Z_6(t) = \tau_p = a_1 + x_2(b_1 - a_1); \quad Z_{6+K}(t) = 1;$$

$$Z'_{6+K}(t) = \begin{cases} S_2 + 1, & \text{если } S = 1; \\ S_2, & \text{если } S = 0; \end{cases} \qquad Z_9(t) = \begin{cases} Q + 1, & \text{если } S = 0; \\ Q, & \text{если } S = 1. \end{cases} \qquad (6)$$

Здесь временные интервалы a_1, b_1 и a_2, b_2 – образуют соответственно интервал продолжительности ремонта оборудования и интервал продолжительности безаварийной работы оборудования, а x_2, x_3 – случайные числа из интервала (0,1).

Подмножество Z_2. $Z_2(t) = 0$. Элементы этого подмножества характеризуют межоперационное ожидание полуфабриката оборудованием, заканчивающееся в момент $t_{ож}$. На вход агрегата поступает входной сигнал с параметрами α. В качестве множества $Z^{(Y)}_{(9,B)}$ принято множество, состоящее из объединения двух подмножеств, описанных соотношениями:

$$Z_1^{Y} \rightarrow Z_2(t) = 0; \quad Z_2^{Y} \rightarrow Z_3(t) = \tau_r. \qquad (7)$$

Оператор G' формирует моменты выдачи выходного сигнала t_y,

удовлетворяющие (7), а оператор G'' формирует содержание выходного сигнала:

$$y_1 = z_2(t); \quad y_2 = z_3(t); \quad y_3 = z_{3+к}(t) = 0; \quad y_4 = z_{2+к}(t) = 1. \qquad (8)$$

Состояние агрегата в момент $(t_{ож}+0)$ определяется оператором V':

$$z_3(t_{ож}+0) = \tau_r = \alpha + x_1(\beta - \alpha); \quad z_7(t_{ож}+0) = \alpha; \quad z_8(t_{ож}+0) = \beta. \qquad (9)$$

Оператор U_2, определяющий состояние агрегата в полуинтервале $(t_{ож}, t_r]$, сформирован в соответствии с соотношением (4).

П о д м н о ж е с т в о Z_3. $z_3(t) = 0$. Элементы этого подмножества характеризуют подготовку к выполнению операции, заканчивающуюся в момент $t_y = t_r$. Так как множество Z^Y определено объединением подмножеств

$$z_1^Y \to z_1(t) = 0; \quad z_2^Y \to z_{3+к}(t) = 0; \quad z_3^Y \to z_4(t) = 1, \qquad (10)$$

то оператор G'' имеет вид:

$$y_1 = z_3(t); \quad y_2 = z_{3+к}(t); \quad y_3 = z_{4+к}(t). \qquad (11)$$

Оператор G' формирует моменты $t_r = \alpha + x_1(\beta - \alpha)$. Состояние агрегата в момент (t_y+0) определено оператором V':

$$z_3(t_y+0) = 0; \quad z_4(t_y+0) = \tau_{оп} = a_3 + x_3(b_3 - a_3); \quad z_7(t_y+0) = \alpha;$$

$$z_8(t_y+0) = \beta; \quad z_{3+к}(t_y+0) = 0; \quad z_{4+к}(t_y+0) = 1. \qquad (12)$$

Здесь a_3, b_3 – интервал продолжительности операции;

x_3 – случайное число из интервала (0,1).

Структура оператора U_3, определяющего состояния агрегата в полуинтервале $(t_{ож}, t_y]$, рассмотрена для следующих случаев.

П е р в ы й с л у ч а й. В заданном полуинтервале нет сбоя оборудования, т.е. выполняется условие

$$[\tau_{оп} - (t_r - t)] - (t_i^{сб} - t_н) > 0 \wedge (t_i^{сб} - t_н) \le \Delta t. \qquad (13)$$

Оператор U_3 в этом случае имеет вид:

$$z_4(t) = \tau_{оп} = (t - t_r); \quad z_5(t) = t_{св} - t_н; \quad z_7(t) = \alpha; \quad z_8(t) = \beta. \qquad (14)$$

В т о р о й с л у ч а й. В полуинтервале $(t_y, t_{ож}]$ выполняется условие сбоя оборудования, т.е.

$$[\tau_{оп} - (t_r - t)] - (t_i^{сб} - t_н) < 0 \wedge (t_i^{сб} - t_н) \le \Delta t.$$

Оператор U_3 имеет вид: $z'_{4+к}(t) = S_6 + 1$; $z_{5+к}(t) = 1$;

$$z_{4+к}(t) = 0; \quad z_{5+к}(t) = \tau_{рав} + \tau_{рем} + t_i^{сб}; \quad z'_{6+к}(t) = S_2 + 1. \qquad (15)$$

Т р е т и й с л у ч а й. В процессе обработки полуфабриката, т.е. в полуинтервале $(t_y, t_{ож}]$ поступает входной сигнал.

В этом случае агрегат меняет координату $z_9(t)$ на новую $z_9(t) = s + 1$, не изменяя других координат.

П о д м н о ж е с т в о Z_4. $z_4(t) = 0$. Элементы этого подмножества характеризуют обработку полуфабриката, заканчивающуюся в момент $t_{ок}$, определяемый оператором G'. Структура множества $Z^{(v)}_{(9,\beta)}$ рассмотрена для следующих случаев.

П е р в ы й с л у ч а й. В момент $t_{ок}$ на вход агрегата поступает входной сигнал. Состояние агрегата в момент $(t_{ок}+0)$ определяется оператором :

$$z_2(t_{ок}+0)=0;\quad z_3(t_{ок}+0)=\tau_r=\alpha+\chi_1(\beta-\alpha);\quad z_{3+к}(t_{ок}+0)=1;$$

$$z_{4+к}(t_{ок}+0)=0;\quad z_8(t_{ок}+0)=\beta;\quad z_7(t_{ок}+0)=\alpha;\quad z_9(t_{ок}+0)=s-1. \qquad (16)$$

Так как множество $Z^{(v)}_{(9,\beta)}$ в этом случае представлено объединением подмножеств

$$Z_1^{v} \to z_4(t)=0;\quad Z_2^{v} \to z_{3+к}(t)=1;\quad Z_3^{v} \to z_{2+к}(t)=0;\quad Z_4^{v} \to z_{4+к}(t)=1,$$

то оператор G'' формирует выходной сигнал

$$y_1 = z_4(t);\quad y_2 = z_{3+к}(t);\quad y_3 = z_{2+к}(t). \qquad (17)$$

Оператор G' формирует момент очередного выходного сигнала $t_{ок} = t_r + \tau_{оп}$. В полуинтервале $(t_{ок}, t_r]$ состояния агрегата определяются оператором U_4 по соотношениям (4).

В т о р о й с л у ч а й. Обработка полуфабриката закончилась. Входного сигнала нет. Заявки в очереди на обслуживание отсутствуют. Состояние агрегата в момент $(t_{ок}+0)$ определяется оператором V' по соотношениям:

$$z_2(t_{ок}+0)=\sum_{i=1}^{к}\Delta t_i+\frac{\Delta t}{2}\pm\alpha\beta s\left[\sum_{i=1}^{к}\Delta t_i-(t_{tt}-t_r)\right];\quad z_{2+к}(t_{ок}+0)=1;$$

$$z_4(t_{ок}+0)=0;\quad z_{4+к}(t_{ок}+0)=0;\quad z_9(t_{ок}+0)=0;\quad z_8(t_{ок}+0)=\beta. \qquad (18)$$

Оператор G'' имеет вид:

$$y_1=z_4(t_{ок}+0);\quad y_2=z_{2+к}(t_{ок}+0);\quad y_3=z_9(t_{ок}+0);\quad y_4=z_8(t_{ок}+0).$$

В полуинтервале $(t_{ок}, t_r]$ агрегат находится в состоянии ожидания и оператор U_4 имеет вид:

$$z_2(t)=z_2(t_{ок}+0)-(t_к-t_{ок});\quad z_8(t)=t_i^{об}-t_к. \qquad (19)$$

Т р е т и й с л у ч а й. Обработка полуфабриката закончилась. Входного сигнала нет. Есть заявки в очереди на обслуживание. Оператор V' меняет координату $z_9(t)$ на новую $z_9(t_{ок}+0)=s-1$.

Вид оператора U_4 определяется соотношением (4).

Подмножество Z_5. $Z_5(t)=0$. Элементы этого подмножества характеризуют сбой в работе оборудования. Все операторные соотношения для V' были рассмотрены выше. Оператор U_5, определяющий состояние агрегата в интервале $(t_{сб}, t_{рем})$, формируется следующим образом.

Первый случай. В полуинтервале $(t_{сб}, t_{рем}]$ входные сигналы отсутствуют. Оператор имеет вид:

$$Z_6(t)=\tau_р-(t_к-t_{сб}); \quad Z_5(t)=t_{сб}-t_к. \tag{20}$$

Второй случай. На вход агрегата поступают входные сигналы, которые изменяют координату $Z'_6(t)$ на новую $Z'_6(t)=Q+1$. Остальные координаты меняют свое значение согласно (20).

Подмножество Z_6. $Z_6(t)=0$. Элементы этого подмножества характеризуют ремонт оборудования, заканчивающийся в момент $t_р=t_i^{сб}+\tau_{рем}$, определяемый оператором G'. Рассмотрим три случая прохождения подмножества Z_6.

Первый случай. В интервале времени $(t_р, t_р+\Delta t)$ поступает входной сигнал. Определив объединение подмножеств в виде

$$Z_1^{\vee}\rightarrow Z_6(t)=0; \quad Z_2^{\vee}\rightarrow Z_{3+к}(t)=1; \quad Z_3^{\vee}\rightarrow Z_{6+к}(t)=0,$$

определим оператор G'' для этого случая:

$$y_1=Z_6(t); \quad y_2=Z_{3+к}(t); \quad y_3=Z_{6+к}(t).$$

Состояние агрегата в момент $(t_р+0)$ определяется оператором V':

$$Z_2(t_р+0)=0; \quad Z_3(t_р+0)=\tau_г=\alpha+x_1(\beta-\alpha); \quad Z_{3+к}(t_р+0)=1; \quad Z_{6+к}(t_р+0)=0. \tag{21}$$

Оператор U_6 для полуинтервала $(t_р, t_г]$ имеет вид:

$$Z_3(t)=\tau_г-(t_к-t_р); \quad Z_5(t)=t_i^{сб}-t_к. \tag{22}$$

Второй случай. В интервале $(t_р, t_р+\Delta t)$ нет входного сигнала. Заявка в очереди на обслуживание отсутствует.

Оператор V' имеет вид:

$$Z_2(t_р+0)=\sum_{i=1}^{к}\Delta t_i \pm \alpha\beta s\left[\sum_{i=1}^{к}\Delta t_i-(t_{бз}-t_р)\right]; \quad Z_{2+к}(t_р+0)=1. \tag{23}$$

Оператор U_6 определяется координатой $Z_5(t)=t_{сб}-t_к$.

Третий случай. В интервале $(t_р, t_р+\Delta t)$ нет входного сигнала. Есть заявка в очереди на обслуживание. Оператор V' определяется соотношением: $Z_2(t_р+0)=0$; $Z_{6+к}(t_р+0)=0$;

$$Z_3(t_р+0)=\tau_г=\alpha+x_1(\beta-\alpha); \quad Z_{3+к}(t_р+0)=1; \quad Z_9(t_р+0)=S-1. \tag{24}$$

Оператор U_6 определяется соотношением (22).

В соответствии с содержательным и формальным описаниями технологического процесса разработан моделирующий алгоритм. В основу построения алгоритма положен модульный принцип.

Для реализации алгоритма на алгоритмическом языке АЛГОЛ-60 разработан пакет программ.

Адекватность модели проверена на основе концепции семантической истинности, истинности исходных данных и на основе сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными. Сравнение математических ожиданий восьми показателей эффективности существующего технологического процесса и модели показало, что несовпадение между ними не превышает 5%. Это соответствие означает, что модели автономного, неавтономного агрегатов и взаимодействия агрегатов в системе достоверно отражают функционирование технологического процесса.

Четвертая глава посвящена имитационному моделированию технологического процесса с последовательной маршрутной технологией, характеризуемой конечным количеством операций. Наличие адекватной модели позволило:

- разработать методику определения показателей эффективности реконструируемого технологического процесса;
- разработать метод согласования технологического процесса по времени и производительности;
- выбрать оптимальную маршрутную технологию;
- оценить эффективность нового технологического процесса.

Согласование технологического процесса выполнено в два этапа:

- выбор оптимального режима работы оборудования операции;
- согласование параметров последующей операции с параметрами предыдущей маршрутной технологии.

Оптимальный режим работы оборудования выбирается на основе следующих положений:

Положение I. С увеличением продолжительности выполнения работы на каком-либо оборудовании, т.е. с увеличением продолжительности выполнения операции $\tau_{оп}$ (уменьшением производительности), увеличивается время занятости оборудования. Следовательно, увеличивается время ожидания оборудования полуфабрикатом $\tau_{ож}^{об}$, т. е. увеличивается количество заявок, находящихся в очереди на обслуживание. Это приводит к увеличению емкости промежуточных складов и приемных карманов операций, т.е. к увеличению производственных площадей (рис.I).

Положение 2. С уменьшением продолжительности операции увеличивается время ожидания полуфабриката оборудованием (рис.I). Это приводит к увеличению простоя оборудования, к его неполной загрузке.

В соответствии с этими положениями сформулированы два противоречивых требования, предъявляемых к технологическому процессу:
- уменьшение времени задержки полуфабриката;
- уменьшение времени простоя оборудования.

Выполнение первого требования связано с уменьшением продолжительности операции, второго - с увеличением. Показано, что оптимальная продолжительность операции определяется величиной аргумента при минимальном значении функции цели

$$\tau^{c}_{ож} = f(\tau_{оп}) = \{[\tau^{об}_{ож} = f(\tau_{оп})] + [\tau^{п}_{ож} = f(\tau_{оп})]\}, \qquad (25)$$

заданной моделирующим алгоритмом (рис.I). В соответствии с разработанным критерием локальной оптимизации предложен эффективный алгоритм минимизации. При этом, для поиска правой границы интервала варьирования аргумента используется физическая особенность функционирования любой операции маршрутной технологии: при увеличении продолжительности операции резко увеличивается время ожидания оборудования полуфабрикатом. Использование этой особенности значительно повышает быстродействие алгоритма в целом.

Второй этап согласования технологического процесса заканчивается при выполнении следующего логического условия:

$$N_s = N^{i}_{p} \wedge N^{к}_{p} \wedge N^{т}_{p}, \qquad (26)$$

где N^{i}_{p} - количество реализаций для каждого показателя эффективности;

$N^{т}_{p}$ - количество операций в маршрутной технологии;

$N^{к}_{p}$ - количество точек для определения минимума функции цели.

Составляющая N^{i}_{p}, входящая в (26), определяется по формуле

$$N = t^{2}_{д} \cdot 6^{2} / \varepsilon^{2} \qquad (27)$$

Разработанный метод согласования технологического процесса реализован следующим образом. Моделируется процесс, состоящий из одной операции (автономный полюс). Моменты поступления входных воздействий в автономный агрегат представлены в виде потока однородных событий, задаваемого законом $F(t)$ распределения интервалов времени между последовательными моментами. Другие параметры входных воздействий (параметры полуфабриката, оборудования) считаем постоян-

ными, изменяющими свои значения при наличии управляющих сигналов. Будем считать, что управляющий сигнал имеет фиксированное значение (управляющий сигнал меняет свое значение при смене сортамента труб). Тогда моделирование совокупности сигналов будет сводиться к моделированию потока однородных событий и реализации случайного вектора. При этом, все состояния агрегата, моменты выходных сигналов, признаки и другая информация за каждый шаг моделирования запоминаются в ЭВМ. Затем моделируется технологический процесс, состоящий из двух операций. Для воспроизведения работы первой операции выбираются координаты, запоминаемые в ЭВМ. В отличие от автономного полюса входные сигналы, поступающие в неавтономный агрегат не могут быть описаны до начала моделирования своими законами распределения. Поэтому в моделирующем алгоритме предусмотрена процедура проверки факта поступления или непоступления внешних сигналов за некоторый интервал модельного времени. Так как момент следующего состояния, при котором поступает внешний сигнал, оказывается неизвестным, то шаг моделирования Δt выбирается в соответствии с условием

$$\Delta t \leq Z_n^i(t), \quad n = 1 - o. \tag{28}$$

Для второй операции задается начальное значение аргумента Методом агрегативного моделирования определяется величина функции при этом аргументе. Изменяя значение аргумента в соответствии с алгоритмом минимизации и моделируя процесс, определяется минимальное значение функции цели. Таким образом, процесс моделирования совмещается с процессом минимизации, что значительно экономит машинное время. При минимальном значении функции цели назначаются параметры второй операции, запоминаются состояния системы. Далее моделируется процесс, состоящий из трех, четырех и т.д. операций до полного согласования. По минимальным значениям функций цели всех операций строится график согласования (рис.2), который является показателем качества процесса. При достаточно большом быстродействии этот способ обладает существенным недостатком: он требует большого объема оперативной памяти. Применение внешних запоминающих устройств значительно уменьшает быстродействие алгоритма. Для устранения этого недостатка целесообразнее работу предыдущей маршрутной технологии не воспроизводить из ЭВМ, а моделировать каждый раз заново. При этом значительно упрощается структура моделирующего алгоритма и в сотни раз уменьшается требуемый объем оперативной памяти. Но быстродействие алгоритма несколько снижается. Показано,

019600

что важнейшим фактором, влияющим на быстродействие алгоритма согласования, является расположение идентификаторов в блоке описаний программного обеспечения модели. Размещение переменных по принципу принадлежности к состояниям агрегата увеличивает быстродействие алгоритма в два с лишним раза.

В пятой главе проведен анализ результатов имитационного моделирования и даны практические рекомендации по совершенствованию технологического процесса отделки обсадных труб.

На основе рассмотренного метода согласования определены основные параметры реконструируемого технологического процесса:
- количество выпускаемой продукции по операциям (рис.2);
- требуемая производительность оборудования, устанавливаемого на операциях (рис.2);
- зависимость количества выпускаемых полуфабрикатов от продолжительности операции.

Эффективность разработанных методик показана на другом примере, примере оптимизации многопультовой системы. Эта система создана и эксплуатируется в Челябинском политехническом институте. С помощью разработанных методик здесь решена задача по выбору оптимального количества терминалов, подключаемых к ЭВМ для работы в режиме с разделением времени.

В приложении приведены тексты и описание программ моделирования, приложены акты внедрения основных результатов работы в промышленность (Челябинский трубопрокатный завод) и учебный процесс (Челябинский политехнический институт).

В Ы В О Д Ы

I. Содержательное описание нового технологического процесса отделки труб является основным этапом на пути формализации и построения математической модели. Базой для его составления служат результаты накопленного опыта и наблюдения за процессами функционирования существующей маршрутной технологии, а также наличие плана реконструкции и технологической документации.

2. Технологический процесс отделки целесообразно рассмотреть как агрегативную систему. Представление процесса функционирования операции в виде агрегата позволяет применить единое математическое описание при формализации исследуемого объекта управления.

3. Сравнение результатов моделирования и эксперимента, проведенного на существующем процессе, подтвердило высокую степень адекватности модели реальному объекту, работоспособность и эффективность моделирующего алгоритма.

4. Предложенный критерий оптимальности обеспечивает достижение основной цели при оптимизации технологического процесса участка отделки труб - максимальная загрузка оборудования при минимальном времени ожидания оборудования полуфабрикатом.

5. Разработанный алгоритм минимизации выпуклой функции, заданной имитационной моделью, обеспечивает быструю сходимость, при этом для достижения цели не требуется предварительно устанавливать число экспериментов и интервал варьирования аргумента.

6. Моделирование технологического процесса участка отделки труб, а также системы с разделением времени показало высокую эффективность разработанных методик и критерия оптимальности.

7. Производство обсадных труб целесообразно организовать на одной технологической линии.

8. Оптимизация технологического процесса отделки обсадных труб на Челябинском трубопрокатном заводе позволяет повысить производительность участка на 3,2%.

9. Результатом согласования технологического процесса является сокращение площадей промежуточных складов и приемных карманов операций в 5-10 раз, а также значительное уменьшение оборудования на ряде операций маршрутной технологии.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Евдонин А.М. Исследование многономенклатурного производственного процесса на имитационной модели. В кн.: Применение ЭВМ в металлургии: Тез.докл.первой Всесоюзной научно-техн.конф. Москва, 1973, с. 143-144.

2. Евдонин А.М., Ботов Н.Г. Пакет имитационных программ для иерархического синтеза задач автоматизированного управления многомерными, стохастическими и распределенными объектами. В кн.: Математическое обеспечение автоматизированных систем управления: Материалы Всесоюзной конф. Москва, 1975, с. 71-73.

3. Евдонин А.М., Цыганков В.А., Чапцов Р.П. и др. Адаптивное управление нестационарными распределенными объектами в ИАСУ производством бесшовных труб. В кн.: Стохастические системы управления:

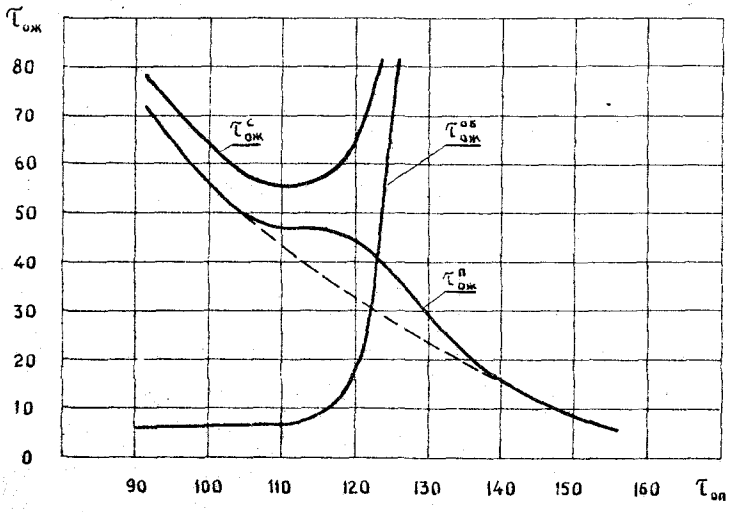

Рис.I. Оптимизация операции огневой резки труб

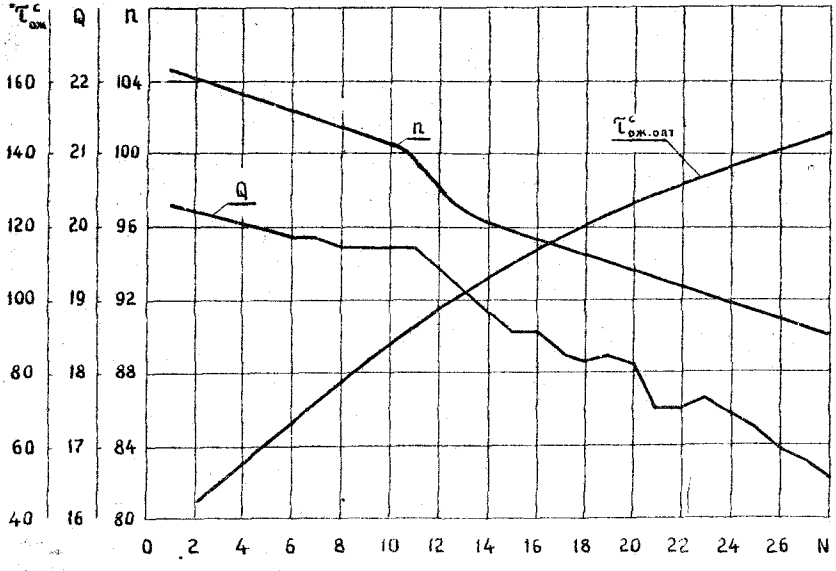

Рис.2. Графики функций $\tau^{c}_{ож.опт}$, Q, n = f(N)

Тез. докл. Всесоюзной конф. Челябинск, 1975, с. 66-68.

4. Евдонин А.М. Решение ряда задач проектирования АСУТП на имитационной модели. В кн.: Проблемы автоматического контроля и управления в технологии производства радиоэлектронной аппаратуры и повышения качества продукции: Тез.докл. Всесоюзного научно-техн. совещ. Москва, 1976, с. 6.

5. Евдонин А.М., Черединов М.Н., Сибриков А.П. Моделирование и разработка многопультовой системы.- Челябинск, 1977.- 98 с. - Рукопись представлена Челяб.политехн.ин-том. Деп. в ЦНИИТЭИ приборостроения 1978, № 913-Б.

6. Евдонин А.М., Черединов М.Н. Многопультовая система на базе ЭВМ М-222. В кн.: Технические средства и программированное обучение в учебном процессе: Труды межвуз.научно-метод.конф. Челябинск, 1977, с. 56-65.

7. Программирование и решение задач с помощью многопультовой системы на базе ЭВМ М-222: Учебное пособие А.М. Евдонин, М.Н. Черединов, И.И. Полторан Челябинск: ЧПИ, 1978.- 106 с.

Евдонин Анатолий Михайлович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОТДЕЛКИ ОБСАДНЫХ ТРУБ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Специальность 05.13.07 - Автоматическое управление, регулирование, управление технологическими процессами /промышленность/

Подписано в печать 3/X1-83 г. ФБ 31098.
Формат 60x90 1/16. Печ.л. 1. Уч.-изд.л.1.
Тираж 100 экз. Заказ № 450/1223.

УМП ЧПИ. 454044, г. Челябинск, пр.им.В.И.Ленина, 76.