

Примеры решения производственных задач.....	3
4.0 Принцип отбора примеров и рекомендаций по их использованию.....	3
4.1 Задачи класса ПдС – Т – ПР.....	3
4.1.1. Задача определения состава оборудования, исходя из стратегии развития производства.....	3
4.1.2 Выбор рациональной системы станочных приспособлений.....	5
4.2 Задачи класса ПдС-Т-Р.....	6
4.2.1. Задача построения модели технологического процесса.....	6
4.2.2. Задача построения моделирующего алгоритма для изучения поведения производственной системы.....	8
4.3. Задачи класса ПдС-ОТ-ПР.....	9
4.3.1. Выбор оптимального вида специализации производства.....	9
4.3.2. Организация центров технологической компетенции (ЦТК).....	11
4.4. Задачи класса ПдС-ОТ-Р.....	12
4.4.1. Определение момента времени организационной перестройки производства (определение размера партии изделий).....	12
4.4.2. Определение размера передаточной партии при параллельном выполнении операций.....	13
4.5. Задачи класса ПрС-Т-ПР.....	13
4.5.1. Выбор технологического метода.....	13
4.5.2. Расчет оптимальных режимов резания.....	25
4.6. Задачи класса ПрС-Т-Р.....	28
4.7. Задачи класса ПрС-ОТ-ПР.....	29
4.8. Задачи класса ПрС-ОТ-Р.....	31
4.9. Задачи класса БВС-Т-ПР.....	32
4.10. Задачи класса БВС-Т-Р.....	33
4.11. Задачи класса БВС-ОТ-ПР.....	33
4.12 Задачи класса БВС-ОТ-Р.....	34
4.13 задачи класса П-Т-ТР.....	35
4.14. Задачи класса П-Т-Р.....	37
4.14.1. Задача адаптивного управления автоматизированным оборудованием.....	37
4.14.2. Выбор системы управления точностью ТП.....	39
4.15 Задачи класса П-ОТ-ПР.....	44
4.16 Задачи класса П-ОТ-Р.....	47
Заключение.....	48

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Кафедра ИБМ-2 «Экономика и организация производства»
МУХИН АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
Моделирование и оптимизация производственных систем.
Примеры решения производственных задач
Электронное учебное пособие
МОСКВА
2010 год МГТУ им. Баумана

Примеры решения производственных задач

4.0 Принцип отбора примеров и рекомендаций по их использованию

В разделе 3 в таблице 3.1 приведена структурная классификация производственных задач. В связи с этим примеры решения производственных задач для удобства располагаются в настоящей теме в той последовательности, какая приведена в таблице 3.1.

Так как определенный класс производственных задач может содержать множество различающихся конкретных задач, выбор их в качестве примеров определяется стремлением, по возможности, охватить различные стороны деятельности технолога и производственника.

Учитывая то обстоятельство, что задачи проектирования и реализации (управления ходом производства) различаются принципиально, так как первые включают стратегические и оперативно-тактические задачи, а вторые только оперативные, в приводимых примерах обязательно раскрываются условия, определяющие временной характер задач.

Во многих случаях, в зависимости от возможностей описания исходных данных одна и та же задача (или группа задач, входящих в один класс) решаются с помощью разных моделей и методов. Для некоторых задач приведены дополнительные теоретические сведения, которые не вошли в предыдущий раздел.

4.1 Задачи класса ПДС – Т – ПР

4.1.1. Задача определения состава оборудования, исходя из стратегии развития производства.

При разработке планов стратегического развития производства возникают задачи, обладающие следующими особенностями:

- цели развития производства не выражены в виде количественных соотношений;
- между рядом параметров, оказывающих влияние на процесс принятия решений, не удастся установить точных количественных зависимостей.

В теме 3 подробно рассмотрены такие ситуации и приведены рекомендации по выбору алгоритма решения подобных задач, основанных на использовании логико-лингвистических моделей.

Рассмотрим следующий пример: предприятие стремится занять на рынке такую нишу, которая дает возможность в течение длительного времени удерживать лидирующее положение по техническим характеристикам выпускаемой продукции. Установлено, что достичь высоких технических характеристик возможно, в первую очередь, за счет технологических новаций, материальным воплощением которых является состав технологического оборудования.

На вербальном уровне используется высказывание следующего типа: «Уникальное технологическое оборудование дает возможность реализовать такие конструктивно-технологические решения, которые позволяют предприятию занять и удерживать лидерство на рынке соответствующей продукции».

В целях встраивания подобного высказывания в автоматизированную систему принятия решений необходимо формализовать приведенное высказывание и разработать алгоритм решения.

Укрупненный алгоритм решения этой задачи состоит из следующих этапов:

- формализация понятий, входящих в высказывание, на предикатном языке;
- перевод высказывания с вербального уровня в логическую формулу, структурно объединяющую посылки и заключения;
- логический вывод заключения методом резольвент.

Первый этап основан на использовании идеологии тезауруса, рассмотренной в теме 2.

Опуская подробности, выпишем связи между вербальными понятиями и предикативными их записями:

< Уникальное технологическое оборудование > $\sim U(x)$;

< Конструктивно-технологические новации > $\sim N(y)$;

< Лидерство на рынке продукции > $\sim P(z)$;

где: U – быть уникальным технологическим оборудованием;

N – быть новационным конструктивно-технологическим решением;

P – быть лидером на рынке продукции;

x – множество технологического оборудования;

y – множество конструктивно-технологических решений;

z – множество позиций на рынке продукции.

В соответствии с осуществлением перехода от вербального к предикатному уровню формализованно можно представить посылки и заключение. Посылками являются существование следующих импликаций:

$$U(x) \rightarrow N(y); N(y) \rightarrow P(z).$$

Заключение, истинность которого нужно доказать,

$$U(x) \rightarrow P(z).$$

В целях использования метода резольвенты необходимо составить исходную формулу конъюнктивного типа; в которой отрицается заключение и поэтому нужно показать противоречивость формулы:

$$U(x) \rightarrow N(y); N(y) \rightarrow P(z); \overline{U(x) \rightarrow P(z)} \tag{4.1}$$

Преобразуя формулу 4.1, получим, опуская предикатные переменные

$$\overline{U} \vee N; \overline{N} \vee P; U \vee \overline{P}.$$

Ищем пошагово резольвенты (рис. 4.1)

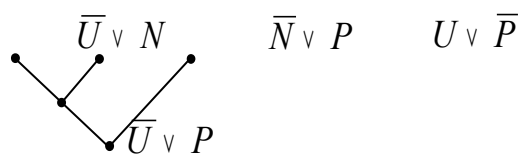


Рисунок 4.1

Получен пустой дизъюнкт и тем самым доказана противоречивость отрицания заключения.

4.1.2 Выбор рациональной системы станочных приспособлений.

Задачи этого типа относятся к оперативно-тактическим задачам, решаемых на стадии ТПП. Выбор системы станочных приспособлений (ССП) основан на известных конкретных величинах T_B - продолжительности выпуска оснащаемых деталей; T_{\min} - минимальным устанавливаемым сроком выпуска; C_5 - стоимости оснащения.

Выбор типа ССП таким образом осуществляется на основе плано-организационных, технических и конструктивных данных в соответствии с блок-схемой алгоритма, приведенного на рис. 4.2

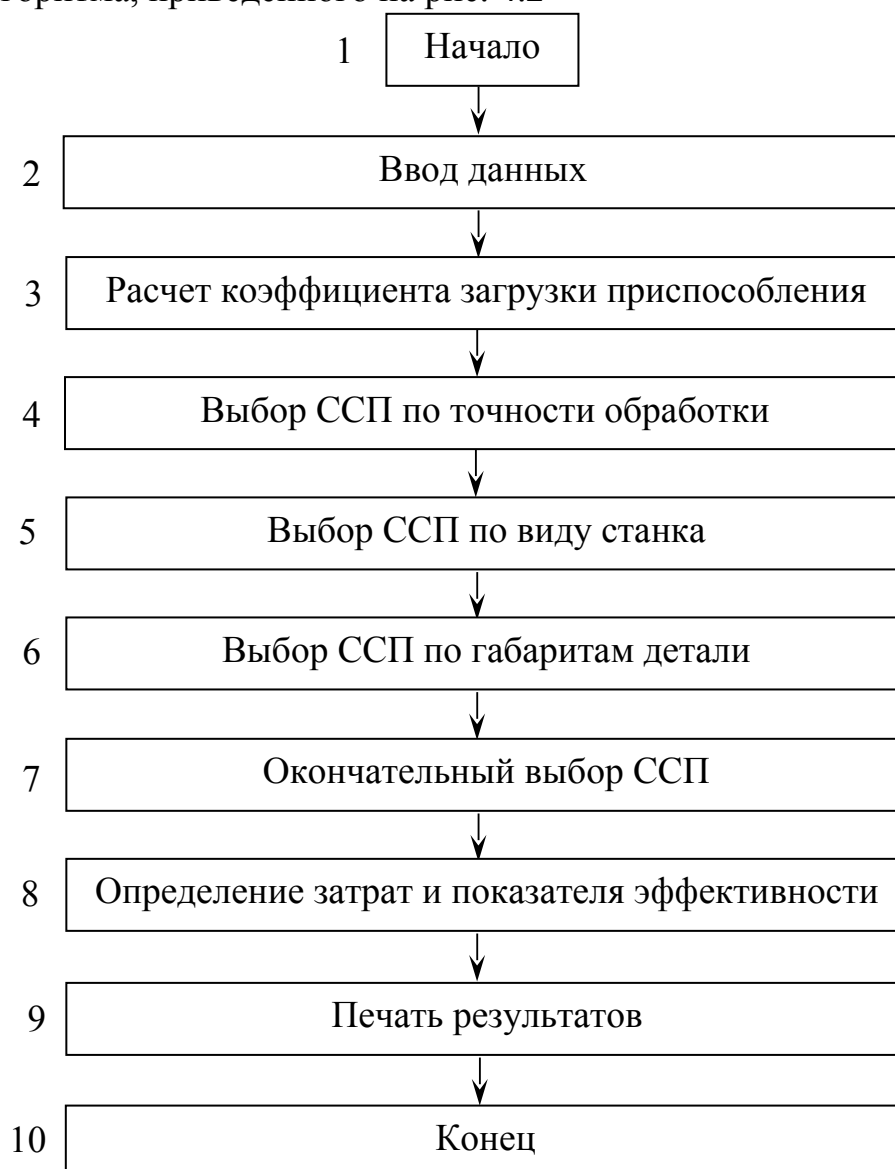


Рисунок 4.2

После ввода данных в блоке 3 в диалоговом режиме выполняется расчет коэффициента загрузки приспособления. В блоке 4 выбирается ССП, станочные приспособления которой могут обеспечить требуемую точность обработки деталей; в блоке 5 определяется возможность эффективного применения ССП на различных по степени универсальности станках (универсальные, автоматы и полуавтоматы, специализированные, специальные). В блоке 6 выполняется сравнение габаритных размеров обрабатываемой детали с предельно-возможными их значениями для различных ССП на данной операции. В блоке 7 выполняется окончательный выбор ССП, удовлетворяющий условиям. Здесь же происходит расшифровка выбранных ССП. В блоке 8 в зависимости от периода изготовления детали и коэффициента загрузки по матрице затрат определяется величина относительных затрат и цикл оснащения. Для оценки рациональности выбранной ССП введен безразмерный показатель эффективности

$$E = \alpha_1 V_1 + \alpha_2 V_2, \quad (4.2)$$

где: V_1 - относительные затраты при оснащении операций;
 V_2 - относительный цикл оснащения;
 α_1 и α_2 - весовые коэффициенты.

Значения V_1 и V_2 рассчитываются в отношении к затратам и времени оснащения НСП (неразборные специальные приспособления).

Чем меньше величина E , тем более рациональным является применение данной ССП. Список допустимых ССП при решении данной задачи обычно включает:

- универсально безналадочные приспособления (УБП);
- универсально-наладочные приспособления (УНП);
- специализированные наладочные приспособления (СНП);
- универсально-сборочные приспособления (УСП);
- сборно-разборные приспособления (СРП);
- неразборные специальные приспособления (НСП).

В соответствии с методическими разъяснениями, данными в разделе 3.2, разбираемая задача относится к числу оперативно-тактических, и решается прямым численным методом в условиях непротиворечивости факторов. С методической точки зрения эта задача относится к числу самых распространенных и достаточно легко поддается автоматизации.

4.2 Задачи класса ПДС-Т-Р

4.2.1. Задача построения модели технологического процесса.

В ходе реализации выбранного технологического процесса в оперативном плане возникает задача поднастройки техпроцесса в ручном или автоматическом режиме. Необходимо планировать и проводить эксперименты с целью построения модели.

Рассмотрим пример построения линейной модели с пятью факторами, при этом постулируется линейность модели.

Факторы и интервалы их варьирования приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1

Факторы	Значения факторов и интервалы их варьирования			
	-1	0	+1	Интервал
x_1	1:1	1,15:1	1,5:1	0,25
x_2	1:1	1,25:1	1,5:1	0,25
x_3	3	4	5	1
x_4	20	25	30	5
x_5	20	40	60	20

Используем дробный факторный план типа 2^{5-2} , т. е. четверть реплику полного факторного плана 2^5 , содержащую 8 опытов вместо 32 в полном факторном плане.

План и результаты экспериментов приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	\tilde{y} (среднее двух параллельных наблюдений)
1	+	-	-	-	-	-	50,0
2	+	+	+	-	-	-	57,2
3	+	-	-	+	+	-	48,1
4	+	+	-	+	-	+	46,0
5	+	-	+	+	-	+	64,8
6	+	+	-	-	+	+	45,3
7	+	-	+	-	+	+	54,8
8	+	+	+	+	+	-	53,0
$\tilde{\alpha}_i$	52,3	-2,025	5,05	0,575	-2,1	0,325	

Например, вычисление коэффициента

α_1 (при использовании генератора $x_1 x_2 x_3$; - $x_1 x_2$) имеет вид:

$$\alpha_1 = \frac{1}{8}(-50 + 57,2 - 48,1 + 46,0 - 64,8 + 45,3 - 54,8 + 53) = -2,025$$

Следовательно, модель имеет вид:

$$\tilde{y} = 52,3 - 2,025 x_1 + 5,05 x_2 + 0,575 x_3 - 2,1 x_4 + 0,325 x_5 .$$

Построение подобной модели техпроцесса опирается на алгоритм, использующий методы вычисления в среде непротиворечивых факторов.

4.2.2. Задача построения моделирующего алгоритма для изучения поведения производственной системы.

С целью изучения поведения производственной системы строят её так называемую имитационную модель (ИМ), в виде моделирующего алгоритма для проведения машинных экспериментов с помощью компьютера.

Моделирующий алгоритм может охватывать различные стороны производственной системы и является инструментом для выработки оперативных решений в производстве. Для представления общей структуры моделирующего алгоритма достаточно рассмотреть один его фрагмент (подалгоритм), отражающий какую-либо сторону производственного процесса.

Приведем решение задачи построения фрагмента моделирующего алгоритма, отражающего, например процедуру необходимой наладки производственной операции.

Пусть интервал между наладками является величиной постоянной. Поэтому моменты остановки производственного процесса для наладки $T^{(H)}$ известны заранее.

Процесс прерывают не строго в момент $T^{(H)}$, а в ближайший к нему интервал между последовательными операциями. Для учета этого обстоятельства при моделировании производственной операции необходимо иметь оператор сравнения очередного момента наладки $T^{(H)}$ с моментом начала $t^{(H)}$ или моментом окончания $t^{(K)}$ операции над очередным полуфабрикатом.

Например, пусть

F_{81} – формирование очередного момента наладки $T^{(H)}$;

P_{82} – проверка условия $t^K < T^{(H)}$;

Φ_{83} – формирование длительности наладки оборудования,

F_{84} – переход к обработке очередного полуфабриката;

A_{85} – определение момента готовности;

$t^{(r)}$ – оборудование к выполнению очередной операции (здесь 81, 82 и др –

номера операторов в общей блок-схеме моделирующего алгоритма для всех аспектов функционирования производственной системы. Исходя из заданных условий, сформулируем требуемый фрагмент моделирующего алгоритма (рис. 4.3)

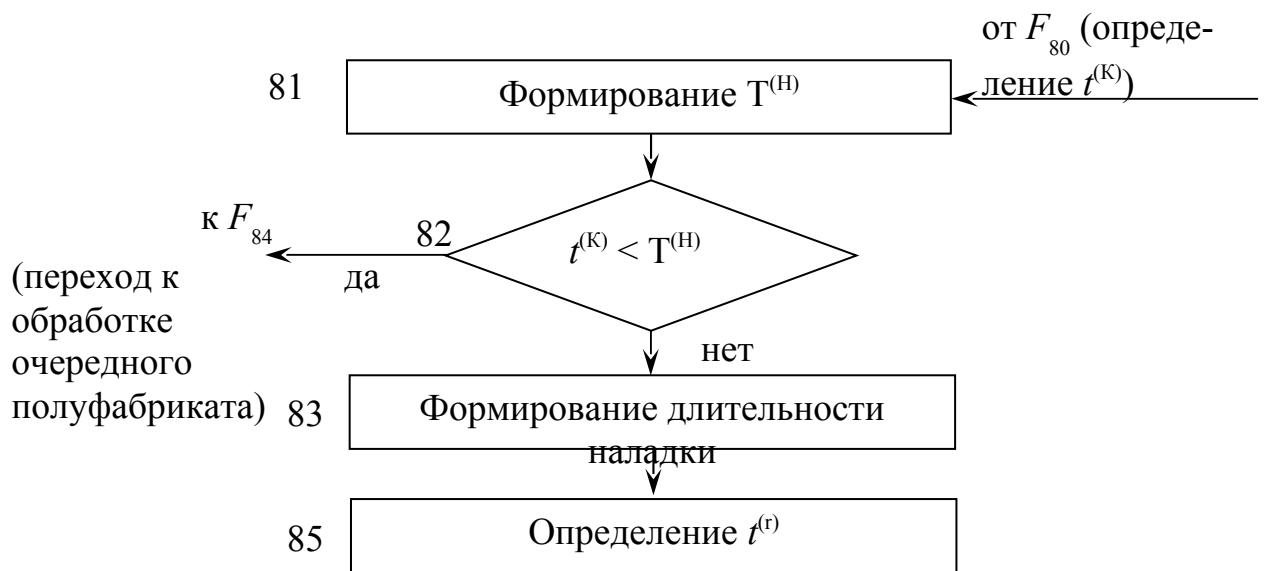


Рисунок 4.3

4.3. Задачи класса ПдС-ОТ-ПР

4.3.1. Выбор оптимального вида специализации производства.

Определяя стратегию развития промышленного производства, приходится, в первую очередь столкнуться с задачей выбора вида специализации – предметной или технологической.

Известны преимущества и недостатки того или иного вида специализации; однако доминирующим фактором, определяющим выбор того или иного вида является фактор постоянства или переменчивости номенклатуры выпускаемых изделий.

При постоянной номенклатуре выпускаемой продукции предпочтение следует отдать предметному специализированному производству (ПСП), т. к. технологически-специализированное производство (ТСП), не обладая преимуществом в структуре затрат по получению, хранению и перемещению процессов труда, имеет в то же время недостатки, связанные с перемещением предметов труда. Транспортные затраты в ТСП всегда выше, чем в ПСП.

При изменении номенклатуры выпускаемой продукции ситуация складывается иначе. Если объем выпуска продукции не изменяется, то и объем действий каждого типа действий практически не изменится. Затраты на восполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию останутся незначительными.

Однако затраты на организацию и поддержку работоспособности производственной системы в ПСП и ТСП будут существенно различаться.

В ТСП переход к выпуску новой продукции проводится с использованием существующих моделей преобразования, а следовательно, не вызовет

существенного измерения затрат на организацию и обеспечение работоспособности производственной системы. В ПСП переход к выпуску новой продукции требует создания новых моделей преобразования. В ПСП каждое изменение номенклатуры вызывает дополнительные затраты.

Изменение затрат при изменении номенклатуры продукции показано на рис. 4.4.

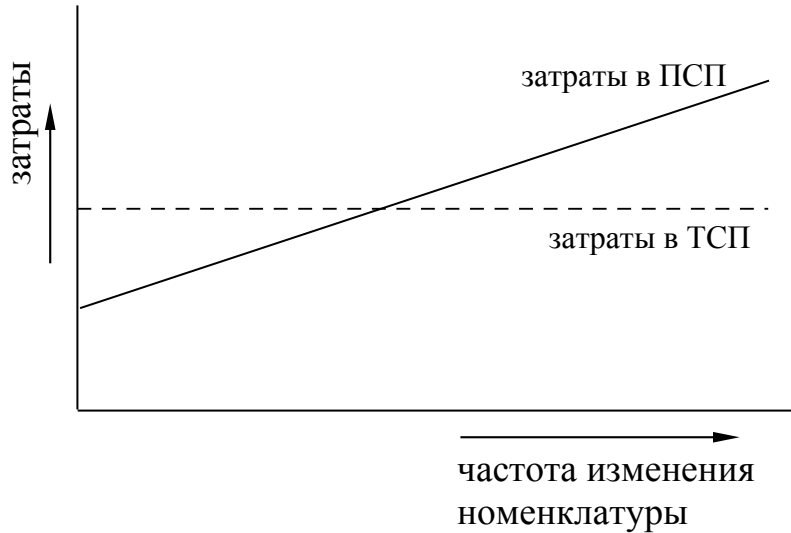


Рисунок 4.4

Задачу выбора вида специализации можно решить также, прибегнув к методу «минимума вариативности действий» (МВД).

Ситуацию с помощью метода МВД можно описать следующим образом:

Если под действием D_i понимать совокупность действий по производству i -ого продукта и при этом $i=1 \div N$, то вариантом действия назовем одну последовательность D_i из N возможных: D_1, D_2, \dots, D_N .

Структура действий может быть представлена в виде двух крайних диаграмм рис. 4.5(а) и рис. 4.5(б) и соответствующими графов.

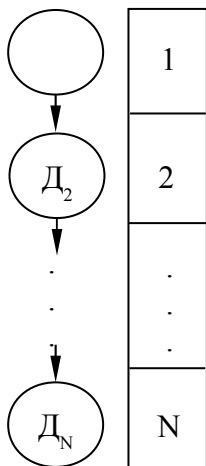


Рисунок 4.5а

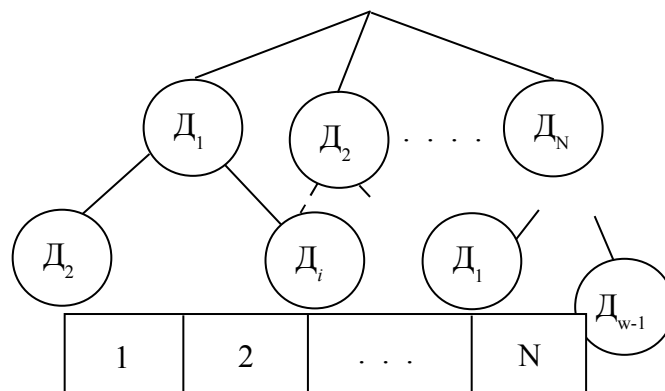


Рисунок 4.5б

На рис. 4.5а граф в виде одной направленной ветви.

На рис. 4.5б представлен ветвящийся граф и вариативность действий по сравнению с графом 4.5а резко возрастает.

Рис. 4.5а символизирует ситуацию в ПСП постоянной, устойчивой номенклатуре. При таком же характере с номенклатурой в ТСП вариативность действий в виде графа на рис. 4.5б объясняется большим числом возникающих «холостых ходов».

Ситуация меняется на противоположную при изменяющейся номенклатуре продукции. В крайнем случае вариативность действий в ТСП выглядит в виде графа рис. 4.5а, а в ПСП так, как представлено на рис. 4.5б.

В ТСП не нужно менять последовательность действий, а в ПСП варианты действий ветвятся, т. к. возможные последовательности отражают последовательность в замене оборудования.

4.3.2. Организация центров технологической компетенции (ЦТК).

Для повышения эффективности объединения организуют ЦТК по различным технологическим направлениям. Встает задача – как определить преимущество того или иного предприятия. Определим условие задачи. Допустим, что в объединение входят два предприятия: F_1 и F_2 . Отличия между F_1 и F_2 состоят в следующем: F_1 развивался, опираясь сразу на Π технологических направлений (механообработка, сборка, сварка, литье и др.); F_2 развивался в узком технологическом направлении (например, сварка). С переходом объединения на структуру ТСП необходимо организовать ЦТК по i -му направлению (например, по сварке). Так как это направление имеет как F_1 , так и F_2 , то встает задача выбора.

Допустим также, что F_1 и F_2 развивались и развиваются в пределах ограниченных ресурсов R , причем величина R для F_1 и F_2 одинакова. Предприятие F_1 тратит ресурсы R сразу на n направлений, тогда как F_2 тратит ресурсы R только на одно направление.

Так как концентрация R на одном направлении в целом приносит более высокую скорость эргатического преобразования (см. тему 1), то можно предположить, что развитие F_2 с точки зрения ЦТК идет быстрее.

Такое предположение следует доказать. Прибегнем к методу, основанному на использовании ЛЛМ.

Введем предикатные символы, отражающие семантическое представление описанной ситуации (для простоты изложения, без ущерба для правильности решения задачи будем опускать символы предикатных переменных):

F_1 - быть первым предприятием;

F_2 - быть вторым предприятием;

P_1 – иметь «широкое» направление развития;

\bar{P}_1 - иметь узкое направление развития;

v - иметь большую скорость эргатического преобразования;

\bar{v} - иметь небольшую скорость эргатического преобразования.

Посылки формируемого логического утверждения выглядят следующим образом: $F_1 \rightarrow P_1$; $F_2 \rightarrow P_1$; $\bar{P}_1 \rightarrow v$; $P_1 \rightarrow \bar{v}$.

Логическое заключение

$$F_1 \rightarrow \bar{v}; F_2 \rightarrow v.$$

Метод поиска резолювенты позволяет объединить посылки и отрицание заключения в одну формулу, противоречивость которой нужно доказать.

$$F_1 \rightarrow P_1; F_2 \rightarrow P_1; \bar{P}_1 \rightarrow v; P_1 \rightarrow \bar{v}; (F_1 \rightarrow \bar{v}) \wedge (F_2 \rightarrow v) \quad (4.3)$$

После тождественных преобразований получаем:

$$\bar{F}_1 \rightarrow P_1; \bar{F}_2 \vee \bar{P}_1; P_1 \vee v; \bar{P}_1 \rightarrow \bar{v}; F_1 \vee F_2; v \vee F_2; F_1 \vee \bar{v}; v \vee \bar{v}.$$

Пошаговый поиск в конечном счете приводит к пустой резолювенте, что доказывает противоречивость формулы 4.2 и, следовательно, утверждение, что ЦТК по выбранной технологической специализации необходимо строить на базе предприятия F_2 .

4.4. Задачи класса ПдС-ОТ-Р

4.4.1. Определение момента времени организационной перестройки производства (определение размера партии изделий).

Методы определения размера партии изделий делятся на две группы.

К первой группе относятся методы установления величины партии исходя из временных параметров:

$$n_{\min} = \frac{(1-\alpha)t_{\Pi-3}}{\alpha t_{um}} \quad (4.4)$$

где: n_{\min} - минимальная величина партии изделий, шт;

α - коэффициент допустимых потерь времени на переналадку оборудования ($\alpha=0,03 \dots 0,1$ в зависимости от вида оборудования и плана производства);

$t_{\Pi-3}$ - время подготовительно-заключительных работ, приходящееся на партию, мин;

t_{um} - норма штучного времени, мин.

Вторая группа методов основывается на определении суммарных минимальных затрат, связанных с переналадками (кривая 1, рис. 4.6) и хранением заделов (прямая 2), зависящих от размера партии.

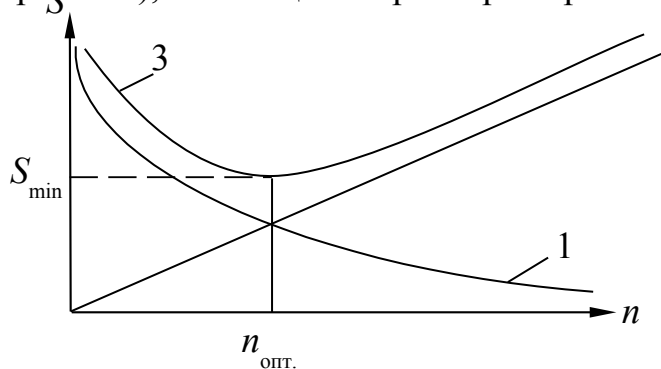


Рисунок 4.6

Приравнивается первую производную по сумме затрат S к нулю, получают величину оптимального размера партии (4.4а):

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{2N_{год} S_{нал}}{S_{д} K_p}}, \quad (4.4a)$$

где: $N_{год}$ – годовой объем выпуска, шт;
 $S_{нал}$ – затраты на наладку и другие работы по подготовке к запуску, руб.;;
 $S_{д}$ – себестоимость детали (изделия), руб.;;
 K_p – нормативный коэффициент, учитывающий затраты на хранение заделов.

4.4.2. Определение размера передаточной партии при параллельном выполнении операций.

Параллельное выполнение операций над партией деталей характеризуется одновременным выполнением всех операций на различных станках и передачей детали с одного рабочего места на следующее поштучно или передаточной партией немедленно по окончании их обработки предыдущей операции.

Наиболее целесообразный размер передаточной партии деталей может быть определен по следующей формуле (4.5)

$$n_{ц} = \sqrt{\frac{2C_{зан} \cdot N}{C_{изг} \cdot \eta}}, \quad (4.5)$$

где: $n_{ц}$ - целесообразный размер передаточной партии, шт.;;
 $C_{зан}$ - затраты по запуску партии деталей в обработку, руб.;;
 $C_{изг}$ - затраты по изготовлению одной детали, руб.;;
 N - количество деталей в заказе, шт.;;
 η - коэффициент потерь от связывания средств в незавершенном производстве.

4.5. Задачи класса ПрС-Т-ПР

4.5.1. Выбор технологического метода.

Задача выбора технологического метода при подготовке производства относится к числу трудноразрешимых с точки зрения формализации и последующей автоматизации.

Трудно дать определение понятия «технологический метод» в строгом формальном виде.

Рассмотрим один подход к решению подобной задачи на основе структурных преобразований производства.

Важным является установление множества предикатных символов, отражающих семантику свойств объектов и отношений между ними. Вначале формируется множество базовых понятий, а затем, на их основе, - множество производных понятий. Установление множества базовых понятий – неформальная процедура, учитывая, что базовым понятием называют понятие, которое в рамках данной предметной области определяется остенсивно, т. е. множество определяющих его признаков пустое. Исходя из кибернетико-деятельностного подхода к анализу производства в реальном физическом мире, установлено следующее множество базовых понятий:

- F – продуцирование;
- D – действие;
- E – энергия;
- J – информация;
- V – вещество;
- P – пространство;
- T – время;
- K – количество;
- Q – качество.

Все другие понятия нашей предметной области относим к числу производных. Формирование множества производных понятий осуществляется путем «навешивания» на индивид A свойств, задаваемых базовыми понятиями. Так, например, производными понятиями могут быть $F(A)$, $D(A)$, ..., $E(J(A))$, ..., $V(P(T(K(A))))$ и т. д. Дополнительно к сказанному можно договориться по поводу еще одного обстоятельства: базовые понятия не определяются через другие понятия и признаки, но могут быть означиваемы. Например, можно условиться, что базовое понятие E может быть означено через e_1 – теплота и e_2 – механическая энергия, понятие P через p_1 – направление и p_2 – расположение и т. д.

Это дополнение вносит, во-первых, большее разнообразие в формируемое множество производных понятий, во-вторых, наоборот – ограничивает это множество путем ограничения разнообразия множества значений базовых понятий.

Помимо возможности формирования множества производных понятий нашей предметной области с помощью предикатных символов-базовых понятий имеется также возможность формирования сложных утверждений с помощью известных связок «и», «или», «если ... то» и т. д.

Например, активный производитель (преобразующая система) может быть представлена как $F(A) \wedge D(A)$; пассивный производитель (ближняя внешняя среда) как $F(A) \wedge \bar{D}(A)$; производственная система в целом как $FD(A) \wedge F\bar{D}(A) \rightarrow \overline{FD}(A)$ (1), где A – элемент производственной системы.

В центр внимания была помещена БВС как место приложения действий по преобразованию. Было введено служебное понятие **зоны действий**.

Под зоной действия понимается БВС, в которой ПрС целенаправленно осуществляет действия по преобразованию выбранных свойств БВС.

Размером зоны действий называем число, характеризующее величину зоны в единицах измерения, отражающих значения преобразуемых свойств.

Например, размерами зоны действий, в зависимости от конкретного вида $FD(A)F\bar{D}(A)$ могут быть площадь покрытия, температура нагрева, объем снимаемого припуска, относительное количество зерен мартенсита в структуре и др.

Различные действия могут как уменьшать размер зоны, так и увеличивать.

Если в начальном состоянии зона действий максимальна и выступает как заготовка, то в конечном состоянии зона минимальна и вырождается в продукт. Это означает, что полезные действия уменьшают зону действий, а увеличивают зону действий или оставляют её неизменной вредные. Примером вредных действий могут служить так называемые «холостые ходы» при лезвийной обработке. Таким образом целенаправленность ПрС должна выражаться в том, чтобы максимизировать число полезных действий или минимизировать число действий вредных.

Под технологическим методом понимается совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий по обработке безотносительно к типу изделия и производственной системы. Любое действие, лежащее в основе того или иного технологического метода, обладает всеми свойствами физического мира, которые мы перечислили в качестве базовых понятий технологии в разделе 1.3. особое место в структуре базовых понятий занимает Q-качество.

Здесь под значениями Q подразумевают q_1 -схожность и q_2 -отличие. С точки зрения q_1 все методы обладают одинаковым набором свойств: E, V, J, P, T, K.

С точки зрения q_2 методы отличаются между собой:

- значениями перечисленных свойств ($e_1 \vee e_2, v_1 \vee v_2$ и т. д.);

- последовательностью записи значений свойств.

Для того чтобы отличить один технологический метод от другого и установить объективный критерий предпочтительности необходимо описать в общем и формализованном виде структуру технологического метода. В качестве инструментального лингвистического средства описания необходимо использовать предикатный язык. Введем обозначение $D(A) \leftrightarrow y$, где

D - предикат действия;

A - предикатная переменная.

Тогда в соответствии с представлением о физической сущности любого реального действия можно записать $E(y) \wedge J(y) \wedge V(y) \wedge P(y) \wedge T(y) \wedge K(y) \leftrightarrow EJVP TK$

Эта конъюнкция истинна для любых реальных действий «у». Первый шаг на пути к введению отличительных признаков технологических методов можно сделать путем означивания базовых понятий: $E = \{e_1, e_2\}$,

где: e_1 - тепловая энергия (теплота);

e_2 - механическая энергия.

$V = \{v_1, v_2\}$, где

v_1 - нетвердые тела (жидкость или газ);
 v_2 - твердое тело;
 $J = \{j_1, j_2\}$, где
 j_1 - дискретная информация;
 j_2 - непрерывная информация.
 $P = \{p_1, p_2\}$, где
 p_1 - направление;
 p_2 - расположение.
 $T = \{t_1, t_2\}$, где
 t_1 - момент;
 t_2 - период.
 $K = \{k_1, k_2\}$, где
 k_1 - увеличение;
 k_2 - уменьшение.

Означивание – процедура неформального характера, поэтому проводится до некоторой степени условно, хотя и учитывает полноту описания с прагматической точки зрения. Так, например, означивание Е могло быть произведено и более полно (т. е. учесть химическую, ядерную энергию и др.), однако с прагматической точки зрения e_1 и e_2 охватывают множество технологических задач.

В соответствии с приведенным означиванием легко можно отличить например, методы основанные на тепловой энергии (литье, сварка и др.) и методы, основанные на механической энергии (лезвийная обработка, холодная штамповка и др.), т. е. методы включающие действия $e_1(y)$ или $e_2(y)$. Подобным же образом можно отличить методы, основанные на действиях $v_1(y)$ или $v_2(y)$, $t_1(y)$ или $t_2(y)$, $p_1(y)$ или $p_2(y)$ и др.

Кортеж свойств действий $y = D(y)$ может быть записан следующим образом $C = (C_1 = e_1 \vee e_2; C_2 = v_1 \vee v_2; C_3 = i_1 \vee i_2; C_4 = p_1 \vee p_2; C_5 = t_1 \vee t_2; C_6 = k_1 \vee k_2)$ (2)

С помощью комбинаторики можно сформулировать множество отличающихся друг от друга методов на основе рассматриваемого означивания.

В это множество войдут, например, такие методы:

$$\begin{aligned}
 & e_1 v_2 i_2 p_1 t_1 k_1(y) \\
 & \dots\dots\dots \\
 & e_2 v_1 i_1 p_2 t_2 k_2(y) \text{ и другие.}
 \end{aligned}$$

Необходимо описать взаимосвязи зон действий через лингвистический аспект в семантическом представлении действий. Например, $e_1(k_1(y))$ и $k_1(e_1(y))$ различаются между собой порядком в предикации действия при одинаковых свойствах e_1 и k_1 . Если первая запись трактуется как «теплота, вызывающая увеличивающее действие», то вторая трактуется как «увеличение энергетического действия». С точки зрения семантики здесь может идти речь о подчиненности

свойств, которая выражается порядком их записи, т. е. лингвистической структурой.

Для изготовления материальных продуктов используются технологические методы, в основе которых лежат изученные физические эффекты и явления (ФЭ).

При описании ФЭ мы используем прием, который в теории многоуровневых систем называют стратификацией. В соответствии с этим приемом одно и то же действие может быть рассмотрено с разных точек зрения, с позиции разных свойств этого действия, т. е. действие может быть описано как совокупность страт. Например, одно и то же действие может быть представлено как совокупность следующих страт:

$e_1(y)$ - тепловое (термическое) действие;

$v_1(y)$ - действие жидкости (или газа);

$i_1(y)$ - событийное действие;

$p_1(y)$ - действие по направлению;

$t_1(y)$ - действие в течение года;

$k_1(y)$ - действие по увеличению.

Мы привели здесь стратифицированное описание одного действия, лежащего в основе метода – метода закалки.

Если обозначить стратифицированное действие как

$$y_c = C_i(y),$$

где: C_i – ое свойство из совокупности (2),

то стратифицированная зона действий

$$F(y_c) \wedge F(a),$$

Где: a - конкретная БВС.

Две стратифицированные зоны действий находятся во взаимосвязи, когда одна страта «подчиняет» себе другую. «Подчиняет» здесь понимается как первенство в порядке записи свойств. Такое первенство можно установить из множества анализируемых ФЭ. Так например, при анализе ФЭ, где воздействие осуществляется с помощью тепловой энергии, результат воздействия ассоциируется с увеличением какого-либо параметра объекта (расширение и др.). Другими слова, если на первом месте в записи действия стоит страта $e_1(y)$, то она ставит на следующее место страту $k_1(y)$. Парная связь при этом выглядит как $e_1(k_1(y))$. Следует отметить, что взаимной однозначной связи можно и не наблюдать. Например, если на первом месте в описании действия стоит предикат « k_1 », то однозначное соответствие $k_1(e_1(y))$ неверно. Верной записью при этом следует считать $k_1(e_1(y)) \vee K_1(e_2(y))$, т. е. действие по увеличению может быть при ФЭ как тепловой, так и механической природы. Элементарным примером $k_1(e_2(y))$ может быть действие механической сборки.

Результаты анализа взаимосвязей приведены в таблице 4.3 для БВС, которая характеризуется геометрическими свойствами (размеры).

Здесь «+» означает однозначную подчиненность страты, находящейся в соответствующем столбце таблицы. Так, например, при пересечении строки e_1 со столбцом v_1 стоит знак «+». Это означает, что первенство в записи действия

принадлежит e_1 , а не v_1 . Взаимосвязь страт $e_1(y)$ и $v_1(y)$ записывается как $e_1(v_1(y))$.

На физическом уровне это трактуется как «тепловое действие в зоне действия нетвердотельного материала» (например, нагрев заготовки в жидкой или газообразной среде). Знак «-» означает то, что соответствующий предикат, стоящий в этом столбце, не участвует в формировании действия, определяемого соответствующей строкой. Так, например, на пересечении e_1 и v_2 стоит знак «-». Это означает, что не существует записи вида $e_1(v_2(y))$.

Знак «V», знак дизъюнкции и означает возможность одной записи или другой. Например, $e_2(v_1(y)) \vee e_2(v_2(y))$ означает, что механическое действие может быть осуществлено или в зоне действия твердого тела или зоне действия жидкости или газа.

Рассматриваемые параметры можно отобразить в виде графа «энергетически-вещественного» (рис. 4.7)

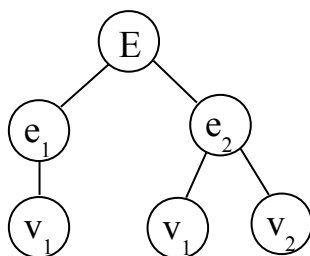


Рисунок 4.7

Таблица 4.3

		Е		В		І		Р		Т		К	
		е₁ теп	е₂ мех	ν₁ нтт	ν₂ тт	і₁ соб	і₂ неп	ρ₁ нап	ρ₂ рас	t₁ мом	t₂ пер	k₁ ув	k₂ ум
Е	е₁ теп			+	-	+	-	-	+	-	+	+	-
	е₂ мех			V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
В	ν₁ нтт	V	V			+	-	-	+	-	+	+	-
	ν₂ тт	-	+			V	V	V	V	V	V	V	V
І	і₁ соб	V	V	V	V			+	-	-	+	+	-
	і₂ неп	-	+	-	+			V	V	V	V	V	V
Р	ρ₁ нап	-	+	-	+	-	+			V	V	V	V
	ρ₂ рас	V	V	V	V	V	V			-	+	+	-
Т	t₁ мом	-	+	-	+	-	+	+	-			V	V
	t₂ пер	V	V	V	V	V	V	V	V			+	-
К	k₁ ув	V	V	+	-	V	V	V	V	V	V		
	k₂ ум	-	+	V	V	-	+	+	-	+	-		

Здесь для простоты изложения оставлены только предикатные символы и опущены символы действий.

С помощью таблицы взаимосвязей предикатов действий можно сформулировать граф «вещественно-энергетический» (рис. 4.8)

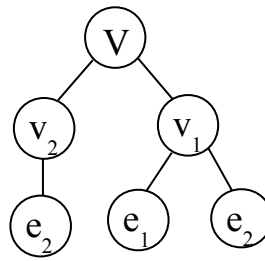


Рисунок 4.8

Подобным же образом можно отобразить все парные взаимосвязи, а именно, «энергетически-количественный», «количественно-энергетический», и т. д.

Парные взаимосвязи стратегированных зон действий и отображающего всей совокупностью свойств.

Например, $e_1(v_1(i_1(p_2(t_2(k_1(y))))))$ 4.6

Запись действия в виде 4.6 не единственная, когда на первом месте стоит e_1 .
Возможны и следующие записи:

- $$\begin{aligned}
 & e_1(i_1(v_1(p_2(t_2(k_1(y)))))) \\
 & e_1(i_1(v_2(p_2(t_2(k_1(y)))))) \\
 & e_1(i_1(v_2(p_1(t_2(k_1(y)))))) \\
 & e_1(i_1(v_2(p_1(t_1(k_1(y)))))) \\
 & e_1(i_1(v_2(p_1(t_1(k_2(y)))))) \\
 & e_1(i_1(v_2(p_1(t_1(k_2(y)))))) \\
 & \dots\dots\dots \\
 & e_1(i_1(v_2(p_1(t_1(k_2(y))))))
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$
- $i\}i\}i\}i\}i\}i\}i\}i$
 $i\ i$

Совокупность формул 4.7 представляет собой описания действий, где на первом месте стоит предикат e_1 .

В этой совокупности число вариантов равно 30.

Из практических соображений будем считать, что в структуре технологического метода присутствует или одно действие, или множество разных действий. Например, для технологического метода литья множество разных действий включает в себя: плавление металла, заливка расплавленного металла в форму, охлаждение металла в форме. Допустим, что определяющим для качества готового изделия мы выберем последнее действие, которое и будем характеризовать технологический метод в целом.

В формализованном виде подобное действие может быть представлено следующей структурной схемой 4.8

$$i_2(t_2(k_2(e_1(v_2(p_2(y)))))) \quad 4.8$$

Если технологический метод характеризовать только одним действием, то в силу рассматриваемого выше формирования разных структурных схем с помощью таблицы 5.1 количество подобных методов чрезвычайно велико (порядка 30 000).

На самом деле мы можем мысленно как расширить подобное множество, так и существенно сузить. Манипулирование числом возможных методов мы проводим с помощью классификации свойств, их сочетаний и их значений. Если в формуле типа 4.8 мы будем учитывать конкретные численные значения свойств, то мы можем мысленно существенно увеличить число методов ($> 30\,000$). И наоборот, если мы вместо определенного порядка свойств в формуле типа 4.8 будем использовать порядок сочетаний свойств, то мы можем существенно уменьшить возможное число методов.

Например, в формуле 4.8 можно ввести определенные сочетания свойств.

$f=(i_2, t_2)$ - отрезок непрерывной функции;

$o=(k_2, e_1)$ - охлаждение;

$\phi=(v_2, p_2)$ - геометрические размеры;

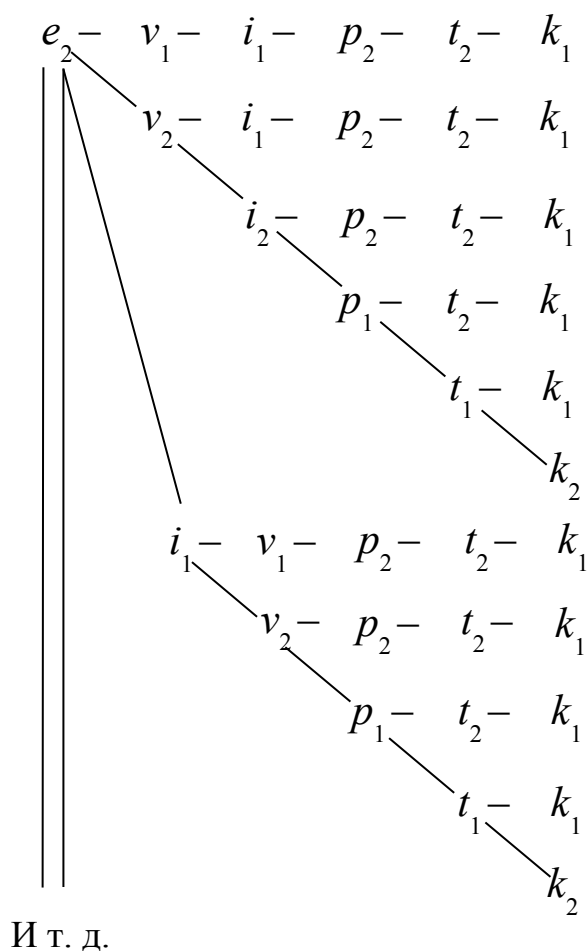
тогда : $f(o(\phi(y)))$

4.9

Прием, используемый при построении формулы 4.9, приводит на практике к существенному уменьшению рассматриваемых технологических методов. Это означает, что под **технологическим методом мы понимаем морфологический класс действий признаками которого являются или сочетания свойств из совокупности, или отдельные свойства, или интервалы значений этих свойств.**

При движении от сочетаний свойств к отдельным свойствам и далее к их значениям число рассматриваемых методов расширяется, при движении от значений свойств к сочетаниям число технологических методов сужается.

При любом типе признаком морфологического класса множество технологических методов может быть представлено в виде направленного графа. Так, например, для морфологического класса, признаками которого являются значения свойств из совокупности можно представить фрагмент направленного графа в следующем виде:



С учетом возможных перестановок свойств количество ветвей графа и, соответственно, видов технологических методов свыше 30 000. На практике в реальной ситуации нам не нужно анализировать такое число методов, нужно лишь принять во внимание то обстоятельство, что ветвящийся граф дает подсказки как принимать решение, опираясь на критерий вариативности действий.

Имея универсальный способ принятия решений на основе критерия вариативности действий, можно объективно выбрать технологический метод проектной ситуации. Рассмотрим применимость такого способа на одном примере, упрощая без ущерба для общности описание технологического метода изготовления. Итак, допустим, что требуется изготовить «вафельную» обечайку (рис. 4.9) с внутренними ячейками

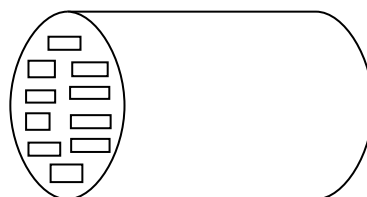


Рисунок 4.9

Примем с известными упрощениями, что любой рассматриваемый технологический метод включает следующие действия:

- $d_{я}$ - действие по получению ячеек;
- $d_{ц}$ - действие по получению из листа цилиндра;
- $d_{с}$ - действие по сварке продольного шва обечайки;
- $d_{к}$ - действие по калибровке цилиндра.

Опуская подробности и детали в описании технологических методов, их разнообразие можно представить в виде графа (рис. 4.10).

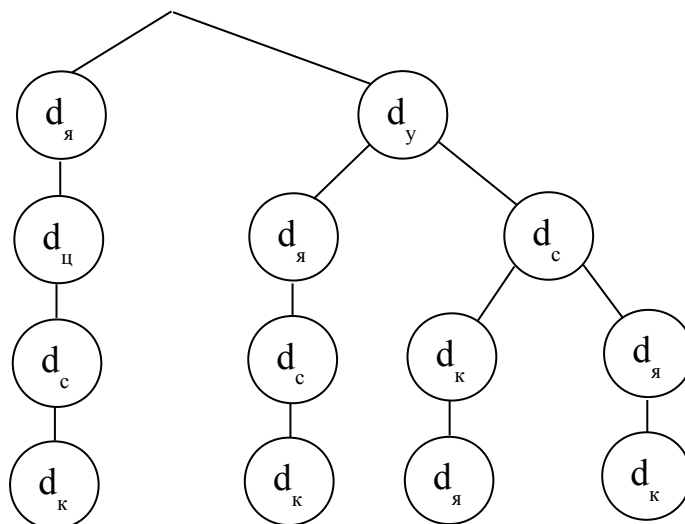


Рисунок 4.10

Каждая из ветвей графа (технологический метод) состоит из одинакового набора действий, но отличаются они между собой последовательностью. Для таких случаев применим способ сравнения (принятия решения) на основе критерия вариативности. В соответствии с этим критерием наиболее предпочтительным технологическим методом является $(d_{я} - d_{ц} - d_{с} - d_{к})$, а наименее предпочтительными являются методы $(d_{ц} - d_{с} - d_{к} - d_{я})$ и $(d_{ц} - d_{с} - d_{я} - d_{к})$. Проверить это утверждение можно и при другом способе представления технологических методов, опираясь на их физическую сущность.

Варианты технологических методов, представленных на графе (рис. 4.10) формально представляются следующим образом:

$$(d_{я} \rightarrow d_{ц}) \wedge (d_{ц} \rightarrow d_{с}) \wedge (d_{с} \rightarrow d_{к}) \quad 4.10$$

$$(d_{ц} \rightarrow d_{я}) \wedge (d_{я} \rightarrow d_{с}) \wedge (d_{с} \rightarrow d_{к}) \quad 4.11$$

$$(d_{ц} \rightarrow d_{с}) \wedge (d_{с} \rightarrow d_{к}) \wedge (d_{к} \rightarrow d_{я}) \quad 4.12$$

$$(d_{ц} \rightarrow d_{с}) \wedge (d_{с} \rightarrow d_{я}) \wedge (d_{я} \rightarrow d_{к}) \quad 4.13$$

$$(d_{я} \Rightarrow d_{ц}) = (k_1(i_1(p_2(c(y)))) \rightarrow (k_1(i_1(p_2(c(y)))))) \quad 4.14$$

$$(d_{ц} \Rightarrow d_{я}) = (k_1(i_2(p_2(c(y)))) \rightarrow (k_1(i_1(p_2(c(y)))))) \quad 4.15$$

где C – обобщенное свойство действий вещественного, временного и энергетического характера, принимаемое как $C=Const$.

Формулу 4.14 можно расшифровать, учитывая физический смысл действий: «Если вначале производится действие $d_я$, то увеличивается событийная информация о геометрических размерах вафельной обечайки; последующее $d_ц$ еще более увеличивает событийную информацию».

Аналогично расшифровывается формула 4.15: «Если вначале производится $d_ц$, то увеличивается текущая (непрерывная) информация о геометрии вафельной обечайки; последующая $d_я$ увеличивает событийную информацию».

Используя таблицу 4.3, формулы 4.14 и 4.15 преобразуются в графы (рис. 4.11 и 4.12 соответственно).

Для 4.14 граф представлен на рис. 4.11

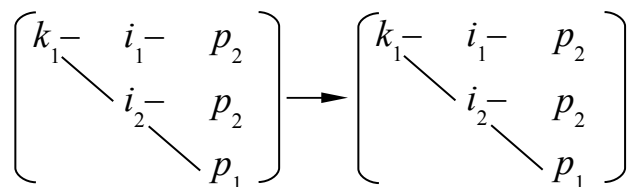


Рисунок 4.11

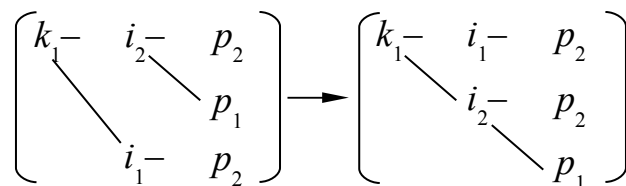


Рисунок 4.12

Если на представленных графах подсчитать число вариативных действий, то для рис. 4.11 число $V=4$, а для рис. 4.12 число $V=6$. По критерию \min вариативности действий предпочтение следует отдать технологическому методу, в основе которого лежит 1, а не $(d_ц - d_я)$.

Результат в данном случае совпадает с анализом графа на рис. 4.10.

Рассмотренный пример позволяет сделать определенные обобщения и предложить алгоритм выбора технологического метода в виде упрощенной блок-схемы (рис.4.13)



Рисунок 4.13

4.5.2. Расчет оптимальных режимов резания.

Зависимости, отражающие известные характеристики режимов резания, имеют вид степенных и для оптимизации этих характеристик нужно использовать методы нелинейного программирования, что вызывает определенные вычислительные трудности. Гораздо проще эта задача решается с применением метода линейного программирования. Общая задача линейного программирования состоит в определении неотрицательных значений переменных, удовлетворяющих системе ограничений в виде линейных равенств и неравенств и обеспечивающих экстремальное значение некоторой линейной функции-критерия оптимальности.

Таким образом, первая задача, которая должна быть решена – это приведение всех технических ограничений и оценочной функции к линейному виду.

Например, методом логарифмирования преобразуется известная в теории резания зависимость в промежуточную форму

$$\ln n + y_v \ln s \leq \ln \left(\frac{318 C_v D^{z_{v-1}} K_v}{T^m t^{x_{vz}} Z^U v B_{\phi}^{r_v}} \right).$$

Получаем одно из неравенств

$$x_1 + y_v x_2 \leq b_1.$$

Аналогично могут быть получены в линейном виде зависимости для других технических ограничений.

Анализ критериев оптимальности показывает, что при оптимизации по двум элементам резания n и s без изменения глубины резания, стойкости инструмента и других технических факторов эти оценочные функции при некотором упрощении выражаются через n и s достаточно просто. Так, для минимальной себестоимости операции можно записать

$$C_{on} = C_1 / ns,$$

где: C_1 - постоянная величина, не зависящая от режимов резания n и s .

Отсюда функция $C_{on(\min)}$ будет наименьшей при максимальном произведении ns . В этом случае при приведении оценочной функции к линейному виду получим

$$f_0 = (x_1 + x_2) \max \quad (4.16)$$

Преобразование технических ограничений к линейному виду и представление их в виде системы неравенств в совокупности с оценочной функцией дает математическую модель процесса резания металлов (4.17)

$$\begin{aligned} x_1 + y_v x_2 &\leq \theta_1 \\ n_z x_1 + y_z x_2 &\leq \theta_2 \\ x_1 + x_2 &\geq \theta_3 \\ x_1 &\leq \theta_4 \\ x_1 &\leq \theta_5 \\ x_2 &\leq \theta_6 \\ x_2 &\leq \theta_7 \\ n_z x_1 + y_z x_2 &\leq \theta_8 \\ n_z x_1 + y_z x_2 &\leq \theta_9 \\ n_y x_1 + y_y x_2 &\leq \theta_{10} \\ n_s x_1 + y_s x_2 &\leq \theta_{11} \\ k_z x_1 + k_3 x_2 &\leq \theta_{12} \\ \hline f_0 &= (x_1 + x_2) \max \end{aligned} \quad (4.17)$$

Математическая модель процесса резания может быть изображена в графическом виде (рис. 4.14)

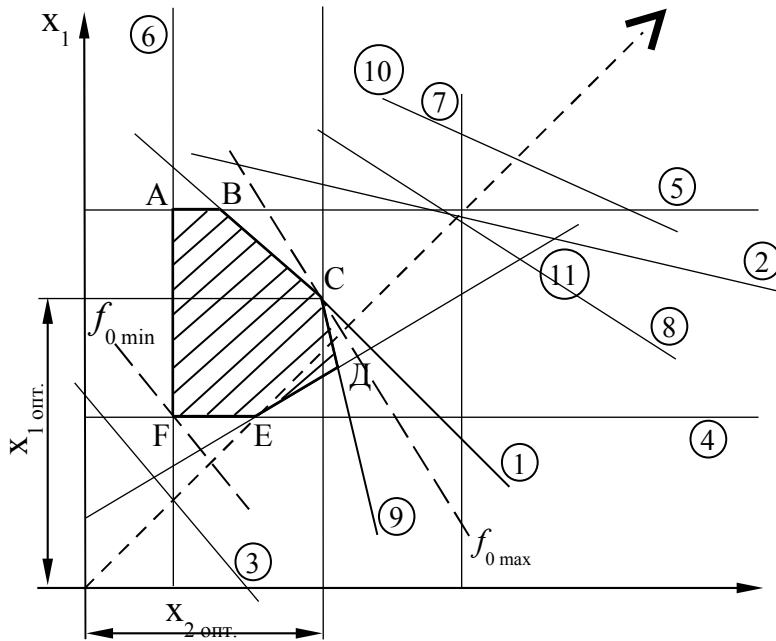


Рисунок 4.14

Здесь каждое техническое ограничение представляется граничной прямой, каждая определяет полуплоскость, где возможно существование решений системы неравенств. Граничные прямые, пересекаясь, образуют многоугольное решение, внутри которого любая точка удовлетворяет всем без исключения неравенствам. Экстремальное значение функции f_0 обеспечивается в точке, лежащей на одной из граничных прямых или в точке их пересечения. Поэтому задача отыскания оптимальных значений x_{1opt} и x_{2opt} сводится к последовательному вычислению координат всех возможных точек пересечения граничных прямых и затем определению для них наибольшей суммы $(x_1 + x_2)_{max}$.

После определения координат x_{1opt} и x_{2opt} вычисляют оптимальные значения элементов режимов резания по формулам

$$n_{opt} = e^{x_{1opt}}$$

$$s_{opt} = e^{x_{2opt}/100}$$

Граничное решение этой задачи сводится к следующему:

Целевая функция $f_0 = (x_1 + x_2)$ изображается прямой, перпендикулярной вектору максимизации. Так как его направление есть направление возрастания линейной функции, то следует ожидать, что в первой точке касания f_0 с многоугольником решения она принимает минимальное значение f_{0min} , а в последней точке C - максимальное значение f_{0max} . Следовательно, вершина многоугольника решений C - точка оптимума, а её координаты x_{1C} и x_{2C} - оптимальное решение системы.

4.6. Задачи класса ПрС-Т-Р.

К числу наиболее актуальных производственных задач в действующем производстве относятся задачи оптимизации режимов механической обработки для непрерывных значений v и s .

Особенно это актуально для регулирования режимов резания в станках с ЧПУ.

В общем виде задача сводится к тому, чтобы отыскать точку касания линий некоторого i -го технического ограничения с целевой функцией, в которой критерий оптимальности $F(v, s)$ принимает наименьшее значение.

Известно, что минимум функции $F(v, s)$ всегда достигается на границе криволинейного многогранника, образуемого техническими ограничениями. Причем возможны два принципиальных случая (рис. 4.15): 1) минимум $F(v, s)$ достигается на одной из кривых в точке A ; 2) минимум $F(v, s)$ достигается на пересечении двух кривых в точке B или B' .

Таким образом, общий метод оптимизации режимов обработки для непрерывных значений параметров v и s состоит в определении с помощью производной всех точек типа A (отбросив те из них, которые не лежат в многоугольнике решений) и вершин многоугольника типа B .

Из полученных точек выбирается та, которая дает наименьшее значение функции $F(v, s)$.

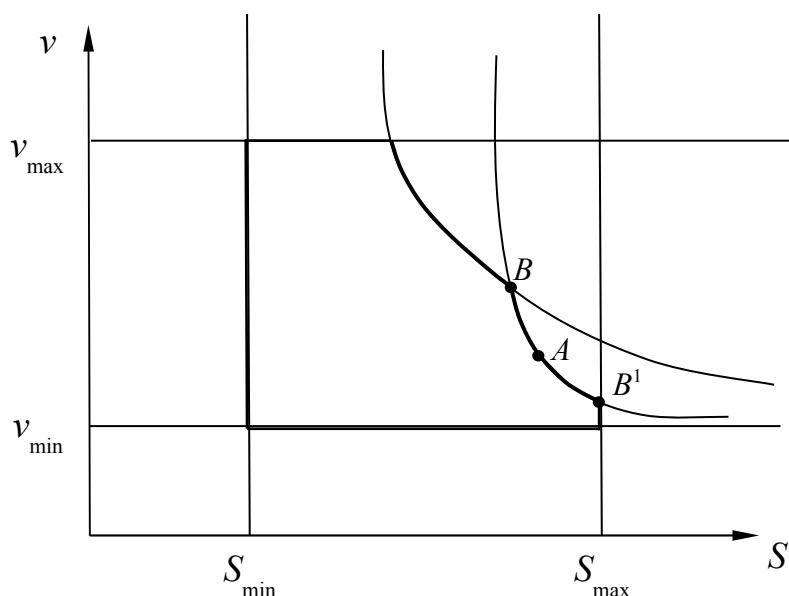


Рисунок 4.15

В качестве целевой функции здесь используется свертка двух критериев: минимальной себестоимости $C_{ОП.Р}$ и минимального штучного времени $t_{ШТ.Р}$

$$F = kt_{ШТ.Р}/t_{ум.ср} + (1-k)C_{ОП.Р}/C_{ОП.ср}.$$

Где: $t_{ум.ср}$, $C_{ОП.ср}$ - значения интегральных средних штучного времени и себестоимости, определяемых в интервалах для скорости (v_{min}, v_{max}) и подачи (s_{min}, s_{max}).

4.7. Задачи класса ПрС-ОТ-ПР.

Среди организационно-технологических задач важное место занимают задачи технологической подготовки производства (ТПП). Центральное место в ТПП занимает задача проектирования технологических процессов (ТП), а в этой задаче самой проблемной и трудноформализуемой является определение последовательности действий над БВС, являющейся, как правило, сложноструктурированной.

Проблема усугубляется тем обстоятельством, что к моменту проектирования ТП многие экономические характеристики не определены, что характерно для единичного производства с быстросменяемой номенклатурой выпускаемой продукции.

В теме 3 было отмечено, что в этих условиях на помощь приходит метод «минимума вариативности действий» (МВД) сущность которого основана на эквивалентности производственных затрат и последовательности обработки структурных частей обрабатываемой заготовки (БВС).

Для начала рассмотрим простейший пример.

Допустим, что обработать необходимо БВС, структура которой условно показана на рис. 4.16.

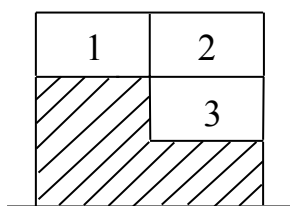


Рисунок 4.16

Допустим, что затраты при обработке частей 1, 2 и 3 одинаковы. Но последовательность их обработки даёт разные приращения «непродуктивных» производственных затрат.

Известно, что эти затраты напрямую связаны с вариативностью действий.

Рассмотрим граф (рис. 4.17)

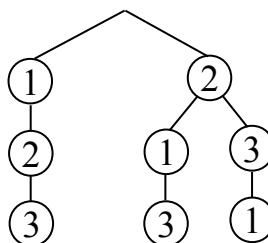


Рисунок 4.17

Вариантами действий, отличающихся не составом элементарных действий, а только их последовательностью, в этом случае являются:

1-2-3;

2-1-3;

2-3-1;

Вариативность действий будет наименьшей при движении по 1-2-3.

Легко убедиться, что непродуктивные производственные затраты, связанные с так называемыми холостыми ходами, соответствуют именно последовательности 1-2-3.

Здесь получено одинаковое решение по выбору оптимальной последовательности действий.

Рассмотрим другой пример (4.18)

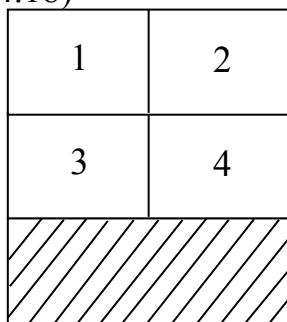


Рисунок 4.18

Для этого случая соответствующий граф выглядит следующим образом (рис. 4.19)

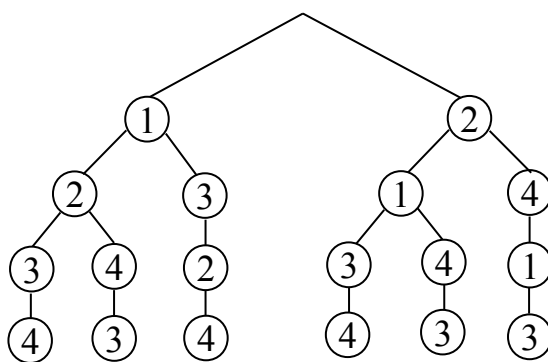


Рисунок 4.19

Здесь можно выбрать последовательности или (1-3-2-4) или (2-4-1-3). Любые другие последовательности менее эффективны с точки зрения непродуктивных производственных затрат.

4.8. Задачи класса ПрС-ОТ-Р.

В производственных системах важное место занимает профилактика и ремонт технологического оборудования.

Известно, что несвоевременность обращений в ремонтную службу (ОГМ) может привести к разного рода убыткам.

В теории массового обслуживания установлено, что отказ в обслуживании требования первого нуждающегося приводят к убытку α_1 , а второго – к убытку α_2 . Если требования отсутствуют, то простой рабочего места первого ремонтника в единицу времени приводит к убытку C_1 , второго ремонтника – к убытку C_2 и т. д.

В системе массового обслуживания интересуются выбором оптимальных значений средней длительности ремонта μ_1 , μ_2 и μ_3 .

Формально задача формулируется следующим образом: требуется определить такие μ_1 , μ_2 и μ_3 , чтобы суммарный убыток при эксплуатации технологического оборудования в течение заданного времени (O,T) был минимальным.

Величина убытка U при моделировании процесса функционирования ремонтной системы (системы массового обслуживания) выглядит следующим образом (4.18)

$$u = \alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2 + \mu_1 \sum_1 + \mu_2 \sum_2 + \mu_3 \sum_3 \quad (4.18)$$

где: m_1 и m_2 - среднее значение количества отказов в ремонте первого и второго нуждающегося соответственно;

\sum_1 , \sum_2 и \sum_3 - средние суммарные времена простоев соответствующих ремонтников.

Процедура оптимизации основана на работе моделирующего алгоритма, который на основе метода статического моделирования содержит описание функционирования системы.

В соответствии с методикой функционирования моделирующего алгоритма выбирается произвольно точка нулевого приближения μ_1^0 , μ_2^0 , μ_3^0 .

Затем, обращаясь к моделирующему алгоритму для системы массового обслуживания, при $\mu_1 = \mu_1^0$, $\mu_2 = \mu_2^0$, $\mu_3 = \mu_3^0$ проводят моделирование процесса функционирования системы в интервале времени $(O_1 T)$ с количеством реализации модели. В результате моделирования получают значения величин m_1 , m_2 , \sum_1 , \sum_2 и \sum_3 и вычисляется убыток $U^{(0)}$.

Далее последовательно для каждого переменного (μ_1 , μ_2 , μ_3) проводится минимизация убытка как функции одной переменной, фиксируя значения других переменных и обращаясь каждый раз к модели (4.18).

Таким образом, получается точка первого приближения $\mu_1^{(1)}$, $\mu_2^{(1)}$, $\mu_3^{(1)}$ и соответствующее значение убытка.

Аналогичным путем, исходя из точки первого приближения, можно получить второе приближение и т. д.

В качестве примера приведем результаты восьми приближений для рассматривания задачи при определенных законах распределения интенсивностей заявок.

$$\begin{aligned} \mu_1^0 &= 1 \\ \mu_2^0 &= 3 \\ \mu_3^0 &= 4 \end{aligned} \quad u^{(0)} = 35525$$

$$\begin{aligned} \mu_1^{(1)} &= 5 \\ \mu_2^{(1)} &= 8,75 \\ \mu_3^{(1)} &= 7,5 \end{aligned} \quad u^{(1)} = 34257$$

• • •

$$\begin{aligned} \mu_1^{(8)} &= 5 \\ \mu_2^{(8)} &= 8,75 \\ \mu_3^{(8)} &= 5 \end{aligned} \quad u^{(8)} = 29356,9$$

4.9. Задачи класса БВС-Т-ПР.

Задачи технологического проектирования БВС (заготовки) весьма разнообразны.

Рассмотрим в качестве типовой задачу расчета припусков и размеров исходной заготовки.

Согласно расчетно-аналитическому методу расчетными являются минимальные (для наружных поверхностей) и максимальными (для внутренних поверхностей) размеры.

Схема расчетов приведена на рис. 4.20

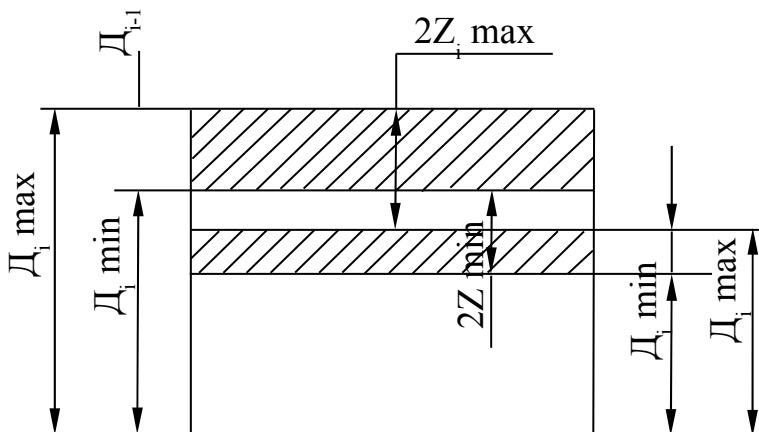


Рисунок 4.20

Общий припуск

$$Z_{0 \max} = \sum_{i=1}^n Z_{i \max} ; Z_{0 \min} = \sum_{i=1}^n Z_{i \min}$$

Данный расчет приведен для того, чтобы показать распространенность численных моделей в решении производственных задач.

4.10. Задачи класса БВС-Т-Р.

Задачи технологического обеспечения качества и производительности при обработке заготовок напрямую связана с качеством и количеством используемого режущего инструмента.

Рассмотрим задачу оптимизации количества режущего инструмента в условиях противоречивых факторов.

С увеличением количества инструментов в наладке n_u производительность растет за счет уменьшения основного времени обработки t_0 .

В то же время растут затраты времени t_τ на техническое обслуживание многоинструментальной наладки; в том числе и на проведение самой настройки.

Наличие противоречивых факторов вызывает необходимость поиска оптимального количества инструментов $n_{u.onm.}$, участвующих в операции.

На рис. 4.21 в наглядном виде показан поиск минимума $t_{uu}=t_0+t_\tau$, соответствующего наиболее выгодному количеству инструментов $n_{u.onm.}$.

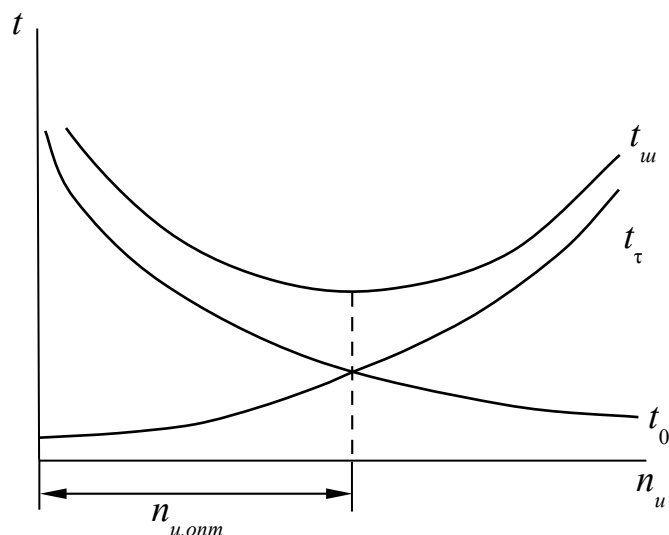


Рисунок 4.21

4.11. Задачи класса БВС-ОТ-ПР

Своевременная и эффективная поставка заготовок в производство зависит от логистического проекта склада.

Чаще всего при моделировании процессов, протекающих в складском комплексе, используют имитационные методы.

Одним из первых и основных вопросов является моделирование общего товаропотока. Запас заготовок должен быть минимальным для того, чтобы затраты на содержание склада были наименьшими.

Вероятность того, что на складе будет содержаться n -ая величина запасов заготовок J определяется по формуле

$$P(J) = P(Q_i^{IP}) \cdot P(Q_j^{OT}),$$

где: $P(Q_i^{IP})$ - вероятность того, что на склад прибудет Q_i^{IP} заготовок;

$P(Q_j^{OT})$ - вероятность того, что со склада будут выдано Q_j^{OT} заготовок.

Сущность имитационного моделирования работы склада заготовок состоит в том, что:

- на основе заданных распределений грузопотоков приходов $\{Q^{IP}\}$ и отгрузки $\{Q^{OT}\}$ на компьютере многократно имитируются ежедневные процессы прибытия и отгрузки заготовок;

- в каждом цикле вычисляются значения получившихся складских запасов;

- в результате получают статическую устойчивость.

4.12 Задачи класса БВС-ОТ-Р.

Практически во всех производственных системах встает вопрос о своевременной поставке заготовок для ритмичной работы цехов. Затраты, связанные с неудовлетворительным спросом, возникают при невозможности удовлетворить заказчика в связи с отсутствием требуемых заготовок на складе. Данный вид затрат оценивается в оперативном режиме и имеет особенности на каждом случае.

Обычно рассматривают и выбирают одну из возможных моделей поведения:

1. $\langle Q - S_{\min} \rangle$.

Необходимо постоянно отслеживать величину запасов заготовок. Необходимо определить объем партии заготовок Q и уровень, на котором делается заказ (S).

$$S_{\min} = T_{\text{зак. ср.}} \cdot \bar{v}_{\text{ср.}} + S_{\text{страховка}} ;$$

$$Q = Q_w = \sqrt{\frac{2vA}{h}} ,$$

где: $\bar{v}_{\text{ср.}}$ - средний уровень спроса за моделируемый период;

$T_{\text{зак. ср.}}$ - среднее время доставки заготовок после выдачи требований на поставку;

$S_{\text{страховка}}$ - страховочное количество заготовок;

A - единовременные затраты на доставку заготовок;

h - стоимость хранения заготовок в единицу времени.

Требование на пополнение заготовок выдается, если текущий уровень запаса меньше, либо равен S_{\min} , в количестве Q .

2. $\langle S_{\max} \rangle$.

Эта модель связана с системой непериодических проверок (например, раз в неделю). Заказ делается раз в неделю:

$$Q = S_{\max} - S_{\text{текущей}} ,$$

где: $S_{\max} = Q_w + S_{\min}$.

3. $\langle S_{\max} - S_{\min} \rangle$.

Эта модель настроена на периодичность проверок в течение dT и после каждой проверки дается заявка на пополнение запаса:

$$S_{\max} - S(t) , \text{ если } S(t) \leq S_{\min}$$

$$Q = \begin{cases} 0, & \text{если } S(t) > S_{\min}, \text{ где } S_{\min} = dT \cdot e_{cp}. \end{cases}$$

4.13 задачи класса П-Т-ТР.

В процессе проектирования изделия (П) в первую очередь встает задача отработки КТР на технологичность (ТКИ).

Задача отыскания наилучшего показателя ТКИ является задачей оптимизации, так как конструкторские факторы (точность, надежность и др.) входят в противоречие с производственными факторами (себестоимость и др.).

Задачу выбора оптимального ТКИ решают по двум схемам: упрощенной и полной.

Рассмотрим эти две схемы:

1) Упрощенная схема выбора оптимального показателя ТКИ. По упрощенной схеме в качестве оптимизационного показателя ТКИ выбирают один, считая его важнейшим. На остальные показатели накладывают ограничения, сводя задачу оптимизации к однокритериальной. В этом случае модель оптимизации сводится к классической модели с одной целевой функцией и несколькими функциями-ограничениями. Если, например, в качестве целевой функции использовать зависимость технологической себестоимости от множества конструктивных показателей, то модель оптимизации может выглядеть так (4.19)

$$\left. \begin{aligned} C(x) &= (\alpha_0 + \alpha_1 x_1 \dots \alpha_n x_n) \rightarrow \min \\ W_1(\bar{x}) &\geq W_{\text{зад}}(\bar{x}) \\ W_2(\bar{x}) &\leq W_{\text{зад}}(\bar{x}) \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

где: \bar{x} - вектор конструктивных параметров;

$W_1(\bar{x})$ - ограничение по Ким;

$W_2(\bar{x})$ - ограничение по трудоемкости.

Решение системы уравнений (4.19) не вызывает принципиальных трудностей и при условии линейных зависимостей $W_1(\bar{x})$ и $W_2(\bar{x})$ может быть осуществлено, например, методом линейного программирования.

Недостатком упрощенной схемы оптимизации является то обстоятельство, что выбор того или иного критерия оптимизации (целевой функции) является достаточно произвольным.

2) Полная схема выбора оптимального показателя ТКИ.

Эта схема предусматривает одновременный учет многих разноплановых показателей ТКИ. Такую задачу называют многокритериальной оптимизацией (МКО).

Сложность заключается в том, что многие критерии оптимальности противоречивы и не коррелированы.

Наиболее приемлемым методом решения задач МКО является метод, основанный на обобщенном показателе.

На практике обобщенными принимаются критерии, в которых некоторые функции служат мерой расстояния между «идеальной» и рассматриваемой альтернативами.

Наиболее предпочтительным обобщенным показателем является такой, в котором составляющими представлены в виде относительных отклонений (4.20)

$$F(x) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m \frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0 - f_{i \min}} + \sum_{i=m+1}^M \frac{f_i(x) - f_i^0}{f_{i \max} - f_i^0} \right], \quad (4.20)$$

где: f_i^0 - экстремальное значение i -го показателя технологичности показателя x^0 .

$f_{i \min}$, $f_{i \max}$ - наименьшее для максимизируемых значений критериев оптимальности;

$i=1, m$ - критерии оптимальности, подлежащие максимизации;

$i=m+1$, M - критерии оптимальности, подлежащие минимизации;

x - конструктивные параметры.

Рассмотри следующий пример:

Множеством одновременно учитываемых критериев являются:

f_1 - себестоимость изготовления $\rightarrow \min$;

f_2 - трудоемкость $\rightarrow \min$;

f_3 - Ким $\rightarrow \max$.

Рассматриваются два варианта конструкции: x_1 и x_2 со своими показателями ТКИ.

В качестве «нулевой» альтернативы f^0 принимается вектор

$$f_1^0 = 100; f_2^0 = 1000; f_3^0 = -0,5.$$

Допустим, что при x_1 показатели ТКИ следующие: $f_1(x_1) = 200$; $f_2(x_1) = 2000$; $f_3(x_1) = -0,6$,

а при x_2 : $f_1(x_2) = 50$; $f_2(x_2) = 500$; $f_3(x_2) = -0,4$.

При таких исходных данных

$$F(x_1) = \frac{-0,5 + 0,6}{0,5 - 0,4} + \frac{200 - 100}{200 - 100} + \frac{2000 - 1000}{2000 - 1000} = 3;$$

$$F(x_2) = \frac{0,5 - 0,4}{0,5 - 0,4} + \frac{50 - 100}{200 - 100} + \frac{500 - 1000}{2000 - 1000} = 1,6$$

По условию (4.20) за оптимальное решение принимается x_2 , т.к. $F(x_2) < F(x_1)$.

4.14. Задачи класса П-Т-Р.

4.14.1. Задача адаптивного управления автоматизированным оборудованием.

В действующем производстве одной из важных производственных задач является задача управления (регулирования) ТП, исходя из заданных свойств П.

Рассматриваемая на примере ТП ЭХО разработку адаптивного управления ТП в реальном масштабе времени (рис. 4.22).

Алгоритм адаптивного управления автоматизированным оборудованием составлен исходя из условий генерации управляющей программы непосредственно в процессе обработки по результатам текущих данных состояния газожидкостного клина в момент осуществления технологического процесса.

В символе 1 вводятся исходные данные, определяющие структуру технологического процесса. В процессе обработки отслеживаются текущие параметры процесса T, P, U, u, λ (символ 2). Их обработка выявляет четыре безразмерных критерия, определяющих процесс ЭХО (символ 3):

$\frac{\alpha l}{\lambda}$ – условия подобия в пограничном слое;

$\frac{UI}{v}$ - гидродинамический режим потока электролита;

$\frac{v}{\alpha}$ - физические свойства электролита;

$\frac{q}{rji}$ - режим парообразования в газожидкостном клине.

Дальнейшее преобразование безразмерных критериев выявляет управляющий критерий q (символ 4), которой является основой для постоянного сравнения его текущего значения с учетом определенной для заданного электролита и обрабатываемого материала значений по зависимостям K (3). При этом вводится критическое значение удельной плотности теплового потока $q_{кр.}$, гарантирующая от кризиса кипения электролита в МЭЗ (символ 5) и если $q < q_{кр.}$, текущее q сравнивается с допустимым его значением, ограничивающим питтинговую коррозию обрабатываемого металла (символ 6). Если $q \geq q_{доп.}$ (символ 7), вводится состояние короткого замыкания (символ 8) и если $K.3$ нет (символ 9), включается источник технологического тока (символ 10).

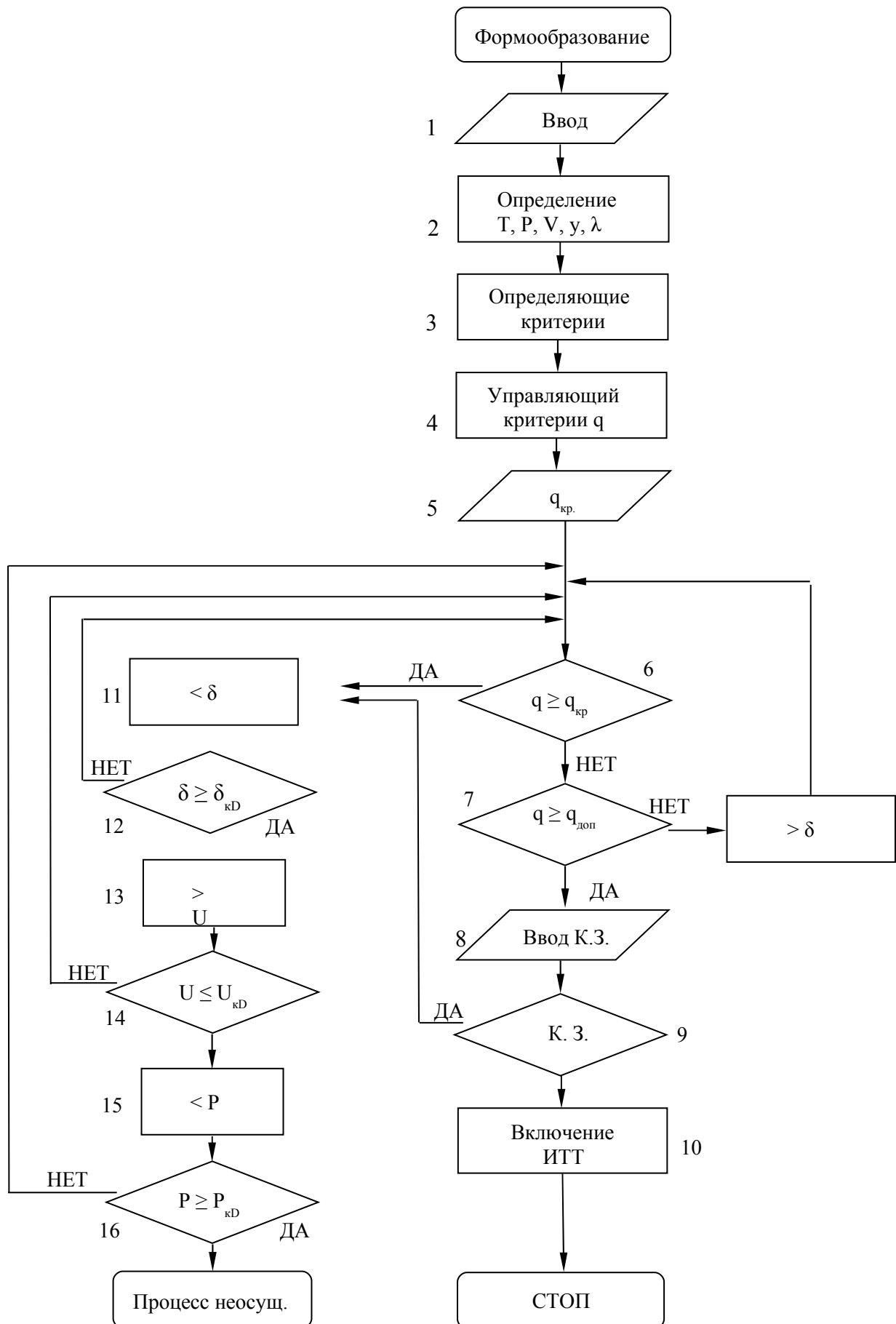
Если в символе 6 $q \geq q_{кр.}$ или в символе получено предупреждение о наличие короткого замыкания электродов (символ 9), дается команда на увеличение рабочего зазора δ (символ 11). Новое значение δ сравнивается с $\delta_{кр.}$ (символ 12), обеспечивающим отсутствие питтинга и если $q \geq q_{кр.}$ дается команда на уменьшение рабочего напряжения (символ 13) за счет изменения угла открывания управляющих тиристоров источника технологического тока. При этом уменьшение напряжения не должно допускать питтинга (символ 14), в противном случае дается команда на повышение рабочего давления (символ 15), и если в этом случае (символ 16) питтинг имеет место, выдается сообщение, что процесс в данном варианте на ЭХО неосуществим. При удачном изменении любого из

управляющих параметров в символах 12, 14, 16 либо при $q \geq q_{дон.}$ в символе 7 генерация управляющей программы продолжается с символа 6 после уменьшения рабочего зазора.

Таким образом, предусмотрено трехступенчатое управление технологическим оборудованием. Причем, оптимальное значение достигается измерением δ , U и P последовательно к изменению следующего параметра переходит лишь при полном исчерпании возможности рационализации процесса предыдущим параметром.

k - безразмерная константа управляющего критерия.

4.14.2. Выбор системы управления точностью ТП.



На стадии предпроектных работ и прогнозирования точности технологических процессов удобно воспользоваться некоторыми физико-техническими аспектами теоретической технологии, изложенными в теме 1 и свойствами производственных систем как одного из основных элементов производства. С точки зрения разнообразия производственных систем целесообразно ввести понятие «благоприятных» и «неблагоприятных» ПС (рис. 4.23)

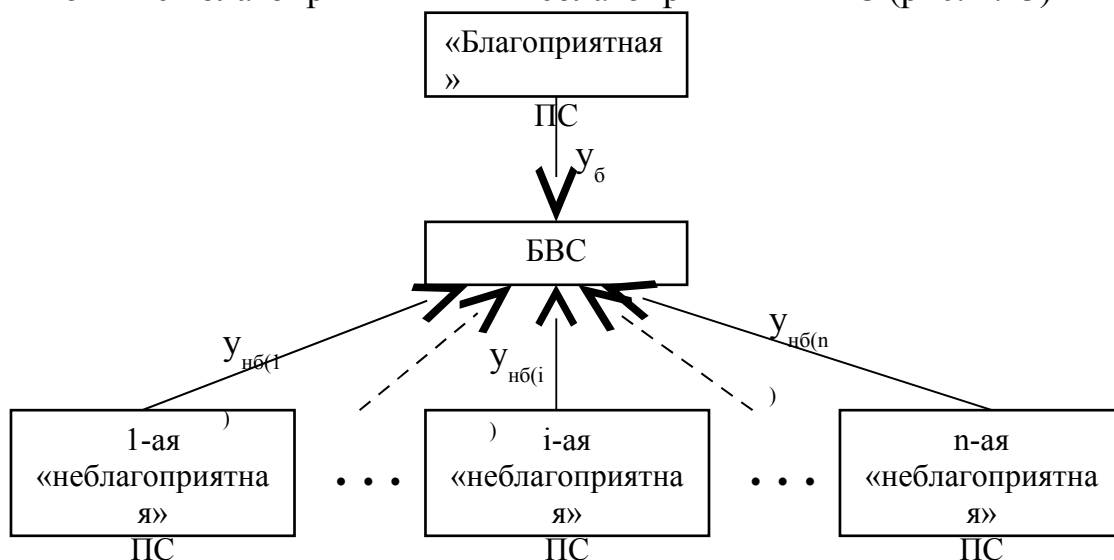


Рисунок 4.23 Воздействие «благоприятной» и «неблагоприятной» ПС на БВС

«Благоприятной» назовем ПС, воздействие Y_{σ} которой на БВС предопределено основным, благоприятным физическим явлением (эффектом) в БВС (например, при обработке резанием Y_{σ} основано на физическом эффекте «клина»).

«Неблагоприятной» назовем ПС, которая «искажает» БВС вопреки задуманной цели её преобразования (например, $Y_{\text{нб}(i)}$ - сила, приводящая к упругому отжатию заготовки).

«Родоначальником» «неблагоприятных» ПС является «благоприятная» ПС, а причиной «размножения» «неблагоприятных» ПС является «цепная реакция» физических явлений и эффектов.

Если следовать принятой классификации физических явлений (эффектов) и структурной схеме физического (ФЭ), то будем считать, что результатами любого воздействия являются физические поля, которые относятся к воздействиям. Этим обуславливается взаимосвязь между ФЭ, которая используется в объектах техники. Например, сущность эффекта рычага заключается в изменении действующей силы по величине и направлению путем передачи через твердое тело места ее приложения. В некоторых ФЭ результатом воздействия является физическое поле преобразованное по виду энергии.

Например, ФЭ «нагрев при деформации» имеет дело с силовым воздействием, а результатом воздействия - тепловое поле из-за перехода части работы, затрачиваемой на изменение размеров или объема тела.

Тогда «цепная реакция размножения ФЭ» применительно к основному (благоприятному) ФЭ «клин» может быть представлена в виде (рис. 4.23)

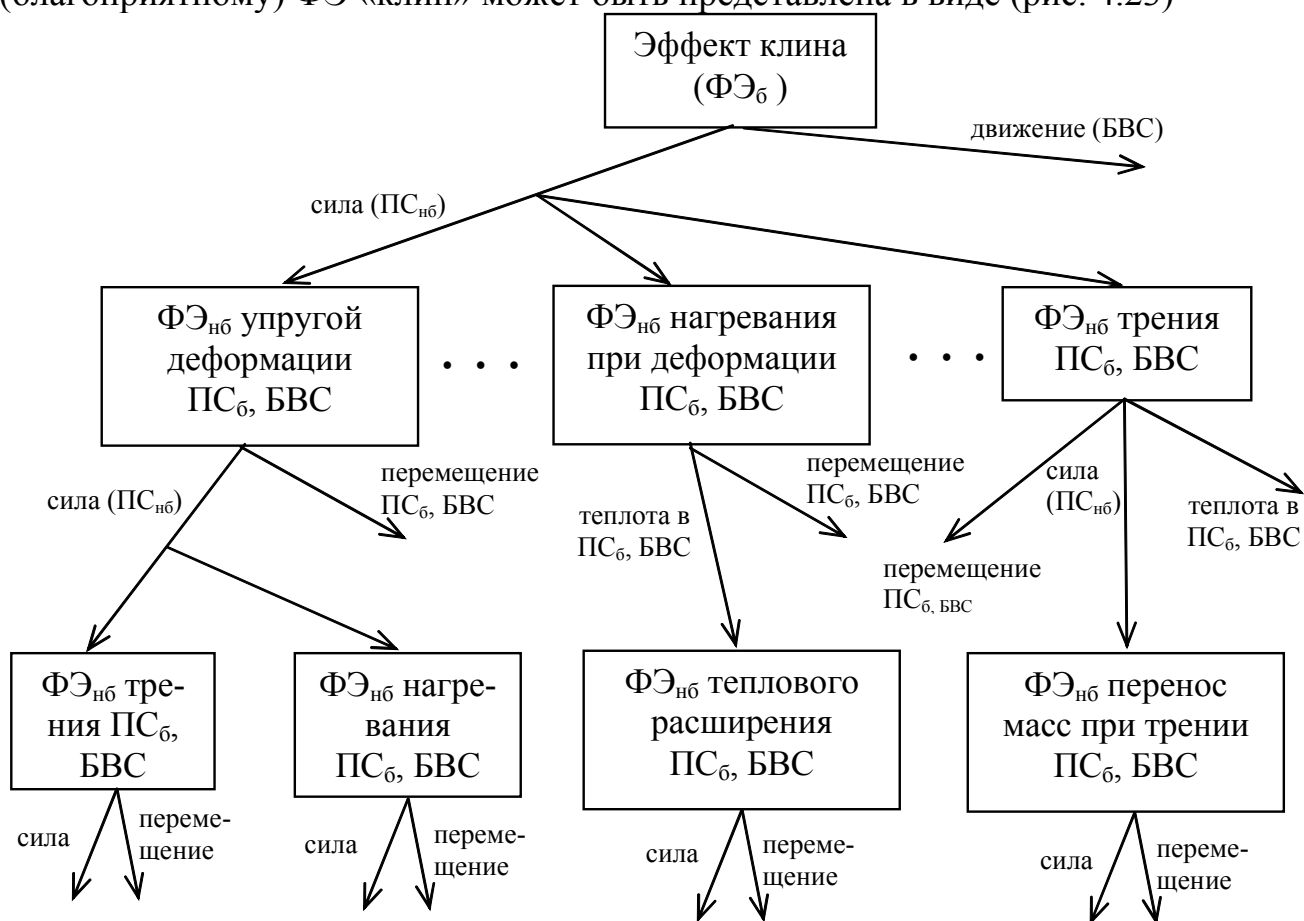


Рисунок 4.24 Цепная реакция ФЭ для основного ФЭ «клин»

Итак, «неблагоприятные» ФЭ (ФЭ_{нб}), сопровождающие процесс обработки, лежат в основе «неблагоприятных» продукционных систем (ПС_{нб}), представленных на рис. 4.23. Каждый из ФЭ_{нб} приводит к последствиям (например, перемещениям), которые не предусмотрены технологическим процессом. Совокупность «непредусмотренных» последствий по сути своей является погрешностями обработки, в сумме определяющей точность обработки. Нетрудно показать, что представленная на рис. 4.24 «цепная реакция» ФЭ_{нб} бесконечна, но с каждым шагом рождающиеся погрешности уменьшаются и становятся бесконечно малыми. Это обстоятельство дает надежду технологу, - если не совсем избавиться от погрешностей обработки, то хотя бы уложиться в определенные, заданные пределы точности. С ростом конструкторских требований по точности изделий одной из важнейших технологических задач становится задача управления точностью обработки. Она сводится к целенаправленному поиску источников погрешностей обработки и их устранению

с помощью дополнительных устройств. Эти дополнительные устройства выполняют роль $ПС^{(0)}$, оппозиционных по отношению к $ПС_{нб}$ (рис. 4.25)

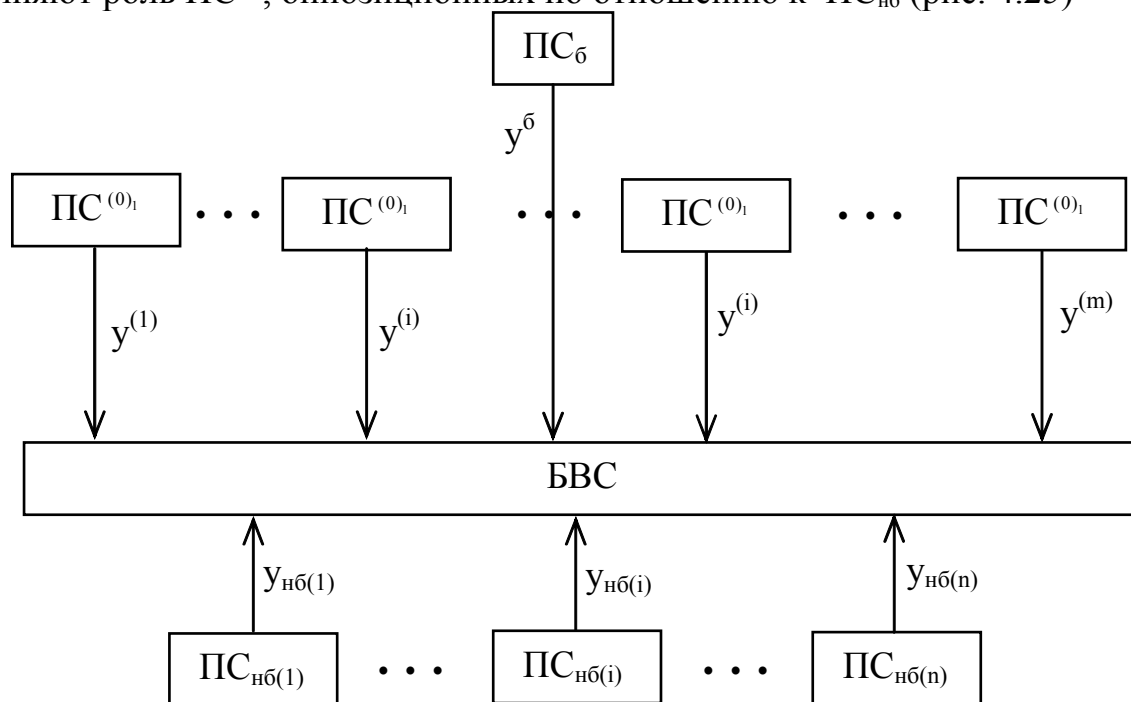


Рисунок 4.25 Подавление погрешностей обработки с помощью оппозиционных $ПС^{(0)}$

Если, например, какая-либо $ПС_{нб(i)}$ продуцирует неблагоприятное перемещение x по отношению к y ($P_1(x,y)$, где: P_1 – двигаться к...), то соответствующая ей оппозитная $ПС^{(0)}_i$ должна строить отношение между x и y по типу $P_2(x,y)$, где: P_2 – двигаться от ...

Задача разработчика системы управления точностью обработки состоит в том, чтобы созданные им оппозитные $ПС^{(0)}$ «подавили» определенное число $ПС_{нб}$. Критерием качества подобной системы может служить величина $\Delta_{ост}$ – суммарная погрешность обработки, «оставшаяся неподавленной» системой управления. Если величина $\Delta_{ост}$ задана, то она может служить целью управления точностью. Для достижения этой цели могут быть использованы различные оппозитные $ПС^{(0)}$ и здесь возникает задача выбора.

Допустим, что в распоряжении разработчика системы имеются 3 вида $ПС^{(0)}$: $ПС^{(0)}_1, ПС^{(0)}_2, ПС^{(0)}_3$.

При этом

1) $ПС^{(0)}_1 \rightarrow \Delta_{ост}$;

2) $ПС^{(0)}_2 \wedge ПС^{(0)}_3 \rightarrow \Delta_{ост}$.

Это означает, что $ПС^{(0)}_1$ «парирует» все $ПС_{нб}$ в пределах заданного $\Delta_{ост}$, а $ПС^{(0)}_2$ и $ПС^{(0)}_3$ могут сделать это только совместно. Итак, возможен выбор из двух

вариантов (здесь не рассматриваются комбинации $(\text{ПС}^{(0)}_1 \wedge \text{ПС}^{(0)}_2)$ и $(\text{ПС}^{(0)}_1 \wedge \text{ПС}^{(0)}_3)$, т. к. $\text{ПС}^{(0)}_2$ и $\text{ПС}^{(0)}_3$ в таких отношениях оказываются лишними).

Можно показать, что сравнение вариантов целесообразно осуществить с помощью критерия минимума вариативности действий.

Рассмотрим каждый вариант в отдельности. По первому варианту система управления на входе имеет кортеж X_1, \dots, X_n (рис. 4.26)

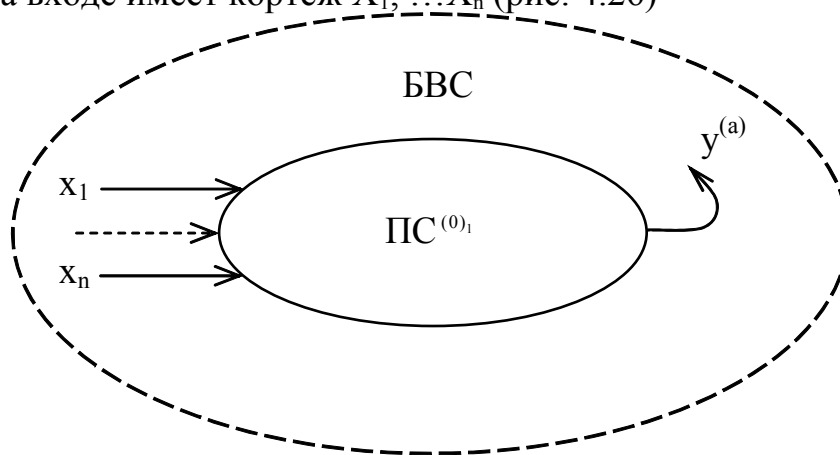


Рисунок 4.26 Система управления точностью в виде $\text{ПС}(0)1$

Система управления, реагируя на неблагоприятное изменение БВС вследствие $\text{ПС}_{\text{нб}}$, вырабатывает управляющий сигнал $y^{(1)}$, действуя определенным образом на БВС.

При определенном количестве $\text{ПС}_{\text{нб}(i)}$ и, соответственно, X_i вариативность действий $\text{ПС}^{(0)}_1$ вытекает из возможных сочетаний X_i и X_j .

Например, $y^{(1)}_1 = -a_1x_1$; $y^{(1)}_2 = -a_2x_2$; ... $y^{(1)}_k = -a_1a_2x_1x_2$ и т. д. – соответствующие операторы.

По второму варианту система управления состоит из двух независимых подсистем $\text{ПС}^{(0)}_2$ и $\text{ПС}^{(0)}_3$ (рис. 4.27)

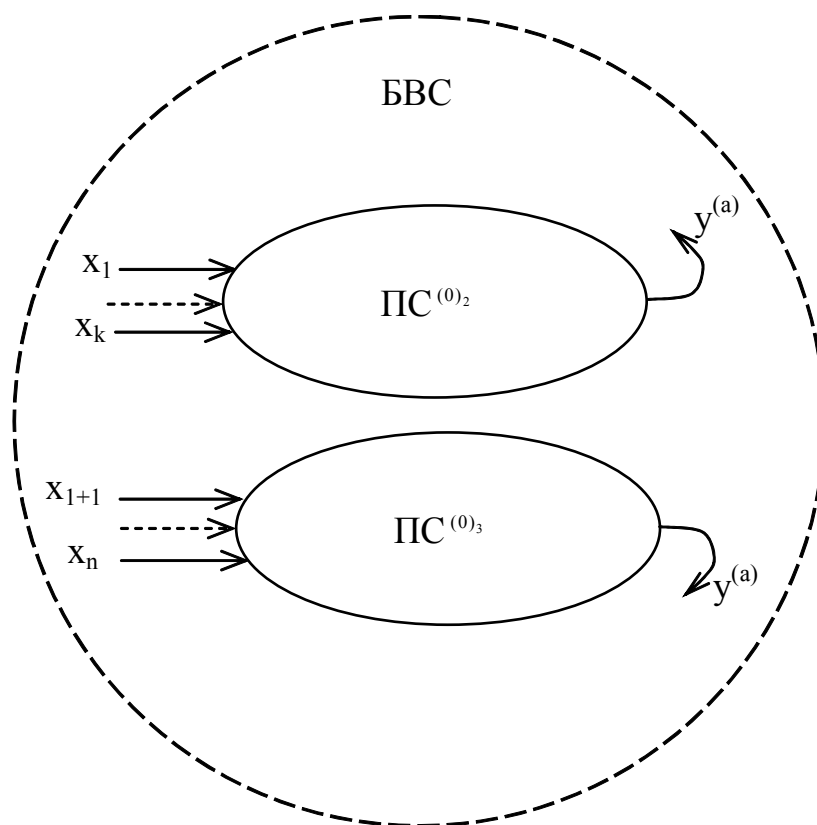


Рисунок 4.27 Система управления точностью в виде $ПС_2^{(0)} \wedge ПС_3^{(0)}$

Независимость этих подсистем проявляется в том, что кортеж возмущений X_1, \dots, X_n делится на X_1, \dots, X_k , поступающей в $ПС^{(0)_2}$ и X_{k+1}, \dots, X_n , поступающей в $ПС^{(0)_3}$, а управляющие воздействия $U^{(2)}$ и $U^{(3)}$ выступают как составляющие вектора U .

Нетрудно убедиться, что при любом целом числе k вариативность действий по второму варианту будет меньше, чем по первому варианту.

Выбор второго варианта системы управления по критерию минимума вариативности действий в этом примере носит частный характер, однако здесь нетрудно вывести обобщение: при разработке систем управления точностью нужно стремиться к увеличению числа оппозитных ПС, доводя их в пределе до числа $ПС_{nb}$.

4.15 Задачи класса П-ОТ-ПР.

Важное место в работе технолога на всех уровнях занимает проблема структуризации производства. Сюда относятся задачи: проектирования новых участков, цехов, заводов; реконструкции действующего производства; адаптации производства к выпуску новой продукции и др.

Применение положений теоретической технологии делает возможным существенно повысить объективность принимаемых решений.

Рассмотрим для примера задачу выбора одного из двух альтернативных предприятий для изготовления нового, конкурентоспособного изделия.

Условия задачи включают в себя:

- структуру обрабатываемых поверхностей, входящих в изделие;
- объем выпуска изделий в календарный период;
- данные о производственной мощности сравниваемых предприятий;
- структуру технологических методов и оборудования на сравниваемых предприятиях.

Допустим для определенности, что производственные мощности предприятий равны или близки по значениям и обеспечивают необходимый объем выпуска планируемой продукции.

Это означает, что в обобщенном критерии эффективности время обработки для сравниваемых вариантов одинаково и сравнение предприятий следует произвести по критерию минимума вариативности действий.

Рассмотрим вначале на простейшем примере методику выбора решений по указанному критерию.

Допустим, что заданное изделие (рис. 4.28) содержит определенное число разных поверхностей: Π_1, Π_3, Π_7 – плоскости; Π_2, Π_4 – наружные цилиндрические поверхности; Π_5, Π_6, Π_8 – внутренние цилиндрические поверхности (отверстия).

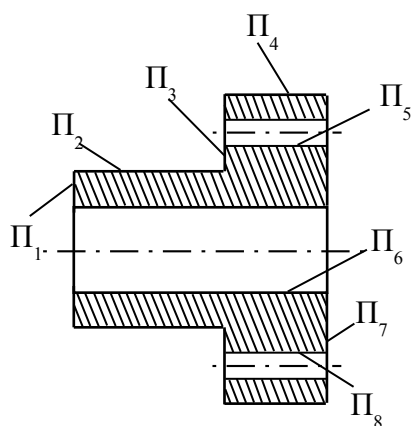


Рисунок 4.28 Заданное изделие

Допустим также, что сравниваемые предприятия А и Б имеют по 10 станков сверлильной (С), токарной (Т) и фрезерной группы (Ф) (табл. 4.4)

Таблица 4.4 Распределение станков

Предприятия е	Число станков			
	С	Т	Ф	Всего
А	3	2	5	10
Б	2	6	3	10

Допустим также, что для заданных типов поверхностей имеются данные о вариативности действий для каждого метода (С, Т, Ф) обработки (табл. 4.5).

Исходя из возможности действий при получении изделия на равных станках, можно рассчитывать удельную вариативность действий для каждой поверхности.

Таблица 4.5 Данные о вариативности действий

Тип поверхности	Вариативность действий n_D		
	С	Т	Ф
П ₁	100*	2	8
П ₂	100*	4	50*
П ₃	100*	2	8
П ₄	100*	4	50*
П ₅	2	100*	100*
П ₆	2	4	100*
П ₇	100*	2	8
П ₈	2	100*	100*

(* - число условное, т.к. в реальности $n_D \rightarrow \infty$)

Для поверхностей заданного изделия $n_{D/UD}^{П_1}$ по предприятиям А и Б выглядит следующим образом (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Предприятие	Тип поверхности							
	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇	П ₈
А	34,4	55,8	34,4	55,8	70,6	51,4	34,4	70,6
Б	22,8	32,4	22,8	32,4	80,4	24,0	22,8	80,4

Сравнение результатов расчетов показывает, что для поверхностей П₁, П₂, П₃, П₄, П₆, П₇ структура парка станков предприятия Б лучше, чем предприятия А; для поверхностей П₅ и П₈ предпочтительнее структура станков предприятия А.

Однако, в целом для изделия нужно учитывать все поверхности в совокупности, т. е. рассчитать

$$n_{D/UD}^{\Sigma П_1} = \frac{\sum n_{D/UD}^{П_1}}{8}$$

Для предприятия А: $n_{D/UD}^{\Sigma П_1} = 50,7$

Для предприятия Б: $n_{D/UD}^{\Sigma П_1} = 37,2$

Итак, структура парка станков предприятия Б для заданного изделия предпочтительнее (эффективнее), чем предприятия А; на этом основании и производится выбор предприятия.

Следуя представленной здесь методике решения задач выбора производственных структур, можно идти по пути обобщения, переходя от структуры оборудования к структуре технологических методов и далее к структуре участков, цехов и предприятия в целом.

Соотношение между ПС и П инверсивно, т. е. следуя этой методике, можно решать задачу подбора П из множества возможных для заданной ПС.

4.16 Задачи класса П-ОТ-Р

Оперативное планирование и управление (ОПУ) является завершающим этапом внутрипроизводственного планирования.

В зависимости от целенаправленности задач и методов их решения выделяются два взаимосвязанных этапа: календарное планирование и диспетчирование производства.

Календарное планирование включает распределение программного задания по производственным подразделениям и календарным отрезкам времени. Диспетчирование имеет своей целью регулирование хода производства, оперативный контроль и учет выпуска продукции.

В качестве исходной информации в подсистему ОПУ должно быть введены конструкторские специализации изделий (П).

Вместе с имеющимися технологическими процессами изготовления деталей и программой выпуска изделия определяется загрузка производственных мощностей структурных подразделений предприятия, что и определяет характеристику ОТ-функций.

Эти задачи с точки зрения математического регулирования относятся к классу оптимизационных распределительных задач и решаются, как правило, методами линейного программирования.

Рассмотрим пример графического решения подобной задачи.

Допустим, что механический цех предприятия может изготовить за смену 600 деталей типа А или 1200 деталей типа В.

Производственная мощность термического цеха, куда эти детали поступают на термообработку в тот же день, позволяет обработать за смену 1200 деталей типа А или 800 деталей типа В. Цены на детали одинаковые.

Определить ежедневную производственную программу выпуска деталей, максимизирующую товарную продукцию предприятия, если оба цеха работают одну смену.

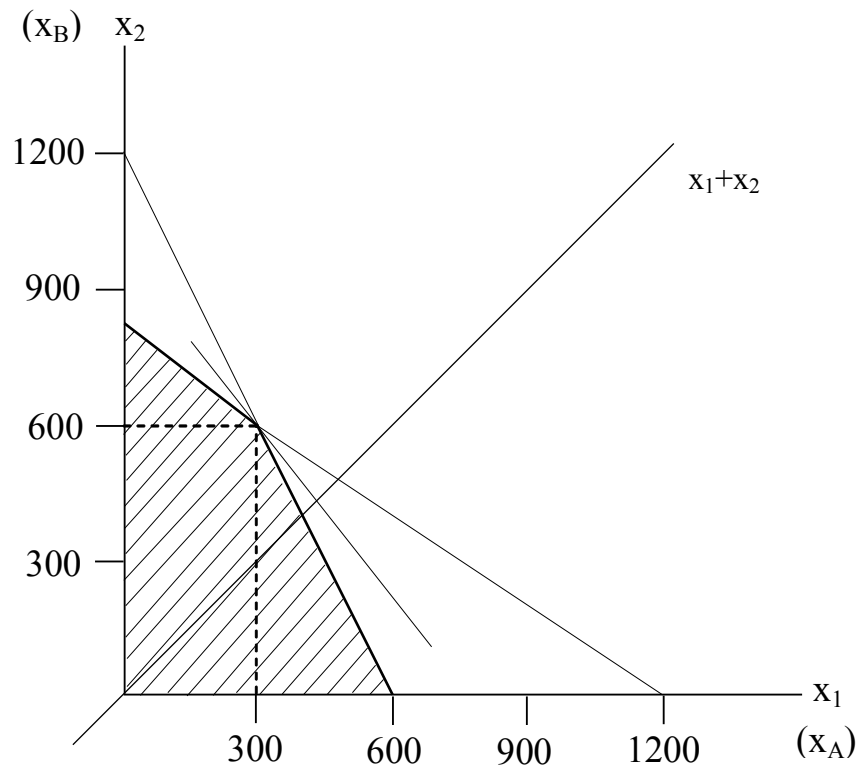


Рисунок 4.29

На рис. 4.29 представлено графическое решение рассматриваемой задачи. Очевидно, что в качестве целевой функции выступает

$$f = (x_1 + x_2) \rightarrow \max$$

Ограничениями в математической модели оптимизации выступают уравнения, отражающие программу выпуска деталей А и В в механическом и термическом цехе:

для механического цеха:

$$I: 2x_1 + x_2 \leq 1200$$

для термического цеха:

$$II: \frac{2}{3}x_1 + x_2 \leq 800$$

Решение находится на пересечении прямых I и II, т. е.

$$\begin{aligned} \max(x_1 + x_2) \text{ при} \\ x_1 = x_A = 300; \\ x_2 = x_B = 600. \end{aligned}$$

Заключение

Приведем итоговую таблицу 4.7, в которую сведены 16 классов задач с указанием применяемых методов и моделей, решения, а также указаний по временному характеру (оперативные, оперативно-тактические и стратегические задачи).

В качестве обозначений принято:

ЛЛМ – логико-лингвистические моделирования;

МВД – метод вариативности действий;

МО – модели оптимизации;

ЛМ – логическое моделирование (моделирующие алгоритмы);

ЧМ – численные (аналитические) модели.

Таблица 4.7

№ п/п	Класс задачи	Содержание задачи	Методы и модели	Характер задач
1	2	3	4	5
1	ПдС-Т-ПР	Задача определения состава оборудования, исходя из стратегии развития производства	ЛЛМ	Стратегическая
		Выбор рациональной системы станочных приспособлений	ЧМ	Оперативно-тактическая
2	ПдС-Т-Р	Задача построения модели технологического процесса	ЧМ	Оперативно-тактическая
		Задача построения моделирующего алгоритма для изучения поведения производственной системы	ЛМ	Оперативная
3	ПдС-ОТ-ПР	Выбор оптимального специализации производства	МВД	Стратегическая
		Организация центров технологической компетенции	ЛЛМ	Стратегическая
4	ПдС-ОТ-Р	Определение размера партии изделия	МО	Оперативная
		Определение размера передаточной партии при параллельном выполнении операций	ЧМ	Оперативная
5	ПрС-Т-ПР	Выбор технологических методов	МВД	Оперативно-тактическая
		Расчет оперативных режимов резани	МО	Оперативно-тактическая

6	ПрС-Т-Р	Выбор режимов резания для станков с ЧПУ	МО	Оперативная
7	ПрС-ОТ-ПР	Выбор последовательности действий при разработке ТП	МВД	Оперативно-тактическая
8	ПрС-ОТ-Р	Определение периодов ремонта оборудования	ЛМ	Оперативная
9	БВС-Т-ПР	Расчет припусков	ЧМ	Оперативно-тактическая
10	БВС-Т-Р	Определение количества инструментов	МО	Оперативная
11	БВС-ОТ-ПР	Логистический проект склада заготовок	ЛМ	Оперативно-тактическая
12	БВС-ОТ-Р	Определение своевременности поставки заготовок	ЧМ	Оперативная
13	П-Т-ПР	Оптимизация показателей технологичности	МО	Оперативно-тактическая
14	П-Т-Р	Выбор параметров адаптивного управления ТП	ЧМ	Оперативная
		Выбор системы управления точностью ТП	МВД	Оперативная
15	П-ОТ-ПР	Выбор структуры производства применительно к типу изделия	МВД	Оперативно-тактическая
16	П-ОТ-Р	Определение загрузки производственных мощностей структурных подразделений	МО	Оперативная