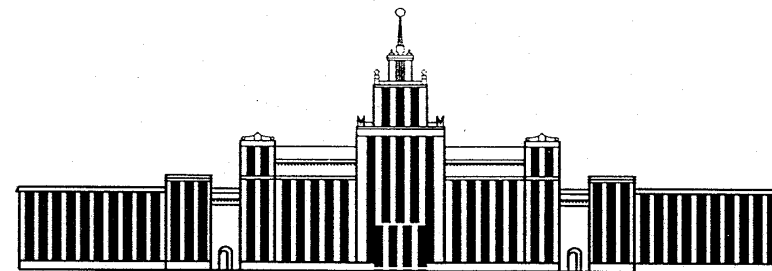

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

658.5(07)

С148

Н.С. Сазонова, А.А. Кошин

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Часть 1

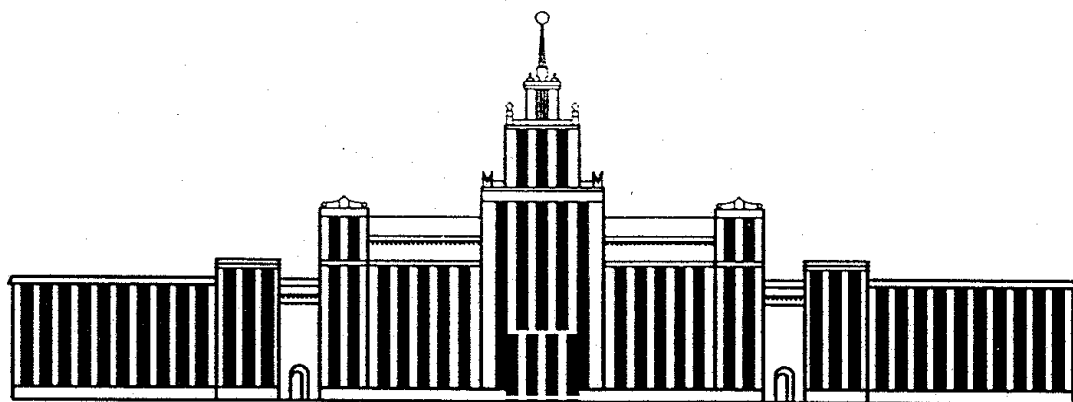
Алгоритмизация технологического проектирования

Учебное пособие

Челябинск

2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

658.5(07)
С148

Н.С. Сазонова, А.А. Кошин

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Часть 1

Алгоритмизация технологического проектирования

Учебное пособие

**Челябинск
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

658.5(07)
С148

Н.С. Сазонова, А.А. Кошин

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Часть 1

Алгоритмизация технологического проектирования

Учебное пособие

Под редакцией А.А. Кошина

2-е издание, исправленное
и дополненное

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2023

УДК [658.512-52:004](075.8)
С148

*Одобрено
учебно-методической комиссией
Политехнического института ЮУрГУ*

*Рецензенты:
доц., канд. техн. наук А.А. Комаров;
доц., канд. техн. наук И.В. Сурков*

Сазонова, Н.С.

С148

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов. Ч. 1: Алгоритмизация технологического проектирования: учебное пособие / Н.С. Сазонова, А.А. Кошин, под ред. А.А. Кошина. – 2-е изд., испр. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. – 82 с.

Учебное пособие рассматривает вопросы алгоритмизации решения задач технологической подготовки производства.

Для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 27.03.02 «Управление качеством» по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов и режущих инструментов».

В учебном пособии изложены теоретические сведения по алгоритмизации технологического проектирования, рассмотрены примеры решения конкретных задач алгоритмизации, приведены задания для самостоятельной работы.

УДК [658.512-52:004](075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Занятие 1. Алгоритмизация решения расчетных технологических задач (разработка алгоритмов).....	6
Занятие 2. Алгоритмизация решения расчетных технологических задач (разработка вспомогательных алгоритмов).....	20
Занятие 3. Алгоритмизация нерасчетных технологических задач. Комплексы условий применимости.	30
Занятие 4. Алгоритмизация нерасчетных технологических задач. Логические алгоритмы.	35
Занятие 5. Инвариантные алгоритмы. Справочные таблицы	40
Занятие 6. Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Односторонние таблицы решений.	42
Занятие 7. Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Двухсторонние таблицы решений.	58
Занятие 8. Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Таблицы соответствий.	65
Занятие 9. Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Логические таблицы соответствий.	68
Занятие 10. Реляционные таблицы.	73
Библиографический список	82

ВВЕДЕНИЕ

Технологическая подготовка производства – это комплекс проектных работ для запуска в производство новой детали или изделия, в рамках которого определяется последовательность выполнения производственного процесса.

Основной задачей технологической подготовки производства является обеспечение заданного качества изготовления проектируемой детали (изделия).

В современных условиях, преобладания средне- и мелкосерийного производства запуск в производство новых изделий должен осуществляться в предельно сжатые сроки, на технологическую подготовку производства каждого нового изделия отводится очень короткое время. Значительное сокращение сроков технологической подготовки производства достигается путем переноса решения этой проблемы в область информационных компьютерных технологий – использование систем автоматизированного проектирования.

Система автоматизированного проектирования (САПР) – представляет собой программный комплекс, предназначенный для решения с помощью компьютера проектных задач технологической подготовки производства.

Дисциплина САПР фактически является продолжением технологии машиностроения, так как рассматривает проектирование технологических процессов изготовления деталей при помощи компьютера.

Среди задач технологической подготовки производства выделяются конструкторские, технологические и организационные.

Конструкторские задачи включают доработку конструкции выпускаемого изделия, обработку его на технологичность и т.д.:

- проектирование специальных приспособлений,
- проектирование специального режущего инструмента,
- проектирование специального измерительного инструмента,
- и т.д.

Технологические задачи включают проектирование комплекса технологических процессов изготовления всех деталей, сборки узлов и изделия в целом:

- проектирование маршрутных техпроцессов,
- проектирование операционных техпроцессов,
- и т.д.

Организационные задачи включают:

- разработку графиков загрузки оборудования,
- распределение техпроцессов по цехам предприятия и другим подразделениям,
- и т.д.

С точки зрения кибернетики задача проектирования технологического процесса изготовления детали – это задача составная, включающая в себя ряд локальных задач.

1. Выбор заготовки;
2. Выбор маршрута обработки;
3. Выбор оборудования для каждой технологической операции;
4. Компоновка технологической операции;
5. Подбор режущего инструмента;
6. Выбор измерительного инструмента для каждого технологического перехода;
7. Выбор вспомогательного инструмента;
8. Выбор приспособления на каждую операцию;
9. Расчет припусков (z_{\min});
10. Расчет операционных размеров;
11. Расчет режимов резания на каждый технологический переход;
12. Расчет нормы времени на каждую операцию;
13. Расчет размеров заготовки; определение коэффициента использования материала (КИМ) и трудоемкости изготовления
14. Формирование выходной технологической документации (оформление карт техпроцесса в соответствии с ГОСТ).

Все задачи технологического проектирования по принципам решения подразделяются на две группы:

- расчетные,
- нерасчетные (логические).

Основной принцип решения расчетной задачи состоит в организации вычислительного процесса.

Основной принцип решения логической задачи состоит в обоснованном выборе приемлемого типового решения.

Часть первая учебного пособия посвящена вопросам алгоритмизации решения расчетных и логических технологических задач [1, 2].

Занятие 1. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ (РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ)

Тема: Алгоритмизация решения расчетных технологических задач (разработка алгоритмов).

Цель занятия: научиться разрабатывать алгоритмы для решения расчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Решение задач технологического проектирования с помощью компьютера представляет собой моделирование деятельности технолога. Множество частных технологических задач, к последовательному решению которых сводится деятельность технолога при проектировании технологического процесса, можно разделить на две группы. В отдельную группу выделяют задачи, которые называются расчетными. К ним относятся задачи по определению припусков на механическую обработку, операционных технологических размеров, режимов резания. Решение таких задач сводится к выполнению расчетов по математическим моделям (то есть, формулам), т. е. решение их достаточно формализовано. Для таких задач обычно составляется формальный алгоритм, позволяющий решать их с использованием возможностей компьютера. Формализованные технологические задачи являются первыми, для которых были созданы методы решения на компьютере, реализованные на промышленном уровне.

Примеры разработки алгоритмов решения расчетных технологических задач

Пример 1

Задание: спроектировать алгоритмы для решения расчетной технологической задачи: расчет длины рабочего хода инструментов при обработке на токарных автоматах и полуавтоматах.

Выполнение задания

Рассмотрим разработку рабочего алгоритма для определения длины рабочего хода инструмента при обработке на токарных многошпиндельных горизонтальных прутковых автоматах.

Длина рабочего хода при обработке детали на станке определяется по формуле:

$$L_{\text{рх}} = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}} ,$$

где

$L_{рез}$ – длина резания (определяется из эскиза обработки);
 $L_{доп}$ – дополнительная длина (определяется в каждом конкретном случае);

y – определяется по следующей формуле:

$$y = y_{п} + y_{вр} + y_{пер} ,$$

где

$y_{п}$ – длина подвода инструмента;

$y_{вр}$ – длина врезания инструмента;

$y_{пер}$ – длина перебега инструмента.

Длины подвода, врезания и перебега рассчитываются исходя из конкретных условий обработки и зависят от конструкции инструмента, геометрии его режущей части, припусков на обработку, формы и размеров детали и т.д.

Длина подвода $y_{п}$ для различных инструментов определяется из следующей таблицы (табл. 1):

Таблица 1

Длина подвода инструментов

Инструмент		Наибольший диаметр обработки D , мм		
		до 40	40–65	свыше 65
		Длина подвода инструмента $y_{п}$, мм		
Резец	проходной, подрезной, расточной	1,5	2,5	3,0
	фасонный, широкий	1,0	1,5	2,0
	прорезной, отрезной, канавочный	0,8	1,0	1,2
Сверло, зенкер, развертка		2,0	3,0	3,5
Метчик, плашка		1,5 S_p	2,0 S_p	3,0 S_p

Здесь S_p – шаг резьбы.

Длина врезания $y_{вр}$ для резцов проходных, подрезных и расточных определяется по формуле:

$$y_{вр} = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi ,$$

где

t – глубина резания;

φ – главный угол в плане.

Длина врезания $y_{вр}$ для осевых инструментов (сверла, зенкеры, раз-
вертки) определяется по формуле:

$$y_{вр} = \left(\frac{d - d_{исх}}{2} \right) \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

где

d – диаметр обработки;

$d_{исх}$ – исходный диаметр отверстия ,(для рассверливания, зенкерования
и развертывания).

Длина перебега $y_{пер}$ для различных инструментов определяется по
таблице (табл. 2):

Таблица 2

Длина перебега инструментов

Инструмент	Наибольший диаметр обработки D , мм		
	до 40	40–65	свыше 65
	Длина перебега $y_{пер}$, мм		
Резец проходной, отрезной	1,0	1,5	2,0
Резец фасонный, тангенциальный	1,5	2,0	3,0

Рабочий алгоритм для определения длины рабочего хода будет иметь
следующий вид (рис. 1):

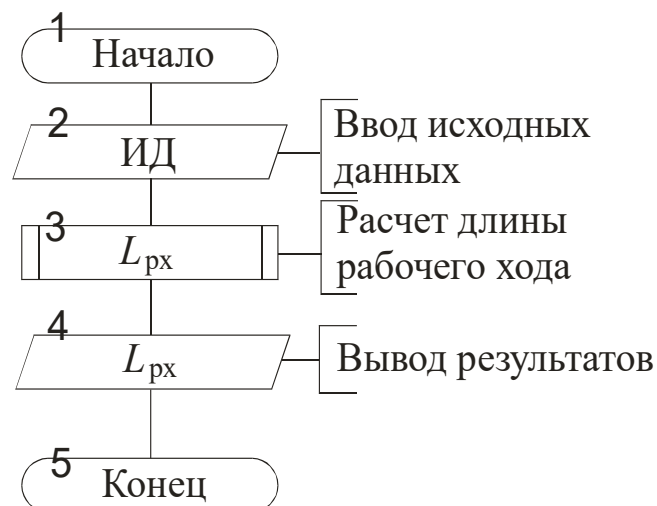


Рис. 1. Блок-схема алгоритма для расчета длины рабочего хода инструментов

Рассмотрим, какие исходные данные должны быть введены для того, чтобы рассчитать $L_{рх}$.

$L_{рез}$ – длина резания (определяется из эскиза обработки);

$L_{доп}$ – дополнительная длина (определяется в каждом конкретном случае индивидуально, если она необходима).

$u_{п}$ – длина подвода инструмента;

$u_{вр}$ – длина врезания инструмента;

$u_{пер}$ – длина перебега инструмента.

$L_{рез}$ и $L_{доп}$ – являются первичными исходными данными.

$u_{п}$, $u_{вр}$ и $u_{пер}$ – являются вторичными исходными данными, поскольку сами, в свою очередь, зависят от других исходных данных.

Поэтому при решении расчетных задач выделяют основной алгоритм и набор вспомогательных алгоритмов для определения вторичных исходных данных.

В каждом вспомогательном алгоритме на вход должны быть поданы первичные исходные данные; т.е. потребуются дополнительные исходные данные, а именно:

для определения длины подвода инструмента $u_{п}$:

ТИ – тип инструмента,

D – наибольший диаметр обработки,

S_p – шаг резьбы (для резьбонарезных инструментов);

для определения длины врезания $u_{вр}$:

ТИ – тип инструмента,

t – глубина резания,

ϕ – главный угол в плане,

d – диаметр обрабатываемого отверстия;

$d_{исх}$ – исходный диаметр отверстия;

для определения длины перебега $u_{пер}$:

тип инструмента,

D – наибольший диаметр обработки.

После этого можно сформировать общий комплекс исходных данных для решения задачи определения длины рабочего хода инструмента.

Предварительно отметим, что для удобства формализации и проектирования рабочих алгоритмов целесообразно вместо символьного параметра «тип инструмента» (ТИ), ввести числовой параметр «код типа инстру-

мента» (КТИ). Тогда все перечисленные типы инструментов могут быть закодированы следующим образом (табл. 3):

Таблица 3

Кодирование типов инструментов

Тип инструмента	Код типа инструмента
Резец проходной	1
Резец подрезной	2
Резец расточной	3
Резец широкий	4
Резец фасонный нормальный	5
Резец фасонный тангенциальный	6
Резец прорезной	7
Резец отрезной	8
Резец канавочный	9
Сверло	10
Зенкер	11
Развертка	12
Метчик	13
Плашка	14

Таким образом, общий комплекс исходных данных, необходимых для расчета длины рабочего хода инструментов будет представлять следующий набор параметров:

$L_{рез}$ – длина резания;

$L_{доп}$ – дополнительная длина;

КТИ – код типа инструмента;

D – наибольший диаметр обработки;

S_p – шаг резьбы (для резьбонарезных инструментов);

t – глубина резания;

φ – главный угол в плане;

d – диаметр обрабатываемого отверстия;

$d_{исх}$ – исходный диаметр отверстия.

Кроме этого, для корректного построения алгоритмов, необходимо проанализировать условия чтения исходных данных в таблицах 1 и 2 на предмет устранения неоднозначностей.

В указанных таблицах одним из исходных данных выступает наибольший диаметр обработки D , значения которого заданы тремя диапазонами: до 40 мм, свыше 40 до 65 мм и свыше 65 мм.

В математических выражениях эти диапазоны будут записаны следующим образом:

1. $D \leq 40$;
2. $40 < D \leq 65$;
3. $D > 65$.

Формально, третий диапазон имеет открытую границу $65 < D \leq \infty$ (наибольший диаметр обработки свыше 65 мм до бесконечности).

Однако в реальных условиях из технических характеристик станков всегда известна величина максимального диаметра обработки каждого станка, расположенного в цехе. Поэтому необходимо дополнить (скорректировать) условия задания величины диаметра, приняв в качестве максимального значения реальную величину максимального диаметра обработки для имеющихся станков.

В нашем случае, для примера, принимаем величину максимального диаметра $D = 200$ мм (для лёгких токарных станков).

Тогда диапазоны для диаметра обработки будут выглядеть следующим образом:

1. $D \leq 40$;
2. $40 < D \leq 65$;
3. $65 < D \leq 200$.

И, следовательно, подпрограмма расчета длины рабочего хода (см. рис.1 блок 3) будет включать следующие локальные алгоритмы:

- алгоритм расчета длины подвода инструмента (рис. 2);
- алгоритм расчета длины врезания инструмента (рис. 3);
- алгоритм расчета длины перебега инструмента (рис. 4).

Кроме этого, необходимо построить **резидентный** алгоритм расчета длины рабочего хода (рис. 5).

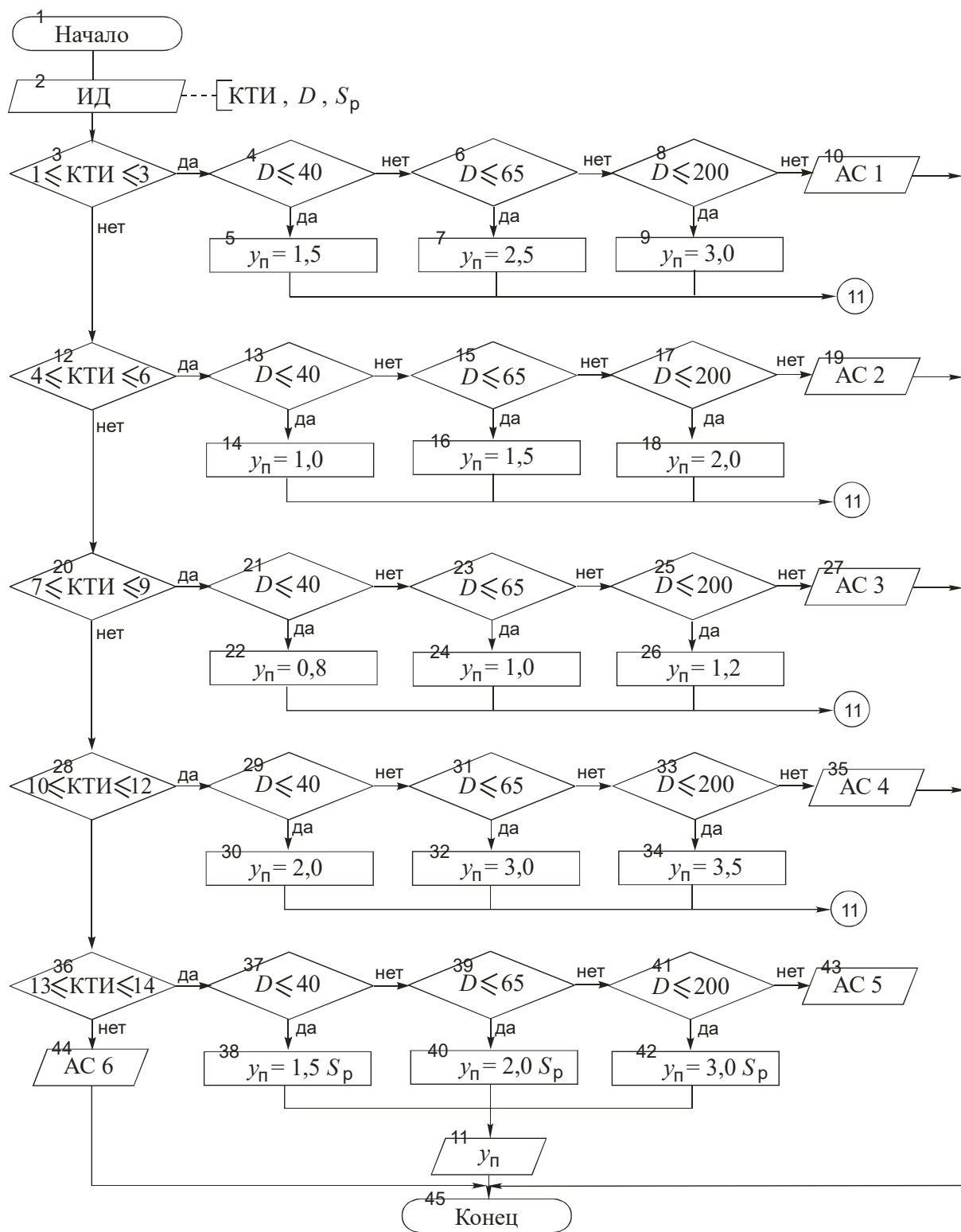


Рис. 2. Блок-схема локального алгоритма расчета длины подвода инструмента

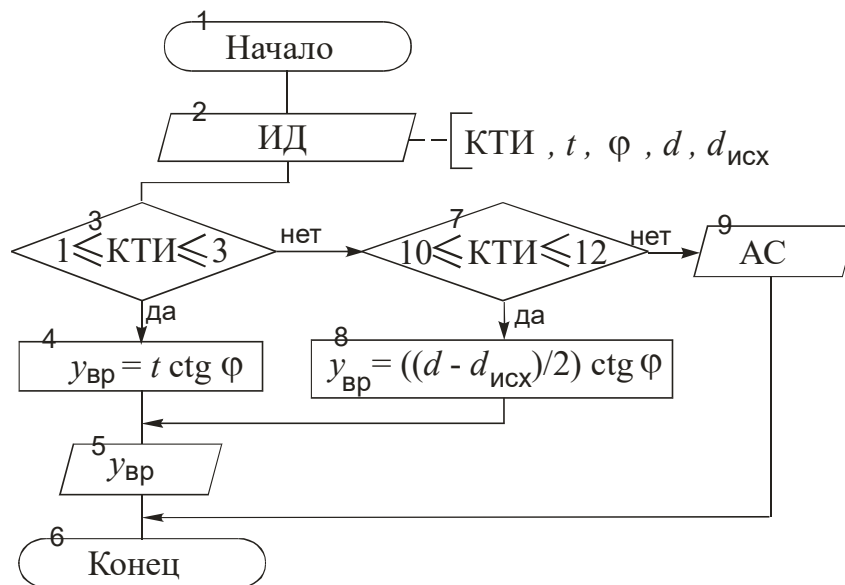


Рис. 3. Блок-схема локального алгоритма расчета длины врезания инструмента

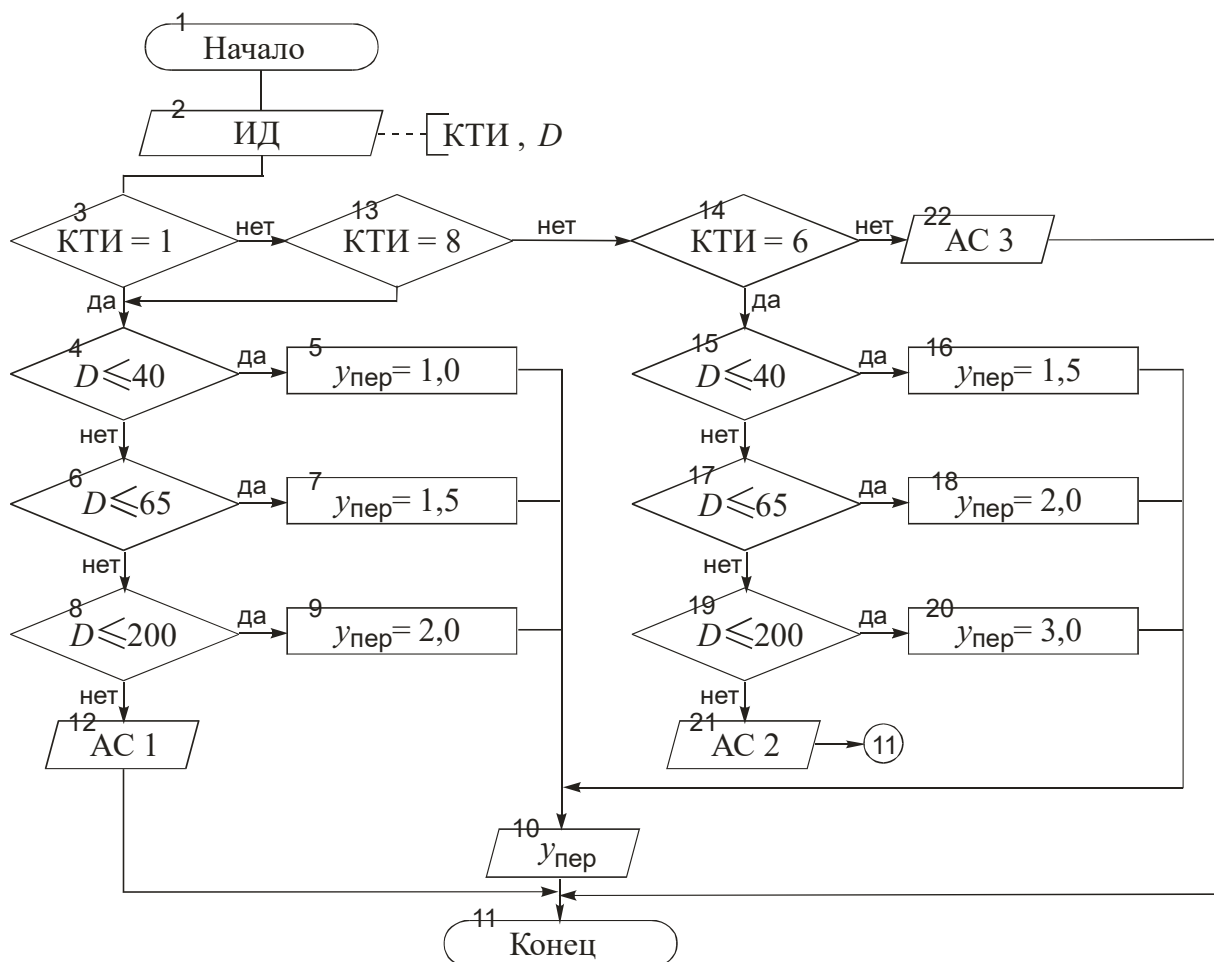


Рис. 4. Блок-схема локального алгоритма расчета длины перебега инструмента

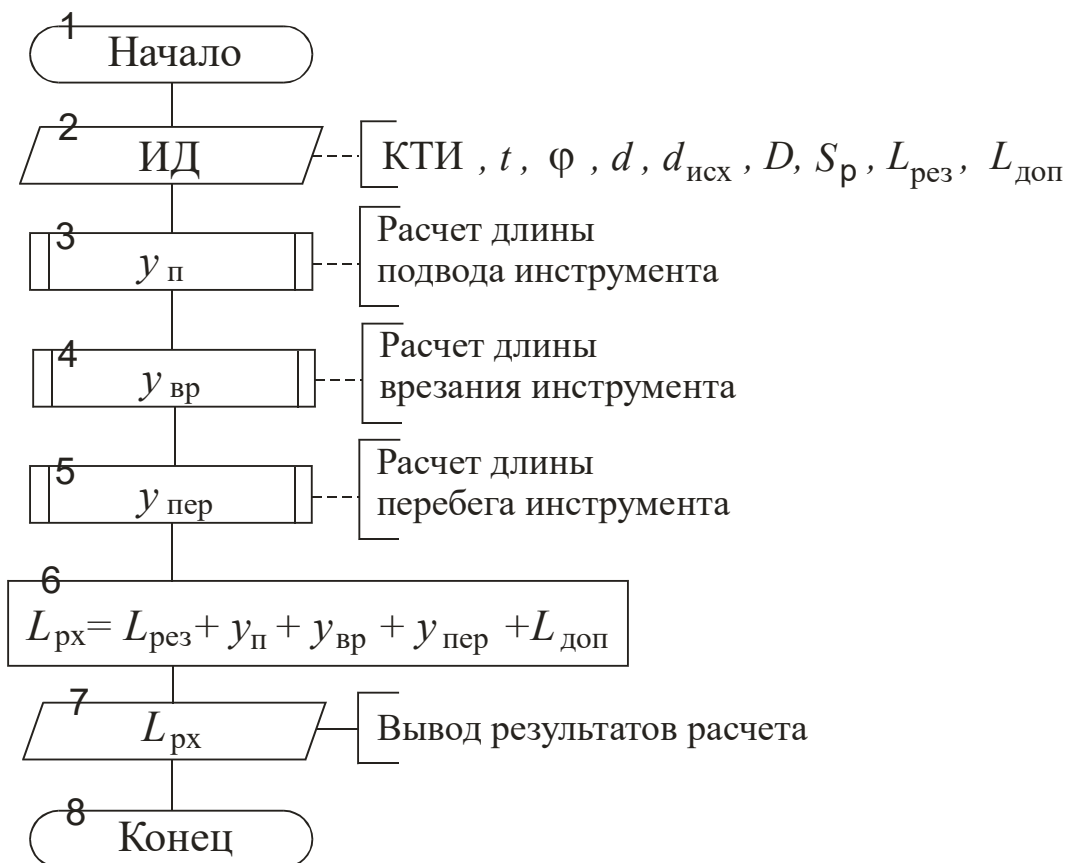


Рис. 5. Блок-схема резидентного алгоритма расчета длины рабочего хода инструмента

Таким образом, разработан формальный алгоритм решения расчетной задачи по определению длины рабочего хода при обработке на токарных многшпиндельных горизонтальных прутковых автоматах.

Пример 2

Задание: спроектировать алгоритмы для решения расчетной технологической задачи: определение расчетной подачи при токарной обработке.

Выполнение задания

Имеется математическая модель (формула), по которой рассчитывается подача при токарной обработке:

$$S = 0,022[t + 1,1(q - 1)]^{-0,23} D^{0,73} \left(\frac{ITZ}{12} \right)^{-0,24} \left(\frac{ITD}{12} \right)^{4,76} \left(\frac{D}{L} \right)^{0,22} \cdot K_{S_M} K_{S_C} K_{S_P}$$

где :

q – количество резцов в наладке;

t – глубина резания;

D – диаметр обработки;

ITZ – качество заготовки;

ITD – качество детали;

L – длина обработки;

K_{S_M} – поправочный коэффициент на измененные условия обработки в зависимости от обрабатываемого материала;

K_{S_C} – поправочный коэффициент на измененные условия обработки в зависимости от типа станка;

K_{S_P} – поправочный коэффициент на измененные условия обработки в зависимости от типа резца.

Значения перечисленных коэффициентов представлены в следующих таблицах (табл. 4, 5, 6):

Таблица 4

Значения коэффициента K_{S_M}

Обрабатываемый материал	Твердость, НВ						
	1,28	1,53	1,75	2,13	2,24	2,36	2,63
	Коэффициент K_{S_M}						
Автоматные стали	–	1,25	1,20	1,15	1,07	–	–
Углеродистые стали	1,22	–	1,10	1,05	1,03	1,00	0,97
Легированные стали	–	–	0,90	0,82	0,80	0,78	0,72
Алюминий	1,5						
Латунь	1,0						
	Твердость, НВ						
	0,98		1,47			более 1,47	
	Коэффициент K_{S_M}						
Бронза	1,3		0,8			0,5	

Таблица 5

Значения коэффициента K_{S_C}

Тип станка	Коэффициент K_{S_C}
Легкий	0,9
Средний	1,0
Тяжелый	1,1

Таблица 6

Значения коэффициента K_{S_P}

Вид резца		Коэффициент K_{S_P}
Нормальный		1,0
Тангенциальный	призматический	1,0
	роликовый	1,4

Исходные данные, необходимые для решения данной задачи:

t, q, D, ITZ, ITD, L – первичные исходные данные (имеются на операционном эскизе);

$K_{S_M}, K_{S_C}, K_{S_P}$ – вторичные исходные данные (зависят от других данных).

K_{S_M} – зависит от обрабатываемого материала (ОМ), и его твердости (НВ);

K_{S_C} – зависит от типа станка (ТС);

K_{S_P} – зависит от вида резца (ВР).

То есть, при решении данной расчетной задачи потребуются дополнительные исходные данные, а именно:

ОМ – обрабатываемый материал;

НВ – твердость материала детали;

ВР – вид резца;

ТС – тип станка (по диаметру шпинделя).

Следующий шаг – кодирование введенных исходных данных для проектирования локальных алгоритмов (табл. 7, 8, 9):

Таблица 7

Кодирование обрабатываемых материалов

Обрабатываемый материал	Код обрабатываемого материала (КОМ)
Автоматные стали	1
Углеродистые стали	2
Легированные стали	3
Алюминиевые сплавы	4
Латуни	5
Бронзы	6

Таблица 8

Кодирование типов станков

Тип станка	Код типа станка (КТС)
Легкий	10
Средний	20
Тяжелый	30

Таблица 9

Кодирование видов резцов

Вид резца	Код вида резца (КВР)
Нормальный	100
Тангенциальный призматический	200
Тангенциальный роликовый	300

Затем, аналогично предыдущему примеру, необходимо построить локальные алгоритмы для определения поправочных коэффициентов (рис. 6, 7, 8) и резидентный алгоритм расчета подачи (рис. 9).

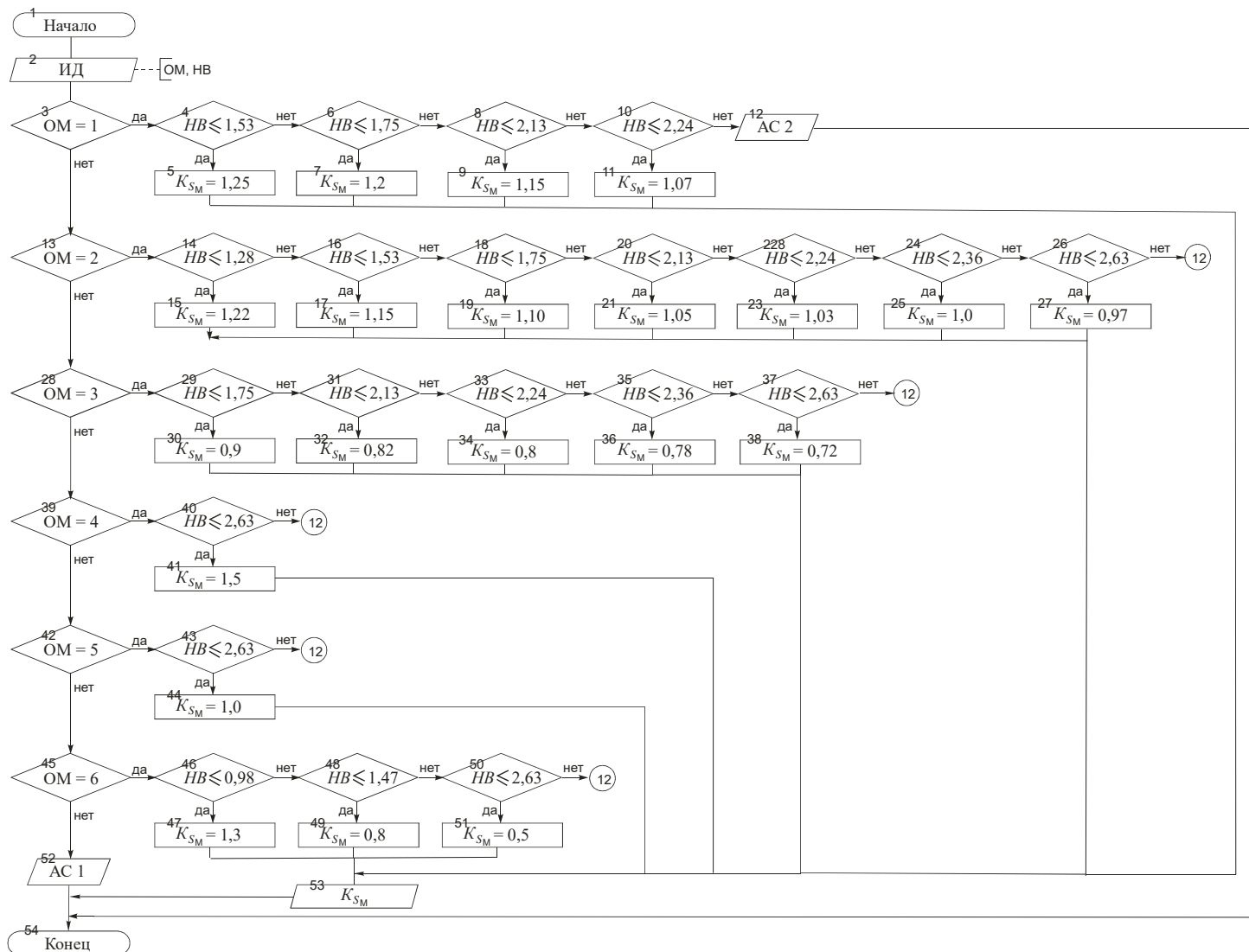


Рис. 6. Блок-схема локального алгоритма расчета коэффициента K_{SM}

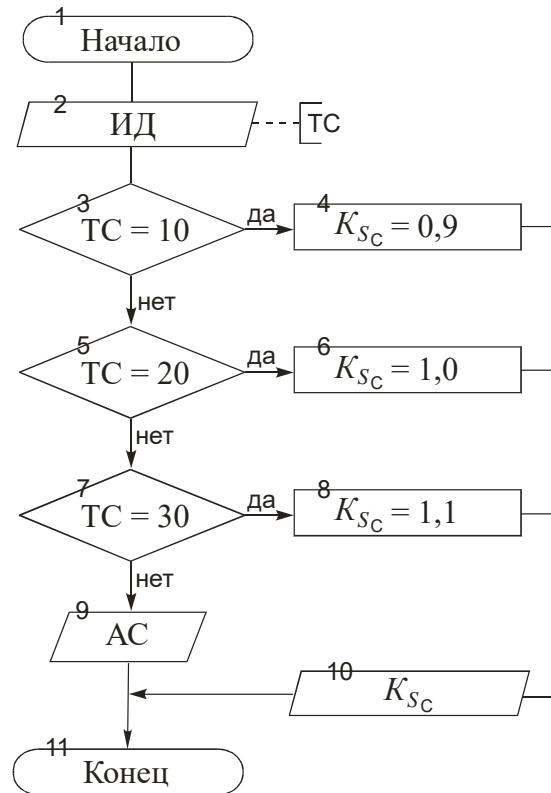


Рис. 7. Блок-схема локального алгоритма расчета коэффициента K_{sc} .

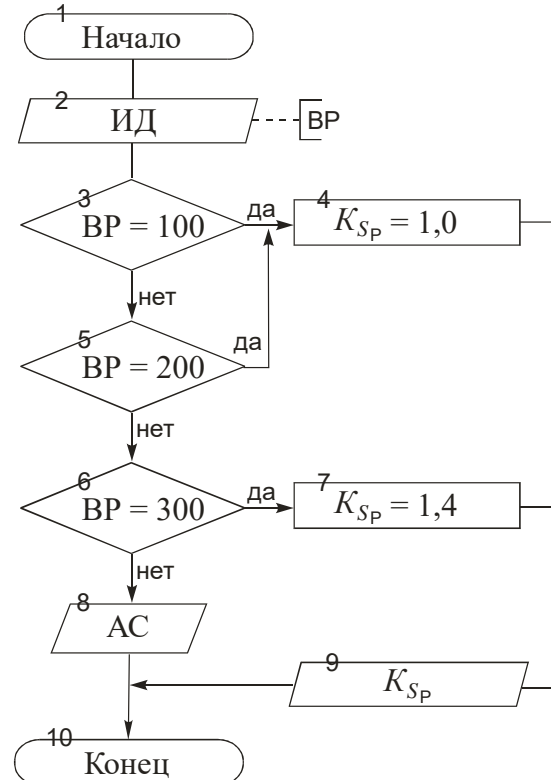


Рис. 8. Блок-схема локального алгоритма расчета коэффициента K_{sp} .

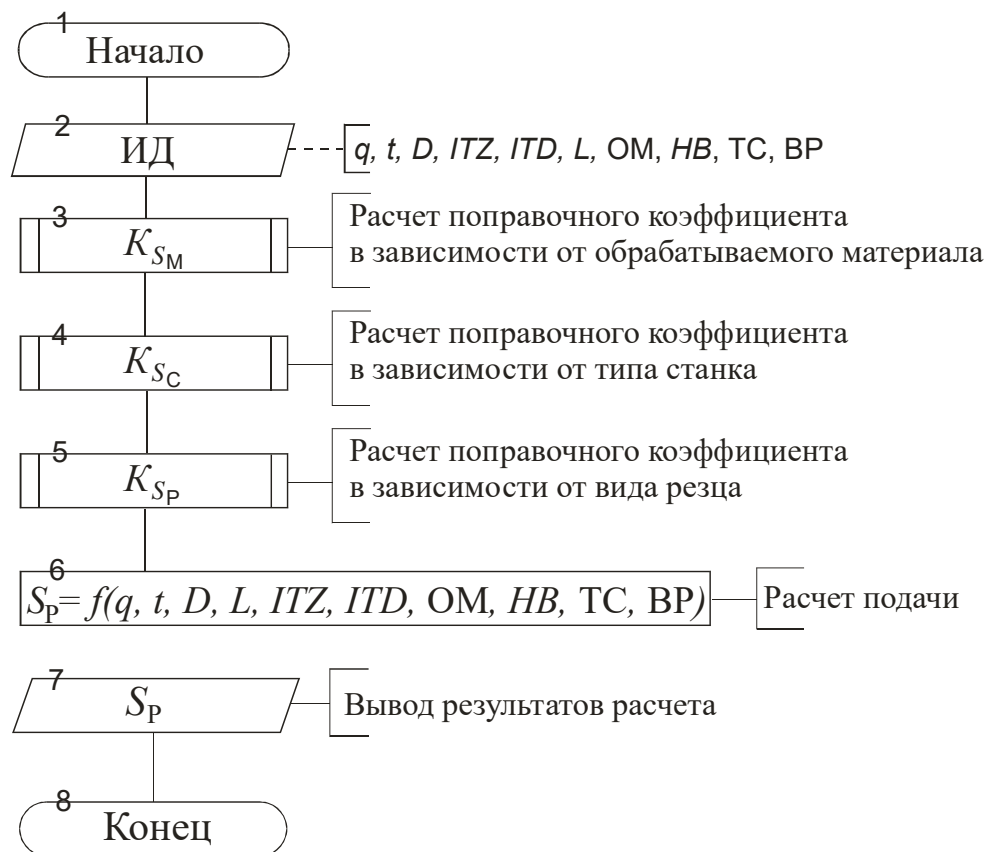


Рис. 9. Блок-схема резидентного алгоритма для определения расчетной подачи

Задания для самостоятельной работы

1. Спроектировать основной алгоритм для расчета скорости резания и набор вспомогательных алгоритмов для определения вторичных исходных данных. Математическая модель для расчета скорости резания:

$$V = 31,32 \cdot t^{-0,14} S^{-0,23} (0,01 \cdot T)^{b_3} (0,011 \cdot \varphi)^{-0,4} (0,424 \cdot HB)^{b_6} K_{V_P} K_{V_{II}} K_{V_B}$$

2. Спроектировать основной алгоритм для расчета силы резания и набор вспомогательных алгоритмов для определения вторичных исходных данных. Для расчета силы резания использовать математическую модель:

$$P_{z,y,x} = 10 C_P t^x S^y V^n K_V ;$$

Значения постоянной C_P , показателей степеней x , y , n и коэффициентов K_V – принимать в соответствии с [4].

3. Спроектировать основной алгоритм для расчета мощности резания и набор вспомогательных алгоритмов для определения вторичных исходных данных. Для расчета мощности резания использовать математическую модель:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} ;$$

Значения силы резания P_z и скорости резания V – принимать в соответствии с [4].

ЗАНЯТИЕ 2. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ (РАЗРАБОТКА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ)

Тема: Алгоритмизация решения расчетных технологических задач (разработка вспомогательных алгоритмов).

Цель занятия: научиться разрабатывать вспомогательные алгоритмы для решения расчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Нередко при алгоритмизации расчетных технологических задач возникает необходимость в разработке дополнительных (вспомогательных) алгоритмов.

Например, после определения расчетных значений режимов резания, возникает задача скорректировать полученные значения по технологическим возможностям оборудования, что означает проверить, возможно ли на данном оборудовании установить рассчитанные значения режимов, и как поступить в том случае, когда рассчитанное значение режима не попадает в диапазон возможных значений оборудования.

Примеры разработки вспомогательных алгоритмов решения расчетных технологических задач

Пример 1

Задание: разработать алгоритмы коррекции рассчитанного значения подачи по технологическим возможностям станка.

Выполнение задания

Рассмотрим несколько различных вариантов коррекции полученной величины подачи по паспорту станка.

Вариант 1. Скорректировать рассчитанную подачу по паспорту станка при условии, что на станке возможно бесступенчатое регулирование величины подачи.

Имеющийся на станке непрерывный ряд подач можно графически изобразить в виде интервала от S_{\min} до S_{\max} (рис. 5).

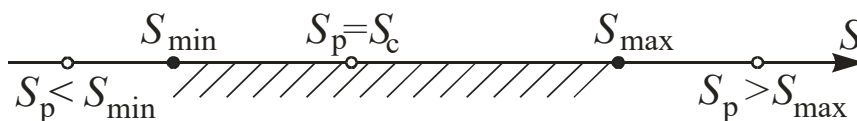


Рис. 5. Схема коррекции подачи по паспорту станка при бесступенчатом регулировании

В этом случае возможно 3 различных варианта расположения точки расчетной подачи:

1) Расчетная подача оказалась меньше минимальной, имеющейся на станке $S_p < S_{\min}$. В этом случае должно последовать аварийное сообщение (АС), что данный станок по своим параметрам не подходит для обеспечения необходимой величины подачи;

2) Если расчетная подача оказывается расположена внутри интервала $S_{\min} \leq S_p < S_{\max}$; тогда в качестве станочной принимается рассчитанная величина подачи $\Rightarrow S_c = S_p$;

3) Расчетная подача больше максимальной, имеющейся на станке $S_p \geq S_{\max}$. В этом случае величина станочной подачи должна быть принята равной максимальной подаче $\Rightarrow S_c = S_{\max}$.

Исходя из этих трех вариантов, может быть составлен алгоритм коррекции подачи по паспорту станка при бесступенчатом регулировании (рис. 6).

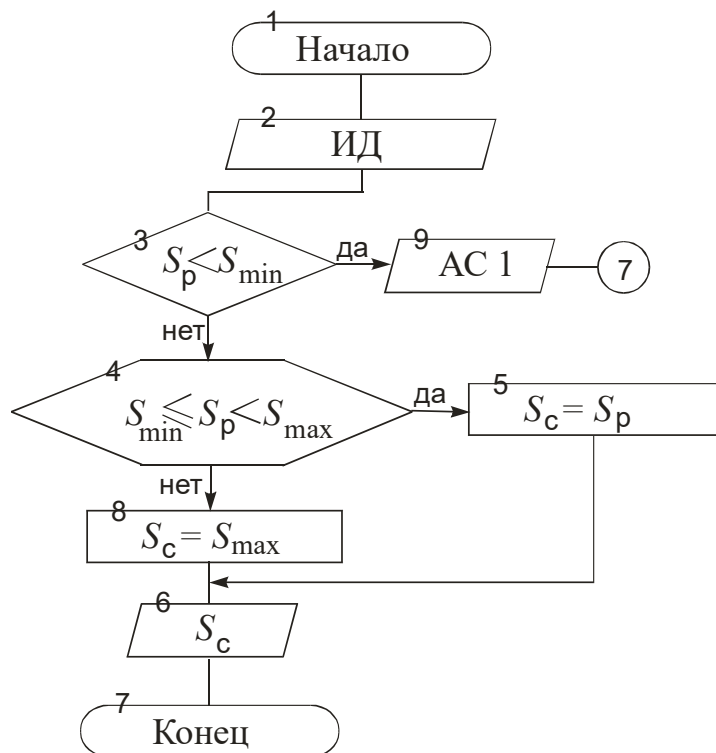


Рис. 6. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по станку при бесступенчатом регулировании

Вариант 2. Скорректировать рассчитанную подачу по паспорту станка, если на станке имеется дискретный ряд подач (например, на токарно-винторезном станке 16K20).

Изображаем дискретный ряд подач, имеющихся на станке в виде точек на прямой от $S_1 = S_{\min}$ до $S_n = S_{\max}$ (рис. 7).

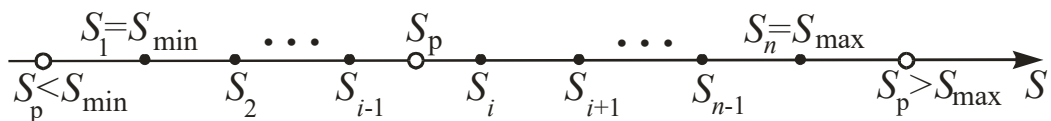


Рис. 7. Схема коррекции подачи по паспорту станка для дискретного ряда подач

Аналогично предыдущему случаю, имеется 3 возможных варианта:

1) Расчетная подача меньше, чем минимальная из имеющихся на станке: $S_p < S_1$. В этом случае должно последовать аварийное сообщение (АС1), что данный станок не подходит, поскольку не обеспечивает необходимую величину подачи.

2) Второй вариант соответствует случаю, когда расчетная подача попадает в любой интервал между двумя соседними значениями из имеющегося ряда подач: $S_{i-1} \leq S_p < S_i$. В этом случае в качестве станочной принимается ближайшее меньшее значение подачи $S_c = S_{i-1}$.

3) Если расчетная подача получилась больше, чем максимальное значение в имеющемся ряду станочных подач: $S_p \geq S_n$, тогда в качестве станочной будет принята эта максимальная подача: $S_c = S_n = S_{\max}$.

Блок-схема алгоритма коррекции подачи по паспорту станка при наличии на станке дискретного ряда подач представлена на рис. 8.

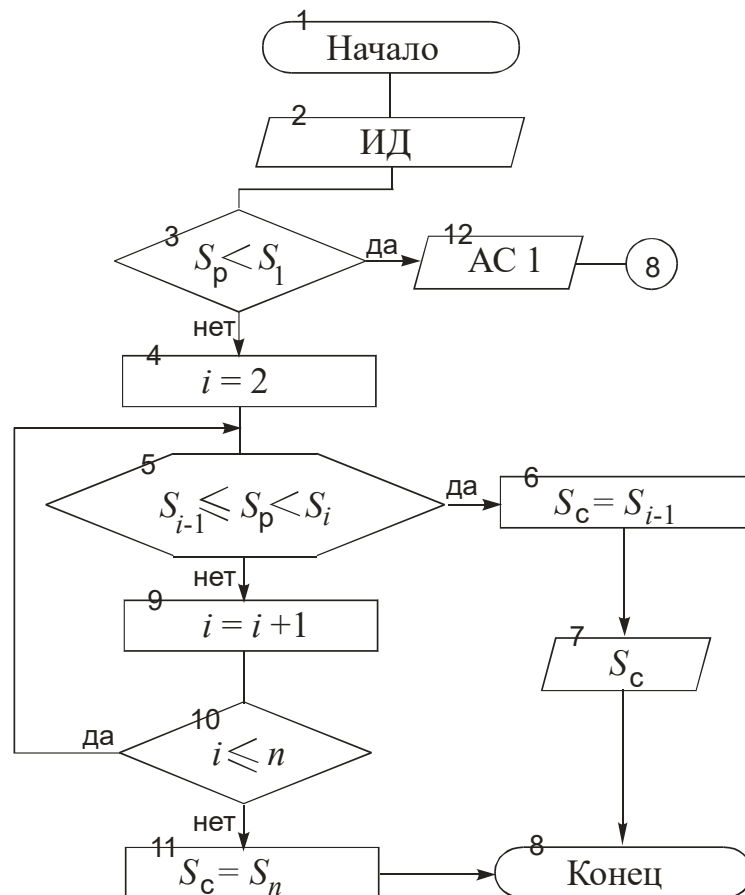


Рис. 8. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по станку при наличии дискретного ряда подач

В условиях реального производства при назначении режимов резания, на этапе коррекции назначенных режимов по паспортным данным станка часто возникает необходимость, чтобы скорректированное значение подачи имело заданную гарантированную точность вычисления, которая зависит как от объемов производства, так и от типа применяемого оборудования (например, универсальные станки, автоматическое или полуавтоматическое оборудование или станки с ЧПУ).

Вариант 3.Скорректировать рассчитанную подачу по паспорту станка при условии, что на станке возможно бесступенчатое регулирование и при дополнительном условии, что если расчетная подача меньше минимальной, имеющейся на станке менее, чем на 15 %, то в качестве станочной принимается минимальная подача, а во всех остальных случаях в качестве станочной принимается расчетная подача. То есть для скорректированной по станку подачи задается 15%-ный уровень точности.

В этом случае алгоритм коррекции подачи по паспорту станка будет выглядеть следующим образом (рис. 9):

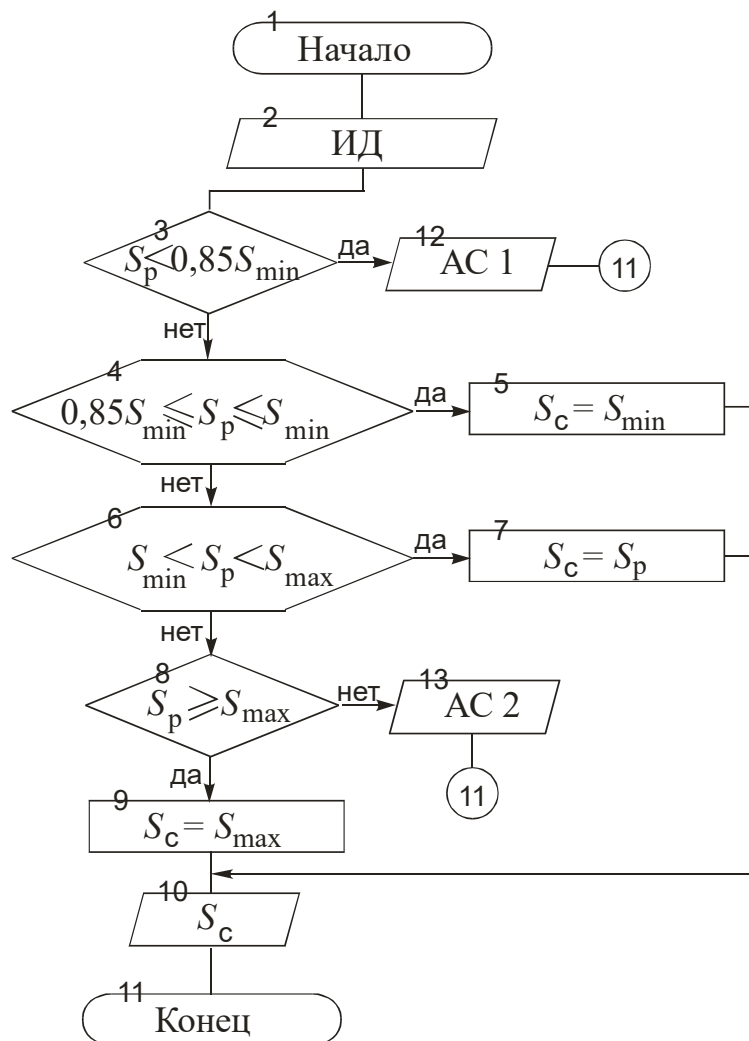


Рис. 9. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по паспорту станка при бесступенчатом регулировании с заданной точностью 15%.

В общем случае, когда условия коррекции режимов резания по паспортным данным станка заранее неизвестны, в алгоритме должен быть предусмотрен ввод необходимой величины точности коррекции δ в зависимости от типа производства и вида оборудования (рис. 10).

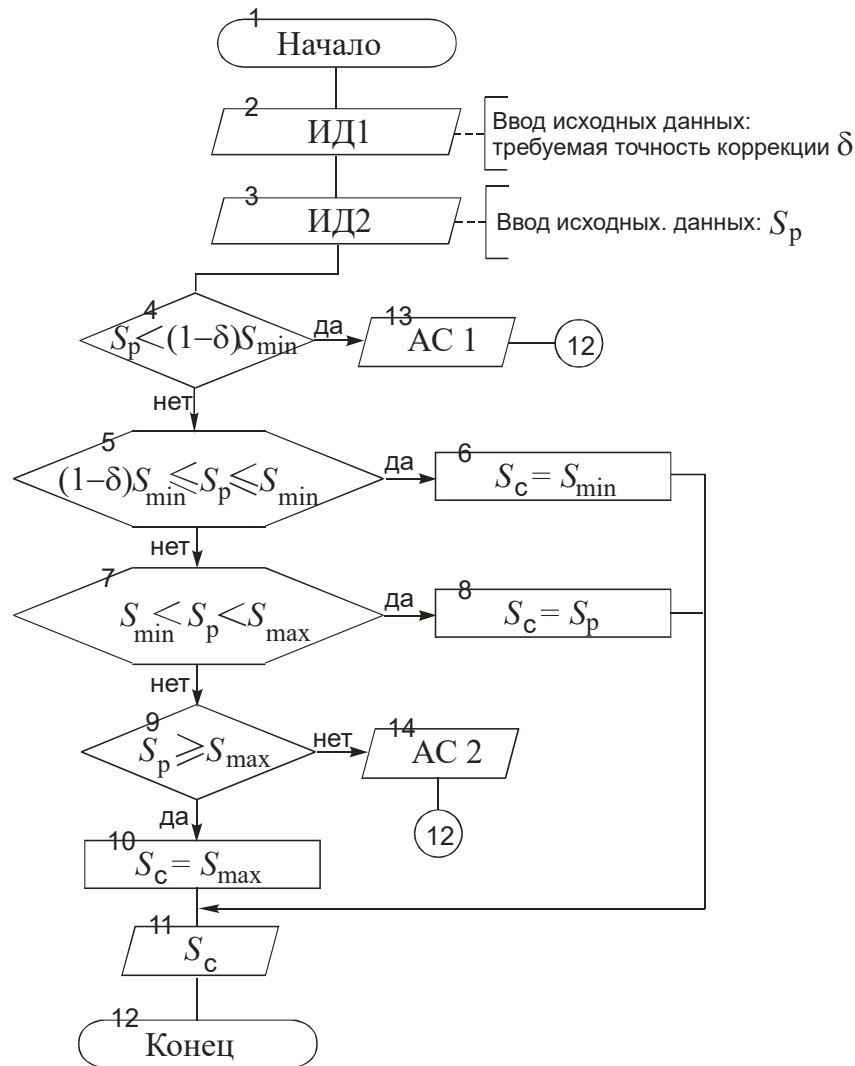


Рис. 10. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по паспорту станка при бесступенчатом регулировании с заданной точностью коррекции δ

Вариант 4. Скорректировать рассчитанную подачу по паспорту станка, при наличии на станке дискретного ряда подач и при дополнительном условии, что если ближайшая большая станочная подача превышает рассчитанную менее, чем на 15 %, то она принимается в качестве станочной, а во всех остальных случаях в качестве станочной принимается ближайшее меньшее значение подачи.

Алгоритм коррекции подачи по данным оборудования для заданных условий представлен на рис. 11.

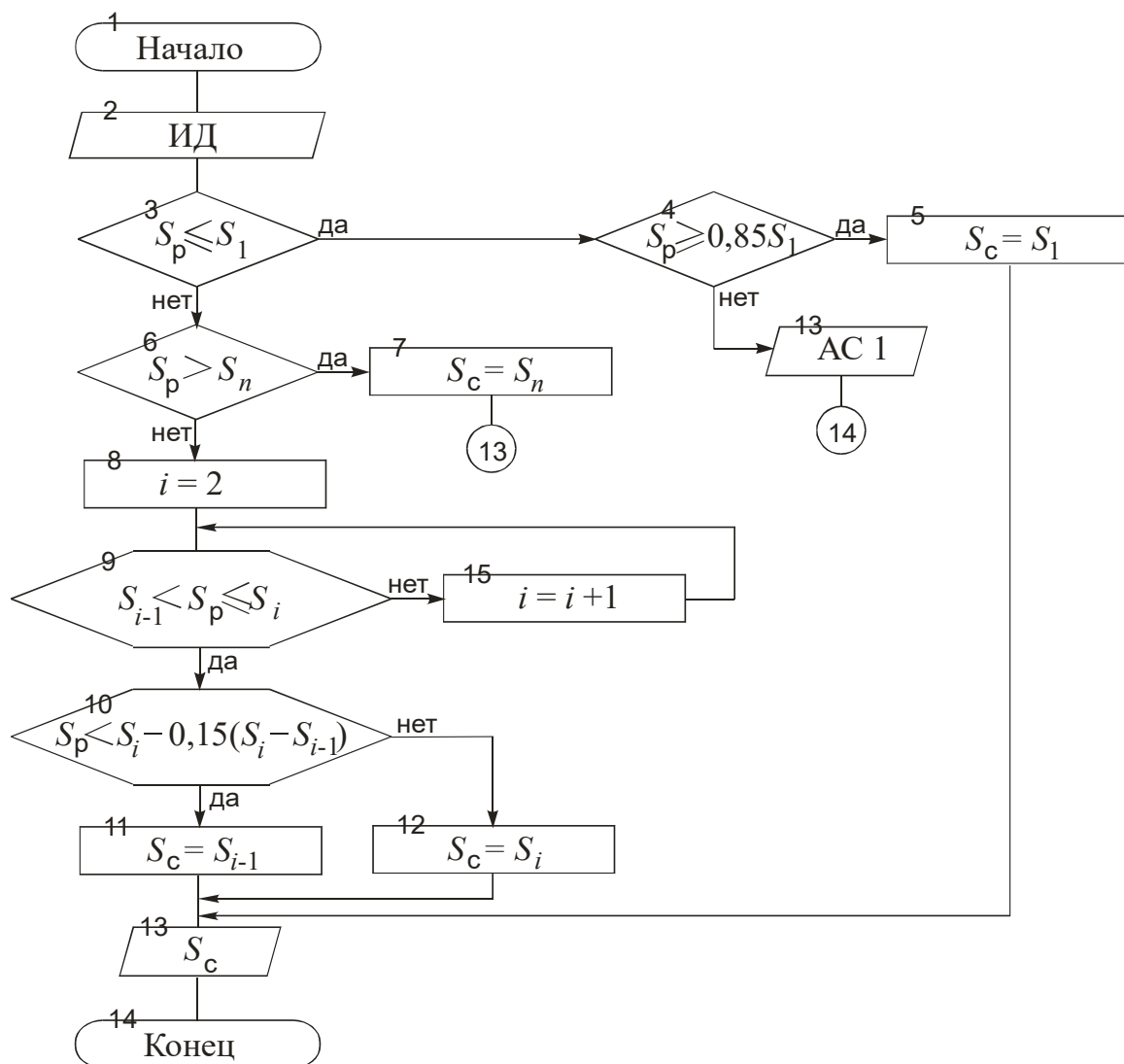


Рис. 11. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по станку при наличии дискретного ряда подач с заданной точностью 15 %

Аналогично случаю с бесступенчатым регулированием, при наличии дискретного ряда подач, также можно ввести требуемую точность коррекции δ .

Алгоритм коррекции подачи по данным оборудования при условии заданной точности представлен на рис. 12.

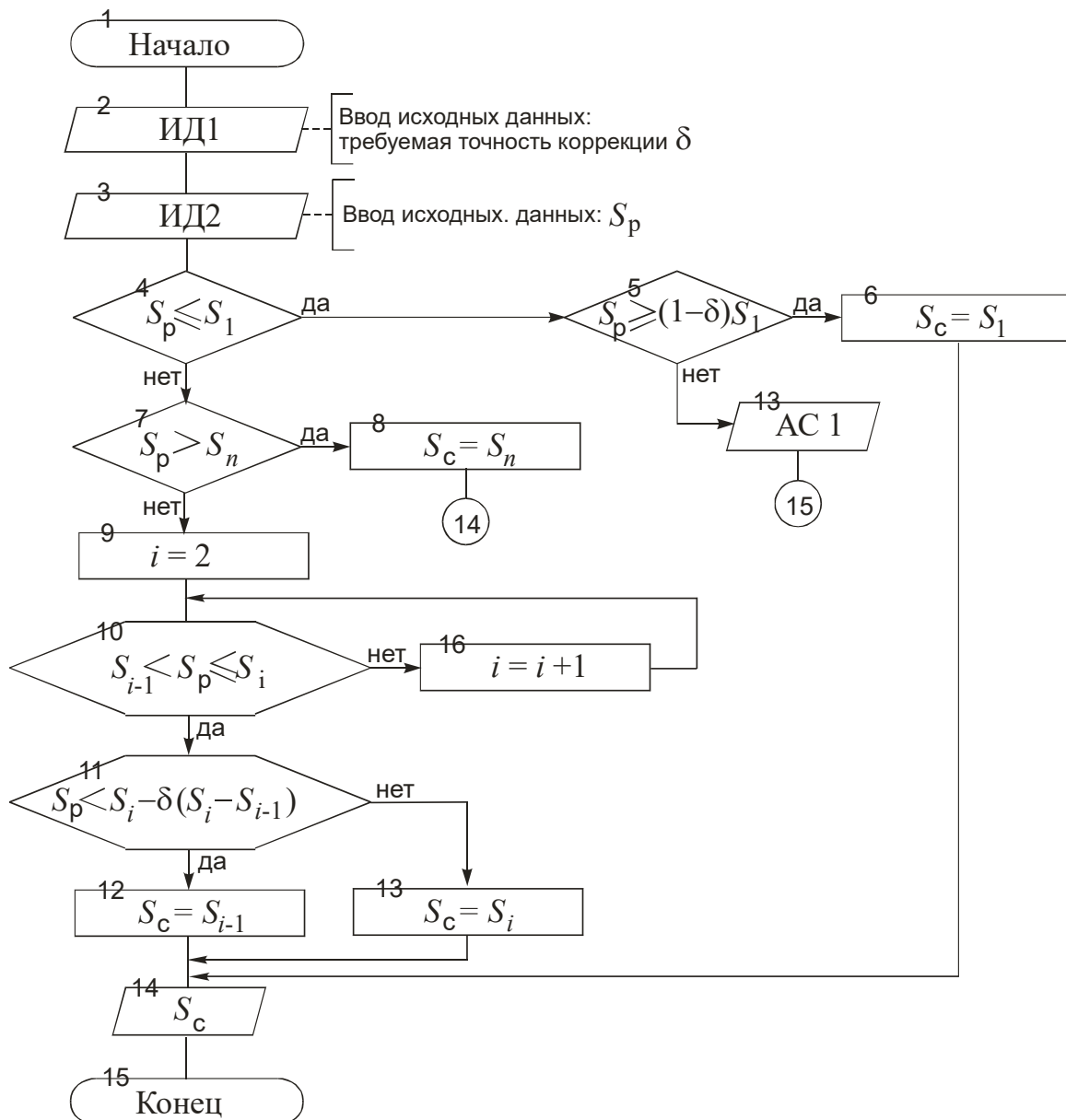


Рис. 12. Блок-схема алгоритма коррекции подачи по станку при наличии дискретного ряда подач с заданной точностью δ

Пример 2

Задание: разработка алгоритма коррекции режимов резания по мощности станка.

Выполнение задания

После расчета режимов резания, следующим этапом является проверка, обеспечиваются ли полученные режимы имеющейся на станке мощностью:

$$N(n_{\text{ст}}, S_{\text{ст}}) \leq N_{\text{ст}}$$

Если неравенство выполняется, то есть мощности станка достаточно для обеспечения полученных режимов, тогда эти режимы принимаются. Если же неравенство не выполняется, то возникает задача снизить каким-либо образом режимы резания.

Для решения этой задачи изобразим имеющиеся на станке ряды подач и чисел оборотов в виде координатной плоскости режимов резания, на которой отметим точку $(S_{ст}, n_{ст})$ полученных режимов (рис. 13). Для уменьшения мощности резания необходимо последовательно снижать подачу или число оборотов, или одновременно подачу и число оборотов; при этом проверяя каждый раз полученное значение мощности резания, до тех пор, пока не выполнится заданное неравенство.

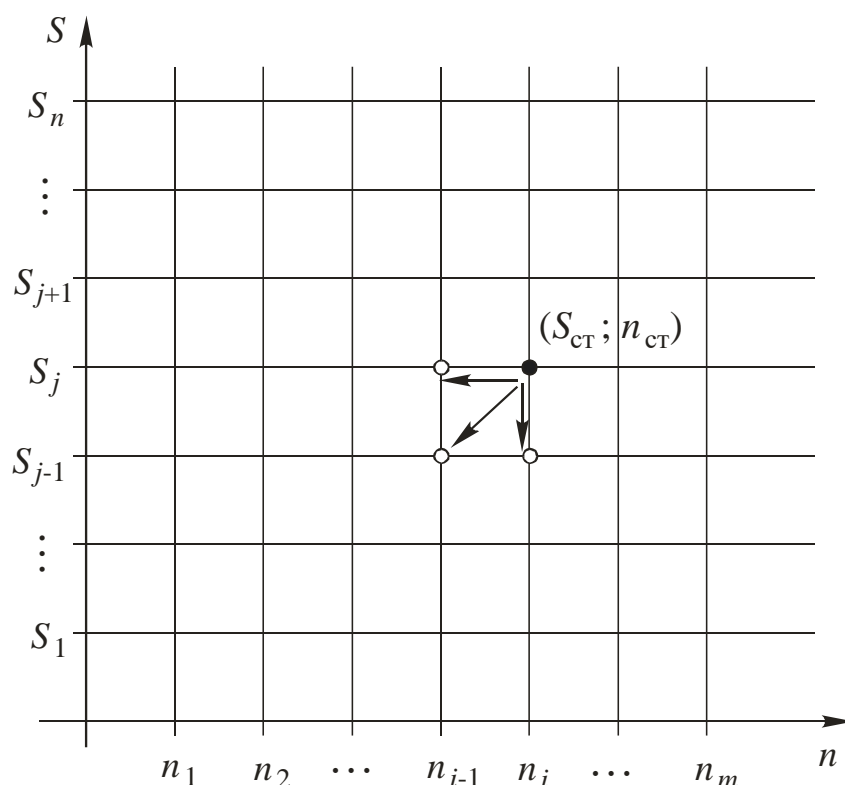


Рис. 13. Схема коррекции режимов по мощности станка

Блок-схема одного из возможных вариантов алгоритма коррекции режимов резания по мощности станка приведена на рис. 14.

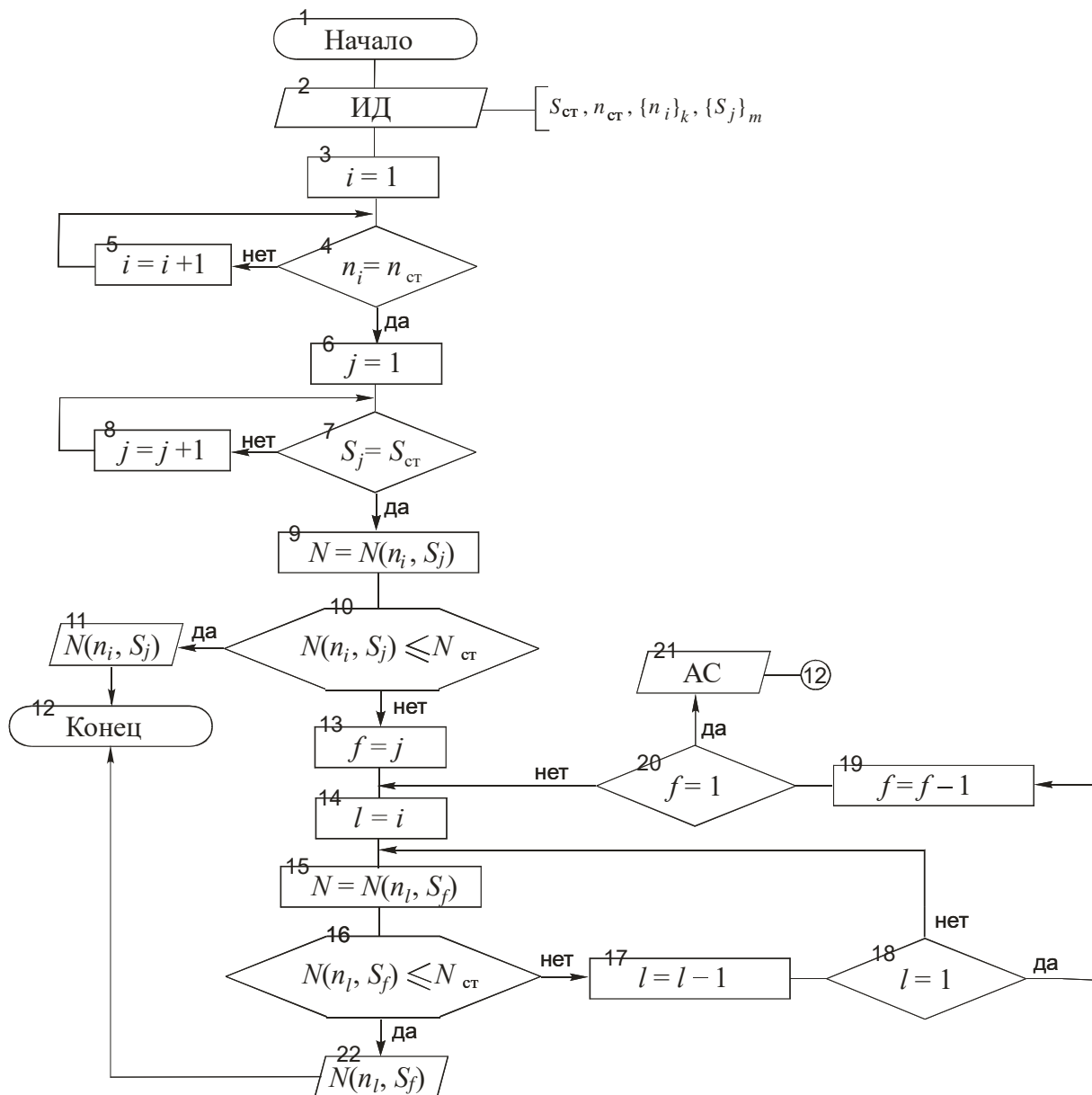


Рис. 14. Блок-схема алгоритма коррекции режимов резания по мощности станка

По данному алгоритму снижение режимов резания (подачи и числа оборотов) происходит последовательно, до тех пор, пока полученная мощность не будет удовлетворять условию $N(n_{ст}, S_{ст}) \leq N_{ст}$.

Однако, в некоторых случаях может оказаться, что при снижении режимов резания ниже определенного уровня, значительно снижается производительность обработки (то есть увеличивается время обработки детали), что недопустимо.

В этом случае в качестве дополнительного критерия при коррекции по мощности необходимо ввести максимальную производительность (т.е. минимальное время обработки детали):

$$t_0 = \frac{l_{\text{px}}}{nS} \rightarrow \min.$$

Задания для самостоятельной работы

1. Разработать алгоритм коррекции частоты вращения шпинделя по паспорту станку для непрерывного ряда чисел оборотов.
2. Разработать алгоритм коррекции частоты вращения шпинделя по паспорту станку для непрерывного ряда чисел оборотов с допуском 5%.
3. Разработать алгоритм коррекции частоты вращения шпинделя по паспорту станку для дискретного ряда чисел оборотов.
4. Разработать алгоритм коррекции частоты вращения шпинделя по паспорту станку для дискретного ряда чисел оборотов с 5%-ным допуском.
5. Спроектировать алгоритм коррекции режимов резания по мощности станка с учетом критерия максимальной производительности.

Занятие 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ НЕРАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. КОМПЛЕКСЫ УСЛОВИЙ ПРИМЕНИМОСТИ

Тема: Алгоритмизация нерасчетных технологических задач. Комплексы условий применимости.

Цель занятия: научиться составлять комплексы условий применимости для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Нерасчетные технологические задачи являются чаще всего задачами выбора (то есть логическими задачами).

В отличие от расчетных технологических задач, решение нерасчетных задач подразумевает наличие множества типовых решений, из которого по определенным правилам выбирается одно или несколько решений.

Эта совокупность правил, в соответствии с которыми и производится выбор решения носит название **комплекс условий применимости (КУП)**.

КУП является базой для построения алгоритмов при решении нерасчетных технологических задач.

По своей структуре КУП делятся на два вида:

- однородные (математическое выражение для всех условий имеет одинаковый вид).
- неоднородные (математические выражения могут быть различными).

Пример неоднородного комплекса условий применимости:

$$\left\{ \begin{array}{l} d_{\min} \leq d \leq d_{\max} \\ L = L_i \cdot V_i \\ H \geq H_{\min} \end{array} \right\}.$$

Для того, чтобы алгоритм решения нерасчетной задачи был максимально прост, желательно, чтобы КУП был однородным.

По тому, зависят ли друг от друга параметры комплекса условий применимости, различают КУП взаимонезависимые и взаимосвязанные (взаимозависимые).

Примеры построения КУП

Пример 1

Задание: сформировать комплекс условий применимости для выбора токарно-револьверного автомата.

Паспортные данные станков приведены в следующей таблице (табл.10).

Таблица 10

Паспортные данные токарно-револьверных автоматов

Марка станка	1Б112	1Б118	1А124	1Б136
Диаметр круглой заготовки, мм	до 12	до 18	до 24	до 36
Размер под ключ, мм	до 9	до 14	до 20	до 30
Сторона квадрата, мм	до 7	до 10	до 17	до 27
Диаметр резьбы по стали, мм	до 8	до 10	до 18	до 22
Диаметр резьбы в цветном сплаве, мм	до 10	до 12	до 22	до 27
Длина детали, мм	до 60	до 60	до 90	до 90

Выполнение задания

В качестве характеристик типовых решений вводим следующие параметры:

ФПР – форма прутка (круг, шестигранник, квадрат);

РС – размер сечения прутка;

ДР – диаметр нарезаемой резьбы;

МД – материал детали (сталь, цветные сплавы);

ЛД – длина детали.

Учитывая эти характеристики, получаем следующий комплекс условий применимости.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ФПР} \in \{\text{круг, шестигранник, квадрат}\} \\ \text{РС(ФПР)} \leq D^{\max} \\ \text{МД} \in \{\text{сталь, цв. сплавы}\} \\ \text{ДР(МД)} \leq D^{\max} \\ LД \leq LД^{\max} \end{array} \right\} = \text{КУП}$$

Это неоднородный взаимозависимый КУП, поскольку второе условие связано с первым (размер сечения прутка зависит от его формы), а третье с четвертым (диаметр сверления зависит от материала детали).

Встречается также (неявная) скрытая зависимость в КУП.

Пример 2

Задание: сформировать комплекс условий применимости для задачи выбора круглошлифовального станка.

Паспортные данные станков приведены в таблице 11:

Таблица 11

Паспортные данные круглошлифовальных станков

Марка станка	Диаметр заготовки D_3 , мм	Длина заготовки L_3 , мм	Диаметр шлифования $d_{\text{шл}}$, мм	Длина шлифования $l_{\text{шл}}$, мм
ЗУ10В	до 100	до 160	3 – 15	до 160
ЗА110В	до 140	до 200	3 – 30	до 180
ЗМ150	до 100	до 360	10 – 45	до 340
ЗМ151Ф2	до 200	до 700	20 – 180	до 650

Выполнение задания

I этап – формирование множества типовых решений:

$$\{\text{ЗУ10В, ЗА110В, ЗМ150, ЗМ151Ф2}\} = \text{МТР.}$$

II этап – из паспортных данных станков выбираются необходимые параметры комплекса условий применимости (КУП):

- наибольшие размеры заготовки: D_3 , L_3 ;
- рекомендуемый диаметр шлифования: $d_{\text{шл}}$;
- максимальная длина шлифования: $l_{\text{шл}}$.

После этого необходимо дополнить недостающие условия.

Детали на круглошлифовальных станках шлифуются обычно в центрах и исходя из этого, или исходя из опыта завода устанавливаются минимальные значения параметров D , L , l ; причем для D и L минимальные значения выбираются из технологических соображений, а для l – из кибернетических соображений – для однородности комплекса условий применимости ($l_{\min} = 0$).

В результате получается новая таблица (табл.12):

Таблица 12

Скорректированная таблица паспортных данных станков

Типовые решения (марка станка)	Характеристики типовых решений			
	D_3 , мм	L_3 , мм	$d_{\text{шл}}$, мм	$l_{\text{шл}}$, мм
3У10В	10 – 100	20 – 160	3 – 15	0 – 160
3А110В	15 – 140	20 – 200	3 – 30	0 – 180
3М150	10 – 100	20 – 360	10 – 45	0 – 340
3М151Ф2	20 – 200	20 – 700	20 – 180	0 – 650

Комплекс условий применимости принимает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \\ L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \\ d_{\min} \leq d \leq d_{\max} \\ l_{\min} \leq l \leq l_{\max} \end{array} \right\} = \text{КУП}$$

Однако в таком виде он является неполным, – имеется скрытая взаимозависимость между параметрами:

$$\left\{ \begin{array}{l} d \leq D \\ l \leq L \end{array} \right\} = \text{КУП2}$$

Эти условия должны быть включены в комплекс условий применимости. В результате объединения двух КУП получаем следующий комплекс условий применимости:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \\ L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \\ d_{\min} \leq d \leq d_{\max} \\ l_{\min} \leq l \leq l_{\max} \\ d \leq D \\ l \leq L \end{array} \right\} = \text{КУП}$$

Таким образом, полученный объединенный комплекс условий применимости является неоднородным и взаимозависимым.

Задания для самостоятельной работы

1. Составить комплекс условий применимости для выбора вертикально-фрезерного консольного станка (табл. 13).

Таблица 13

Параметры	Станки			
	6P12	6T104	6P11	6P13Ф3
Размеры рабочей поверхности стола	320x1250	160x630	250x1000	400x1600
Наибольшее перемещение стола				
продольное	800	400	630	1000
поперечное	280	160	200	400
вертикальное	420	320	350	380
Мощность электродвигателя	7,5	2,2	5,5	7,5

2. Составить комплекс условий применимости для выбора токарного проходного резца (табл. 14).

Таблица 14

№ п/п	Высота державки H , мм	Ширина державки B , мм	Длина резца L , мм	Ширина режущей пластины a , мм	Угол при вершине резца r , град
1	16	10	100	8	0,5
2	20	12	120	10	1
3	25	16	140	14	1
4	32	20	170	18	1,5
5	40	25	200	25	2

3. Составить комплекс условий применимости для выбора мерительного инструмента – штангенциркуля или микрометра (табл. 15).

Таблица 15

№ п/п	Марка мерительного инструмента	Диапазон измерения D , мм		Точность измерения T , мм
		минимальное	максимальное	
1	ШЦ1	0	125	0,1
2	ШЦ2	0	160	0,05
3	ШЦ3	250	630	0,1
4	МК100	75	100	0,01
5	МК400	300	400	0,01

4. Составить комплекс условий применимости для выбора сверла спирального с коническим хвостовиком (табл. 16).

Таблица 16

№ п/п	Диаметр сверла d , мм	Длина сверла L , мм	Длина рабочей части l , мм
1	6	225	145
2	8	240	160
3	10	250	170
4	11	255	175
5	12	260	180

5. Составить комплекс условий применимости для выбора стационарного поршневого пневмоцилиндра (табл. 17).

Таблица 17

№ п/п	Диаметр		Ход поршня S , мм		Статическая сила на штоке при давлении 1 МПа P , Н
	цилиндра D , мм	штока d , мм	минимальный	максимальный	
1	25	12	10	250	380
2	32	12	10	320	620
3	40	14	10	400	1020
4	63	18	10	630	2600
5	80	25	10	800	4300

Занятие 4. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ НЕРАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. ЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ

Тема: Алгоритмизация нерасчетных технологических задач. Логические алгоритмы.

Цель занятия: научиться разрабатывать алгоритмы для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Нерасчетные технологические задачи являются чаще всего задачами выбора (то есть логическими задачами).

В отличие от расчетных технологических задач, решение нерасчетных задач подразумевает наличие множества типовых решений, из которого по определенным правилам выбирается одно или несколько решений.

То есть, принцип решения нерасчетных задач состоит в принятии типового решения. Поэтому, алгоритмизация решения нерасчетных задач предусматривает создание четырех основных объектов:

- первый объект – множество типовых решений (МТР) – некоторое множество решений, из которого необходимо выбрать одно или несколько решений; характеристики которого выбираются в соответствии с КУП;
- второй объект – комплекс условий применимости (КУП) – совокупность правил, по которым выбираются типовые решения;
- в соответствии с КУП формируются характеристики типовых решений (как правило, – это диапазоны изменения их показателей, которые назначаются в соответствии с паспортными данными). Кроме этого, следует учитывать границы применимости характеристик типовых решений – это технологические или кибернетические ограничения, накладываемые на значения параметров применимости;
- четвертый объект – разрабатываемый также в соответствии с КУП, набор исходных данных.

На базе этих четырех объектов и формируется алгоритм проверки соответствия исходных данных и характеристик типовых решений. Решение, характеристики которого соответствуют исходным данным, и принимается в качестве решения поставленной задачи.

Существуют несколько различных подходов к решению нерасчетных технологических задач.

Один из этих подходов – построение логического алгоритма.

Пример разработки логического алгоритма решения нерасчетной технологической задачи

Задание 1: Разработать логический алгоритм выбора станка для обработки конкретной детали.

Выполнение задания

Рассмотрим разработку логического алгоритма выбора зубошлифовального станка.

Типовым решением в этом случае будет модель станка.

Предположим, в цехе имеется 4 модели зубошлифовальных станков: 5B832, 5B833, 5B835 и 5A841. Тогда множество типовых решений будет представлять собой:

$$\{5B832, 5B833, 5B835, 5A841\} = \text{МТР}$$

Для того чтобы решить, на каком из станков может быть выполнена конкретная операция, нужно сформировать комплекс условий применимости, состав которого определится, исходя из паспортных данных станков.

Условия возможности обработки конкретной детали на станке будут следующими:

- 1) деталь должна поместиться в рабочей зоне станка;
- 2) возможная длина перемещения инструмента должна обеспечить необходимую длину обработки.

Следовательно, для выбора зубошлифовального станка необходимы следующие параметры:

1. Диаметр обрабатываемого зубчатого колеса D ;
2. Модуль обрабатываемого зубчатого колеса m ;
3. Длина шлифуемого прямозубого колеса L ;
4. Число зубьев обрабатываемого зубчатого колеса z .

Для каждого из параметров необходимо определить их значения (табл. 18).

Таблица 18

Паспортные данные зубошлифовальных станков

Модель станка	D , мм	m	L , мм	z
5B832	20 – 200	0,3 – 3	max 100	12 – 200
5B833	40 – 320	0,5 – 4	max 150	12 – 200
5B835	50 – 500	1,5 – 6	max 200	16 – 250
5A841	30 – 320	1,5 – 8	max 150	10 – 200

Это таблица характеристик типовых решений. Каждая строка в этой таблице – это системный паспорт станка.

Следующий этап – формализовать процедуру выбора станка для обработки конкретной детали.

Формируем комплекс условий применимости (то есть, записываем условия выбора станка):

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \\ m_{\min} \leq m \leq m_{\max} \\ L \leq L_{\max} \\ z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \end{array} \right\} = \text{КУП.}$$

Таким образом, получился комплекс условий применимости для выбора зубошлифовального станка, т.е. этих условий необходимо и достаточно для выбора станка. (Условий может быть и больше, если будет больше исходных данных).

Затем проводим вторичный анализ и выясняем, что для некоторых параметров (в данном случае для L) необходимы дополнительные данные – нижняя граница или минимальное значение, которые отсутствуют в паспорте станка, но могут быть определены из опыта или из практики.

В данном случае, по технологическим соображениям, в качестве минимального значения следует принять величину, составляющую 5 – 10% от максимального значения (на большом станке будет неразумным обрабатывать детали, имеющие размеры менее чем 5 – 10% от максимального размера обработки).

В данном случае для определения минимального значения длины обработки принимаем 5% от максимального значения.

Таким образом, получаем следующую таблицу (табл. 19):

Таблица 19

Скорректированная таблица паспортных данных зубошлифовальных станков

Типовые решения (модель станка)	Характеристики типовых решений			
	D	m	L	z
5B832	20 – 200	0,3 – 3	5 – 100	12 – 200
5B833	40 – 320	0,5 – 4	10 – 150	12 – 200
5B835	50 – 500	1,5 – 6	10 – 200	16 – 250
5A841	30 – 320	1,5 – 8	5 – 150	10 – 200

Тогда условия выбора станка запишутся следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \\ m_{\min} \leq m \leq m_{\max} \\ L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \\ z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \end{array} \right\} = \text{КУП.}$$

Полученный таким образом комплекс условий применимости становится однородным (условия выбора станка читаются одинаково для всех параметров) и его легко реализовать при помощи алгоритма.

Алгоритм проверки условий применимости приведен на рис. 15.

По этому алгоритму может быть разработана программа, которая будет производить выбор зубошлифовального станка.

Таким образом, решена логическая задача выбора оборудования для зубошлифовальной операции.

Аналогичным образом можно решить задачу выбора оборудования для любой операции обработки деталей.

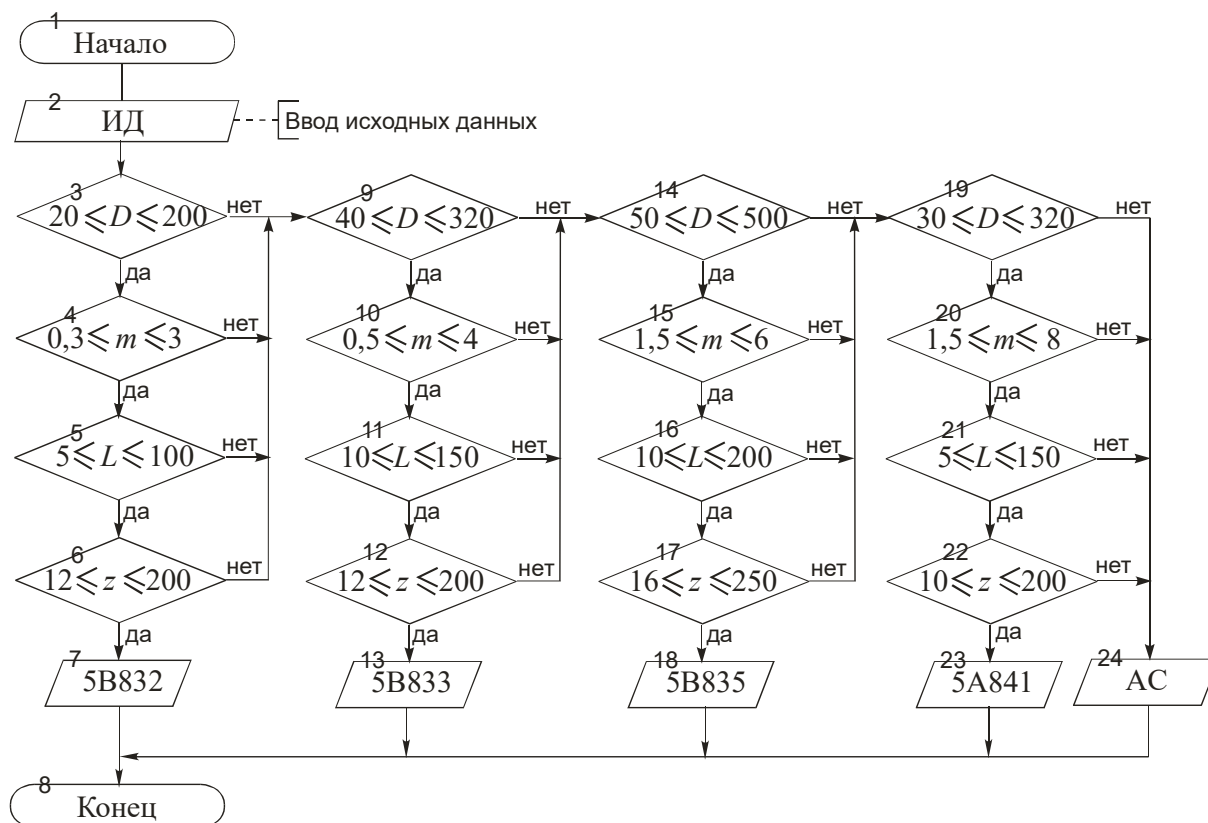


Рис. 15. Блок-схема логического алгоритма выбора зубошлифовального станка

Задания для самостоятельной работы (см. задания для самостоятельной работы к занятию 3)

1. Спроектировать логический алгоритм выбора вертикально-фрезерного консольного станка.
2. Спроектировать логический алгоритм выбора токарного проходного резца.
3. Спроектировать логический алгоритм выбора мерительного инструмента – штангенциркуля или микрометра.
4. Спроектировать логический алгоритм выбора сверла спирального с коническим хвостовиком.
5. Спроектировать логический алгоритм выбора стационарного поршневого пневмоцилиндра.

ЗАНЯТИЕ 5. ИНВАРИАНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ. СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Тема: Инвариантные алгоритмы. Справочные таблицы.

Цель занятия: научиться разрабатывать справочные таблицы для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Решение нерасчетных технологических задач путем разработки логического алгоритма имеет ряд недостатков, главным из которых является сложность коррекции такого алгоритма при изменении производственной ситуации (вышел из строя старый станок, или в цехе установлен новый станок).

Если удалить из блоков алгоритма конкретные значения параметров применимости, а оставить только логику выбора, получается более высокий уровень алгоритмов – инвариантные алгоритмы. Каждый инвариантный алгоритм имеет в своем составе два объекта: алгоритм выбора решения и таблицу решений, в которой и располагаются сами решения и их характеристики.

Простейшим инвариантным алгоритмом является справочная таблица.

Структура справочной таблицы представлена на рис. 16.



Рис. 16. Структура справочной таблицы

Пример построения справочной таблицы

Например, для выбора зубошлифовального станка (см. задание к занятию 4) справочная таблица будет иметь следующий вид (табл. 20):

Таблица 20

Справочная таблица для выбора зубошлифовальных станков

Р		D		m		L		z	
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
P1	5B832	20	2050	0,3	3	5	100	12	200
P2	5B833	40	320	0,5	4	10	150	12	200
P3	5B835	50	500	1,5	6	10	200	16	250
P4	5A841	30	320	1,5	8	5	150	10	200

То есть, в справочной таблице для каждого параметра указывается его минимальное и максимальное значение.

Блок-схема алгоритма чтения справочной таблицы приведена на рис. 17.

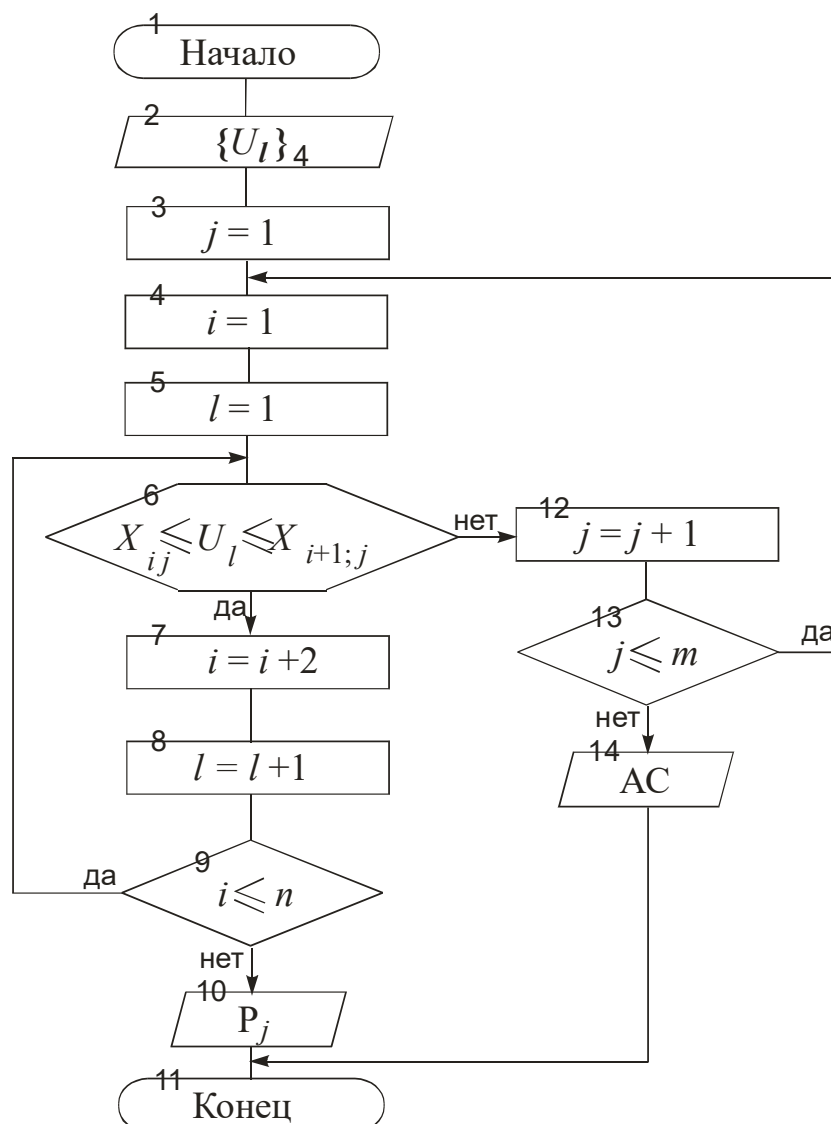


Рис. 17. Блок-схема алгоритма чтения справочной таблицы

В качестве особенности справочных таблиц следует отметить то, что при поиске решения по такой таблице, всегда будет находиться первая встретившаяся строка, в которой значения параметров удовлетворяют заданным условиям. И если переставить местами строки в таблице, то решение может оказаться другим.

Задания для самостоятельной работы (см. задания для самостоятельной работы к занятию 3)

1. Построить справочную таблицу для выбора вертикально-фрезерного консольного станка.
2. Построить справочную таблицу для выбора токарного проходного резца.
3. Построить справочную таблицу для выбора мерительного инструмента – штангенциркуля или микрометра..
4. Построить справочную таблицу для выбора сверла спирального с коническим хвостовиком.
5. Построить справочную таблицу для выбора стационарного поршневого пневмоцилиндра.

ЗАНЯТИЕ 6. ИНВАРИАНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ. ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ. ОДНОСТОРОННИЕ ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ

Тема: Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Односторонние таблицы решений.

Цель занятия: научиться разрабатывать односторонние таблицы решений для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Следующий вид инвариантных алгоритмов – это таблицы решений. Их отличительной особенностью является то, что они позволяют находить решения независимо от порядка записей в таблице.

Самыми распространенными являются односторонние и двухсторонние таблицы решений.

Структура односторонней таблицы решений приведена на рис. 18:

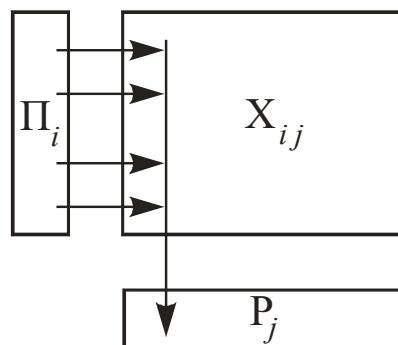


Рис. 18. Структура односторонней таблицы решений

Вектор Π_i – вектор параметров применимости $\{\Pi_i\}_n$.

Матрица $\{X_{ij}\}_{nm}$ – матрица характеристических значений параметров применимости.

Строка P_j – это строка решений $\{P_j\}_m$.

Пример построения односторонней таблицы решений

Задание 1: Построить одностороннюю таблицу решений для выбора зубошлифовального станка (паспортные данные станков см. в табл. 19 – задание к занятию 4).

Вводим обозначения для параметров применимости и типовых решений.

Параметры применимости:

$\Pi_1 \rightarrow D;$

$\Pi_2 \rightarrow m;$

$\Pi_3 \rightarrow L;$

$\Pi_4 \rightarrow z.$

Типовые решения:

$P_1 \rightarrow 5B832;$

$P_2 \rightarrow 5B833;$

$P_3 \rightarrow 5B835;$

$P_4 \rightarrow 5A841.$

Для построения таблицы решений (и, в частности, односторонней таблицы решений) необходимо построить для каждого параметра вектор его характеристических значений. Вектором характеристических значений параметров применимости называется графическое изображение на векторе всех точек, соответствующих значениям параметра, расположенных в порядке возрастания (или убывания).

Характеристическими значениями параметра применимости называются такие его значения, которые оказывают влияние на выбор решения.

Кроме самих характеристических значений, на каждом из получившихся интервалов вектора необходимо указать все решения, которые справедливы для этого интервала.

Для рассматриваемого примера поиска зубошлифовального станка векторы характеристических значений параметров применимости приведены на рис. 19.

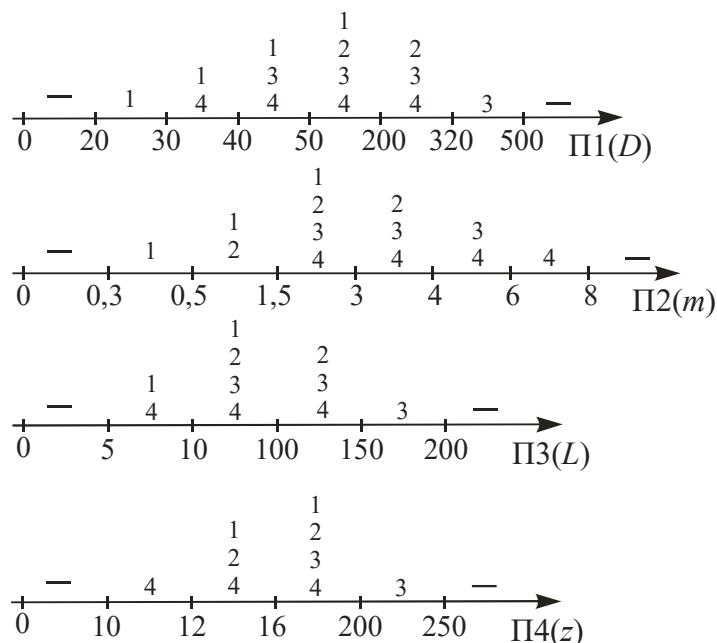


Рис. 19. Векторы характеристических значений параметров применимости для задачи выбора зубошлифовального станка

В таблице решений должны быть предусмотрены все возможные сочетания значений параметров применимости.

Учитывая, что интервалы на векторах упорядочены и порядок их прохождения тоже упорядочен (от меньшего к большему), будем обозначать интервалы в таблице только правой границей (концом интервала).

Начинаем рассмотрение с первого (верхнего) уровня, затем рассматриваем второй, третий и четвертый и т.д. уровень. На нижнем (в данном примере – четвертом) уровне рассматриваем все возможные варианты. В каждом случае находим совместные (общие) решения. Если совместных решений нет, то в этом случае в таблице в строке решений ставится прочерк «-». Когда рассмотрены все варианты на нижнем уровне, поднимаемся на предыдущий (в данном примере – третий) уровень и берем следующее значение на этом уровне, а затем опять рассматриваем все возможные варианты на нижележащем уровне. Когда закончено рассмотрение всех возможных вариантов на третьем уровне, то берется следующее характеристическое значение на втором уровне и все повторяется сначала - для третьего и четвертого уровней и т. д. до тех пор, пока не будут перебраны все возможные варианты для всех уровней (табл. 21).

Таблица 21

Построение односторонней таблицы решений для выбора зубошлифовального станка

<i>D</i>	П1	20	30																			
<i>m</i>	П2		0,3	0,5													1,5					
<i>L</i>	П3			5	10					100					150	200	5	10				
<i>z</i>	П4				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250
P		–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	1	1	–

Продолжение табл. 21

П1	30																									
П2	1,5								3											4	6	8				
П3	100						150	200	5	10						100						150	200			
П4	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250								
P	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—			

Продолжение табл. 21

П1	40																			
П2	0,3	0,5														1,5				
П3		5	10					100					150	200	5	10				
П4			10	12	16	200	250	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250
Р	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—

Продолжение табл. 21

П1	40																											
П2	1,5							3																				
П3	100					150	200	5	10					100					150					200				
П4	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250					
P	—	—	1	1	—	—	—	—	—	4	1;4	1;4	—	—	4	1;4	1;4	—	—	4	4	4	4	—	—			
											1	1						1	1									

Продолжение табл. 21

П1	40																						
П2	4																	6					
П3	5	10					100					150					200	5	10				
П4		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			10	12	16	200	250
P	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	4	4	4	–

Продолжение табл. 21

П1	40																								
П2	6											8													
П3	100					150					200	5	10							100					
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			
Р	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—			

Продолжение табл. 21

П1	40						50																			
П2	8						0,3	0,5												1,5						
П3	150					200		5	10					100					150	200	5	10				
П4	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250
P	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	1	1	–

Продолжение табл. 21

П1	50																						
П2	1,5							3															
П3	100					150	200	5	10					100					150				
П4	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250
P	—	—	1	1	—	—	—	—	—	4	1;4	1;4	—	—	4	1;4	1;3;4	3	—	4	4	3;4	3
											1	1				1	1				3		

Продолжение табл. 21

П1	50																					
П2	3						4															
П3	200						5	10					100					150				
П4	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	
P	–	–	–	3	3	–	–	4	4	4	–	–	4	4	3;4	3	–	4	4	3;4	3	
															3							3

Продолжение табл. 21

П1	50																					
П2	4						6															
П3	200						5	10					100					150				
П4	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	
P	–	–	–	3	3	–	–	4	4	4	–	–	4	4	3;4	3	–	4	4	3;4	3	
															3							3

Продолжение табл. 21

П1	50																							
П2	6					8																		
П3	200					5	10					100					150					200		
П4	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			
P	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—		

Продолжение табл. 21

П1	200																								
П2	0,3	0,5												1,5											
П3		5	10					100					150	200	5	10					100				
П4			10	12	16	200	250	10	12	16	200	250				10	12	16	200	250	10	12	16	200	250
Р	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1;2	1;2	—
																							2	2	

Продолжение табл. 21

П1	200																						
П2	1,5							3															
П3	150					200	5	10					100					150					
П4	10	12	16	200	250			10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	
Р	–	–	2	2	–	–	–	–	4	1;4	1;4	–	–	4	1;2;4	1;2;3;4	3	–	4	2;4	2;3;4	3	
										4	4				2	3				2	3		

Продолжение табл. 21

П1	200																									
П2	3					4																				
П3	200					5	10					100					150					200				
П4	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250
P	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—	—	4	2;4	2;3;4	3	—	4	2;4	2;3;4	3	—	—	—	3	3
														2	3				2	3						

Продолжение табл. 21

П1	200																										
П2	6																					8					
П3	5	10					100					150					200					5	10				
П4		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250
Р	—	—	4	4	4	—	—	4	4	3;4	3	—	4	4	3;4	3	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—
										3					3												

Продолжение табл. 21

П1	200											320															
П2	8											0,3	0,5	1,5													
П3	100					150					200			5	10	100					150					200	
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250					10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			
Р	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	2	2	—	—		

Продолжение табл. 21

П1	320																										
П2	3																					4					
П3	5	10					100					150					200					5	10				
П4		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250
Р	—	—	4	4	4	—	—	4	2;4	2;3;4	3	—	4	2;4	2;3;4	3	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—
									2	3				2	3												

Продолжение табл. 21

П1	320																											
П2	4																6											
П3	100					150					200					5	10					100						
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		
Р	—	4	2;4	2;3;4	3	—	4	2;4	2;3;4	3	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—	—	4	4	3;4	3		
			2	3				2	3																3			

Продолжение табл. 21

П1	320																											
П2	6										8																	
П3	150					200					5	10					100					150					200	
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250		
Р	—	4	4	3;4	3	—	—	—	3	3	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	
				3																								

Продолжение табл. 21

П1	500																												
П2	0,3	0,5	1,5	3																	4								
П3				5	10	100					150					200					5	10	100						
П4						10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			10	12	16	200	250		
Р	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	—	3	3	—	—	—	3	3	—	—	—	—	—	3	3		

Продолжение табл. 21

П1	500																
П2	4											6					
П3	150					200					5	10	100				
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250			10	12	16	200	250
Р	–	–	–	3	3	–	–	–	3	3	–	–	–	–	–	3	3

Окончание табл. 21

П1	500										
П2	6										8
П3	150					200					
П4	10	12	16	200	250	10	12	16	200	250	
Р	–	–	–	3	3	–	–	–	3	3	–

Как видно, в некоторых случаях появляется неоднозначность, т.е. в некоторых ячейках решений присутствует два или более решений. Так как в технологии обычно требуется принятие единственного решения, – далее следует второй этап построения таблицы – это устранение неоднозначностей. Для этого необходимо дополнить комплекс условий применимости (локально для каждой конкретной ситуации). Локальным расширением комплекса условий применимости будет включение дополнительных условий: загруженность станка, опасность появления вибраций и т.п. Кроме этого, возможны также субъективные пожелания технолога в каждом конкретном случае. (На схеме таблицы (см. табл. 21) этот этап реализован следующим образом: ниже каждой ячейки, где решение неоднозначно, в рамке записано принятое однозначное решение).

Следующий этап носит название «минимизация» таблицы. Возможность минимизации определяется тем, что интервалы в таблице читаются последовательно, и каждый интервал описывается правой границей. Минимизация производится следующим образом: находятся все вложенные столбцы и удаляются. (Находятся расположенные рядом столбцы с одинаковыми решениями и столбцы с меньшими значениями параметра «вкладываются» в столбцы с большими значениями того же параметра; то есть большие значения параметра как бы перекрывают собой меньшие значения).

Минимизация проводится начиная с последнего (нижнего) уровня, последовательно поднимаясь к следующим уровням. После последнего уровня рассматривается предпоследний и т.д. (табл. 22).

Таблица 22

Минимизация односторонней таблицы решений

D	П1	20	30							40														
m	П2		0,3	3					8	0,3	1,5					3								
L	П3			5	100			200			5	100			200	5	100				150			200
z	П4				12	200	250					12	200	250			10	12	200	250	10	200	250	
P		—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	1	—	—	4	—	—

Продолжение табл. 22

П1	40					50																			
П2	8					0,3	1,5					3													
П3	5	150			200		5	100			200	5	10			100				150			200		
П4		10	200	250				12	200	250			10	12	200	250	10	12	200	250	10	16	250	16	250
P	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	1	—	—	4	1	3	—	4	3	—	3

Продолжение табл. 22

П1	50													200										
П2	6								8					0,3	0,5					1,5				
П3	5	10			150			200		5	150			200		5	100			200	5	10		
П4		10	200	250	10	16	250	16	250		10	200	250				12	200	250			12	200	250
P	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—

Продолжение табл. 22

П1	200																												
П2	1,5				4									6									8						
П3	150			200	5	10			150			200		5	10			150			200		5	150			200		
П4	12	200	250			10	200	250	10	12	16	250	16	250		10	200	250	10	16	250	16	250		10	200	250		
P	—	2	—	—	—	—	4	—	—	4	2	3	—	3	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	

Продолжение табл. 22

П1	320														
П2	0,5	1,5					4								
П3		10	150			200	5	10			150			200	
П4			12	200	250			10	200	250	10	12	200	250	16 250
Р	–	–	–	2	–	–	–	–	4	–	–	4	2	3	– 3

Продолжение табл. 22

П1	320													
П2	6									8				
П3	5	10			150			200		5	150			200
П4		10	200	250	10	16	250	16	250		10	200	250	
Р	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—

Окончание табл. 22

П1	500				
П2	1,5	6			8
П3		10	200		
П4			16	250	
Р	–	–	–	3	–

Следующий этап – приведение таблицы к регулярному виду.

Любой алгоритм должен использовать стандартные типовые объекты, которые присутствуют в компьютерном представлении. Т.е. получившуюся таблицу необходимо записать в память компьютера. Вообще говоря, полученная таблица (см. табл. 22) представляет собой граф-дерево, но в математических функциях компьютера нет граф-дерева, но есть матрица. Таким образом, необходимо привести данную таблицу к матричному виду:

$$|X_{ij}|_{nm}.$$

Для этого в пустые ячейки таблицы необходимо вписать предельные значения параметров, тогда ее можно будет использовать при проверке данных на корректность (табл. 23).

Таблица 23

Приведение односторонней таблицы к регулярному (матричному) виду

D	П1	20	30	30	30	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
m	П2	8	0,3	3	3	3	3	3	3	8	0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
L	П3	200	200	5	100	100	100	200	200	200	200	5	100	100	100	200	5	100	100	100	100	100	150	150	150	200
z	П4	250	250	250	12	200	250	250	250	250	250	12	200	250	250	250	10	12	200	250	10	200	250	250	250	
P		—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	1	—	—	4	—	—		
							v	v						v								v				

Продолжение табл. 23

П1	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
П2	8	8	8	8	8	0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
П3	5	150	150	150	200	200	5	100	100	100	200	5	10	10	10	10	100	100	100	100	150	150	150	200	200
П4	250	10	200	250	250	250	250	12	200	250	250	250	10	12	200	250	10	12	200	250	10	16	250	16	250
P	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	1	—	—	4	1	3	—	4	3	—	3
				v						v															

Продолжение табл. 23

П1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
П2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
П3	5	10	10	10	150	150	150	200	200	5	150	150	150	200	200	5	100	100	100	200	5	10	10	10	10	
П4	250	10	200	250	10	16	250	16	250	250	10	200	250	250	250	250	12	200	250	250	250	250	12	200	250	
P	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	
													v							v						

Продолжение табл. 23

П1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	20
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Продолжение табл. 23

П1	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
П2	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
П3	200	10	150	150	150	200	5	10	10	10	150	150	150	150	200	200	5	10	10	10	150	150	150	200
П4	250	250	12	200	250	250	250	10	200	250	10	12	200	250	16	250	250	10	200	250	10	16	250	16
Р	—	—	—	2	—	—	—	—	4	—	—	4	2	3	—	3	—	—	4	—	—	4	3	—
					∨																			

Окончание табл. 23

П1	320	320	320	320	320	500	500	500	500	500
П2	8	8	8	8	8	1,5	6	6	6	8
П3	5	150	150	150	200	200	10	200	200	200
П4	250	10	200	250	250	250	250	16	250	250
Р	—	—	4	—	—	—	—	—	3	—
					∨					

После приведения таблицы к матричному виду возможна вторичная минимизация, т.е. опять находятся вложенные столбцы (эти столбцы в таблице 23 помечены знаком « ∨ » снизу таблицы). Результаты вторичной минимизации приведены в таблице 24.

Таблица 24

Результат вторичной минимизации односторонней таблицы решений, приведенной к матричному виду

<i>D</i>	П1	20	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<i>m</i>	П2	8	0,3	3	3	3	8	0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8
<i>L</i>	П3	200	200	5	100	100	200	200	5	100	100	200	5	100	100	100	100	150	150	200	5	150	150	200
<i>z</i>	П4	250	250	250	12	200	250	250	250	12	200	250	250	10	12	200	250	10	200	250	250	10	200	250
	Р	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	4	1	—	—	4	—	—	—	4	—

Продолжение табл. 24

П1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
П2	0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6
П3	200	5	100	100	200	5	10	10	10	10	100	100	100	100	150	150	150	200	200	5	10	10	10	150	150
П4	250	250	12	200	250	250	10	12	200	250	10	12	200	250	10	16	250	16	250	250	10	200	250	10	16
P	—	—	—	1	—	—	—	4	1	—	—	4	1	3	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	4

Продолжение табл. 24

П1	50	50	50	50	50	50	50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
П2	6	6	6	8	8	8	8	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4	4	4	4
П3	150	200	200	5	150	150	200	200	5	100	100	200	5	10	10	10	150	150	200	5	10	10	10	150
П4	250	16	250	250	10	200	250	250	250	12	200	250	250	12	200	250	12	200	250	250	10	200	250	10
P	3	—	3	—	—	4	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	4	—	—

Продолжение табл. 24

П1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	320	320	320	320	320	320	320	320
П2	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4	4
П3	150	150	150	200	200	5	10	10	10	150	150	150	200	200	5	150	150	200	200	10	150	150	200	5	10
П4	12	16	250	16	250	250	10	200	250	10	16	250	16	250	250	10	200	250	250	250	12	200	250	250	10
P	4	2	3	—	3	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	—	—	2	—	—	—

Окончание табл. 24

П1	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	500	500	500	500	500	500
П2	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	1,5	6	6	6	8	8
П3	150	150	150	200	200	5	10	10	10	150	150	150	200	200	5	150	150	200	200	10	200	200	200	200
П4	12	200	250	16	250	250	10	200	250	10	16	250	16	250	250	10	200	250	250	250	16	250	250	250
P	4	2	3	—	3	—	—	4	—	—	4	3	—	3	—	—	4	—	—	—	—	3	—	—

Блок-схема алгоритма чтения односторонней таблицы решений приведена на рис. 20.

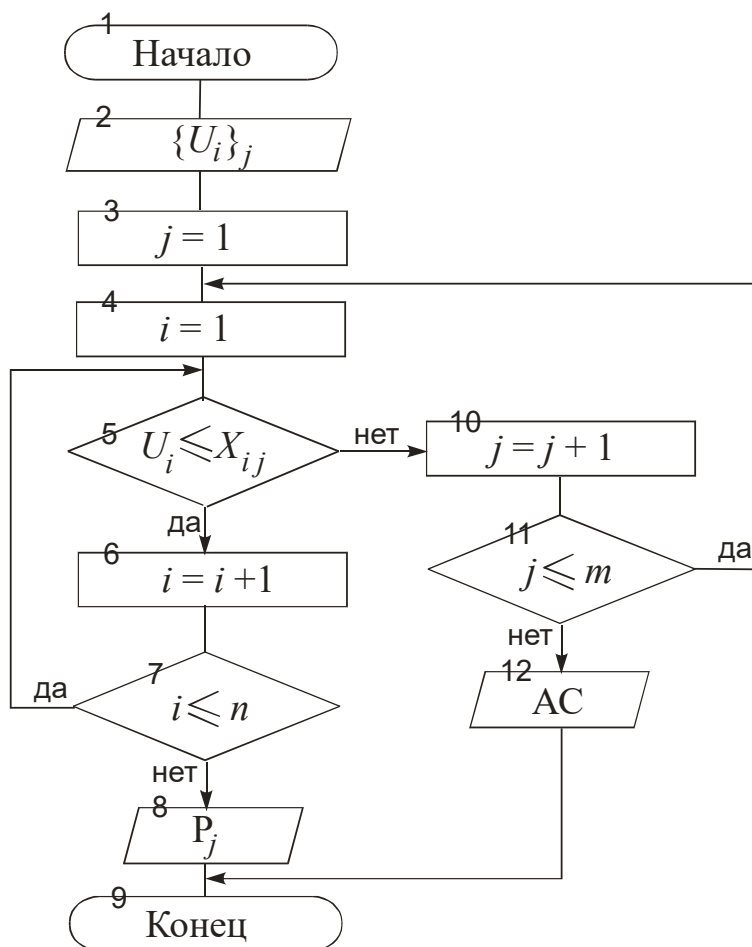


Рис. 20. Блок-схема алгоритма чтения односторонней таблицы решений

Например, для обработки детали с параметрами $\{D = 270; m = 4; L = 120; z = 30\}$ из построенной таблицы по приведенному алгоритму будет выбрано решение под номером 2, что соответствует станку 5В833.

Задания для самостоятельной работы

1. Построить одностороннюю таблицу решений для выбора резьбонарезного станка (табл. 25).

Таблица 25

Параметры	Станки			
	5993П	5991П	5994П	5Б64
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы, мм	M42	M16	M76	M125
Шаг нарезаемой резьбы, мм	1,75 – -4	0,75 – 2	3 – 6	6
Наибольшая длина нарезаемой резьбы, мм	280	125	400	75
Мощность электродвигателя КВт	3	1,1	4	7,5

2. Построить одностороннюю таблицу решений для выбора зубошлифовального станка для конических колес (табл. 26).

Таблица 26

Параметры	Станки			
	5A872	58П70В	5A872В	58K70В
Наибольший диаметр обрабатываемого зубчатого колеса, мм	800	320	800	320
Наибольший модуль обрабатываемого зубчатого колеса	12	8	16	6
Наибольшая ширина зубчатого венца, мм	125	32	150	50
Число зубьев обрабатываемого зубчатого колеса	4 – 100	15 – 100	5 – 150	10 – 100
Максимальный диаметр шлифовального круга, мм	450	275	500	250

3. Построить одностороннюю таблицу решений для выбора мерительного инструмента – штангенциркуля или микрометра (см задания для самостоятельной работы к занятию 3).

4. Построить одностороннюю таблицу решений для выбора сверла спирального с коническим хвостовиком. (см задания для самостоятельной работы к занятию 3).

5. Построить одностороннюю таблицу решений для выбора токарного проходного резца (см задания для самостоятельной работы к занятию 3).

Занятие 7. ИНВАРИАНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ. ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ. ДВУХСТОРОННИЕ ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ

Тема: Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Двухсторонние таблицы решений.

Цель занятия: научиться разрабатывать двухсторонние таблицы решений для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Как уже было отмечено, отличительной особенностью таблиц решений является то, что они позволят находить решения независимо от порядка записей в таблице.

Рассмотрим разработку и построение двухсторонней таблицы решений.

Структура двухсторонней таблицы решений приведена на рис. 21.

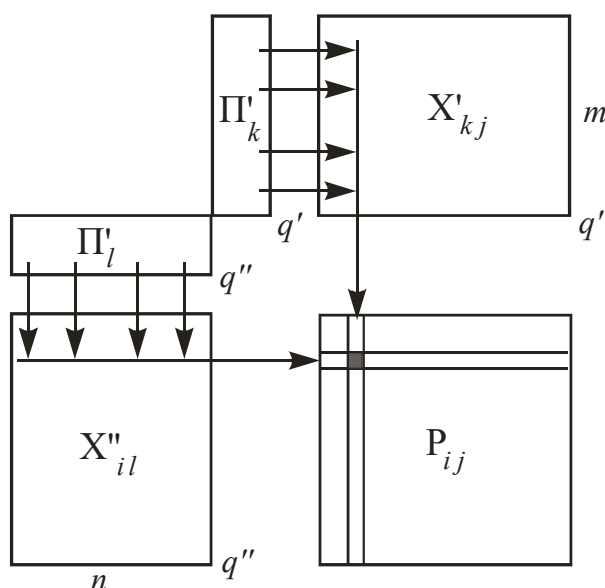


Рис. 21. Структура двухсторонней таблицы решений

В двухсторонней таблице решений множество параметров применимости разбивается на два подмножества.

$$\{\Pi_k\} \rightarrow \{\Pi'_k\}_{q'} + \{\Pi''_l\}_{q''}$$

Схема чтения двухсторонней таблицы: для всех параметров применимости верхней и левой шапок находятся соответственно строка и столбец характеристических значений, по которым находятся строка и столбец в матрице решений, пересечение которых и будет решением.

Комплекс параметров применимости разбивается на два подкомплекса (причем возможны различные варианты):

Например, для рассматриваемого примера выбора зубошлифовального станка можно разбить комплекс параметров применимости следующим образом:

$\{P'_k\} = \{ D ; L \}$ – габаритные размеры детали,

$\{P''_l\} = \{ m ; z \}$ – характеристики зубчатого венца.

Для построения двухсторонней таблицы решений сначала готовится заготовка (шаблон) таблицы (как и для односторонних таблиц). Затем последовательно находятся общие решения для параметров, расположенных в строках и в столбцах таблицы. В самой нижней строке таблицы записываются общие решения для параметров из верхней шапки, а в крайнем правом столбце – общие решения для параметров из левой шапки. После того, как общие решения отдельно по строкам и по столбцам таблицы получены, – в каждой ячейке матрицы решений записываются общие решения, определяемые, как совместные решения на пересечении каждой строки и каждого столбца (табл. 27).

Следующий этап построения таблицы – устранение неоднозначностей, которое производится аналогично односторонней таблице, посредством дополнения комплекса условий применимости.

Затем идет этап минимизации таблицы решений, который для двухсторонней таблицы проводится последовательно по двум координатам, например, сначала по столбцам, а затем по строкам.

Затем необходимо привести таблицу к регулярному виду, аналогично односторонним таблицам решений, т.е. все ячейки таблицы должны быть заполнены. После этого, если возможно, проводится вторичная минимизация.

Все этапы построения двухсторонней таблицы решений для примера выбора зубошлифовального станка показаны в табл. 27 – 28.

В табл. 27 при устранении неоднозначностей в ячейках, содержащих два или более решений, выбранные решения выделены жирным шрифтом на сером фоне. При минимизации таблицы вкладываемые столбцы и строки отмечены знаком « V » - соответственно в нижней строке и в крайнем правом столбце.

Табл. 28 представляет собой окончательный вид минимизированной двухсторонней таблицы, приведенной к матричному виду.

Построение двухсторонней таблицы решений

$m \backslash \begin{matrix} D \\ z \ L \end{matrix}$		20	30					40					50				
			5	10	100	150	200	5	10	100	150	200	5	10	100	150	200
0,3		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	16	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–
	200	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	16	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1,2	–	–
	200	–	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1	1,2	–	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	16	–	–	1	1	–	–	–	1,4	1,4	4	–	–	1,4	1,2,4	2,4	–
	200	–	–	1	1	–	–	–	1,4	1,4	4	–	–	1,4	1,2,4	2,4	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	16	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	2,4	2,4	–
	200	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	2,4	2,4	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	16	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	200	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	16	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	200	–	–	–	–	–	–	–	4	4	4	–	–	4	4	4	–
	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	–	1	1	–	–	–	1,4	1,4	4	–	–	1,4	1,2,4	2,4	–
		v			v			v									

Таблица 27

200					320					500					
5	10	100	150	200	5	10	100	150	200	5	10	100	150	200	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	v
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1 v
–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	v
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	1	1,2	2	–	–	–	2	2	–	–	–	–	–	–	1,2 v
–	1	1,2	2	–	–	–	2	2	–	–	–	–	–	–	1,2
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4
–	1,4	1,2,4	2,4	–	–	4	2,4	2,4	–	–	–	–	–	–	1,2,4
–	1,4	1,2,3,4	2,3,4	3	–	4	2,3,4	2,3,4	3	–	–	3	3	3	1,2,3,4
–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	3
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4
–	4	2,4	2,4	–	–	4	2,4	2,4	–	–	–	–	–	–	2,4
–	4	2,3,4	2,3,4	3	–	4	2,3,4	2,3,4	3	–	–	3	3	3	2,3,4
–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	3
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4 v
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4
–	4	3,4	3,4	3	–	4	3,4	3,4	3	–	–	3	3	3	3,4
–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	–	–	3	3	3	3
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4 v
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4 v
–	4	4	4	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–	–	4
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	1,4	1,2,3,4	2,3,4	3	–	4	2,3,4	2,3,4	3	–	–	3	3	3	

Таблица 28

Минимизация и приведение к матричному виду двухсторонней таблицы решений

$\begin{matrix} D \\ m \backslash z \end{matrix}$		20	30	30	30	40	40	40	40	50	50	50	50	50	200	200	200	200	200	320	320	320	320	500	500
$\begin{matrix} L \\ m \backslash z \end{matrix}$		200	5	100	200	5	100	150	200	5	10	100	150	200	5	10	100	150	200	5	10	150	200	10	200
0,3	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	200	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	200	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	2	—	—	—	2	—	—	—
1,5	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
3	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	12	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	—	—	—
3	16	—	—	1	—	—	1	4	—	—	1	2	2	—	—	1	1	2	—	—	4	2	—	—	—
3	200	—	—	1	—	—	1	4	—	—	1	2	2	—	—	1	2	3	3	—	4	3	3	—	3
3	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	3	3	—	3
4	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	12	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	—	—	—
4	16	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	2	2	—	—	4	2	2	—	—	4	2	—	—	—
4	200	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	2	2	—	—	4	3	3	3	—	4	3	3	—	3
4	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	3	3	—	3
6	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	16	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	—	—	—
6	200	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	3	3	3	—	4	3	3	—	3
6	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	3	3	—	3
8	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	200	—	—	—	—	—	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	4	—	—	4	4	—	—	—
8	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Блок-схема алгоритма чтения двухсторонней таблицы решений приведена на рис. 22.

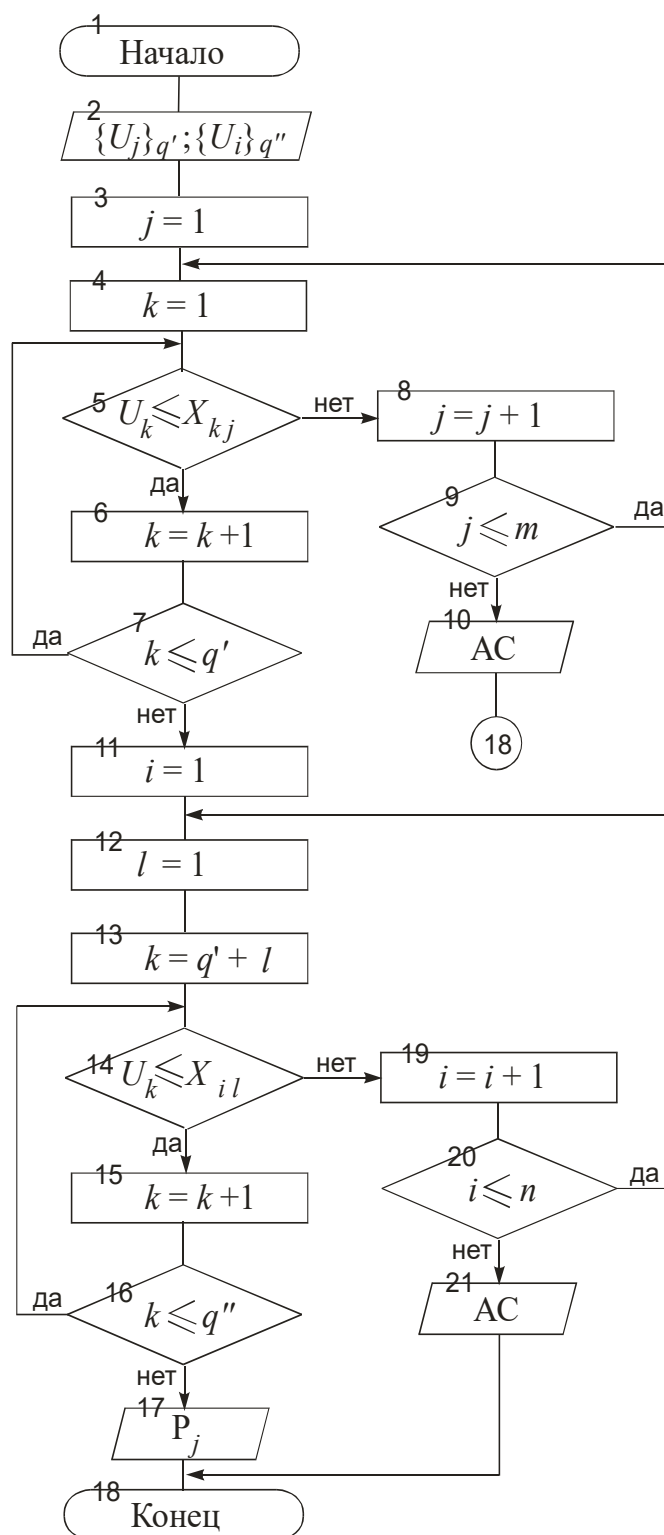


Рис. 22. Блок-схема алгоритма чтения двухсторонней таблицы решений

Например, для обработки детали с параметрами: $D = 270$; $m = 4$; $L = 120$; $z = 30$ из построенной таблицы по приведенному алгоритму будет выбрано решение под номером 3, что соответствует станку 5В835.

Задания для самостоятельной работы

1. Построить двухстороннюю таблицу решений для выбора вертикально-фрезерного консольного станка (см задания для самостоятельной работы к занятию 3).

2. Построить двухстороннюю таблицу решений для выбора сверлильно-фрезерно-расточного станка (табл. 29).

Таблица 29

Параметры	Станки			
	2254ВМФ4	2А622МФ2	69006ВМФ2	6904ВМФ2
Рабочая поверхность стола, мм	630x400	1120x1250	800x630	500x400
Наибольшее перемещение стола продольное поперечное, мм	500	1000	630	500
	500	1250	630	500
Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	500	1000	630	500
Наибольшая сила подачи стола, Н	10	20	10	10

3. Построить двухстороннюю таблицу решений для выбора токарного проходного резца (см задания для самостоятельной работы к занятию 3).

4. Построить двухстороннюю таблицу решений для выбора токарно-карусельного станка (табл. 30).

Таблица 30

Параметры	Станки			
	1580Л	1516	1525	1540
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	8000	1600	2500	4000
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	3200	1200	1600	2000
Наибольшее перемещение вертикального суппорта, мм: горизонтальное вертикальное	4400	950	1390	2300
	2000	700	1200	1250
Диаметр планшайбы, мм	7100	1400	2250	4000

5. Построить двухстороннюю таблицу решений для выбора расточной консольной оправки с креплением резца под углом 90 град. и коническим хвостовиком (табл. 31).

Таблица 31

Обозначение оправки	Диаметр растачиваемого отверстия, мм	Диаметр оправки, мм	Длина оправки, мм	Длина рабочей части оправки, мм	Сечение резца, мм
6300-0813	35 – 50	25	200	93,2	8x8
6300-0814	45 – 60	32	210	103,2	10x10
6300-0815	45 – 60	32	320	213,2	10x10
6300-0816	55 – 75	40	260	153,2	12x12
6300-0817	55 – 75	40	380	273,2	12x12

Занятие 8. ИНВАРИАНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ. ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ. ТАБЛИЦЫ СООТВЕТСТВИЙ

Тема: Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Таблицы соответствий

Цель занятия: научиться разрабатывать таблицы соответствий для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Следующим уровнем решения нерасчетных технологических задач выступают таблицы соответствий, из которых определяется не одно решение, а всё множество допустимых решений.

Структура таблицы соответствий приведена на рис. 23.

Π_1					...	Π_k					...	Π_n				
X_1^1	...	X_j^1	...	X_{n1}^1	...	X_1^k	...	X_j^k	...	X_{nk}^k	...	X_1^n	...	X_j^n	...	X_{nn}^n

P_1	l_{11}^1	...	l_{1j}^1	...	$l_{1n_1}^1$	...	l_{11}^k	...	l_{1j}^k	...	$l_{1n_k}^k$	...	l_{11}^n	...	l_{1j}^n	...	$l_{1n_n}^n$
...
P_i	l_{i1}^1	...	l_{ij}^1	...	$l_{in_1}^1$	...	l_{i1}^k	...	l_{ij}^k	...	$l_{in_k}^k$	...	l_{i1}^n	...	l_{ij}^n	...	$l_{in_n}^n$
...
P_m	l_{m1}^1	...	l_{mj}^1	...	$l_{mn_1}^1$	...	l_{m1}^k	...	l_{mj}^k	...	$l_{mn_k}^k$	...	l_{m1}^n	...	l_{mj}^n	...	$l_{mn_n}^n$

Рис. 23. Структура таблицы соответствий

В 1-ой строке таблицы находятся параметры применимости. Во 2-ой строке – характеристические значения параметров применимости. Левый столбец – это вектор решений. Тело таблицы представляет собой матрицу соответствий, ячейки которой заполняются значениями булевой переменной, которая принимает значения:

$$l = \begin{cases} 0; & \text{решение отсутствует} \\ 1; & \text{решение есть} \end{cases};$$

то есть, если решение есть, то $l = 1$; если решения нет, то $l = 0$.

Для ранее рассмотренного примера выбора зубошлифовального станка таблица соответствий имеет следующий вид (табл. 32):

Таблица 32

Таблица соответствий для выбора зубошлифовального станка														
	П1(<i>D</i>)							П2(<i>m</i>)						
	20	30	40	50	200	320	500	0,3	0,5	1,5	3	4	6	8
P1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
P2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
P3	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
P4	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

Окончание табл. 32

П3(<i>L</i>)					П4(<i>z</i>)				
5	10	100	150	200	10	12	16	200	250
0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1	0

Блок-схема алгоритма чтения таблицы соответствий приведена на рис. 24.

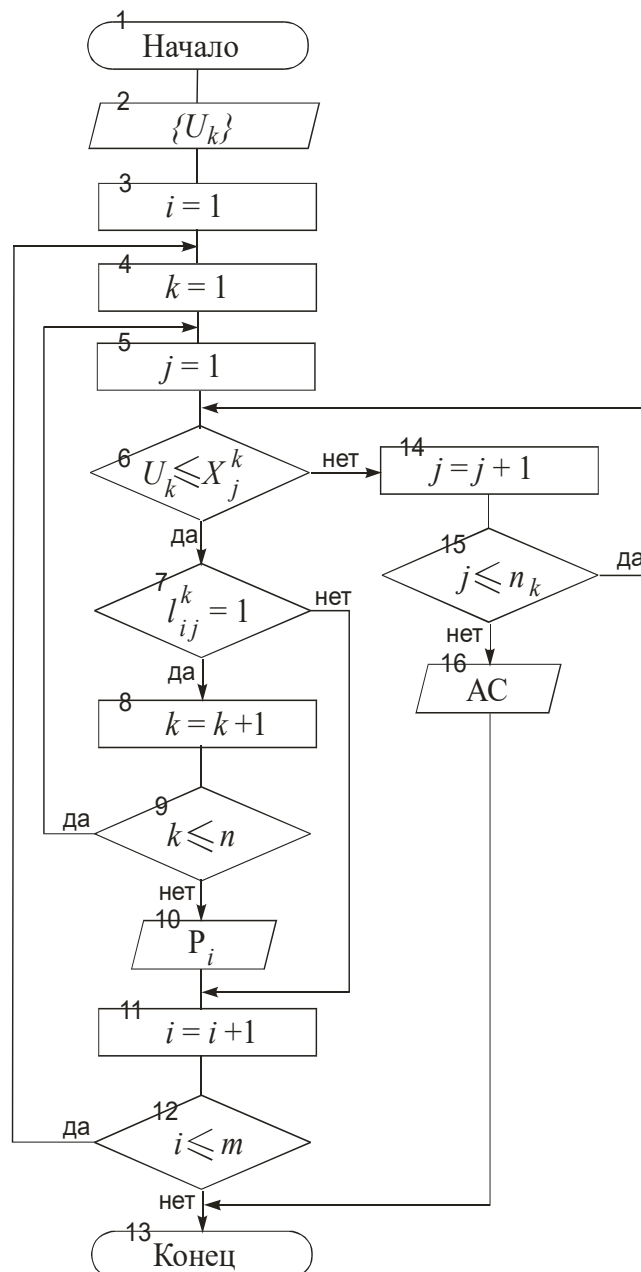


Рис. 24. Блок-схема алгоритма чтения таблицы соответствий

Например, для обработки детали с параметрами: $D = 270$ мм; $m = 4$; $L = 120$ мм; $z = 30$ из построенной таблицы по приведенному алгоритму будет выбраны решения 2, 3 и 4 (что соответствует станкам 5B833, 5B835 и 5A841).

Следует заметить, что в отличие от односторонней и двухсторонней таблиц решений, при поиске решений с помощью таблицы соответствий в качестве решения получается не один, а несколько станков. (При использовании односторонней или двухсторонней таблицы все другие решения, кроме одного в силу каких-то причин были исключены, а при использовании таблицы соответствий – остались все возможные решения).

Задания для самостоятельной работы (см. задания для самостоятельной работы к занятию 7)

1. Спроектировать таблицу соответствий для выбора вертикально-фрезерного консольного станка.
2. Спроектировать таблицу соответствий для выбора сверлильно-фрезерно-расточного станка.
3. Спроектировать таблицу соответствий для выбора токарного проходного резца.
4. Спроектировать таблицу соответствий для выбора токарно-карусельного станка.
5. Спроектировать таблицу соответствий для выбора расточной консольной оправки с креплением резца под углом 90 град. и коническим хвостовиком

Занятие 9. ИНВАРИАНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ. ТАБЛИЦЫ РЕШЕНИЙ. ЛОГИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ СООТВЕТСТВИЙ

Тема: Инвариантные алгоритмы. Таблицы решений. Логические таблицы соответствий

Цель занятия: научиться разрабатывать логические таблицы соответствий для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Следующим уровнем решения нерасчетных технологических задач выступают логические таблицы соответствий, из которых также как и из обычных таблиц соответствий определяется всё множество допустимых решений.

Рассмотрим пример решения нерасчетной задачи: выбор характеристики абразивного материала в случае бесцентрового шлифования с врезной подачей.

Для решения используем таблицу из нормативного справочника по режимам резания для шлифовальных работ (табл. 33).

Таблица 33

Характеристики абразивного материала
для бесцентрового шлифования сталей и чугунов

V _к	Ra	Сталь			Чугуны
		HRC<30	HRC 30-50	HRC>50	
35 норм.	4	14A	14A	43A; 33A	14A; 23A
	2,5	14A	14A	43A; 33A	14A; 23A
	1,25	14A; 23A	14A; 23A	43A; 33A	14A; 23A
	0,63	24A	24A	43A; 33A	14A; 23A
50 скорост- ное шлиф.	4	23A	23A	24A; 33A	14A; 23A
	2,5	23A	23A; 24A	24A; 33A	14A; 23A
	1,25	23A; 24A	23A; 24A	24A; 33A	14A; 23A
	0,63	24A	24A	24A; 33A	14A; 23A

Из таблицы 33 видно, что здесь наблюдается неоднозначность решений, т.е. нерегулярность (для одних и тех же условий возможны два варианта решения).

Исходя из данных этой исходной таблицы построим обычную таблицу соответствий (из которой возможен выбор всех возможных вариантов решений).

Таблица 34

Таблица соответствий для выбора характеристики
абразивного материала при бесцентровом шлифовании

	V _к		Ra				ОМ		HRC		
	35	50	4	2,5	1,25	0,63	Сталь	Чугун	30	50	65
14A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
23A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
24A	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
33A	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
43A	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1

А теперь, используя эту таблицу, попробуем произвести выбор абразивного материала для конкретного случая условий обработки.

Например: выбрать абразивный материал для следующих условий обработки:

$$V_K = 35 \text{ м/мин, Ra } 1,25, \text{ OM – сталь, HRC } 50.$$

Используя данные таблицы 34 получаем следующие решения (табл 35).

Таблица 35

Определение решений для примера условий обработки

	V_K		Ra				OM		HRC		
	35	50	4	2,5	1,25	0,63	Сталь	Чугун	30	50	65
14A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
23A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
24A	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
33A	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
43A	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1

Исходя из таблицы 35, находим общие решения: ими будут материалы 14A, 23A, 24A.

Как видим, получается *лишнее решение* - 24A. То есть, таблицы соответствий могут давать лишние решения, если комплекс условий применимости является взаимозависимым.

Таким образом, таблицы соответствий имеют ограничения на область применения, они работают только в том случае, если комплекс условий применимости полностью независим, в остальных случаях они не применимы.

В случае же взаимозависимого комплекса условий применимости используются *логические таблицы соответствий*.

Этот тип таблиц предназначен для поиска всего множества допустимых решений в случае, если комплекс условий применимости является взаимозависимым.

Структура логической таблицы соответствий приведена на рис. 25.

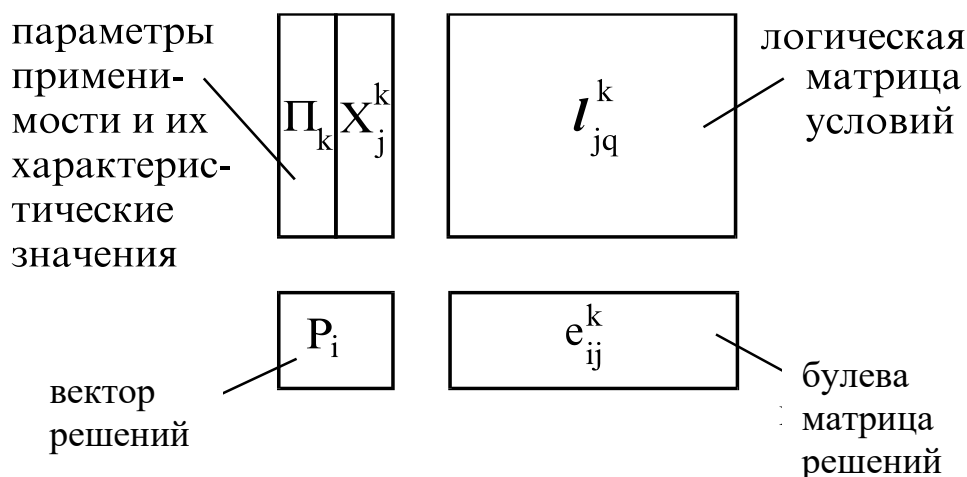


Рис. 25. Структура логической таблицы соответствий

Логическая матрица условий предназначена для того, чтобы выделить каждый вариант сочетания значений параметров применимости.

В соответствии с приведенной структурой, логическая таблица соответствий для выбора характеристики абразивного материала будет выглядеть следующим образом (табл. 36).

То есть при построении логической таблицы соответствий необходимо рассмотреть все возможные варианты сочетания всех значений параметров применимости. Причем производить полный перебор необходимо начиная с нижнего уровня, и постепенно поднимаясь на каждый следующий уровень, когда на предыдущем закончен полный перебор всех значений.

Таблица 36

Логическая таблица соответствий для выбора характеристики абразивного материала
при бесцентровом шлифовании с врезной подачей

V	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	50																					
HRC	30	1	1	1	1	1	1	1	1													
	50									1	1	1	1	1	1	1	1					
	65																	1	1	1	1	1
Ra	4	1	1							1	1							1	1			
	2,5			1	1							1	1							1	1	
	1,25					1	1							1	1						1	1
	0,63							1	1							1	1					
OM	Ст	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
	Чуг		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
14A		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	
23A			1		1	1	1		1		1		1	1	1		1		1		1	
24A								1								1						
33A																		1		1		1
43A																		1		1		1

Занятие 10. РЕЛЯЦИОННЫЕ ТАБЛИЦЫ

Тема: Реляционные таблицы.

Цель занятия: научиться разрабатывать реляционные таблицы для решения нерасчетных технологических задач.

Теоретические сведения:

Все рассмотренные таблицы решений имеют существенное ограничение – с их помощью решается одна-единственная задача (например, поиск и выбор оборудования для выполнения определенной операции). Но проектирование любой технологии – это, как правило, не одна, а целый комплекс последовательно решаемых задач; и создание для каждой задачи своей отдельной таблицы решений будет занимать значительное время.

Поэтому, следующим уровнем решения нерасчетных технологических задач выступают реляционные таблицы, которые позволяют в одной таблице располагать информацию для решения целого комплекса задач.

Структура реляционной таблицы имеет следующий вид (табл. 37).

Таблица 37

Структура реляционной таблицы

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	...	<i>Z</i>
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₁	<i>c</i> ₁	...	<i>z</i> ₁
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₂	<i>c</i> ₂	...	<i>z</i> ₂
<i>a</i> ₃	<i>b</i> ₃	<i>c</i> ₃	...	<i>z</i> ₃
...
<i>a</i> _{<i>n</i>}	<i>b</i> _{<i>n</i>}	<i>c</i> _{<i>n</i>}	...	<i>z</i> _{<i>n</i>}

Любая реляционная таблица представляет собой набор кортежей.

Кортеж – это упорядоченная совокупность элементов (строк). Наименования элементов кортежа называются атрибутами. Атрибуты, по значениям которых производится идентификация объекта (то есть, по которым производится чтение таблицы) – называются ключевыми.

Множество значений одного атрибута (столбец) – называется доменом.

Таким образом, реляционная таблица – это такая таблица, в шапке которой расположены атрибуты, а каждая строка представляет собой кортеж, то есть упорядоченный набор значений этих атрибутов.

Пример создания реляционной таблицы для решения комплекса технологических задач

Задание: спроектировать и построить реляционную таблицу для хранения и поиска информации о станках, необходимой для решения комплекса технологических задач.

Выполнение задания

Рассмотрим пример создания реляционной таблицы для хранения и поиска информации о зубошлифовальных станках. Кроме информации для решения задачи о выборе станка, в реляционную таблицу необходимо поместить информацию для решения других задач проектирования технологии:

- для расчета режимов резания – частота вращения шлифовального круга, вертикальная подача суппорта заготовки, радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта;
- для проверки режимов резания по мощности станка – мощность электродвигателя;
- для проектирования планировки участка, где будет расположен станок – габаритные размеры станка: длина, ширина и высота;
- и т.п.

Используя паспортные данные станков [4, 5], получаем следующую таблицу (табл. 38).

Реляционная таблица «Технические характеристики зубошлифовальных станков»

SL

№ п/п	Марка станка	Минимальный диаметр зубча- го колеса, мм	Максимальный диаметр зубча- того колеса, мм	Минимальный модуль	Максимальный модуль	Наибольшая длина шлифуемого зуба, мм	Минимальное число зубьев	Максимальное число зубьев	Частота вращения шлифоваль- ного круга, об/мин	Вертикальная подача суппорта заготовки минимальная, мм/мин	Вертикальная подача суппорта заготовки максимальная, мм/мин	Радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта, минимальная, мм/р.ход	Радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта, максимальная, мм/р.ход	Мощность электродвигателя, кВт	Длина станка, мм	Ширина станка, мм	Высота станка, мм	Класс точности станка
1	5B830	5	125	0,2	1,5	80	12	160	1500	3	160	0,02	0,08	3	1950	2000	1810	H
2	5B832	20	200	0,3	3	100	12	200	1500	3,78	165	0,02	0,08	3	2110	2450	1985	H
3	5B833	40	320	0,5	4	150	12	200	1500	3,78	165	0,02	0,08	4	2400	2500	2070	H
4	5B835	50	500	1,5	6	200	16	250	1500	2	165	0,02	0,08	5,5	2830	2210	2345	H
5	5A841	30	320	1,5	8	150	10	200	1920	6	800	0,01	2,49	1,5	2850	2315	2085	H
6	5843	80	800	2	12	220	14	250	1670	6	800	0,01	2,49	1,5	3280	2780	2525	H
7	5851	35	320	2	10	220	10	120	2660	—	—	—	—	1,5	3170	1820	2020	H
8	5853	150	800	2	12	280	12	210	2660	—	—	—	—	1,5	3340	2165	2340	H
9	5891C	10	125	1	6	28	7	100	2500	—	—	0,002	0,01	0,75	1590	1500	1820	C
10	5A893C	40	320	2	12	56	10	180	1150	—	—	0,002	0,01	1,1	2545	1770	2190	C

При поиске информации в реляционной таблице в качестве читаемых и читающих могут выступать любые столбцы таблицы, то есть, условие поиска каждый раз будет задаваться для конкретной ситуации.

Например, при решении задачи выбора конкретного станка для определенных условий обработки, по размерам детали и характеристикам зубчатого венца будет выбрана марка станка; при назначении режимов обработки по марке станка определятся величина подачи и частота вращения шлифовального круга; при проверке найденных режимов по мощности станка, по марке станка определится мощность его электродвигателя; при проектировании планировки участка, где будет располагаться станок, по марке станка определятся его габаритные размеры: длина, ширина и высота.

То есть при решении каждой из перечисленных задач фактически формируется виртуальная справочная таблица, из которой затем происходит выбор необходимой информации.

Отличие от обычной справочной таблицы заключается в том, что если для выбора данных из таблицы существует жестко заданный алгоритм её чтения; то поиск информации из виртуальной справочной таблицы осуществляется при помощи предикатов, которые задаются для каждой конкретной задачи поиска.

Рассмотрим несколько вариантов такого поиска.

Вариант 1. Выбрать станок для обработки зубчатых колес со следующими параметрами: $D = 280$ мм, $m = 3$, $L = 120$ мм, $z = 90$.

Для решения этой задачи из существующей реляционной таблицы формируется виртуальная справочная таблица, содержащая только те столбцы, которые необходимы для выбора станков – габариты рабочей зоны станка и величины перемещений рабочих органов станка (табл. 39).

Таблица 39

Виртуальная справочная таблица для задачи выбора станка

№ п/п	Марка станка	Минимальный диаметр зубча- того колеса, мм	Максимальный диаметр зубча- того колеса, мм	Минимальный модуль	Максимальный модуль	Наибольшая длина шлифуе- мого зуба, мм	Минимальное число зубьев	Максимальное число зубьев
1	5B830	5	125	0,2	1,5	80	12	160
2	5B832	20	200	0,3	3	100	12	200
3	5B833	40	320	0,5	4	150	12	200
4	5B835	50	500	1,5	6	200	16	250
5	5A841	30	320	1,5	8	150	10	200
6	5843	80	800	2	12	220	14	250
7	5851	35	320	2	10	220	10	120
8	5853	150	800	2	12	280	12	210
9	5891C	10	125	1	6	28	7	100
10	5A893C	40	320	2	12	56	10	180

Затем составляется поисковое предписание в форме предиката:

$$\{ D_{\text{дет}} \geq D_{\min} \wedge D_{\text{дет}} \leq D_{\max} \wedge m_{\text{дет}} \geq m_{\min} \wedge m_{\text{дет}} \leq m_{\max} \wedge L_{\text{дет}} \geq L_{\min} \wedge L_{\text{дет}} \leq L_{\max} \wedge z_{\text{дет}} \geq z_{\min} \wedge z_{\text{дет}} \leq z_{\max} \}$$

Для конкретных условий рассматриваемого примера сформированный предикат запишется следующим образом:

$$\{ D_{\min} \leq 280 \wedge D_{\max} \geq 280 \wedge m_{\min} \leq 3 \wedge m_{\max} \geq 3 \wedge L_{\min} \leq 120 \wedge L_{\max} \geq 120 \wedge z_{\min} \leq 90 \wedge z_{\max} \geq 90 \}$$

Вариант 2. Для коррекции рассчитанных режимов резания по паспортным данным станка сформировать виртуальную справочную таблицу и записать предикат проверки выполнения условия.

Для решения поставленной задачи из существующей реляционной таблицы формируется виртуальная справочная таблица, содержащая данные для определения режимов резания (табл. 40).

Таблица 40

Виртуальная справочная таблица для задачи определения режимов резания

№ п/п	Марка станка	Частота вращения шлифовального круга n , об/мин	Вертикальная подача суппорта заготовки минимальная $S_{v_{min}}$, мм/мин	Вертикальная подача суппорта заготовки максимальная $S_{v_{max}}$, мм/мин	Радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта, минимальная $S_{p_{min}}$, мм/р.ход	Радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта, максимальная $S_{p_{max}}$, мм/р.ход
1	5B830	1500	3	160	0,02	0,08
2	5B832	1500	3,78	165	0,02	0,08
3	5B833	1500	3,78	165	0,02	0,08
4	5B835	1500	2	165	0,02	0,08
5	5A841	1920	6	800	0,01	2,49
6	5843	1670	6	800	0,01	2,49
7	5851	2660	—	—	—	—
8	5853	2660	—	—	—	—
9	5891C	2500	—	—	0,002	0,01
10	5A893C	1150	—	—	0,002	0,01

Предикат проверки найденных режимов резания по станку запишется следующим образом:

$$\{ S_{v_c} \geq S_{v_{min}} \wedge S_{v_c} \leq S_{v_{max}} \wedge S_{p_c} \geq S_{p_{min}} \wedge S_{p_c} \leq S_{p_{max}} \}$$

Вариант 3. Для проверки рассчитанных режимов резания по мощности станка сформировать виртуальную справочную таблицу и записать предикат проверки выполнения условия.

Для решения поставленной задачи из существующей реляционной таблицы формируется виртуальная справочная таблица, содержащая данные для проверки по мощности резания (табл. 41).

Таблица 41

Виртуальная справочная таблица
для задачи проверки найденных режимов по мощности станка

№ п/п	Марка станка	Мощность электродвигателя, кВт
1	5B830	3
2	5B832	3
3	5B833	4
4	5B835	5,5
5	5A841	1,5
6	5843	1,5
7	5851	1,5
8	5853	1,5
9	5891C	0,75
10	5A893C	1,1

Предикат для проверки найденных режимов резания по мощности станка запишется следующим образом: $\{N_p \leq N_c\}$

Вариант 4. Для задачи проектирования планировки участка станков сформировать виртуальную справочную таблицу и записать предикат проверки выполнения условия, что на участке хватит места для размещения станка.

Для решения поставленной задачи из существующей реляционной таблицы формируется виртуальная справочная таблица, содержащая данные для проектирования планировки участка станков (табл. 42).

Таблица 42

Виртуальная справочная таблица
для задачи проектирования планировки участка станков

№ п/п	Марка станка	Длина станка, мм	Ширина станка, мм	Высота станка, мм
1	5B830	1950	2000	1810
2	5B832	2110	2450	1985
3	5B833	2400	2500	2070
4	5B835	2830	2210	2345
5	5A841	2850	2315	2085
6	5843	3280	2780	2525
7	5851	3170	1820	2020
8	5853	3340	2165	2340
9	5891C	1590	1500	1820
10	5A893C	2545	1770	2190

Предикат для проверки возможности размещения на участке данного станка запишется следующим образом:

$$\{L_y \geq L_{ст} \wedge B_y \geq B_{ст} \wedge H_y \geq H_{ст}\}$$

Рассмотренные примеры показывают, что можно говорить об объединяющей сущности реляционных таблиц при решении нерасчетных технологических задач. В зависимости от заданных условий в каждом конкретном случае формируется виртуальная справочная таблица, из которой при помощи поискового предписания в форме предиката находятся необходимые решения.

Кроме этого в зависимости от требуемых условий можно расширять или сужать комплекс задействованных для поиска решения параметров.

Например, в реляционной таблице 22 присутствует такой параметр, как класс точности станка. Если расширить комплекс условий применимости по выбору станка для обработки конкретной детали, который рассматривался в варианте 1, добавив в него условие выбора по точности, то получаем уже новую виртуальную справочную таблицу, отличную от рассмотренной прежде.

Вариант 5. Найти станок для обработки детали с параметрами: $D = D_d$, $m = m_d$, $L = L_d$, $z = z_d$ и с заданной точностью обработки.

Для решения задачи из реляционной таблицы 22 необходимо сформировать виртуальную справочную таблицу, содержащую необходимые для выбора станка параметры, включая точность обработки.

Поскольку известно, что станки класса точности Н (нормальная точность) гарантируют обработку по качеству точности $IT9 - IT10$, а станки класса точности С (особо точные станки) – по качеству точности $IT6$, можно определить минимальный допуск выполняемых размеров. В результате получаем следующую виртуальную справочную таблицу (табл. 43).

Таблица 43

Виртуальная справочная таблица
для задачи выбора станка, с учетом точности обработки

№ п/п	Марка станка	Минимальный диаметр зубчатого колеса, мм	Максимальный диаметр зубчатого колеса, мм	Минимальный модуль	Максимальный модуль	Наибольшая длина шлифующего зуба, мм	Минимальное число зубьев	Максимальное число зубьев	Минимальный допуск выполняемых размеров, мм
1	5B830	5	125	0,2	1,5	80	12	160	0,03
2	5B832	20	200	0,3	3	100	12	200	0,052
3	5B833	40	320	0,5	4	150	12	200	0,062
4	5B835	50	500	1,5	6	200	16	250	0,062
5	5A841	30	320	1,5	8	150	10	200	0,052
6	5843	80	800	2	12	220	14	250	0,074
7	5851	35	320	2	10	220	10	120	0,062
8	5853	150	800	2	12	280	12	210	0,1
9	5891C	10	125	1	6	28	7	100	0,009
10	5A893C	40	320	2	12	56	10	180	0,016

Предикат для поиска станка для конкретных условий обработки, с учетом точности:

$$\{D_{\text{дет}} \geq D_{\text{min}} \wedge D_{\text{дет}} \leq D_{\text{max}} \wedge m_{\text{дет}} \geq m_{\text{min}} \wedge m_{\text{дет}} \leq m_{\text{max}} \wedge L_{\text{дет}} \geq L_{\text{min}} \wedge L_{\text{дет}} \leq L_{\text{max}} \wedge z_{\text{дет}} \geq z_{\text{min}} \wedge z_{\text{дет}} \leq z_{\text{max}} \wedge IT_{\text{д}} \geq IT_{\text{ст}}\}$$

Задания для самостоятельной работы

1. Спроектировать и построить реляционные таблицы для решения комплекса технологических задач, содержащие информацию о:

- а) вертикально-фрезерных консольных станках;
- б) сверлильно-фрезерно-расточных станках;
- в) токарно-карусельных станках;
- г) круглошлифовальных станках;
- д) плоскошлифовальных станках с круглым столом.

Технические характеристики станков – см. в справочниках [3, 4, 5].

2. Сформировать виртуальные справочные таблицы и записать поисковые предписания в форме предикатов для решения различных задач технологического назначения:

- 2.1. выбор оборудования для конкретных условий обработки;
- 2.2. расчет режимов резания;
- 2.3. проверка условия по мощности резания
- 2.4. проектирование планировки участка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчак С.Н. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов // Учебник для вузов / С.Н. Корчак, А.А. Кошин и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.
2. Кондаков А.И. САПР технологических процессов // Учебник для вузов / А.И. Кондаков. – М.: Академия, 2010. – 268 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 496 с.
5. Обработка металлов резанием // Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.