

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
технологический университет»

МАХАРИНСКИЙ Е.И. БЕЛЯКОВ Н.В.
МАХАРИНСКИЙ Ю.Е. ОЛЬШАНСКИЙ В.И.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ**

ВИТЕБСК
2007

УДК 621.001.2
ББК 34.5
П79

Коллектив авторов:

к.т.н., проф. **Махаринский Е.И.**, асс. **Беляков Н.В.**, доц. **Махаринский Ю.Е.**, к.т.н., проф. **Ольшанский В.И.**

Рецензенты:

профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор **Кане М.М.**;

профессор кафедры «Радиоэлектронные средства» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, профессор **Горохов В.А.**

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским Советом УО «ВГТУ» протокол № 6 от «27» ноября 2006г.

Проектирование технологических процессов. Технология станкостроения /
П79 Е. И. Махаринский [и др.]; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 114с.

ISBN 985–481–061–5

Изложены методические указания по курсовому проектированию по дисциплинам «Проектирование технологических процессов» и «Технология станкостроения», а также выполнению технологической части дипломных проектов. Приводится методика проектирования индивидуальных технологических процессов изготовления оригинальных нетиповых деталей (преимущественно корпусных). В каждой главе приведены подробные алгоритмы проектирования и рассмотрены детальные примеры. В отдельной главе описываются требования к оформлению пояснительной записки, маршрутных и маршрутно-операционных карт, карт эскизов, а также графической части курсового проекта. При работе с методическими указаниями рекомендуется пользоваться справочником, изданным отдельной книгой.

Настоящие методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 36.01.01 «Технология машиностроения» и 36.01.03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», а также студентов ФПК и ПК.

УДК 621.001.2
ББК 34.5

ISBN 985–481–061–5

© Коллектив авторов, 2007
© Учреждение образования
«Витебский государственный
технологический университет», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Предварительный этап проектирования.....	6
1.1. Анализ конструкторской информации.....	6
1.1.1 Свертка конструкторской информации.....	6
1.1.2. Проверка правильности простановки размеров и допусков взаимного расположения.....	11
1.1.3. Анализ технологичности детали.....	16
1.2. Методы контроля готовой детали.....	22
1.3. Изготовление заготовки.....	23
1.3.1. Определение метода и способа получения заготовки.....	23
1.3.2. Чертеж заготовки. Технология изготовления заготовки.....	30
2. Синтетический этап проектирования.....	48
2.1. Синтез маршрутов обработки типовых компонентов детали.....	48
2.2. Синтез маршрута обработки заготовки.....	59
2.3. Синтез теоретических схем базирования.....	70
2.4. Синтез теоретических схем установки.....	76
3. Аналитический этап проектирования.....	83
3.1. Размерный анализ технологического процесса.....	83
3.1.1. Определение припусков и допусков на технологические размеры.	83
3.1.2. Формирование размерных схем технологического процесса.....	86
3.1.3. Формирование уравнений размерных цепей.....	86
3.1.4. Расчет технологических размеров и размеров заготовки.....	90
3.2. Определение режимов резания.....	91
4. Заключительный этап проектирования.....	96
4.1. Расчет норм времени для всех операций.....	96

5. Оформление пояснительной записки, маршрутной карты, маршрутно-операционных карт и карт эскизов. Графическая часть.....	99
5.1. Расчетно-пояснительная записка.....	99
5.1.1. Структурные элементы расчетно- пояснительной записки	99
5.1.2. Требования к содержанию структурных элементов записки.....	99
5.1.3. Правила оформления записки.....	100
5.2. Комплект технологической документации.....	106
5.2.1. Общие требования.....	106
5.2.2. Титульный лист.....	106
5.2.3. Маршрутная карта.....	106
5.2.4. Операционные карты.....	106
5.2.5. Карта эскизов.....	108
5.3. Оформление графического материала.....	109
Литература.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование по дисциплинам «Технология станкостроения» и «Проектирование технологических процессов», а также разработка технологической части дипломных проектов закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время лекционных, практических и лабораторных занятий при изучении общетехнических и специальных предметов: теория проектирования технических систем, теория резания, режущий инструмент, нормирование точности и технические измерения, проектирование и производство заготовок, основы технологии машиностроения, проектирование технологических процессов, технологическая оснастка, технология обработки на станках с ЧПУ. Курсовое и дипломное проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, номограммами и нормами, умело сочетать справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе изучения курсов.

При курсовом и дипломном проектировании особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа технологических процессов.

Курсовой проект по дисциплинам «Технология станкостроения» и «Проектирование технологических процессов», а также технологическая часть дипломных проектов включает в себя решение следующих частных задач: проектирование индивидуального технологического процесса изготовления оригинальной детали (обычно корпусной) и проектирование станочных приспособлений.

Результаты проектирования представляются в виде: 1. расчетно-пояснительной записки; 2. технологической документации; 3. графического материала.

Задание на курсовое проектирование и технологическую часть дипломного проекта включает: 1. чертеж детали; 2. тип производства; 3. список типов технологического оборудования на участке цеха.

Расчетно-пояснительная записка включает (см. правила оформления): 1. титульный лист; 2. задание; 3. оглавление; 4. изложение содержания; 5. список использованной литературы.

Проектирование технологического процесса осуществляется согласно 4-м этапам, которые отражаются в соответствующих *разделах пояснительной записки*.

1. Предварительный этап:

- 1.1. анализ конструкторской информации;
- 1.2. методы контроля готовой детали;
- 1.3. выбор метода изготовления заготовки.

2. Синтетический этап:

- 2.1. синтез маршрутов обработки типовых компонентов детали;

- 2.2. синтез комплектов технологических баз и назначение порядка выполнения переходов внутри этапов типовой схемы обработки;
- 2.3. синтез схем установки и определение ее погрешности.

3. Аналитический этап:

- 3.1. размерный анализ технологического процесса;
- 3.2. определение режимов резания (для двух операций).

4. Завершающий этап:

- 4.1. нормирование операций и определение затрат;
- 4.2. проектирование приспособлений.

Технологическая документация включает:

1. титульный лист к картам технологических процессов;
2. маршрутную карту технологического процесса;
3. маршрутно-операционные карты механической обработки;
4. карты эскизов.

Графический материал – 3 листа формата А1 (в зависимости от задания):

- 1-й (либо 1 и 2-й) лист – сборочный чертеж приспособления;
- 2-й (либо 3-ий) лист – технологические схемы главных операций;
- 3-й – размерные схемы технологического процесса.

Защита проекта позволяет оценить умение студента кратко, в установленное время изложить сущность проделанной работы, а также аргументированно объяснить принятые решения при ответах на вопросы по проекту.

1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Анализ конструкторской информации

1.1.1. Свертка конструкторской информации

В начале раздела приводится исходный эскиз детали в необходимом числе проекций (рис. 1.1). Для однозначного понимания конструкции детали рекомендуется произвести ее построение в графическом 3-D редакторе (рис. 1.2). Далее строится эскиз детали с нумерацией поверхностей. Нумерацию поверхностей следует производить в строгой последовательности (рис. 1.3). Согласно этому эскизу необходимо: а) разделить «свободные» поверхности на две группы: обрабатываемые резанием и те, формообразование которых завершилось в процессе изготовления заготовки (литьем, штамповкой и т. д.); 2) провести классификацию обрабатываемых поверхностей по форме (см. глава 1 [47]); 3) оценить необходимую точность и шероховатость каждой классификационной группы поверхностей; 4) выделить поверхности, для которых заданы дополнительные требования к точности относительного расположения. Данные сводятся в таблицу классификации (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация элементарных компонентов конструкции

№	Класс	Подкласс	Группа	Вид	Тип	Ra, IT	Доп. треб.
1	вращения	элементарная	торец	открытая	наружная	1,6 ±0.1	База В
2	вращения	элементарная	цилиндр.	полуоткр.	внутренняя	3,2 9	
...	...	...	...	...	...	...	...
10	плоская	плоскость	без уступа	открытая	—	1,6 ±0.03	⊥ 0,04 В
...	...	...	...	...	...	...	...

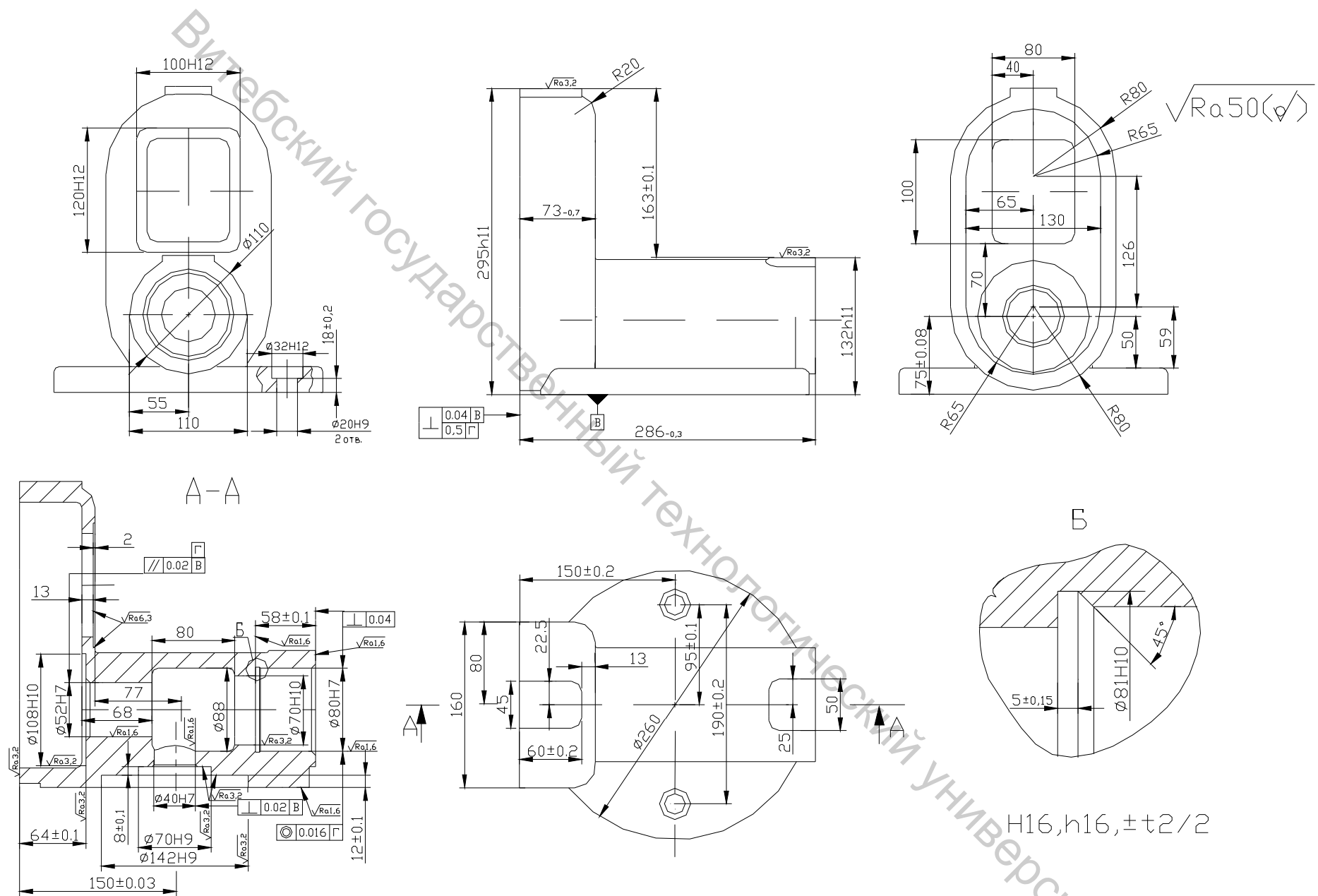


Рис. 1.1. Исходный эскиз детали (согласно заданию)

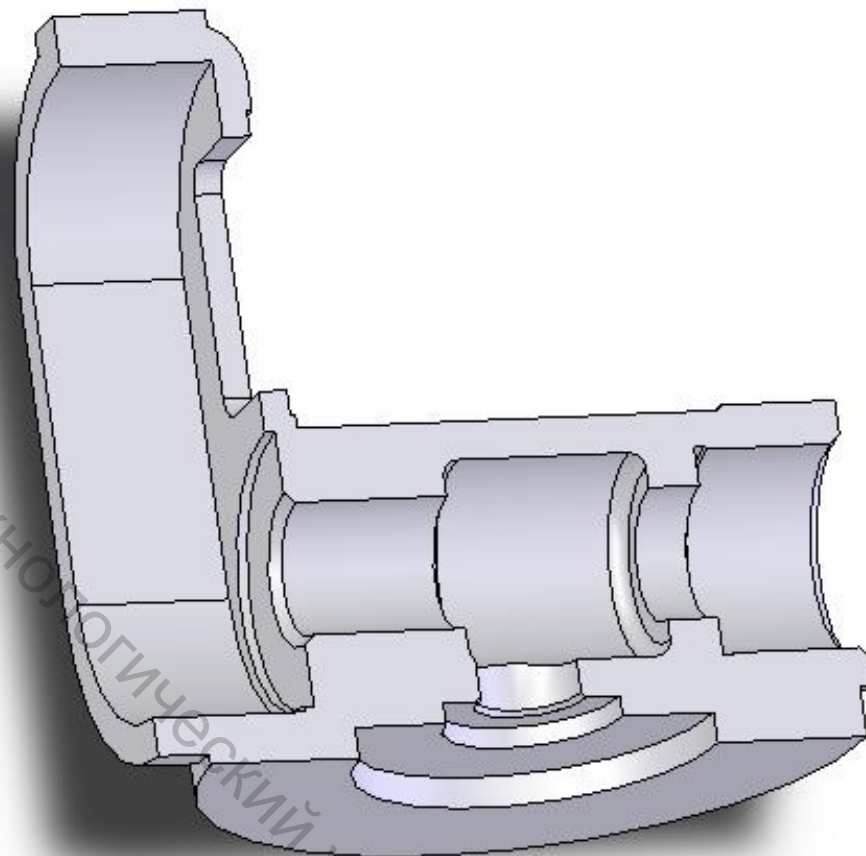
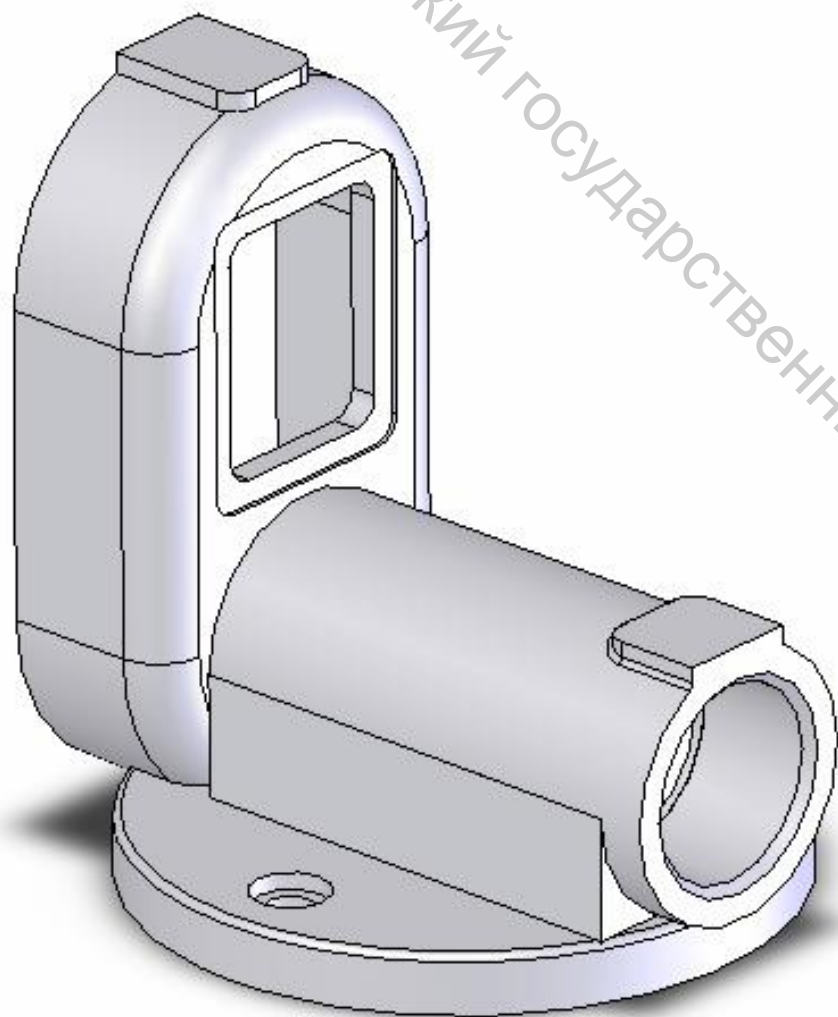


Рис. 1.2. 3-D модель детали

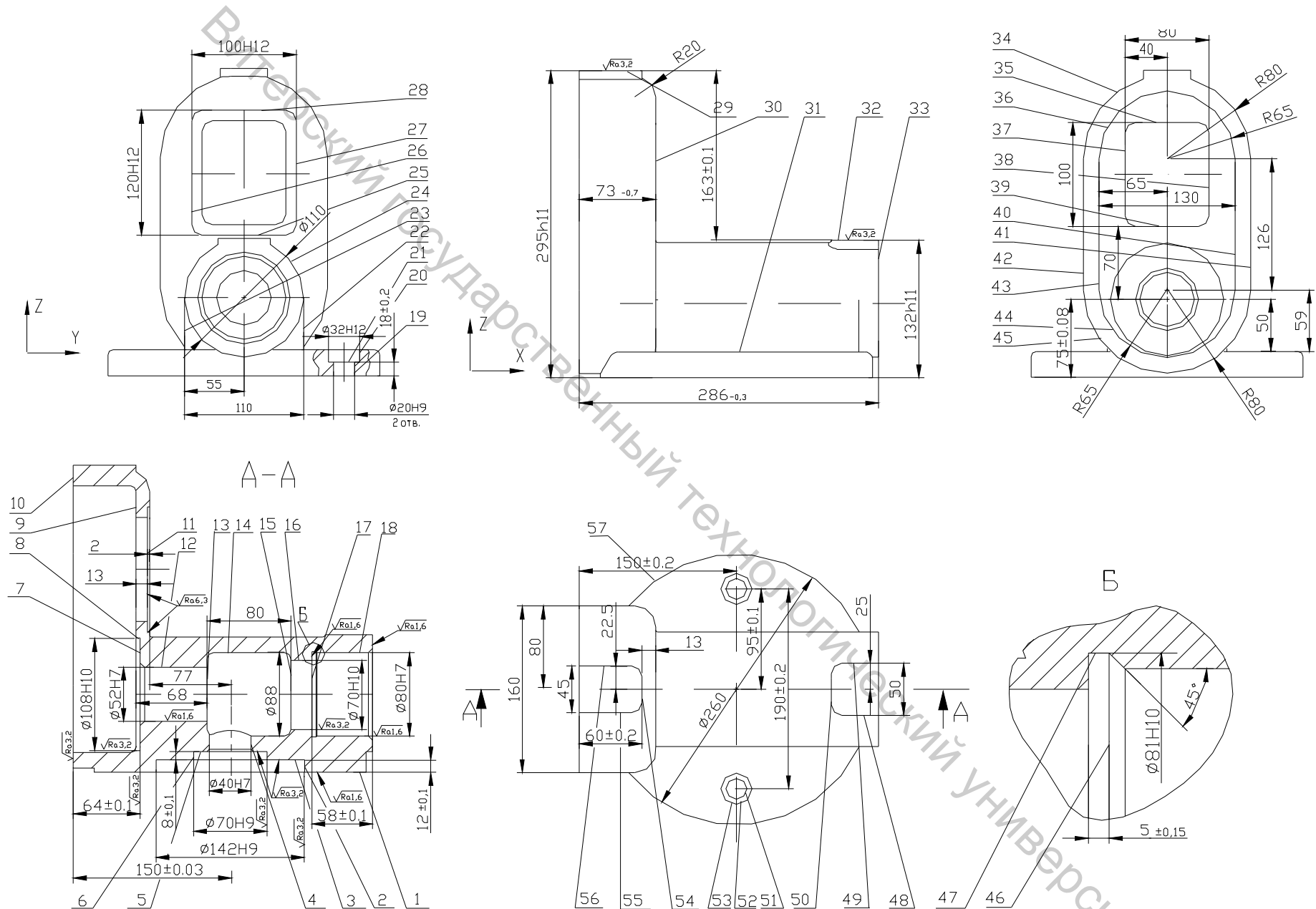


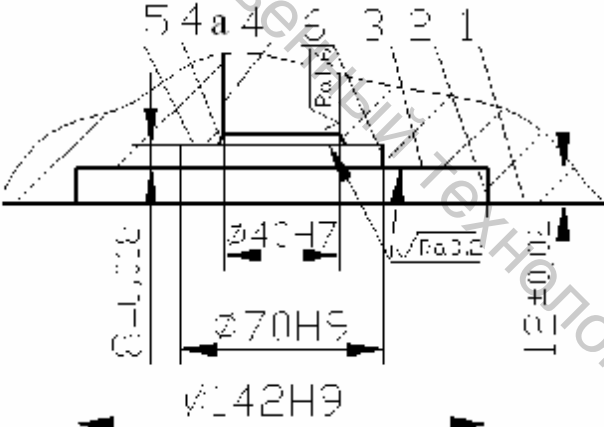
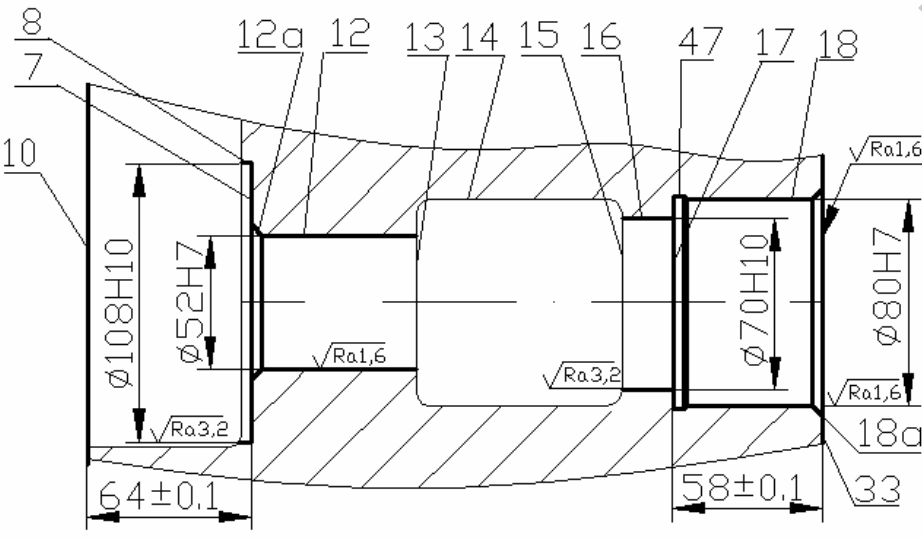
Рис. 1.3. Эскиз детали с нумерацией поверхностей и обозначением осей

Затем из детали выделяются функциональные модули. Для корпусных деталей это модули, образующие основные и вспомогательные сборочные базы, модули коммуникации, крепежные и объединительные модули. Отмечаются связи между ними. В главе 2 [47] приводится классификатор комплексных функциональных модулей для корпусных деталей. Конфигурацию заданной детали легко получить из комплексных модулей путем исключения из их состава поверхностей, отсутствующих в рассматриваемой детали.

Так, деталь, представленная на рис. 1.2, состоит из пяти функциональных модулей, образующих основную и вспомогательные сборочные базы (модули – ОВБ6, ОВБ1, ОВБ7, ОВБ11), одного крепежного модуля (КР02) и ряда объединяющих модулей. Выделяются главные поверхности модулей (протяженные наиболее точные поверхности вращения, торцовые наружные поверхности) Функциональные модули целесообразно выделить на эскизе детали разными цветами. Данные анализа сводятся в таблицу функциональных модулей (см. табл. 1.2)..

Таблица 1.2

Таблица функциональных модулей

Отбросить поверхности 7,6,9,10 из ОВБ6		Соответствие	
		1	1
		2	2
		3	11
		4	5
		4a	4
		5	8
		6	3
Отбросить поверхности 3,12,17,18 из ОВБ1		Соответствие	
		10	8
		7	16
		8	15
		12	10
		12a	7
		13	12
		14	3
		15	13
		16	1
		47	4
		17	14
		18	2
		18a	6
		33	9
...			

1.1.2. Проверка правильности простановки размеров и допусков взаимного расположения

Проверка правильности простановки размеров производится с помощью графов размерных связей. Граф на плоскости изображается множеством соответствующих поверхностям вершин, соединенных дугами (или ребрами), каждая из которых соответствует размеру с допуском, связывающему две поверхности. В главе 3 [47] приводятся значения допусков соответствующих качеств. Граф размерных связей строится для каждой из координатных осей. На рис. 1.4 показан пример проверки правильности простановки размеров детали, показанной на рис. 1.3, с помощью графов размерных связей для каждой из осей координат. На графах исходные поверхности, формообразование которых завершилось в процессе изготовления заготовки, отмечены двойной окружностью. Номер внутри окружности соответствует номеру поверхности. Симметрично расположенные поверхности, в частности поверхности вращения, на графе отражены двумя вершинами, одна из которых – ось симметрии. Для деталей с общей плоскостью симметрии и рядом поверхностей вращения (в том числе и соосных), оси которых лежат в этой плоскости при построении графа размерных связей по оси перпендикулярной плоскости симметрии, в необходимом координатном направлении вначале отыскивается базовый элемент и связывается с ним плоскость симметрии комплекса обрабатываемых поверхностей, затем эта процедура повторяется для комплекса обрабатываемых поверхностей.

Если на чертеже детали имеются элементы, для которых установлены допуски симметричности или соосности (как правило, комплекс обрабатываемых поверхностей), то неуказанные допуски следует относить к той же базе, что указанные. За базовый элемент, к которому относится неуказанный допуск симметричности, нужно принимать плоскость (ось) симметрии элемента, имеющего большую длину в плоскости, параллельной плоскости симметрии, при одинаковых длинах – плоскость (ось) элемента с допуском размера по более точному качеству в направлении перпендикулярном плоскости симметрии, а при одинаковых длинах и качествах – элемента с большим размером в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии. Если и размеры одинаковы, то по технологическим соображениям предпочтение следует отдавать поверхности вращения.

В том случае, если имеются соосные поверхности, а допуск соосности для них не задан, то за базовый элемент принимается ось поверхности, имеющей наибольшую длину, при одинаковых длинах – ось поверхности с допуском диаметра по более точному качеству, а при одинаковых длинах и качествах – ось поверхности с большим диаметром.

Так, для детали, представленной на рис. 1.3, за базовый элемент комплекса необрабатываемых поверхностей принимается поверхность 24, а комплекса обрабатываемых – поверхность 12.

После того, как найдены базовые элементы симметричности комплексов необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей, необходимо связать эти поверхности ребром графа и отыскать численное значение допуска симметричности (соосности) согласно ГОСТ25069-81 по таблицам в зависимости от но-

минального размера и определяющего допуска размера (глава 4 [47]). Под номинальным размером понимается больший из размеров рассматриваемого или базового симметричного элемента (больший из диаметров рассматриваемого или базового элементов). Под номинальным допуском размера понимается допуск размера рассматриваемого или базового симметричного элемента по более грубому качеству (допуск диаметра рассматриваемого или базового элемента по более грубому качеству). В том случае если базовыми поверхностями комплекса обработанных и необработанных поверхностей являются оси поверхностей вращения, то численное значение допуска предлагается принимать по более жесткому значению либо допуска соосности, либо симметричности. В рассматриваемом примере номинальный размер $\varnothing 110$, определяющий допуск размера IT16. По таблице раздела 4.1 [47] неуказанный допуск между комплексом обработанных и необработанных поверхностей равен 0,6.

Если размеры на чертеже проставлены правильно, то граф размерных связей отвечает следующим требованиям:

- 1) на графе нет оторванных групп вершин (если они есть, то это значит, что не хватает размеров или технических требований);
- 2) на графе нет замкнутых контуров (если они есть, то это значит, что проставлены лишние размеры);
- 3) группы исходных и обработанных поверхностей имеют только одну общую дугу.

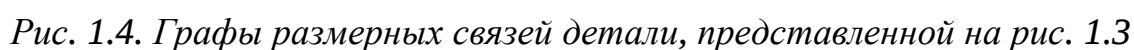
Графы размерных связей для рассматриваемой детали (рис. 1.4), построенные в соответствии с проставленными размерами, наглядно показывают, что в простановке размеров имеются ошибки. Во-первых, не выполняется требование по оторванным вершинам: вершины 28,25 по оси Z, 50 по оси X, 27,26 по Y являются оторванными от графов. Во-вторых, между исходными и обработанными поверхностями существует несколько связей по оси X. В-третьих, по этим же осям имеются замкнутые контуры.

Один из вариантов исправления графа размерных связей показан на рис. 1.5. На рис. 1.6 показан эскиз детали с простановкой размеров соответственно исправленному графу.

Далее проверяется **правильность назначения допусков взаимного расположения** (относительных поворотов). Главными постулатами проверки являются следующие положения:

1. Относительное угловое положение **оси** поверхности вращения на чертеже детали должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, ось может быть перпендикулярна только к одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна к одной плоскости и составлять некоторый угол с плоскостью, которая перпендикулярна первой.
2. Относительное угловое положение **плоскости** на чертеже детали должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, плоскость может быть перпендикулярна к двум пересекающимся плоскостям или к оси, или перпендикулярна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна к первой.

б) плоскость и две оси, перпендикулярные к ней (табл. 1.3 поз. 3);



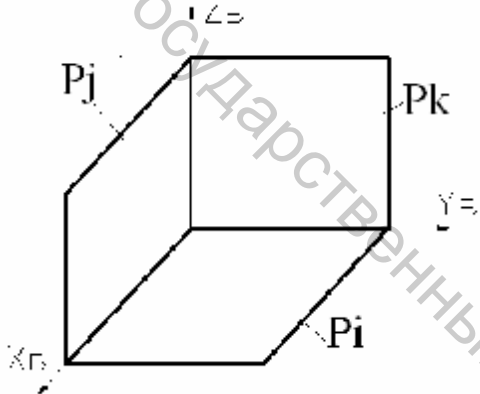
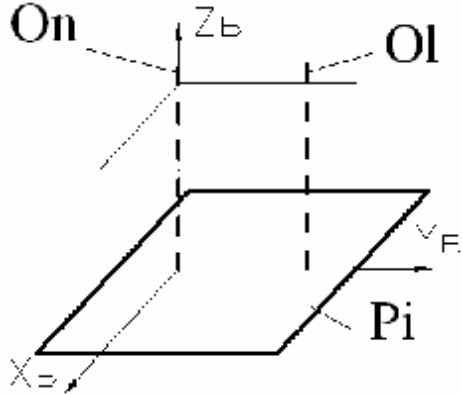
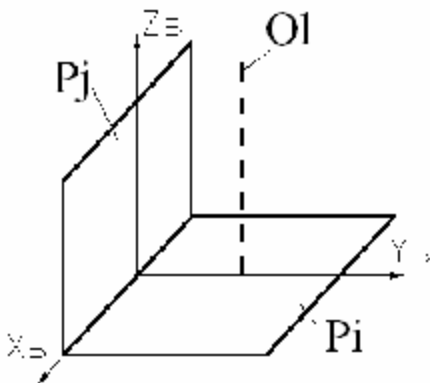
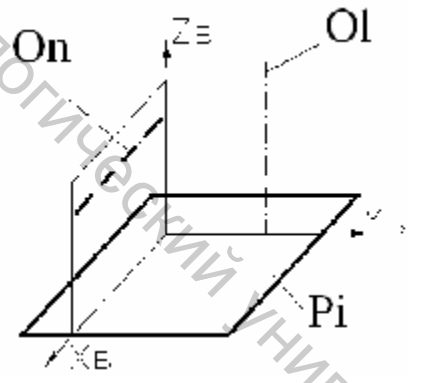
в) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна к одной из них (в частном случае ось может лежать в плоскости, которая в общем случае параллельна оси) (табл. 1.3 поз. 2);

г) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости (в частном случае она может лежать в этой плоскости) (табл. 1.3 поз. 4).

В качестве помощи для определения корректности задания ориентации обрабатываемой оси или плоскости относительно того или иного комплекта баз ориентации в главе 5 [47] приводятся таблицы однозначности ориентации (с учетом того, что в качестве номинальной плоскости может быть и плоскость симметрии).

Таблица 1.3

Варианты комплектов конструкторских баз ориентации поверхностей

1		3	
	$P_i \perp P_j \perp P_k$		$(O_l \perp P_i) \wedge (O_n \perp P_i)$
2		4	
	$P_i \perp P_j$ $((O_l \parallel P_i) \wedge (O_l \perp P_j)) \vee$ $((O_l \parallel P_j) \wedge (O_l \perp P_i))$		$((O_l \perp P_i) \wedge (O_n \parallel P_i)) \vee$ $((O_n \perp P_i) \wedge (O_l \parallel P_i))$

Так, например, в рассматриваемом примере задан допуск перпендикулярности плоскости к базе Г и перпендикулярность этой плоскости к базе В. Это некорректно. Должен быть задан либо допуск перпендикулярности плоскости относительно оси (базы Г), либо два допуска перпендикулярности относительно плоскостей (база В и еще одна плоскость) (см. пункты П10, П20, П23 главы 5 [47]). Принятие решение должно осуществляться совместно с конструктором, исходя из служебного назначения детали и проведенных расчетов относитель-

ных поворотов поверхностей узла в сборе. Учитывая то, что допуск перпендикулярности относительно базы В жестче, примем его за основу, допуск перпендикулярности относительно другой плоскости будет задан по умолчанию (см. рис. 1.6).

1.1.3. Анализ технологичности детали

Определение технологичности детали, сборочной единицы и машины регламентируются с помощью ГОСТ14.205-83. Показатели производственной технологичности конструкции детали при технологической подготовке производства можно представить в виде диаграммы (рис. 1.7). Так как заданием на курсовое проектирование являются преимущественно детали типа корпус, кронштейн и т.п., то на ней отражены качественные показатели, относящиеся к отливке.

К основным количественным показателям технологичности относятся:

- 1) трудоемкость изготовления детали T_i (нормо-час, мин);
- 2) технологическая себестоимость C_i (руб).

К дополнительным количественным показателям относятся:

- 1) коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{y.э.}$:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.p.}}{Q_p},$$

где $Q_{y.э.}$ и Q_p – соответственно число унифицированных ФМ и общее число ФМ детали, шт.;

- 2) коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей $K_{ф.с.}$:

$$K_{ф.с.} = \frac{D_{o.c.}}{D_{p.o.}},$$

где $D_{o.c.}$ и $D_{p.o.}$ – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.;

- 3) коэффициент обработки поверхностей $K_{p.o.}$:

$$K_{p.o.} = \frac{D_{p.o.}}{D_p},$$

где D_p – общее число поверхностей детали, шт.;

- 4) коэффициент использования материала $K_{и.м.}$:

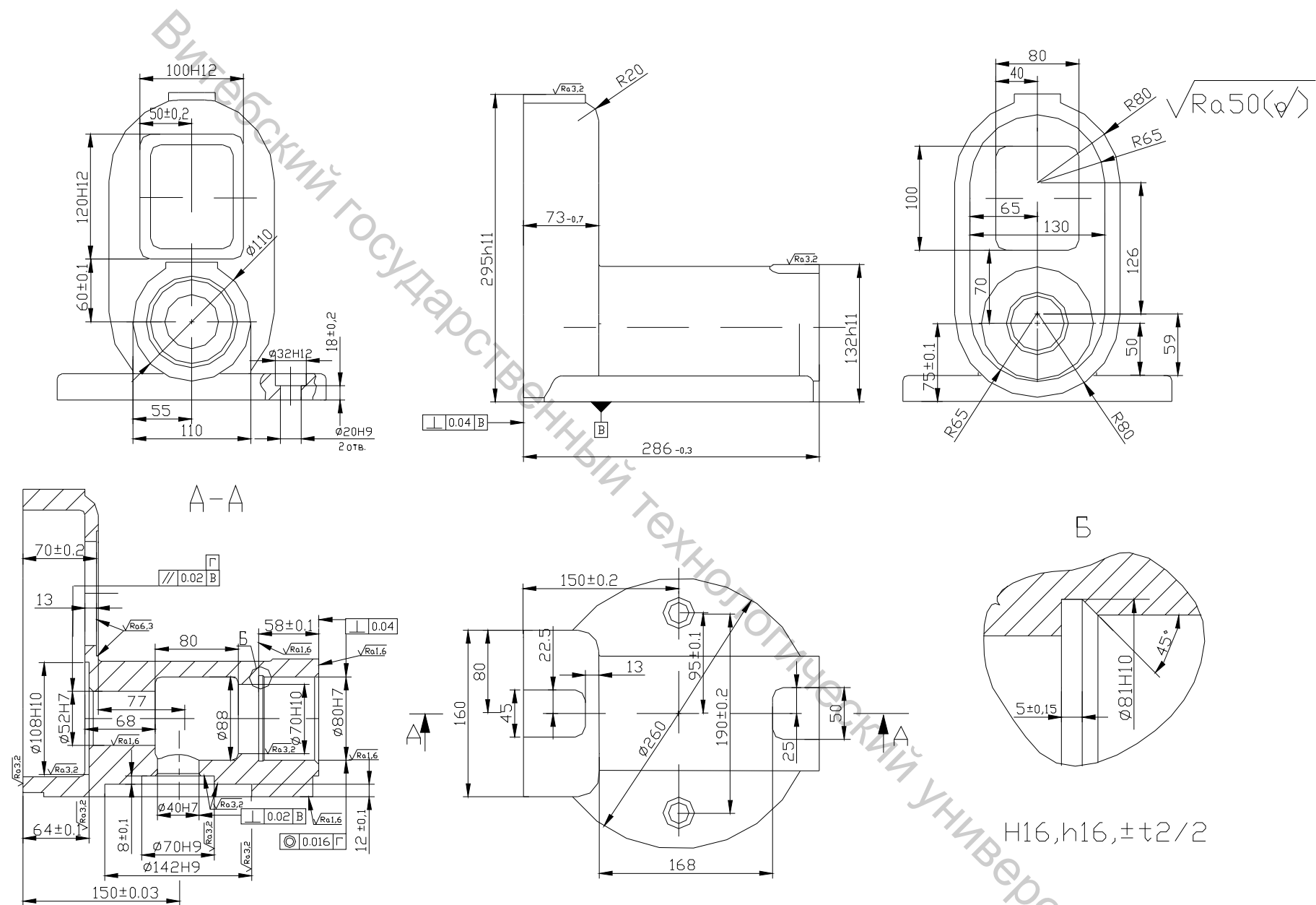


Рис. 1.6. Эскиз детали после исправления



Рис. 1.7. Диаграмма показателей производственной технологичности конструкции детали

$$K_{u.m.} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}},$$

где $M_{дет}$ и $M_{заг}$ – соответственно масса детали и заготовки, кг.;

5) максимальное значение качества точности обработки IT;

6) максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей Ra;

7) коэффициент применения типовых технологических процессов при изготовлении данной детали (процессы получения заготовки, механической, термической и др. обработки) $K_{m.n.}$:

$$K_{m.n.} = \frac{Q_{m.n.}}{Q_n},$$

где $Q_{m.n.}$ и Q_n – соответственно число типовых и общее число технологических процессов для изготовления детали, шт.;

8) коэффициент применения прогрессивных видов оснастки при изготовлении данной детали $K_{y.z.}$:

$$K_{y.z.} = \sum_{i=1}^{m_1} N_{yzi} / \left(\sum_{i=1}^{m_1} N_{yzi} + \sum_{j=1}^{m_2} N_y S_j \right),$$

где m_1 и m_2 – число видов соответственно унифицированной и специальной оснастки; N_{yzi} – количество типоразмеров унифицированной оснастки i -го вида; $N_y S_j$ – количество типоразмеров специальной оснастки j -го вида, шт.

Такие показатели, как T_i C_i $K_{ф.с.}$ $K_{u.m.}$ $K_{y.z.}$ нельзя оценить на предварительном этапе проектирования. Их расчет можно произвести перед завершающим этапом. Поэтому анализ технологичности детали осуществляется на протяжении всего курсового проектирования. Ввиду отсутствия достоверных данных по ценам, также данных по техпроцессам-аналогам, показатели себестоимость и трудоемкость в ходе дипломного проектирования не оцениваются.

Для оценки технологичности детали по качественным показателям необходимо проанализировать конструкцию детали по ряду приведенных ниже критериев. При этом в качестве помощи рекомендуется использовать главу 6 [47].

Для оценки формы детали (код показателя, согласно диаграмме – 211) необходимо оценить:

1) надлежащую жесткость детали и удобство ее установки на станке для обработки (код по главе 6 [47] – 21101);

2) возможность расчленения труднообрабатываемой детали сложной конфигурации на ряд простых по конфигурации деталей, соединяемых сваркой, запрессовкой и другими способами;

3) возможность переноса отдельных трудноизготавливаемых конструктивных элементов детали и их функций на сопряженные детали;

4) возможность одновременной обработки нескольких деталей;

5) наличие четкого разграничения обрабатываемых поверхностей от необрабатываемых;

6) наличие четкого разграничения поверхностей, обрабатываемых на различных операциях;

7) возможность обработки напроход;

8) доступность ко всем элементам детали для обработки и измерения;

9) удобство врезания и выхода режущего инструмента;

10) равномерность и безударность съема материала на обрабатываемых поверхностях;

11) возможность упрощения формы механически обрабатываемых фасонных поверхностей (если такие имеются);

12) расположение обрабатываемых плоских поверхностей деталей на одном уровне, параллельно или перпендикулярно одна другой;

13) наличие круглых бобышек в деталях не являющихся телами вращения;

14) наличие глухих глубоких отверстий;

15) наличие ступенчатых, резьбовых, фасонных и конических отверстий большого диаметра;

16) расположение соосных цилиндрических отверстий;

17) расположение отверстий с учетом удобства многошпиндельной обработки, а также обработки на агрегатных станках;

18) наличие фасонных отверстий;

19) технологичность резьб.

Если при оценке формы детали обнаруживаются источники повышения технологичности, то технолог должен предложить конструктору вариант повышения технологичности конструкции (см. глава 6 [47]). В ходе курсового проектирования студент сам принимает решение о ее повышении.

Оценка технологичности по кодам 212, 213 осуществляется на основании анализа, проведенного в разделе 1.1.2.

Оценка технологичности отливки (штамповки, поковки и т.д.) по качественным показателям осуществляется после определения метода получения заготовки, а также выбора базы механической обработки на первой операции (позволяет предложить расположение отливки в литейной форме).

По показателю 222 оценивается:

1) возможность плоского разъема;

2) необходимость применения специальных модельных плит с врезными моделями.

По показателю 223 оценивается:

1) возможность беспрепятственного извлечения модели из формы;

2) возможность выполнения внешнего контура без стержней;

3) наличие наружных приливов под отверстия более 30 мм;

4) наличие нескольких близко расположенных бобышек или приливов;

5) оформление бобышек, приливов и фланцев;

6) наличие участков детали с двусторонней механической обработкой;

7) величины бобышек (табл. 1.4).

По показателю 224 оценивается:

- 1) равномерность толщин стенок;
- 2) наличие внутренних стенок (в случае наличия они должны быть на 20%

Таблица 1.4

Оценка размеров бобышек

Наибольший габаритный размер детали, мм	до 500	500-2000	св. 2000
Наименьшая высота обрабатываемой бобышки, мм	5	10	20

тоньше наружных);

3) наименьшая толщина стенок (табл. 1.5) (При литье в кокиль чугуна 15

мм, алюминия 4мм, при литье по выплавляемым моделям – 1,5-2 мм., литье в

Таблица 1.5

Наименьшая толщина стенок в отливках, получаемых литьем в песчано-глинистые формы, мм

Материал детали	Наибольший размер детали		
	до 500	до 1500	св. 1500
Чугун серый	6	10	15
Чугун ковкий	5	8	–
Сталь	7	12	20
Бронза	3	6	–

оболочковые формы – 3-4мм).

По показателю 225 оценивается наличие горячих узлов.

По показателю 226 оценивается:

1) наличие плавных переходов и галтелей;

2) разнообразие радиусов галтелей и закруглений;

3) конструирование сопряжений стенок.

По показателю 227 оценивается:

1) расположение ребер;

2) толщина ребер (толщина ребра внешнего контура не более 0,8 наименьшей толщины стенки, к которой оно примыкает; внутреннего 0,5-0,6; высота ребра не должна превышать пятикратной толщины стенки);

3) оформление литых крестовин с ребрами (если есть);

4) наличие ребер, образующих трехгранные углы с основными стенками.

По показателю 228 оценивается:

1) необходимость выполнения отверстия в литье (табл. 1.6);

Таблица 1.6

Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных отливок

Серийность производства	Толщина стенок в мм.			
	<10	10-20	20-30	>30
индивидуальное и мелкосерийное	25	30	35	40
серийное	20	25	30	35
массовое	15	20	20	25

2) необходимость выполнения уступов и выточек (уступы и выточки делаются литыми в песчано-глинистые формы при ширине и глубине их соответственно больше 25 и 6 мм (на мелком и среднем литье);

- 3) необходимость выполнения выемок для выхода режущего инструмента;
- 4) наличие на внутренних полостях выходных отверстий (т.е. нужно ли использовать жеребейки).

По показателю 229 оценивается возможность такого размещения заготовки в литейной форме, чтобы поверхности, выбранные в качестве установочной или двойной направляющей баз на первой операции, не содержали формовочных уклонов.

Данные анализа технологичности по качественным показателям сводятся в таблицу оценки технологичности 1.7.

Таблица 1.7

Оценка технологичности детали по качественным показателям

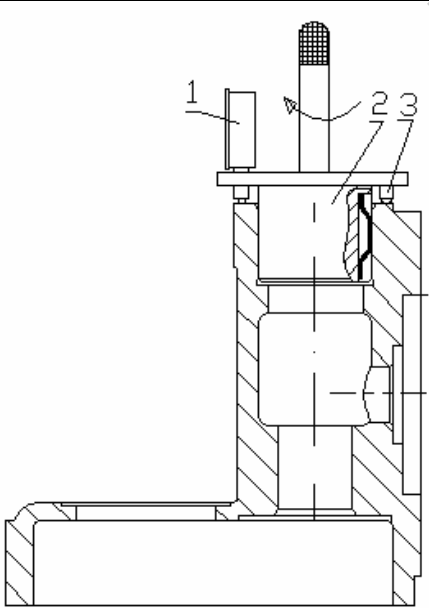
Код показателя	Оценка
21101	Деталь имеет достаточную жесткость. Ее удобно устанавливать на станке. Введение ребер жесткости, приливов и дополнительных опор не требуется.
...	...

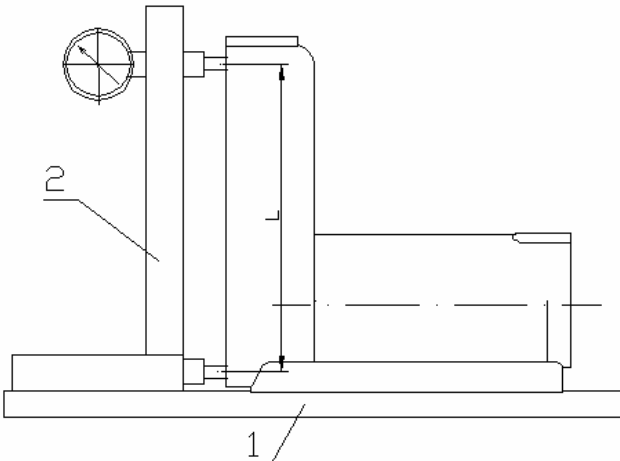
1.2. Методы контроля готовой детали

В зависимости от требуемой точности выбираются и описываются способы контроля размеров. Разрабатываются, изображаются на эскизе и описываются способы контроля расстояний от осей до плоскостей, между осями, соосности, параллельности и перпендикулярности. Способы контроля некоторых отклонений расположения приводятся в главе 7 [47]. Методы контроля сводятся в таблицу схем контроля (см. табл. 1.8).

Таблица 1.8

Схемы контроля линейных размеров и допусков взаимного расположения

№ пп	Контролируемый параметр	Эскиз	Оснастка
1	2	3	4
1	Перпендикулярность плоскости 33 относительно оси пов. 18		1– индикатор часового типа; 2– оправка; 3– упор

1	2	3	4
2	Перпендикулярность плоскости 10 относительно плоскости 1		1– подставка; 2– индикаторное приспособление
...	...	...	...

1.3. Изготовление заготовки

1.3.1. Определение метода и способа получения заготовки

Сначала в зависимости от материала и формы заготовки описываются возможные **методы** ее изготовления. Затем методом весовых коэффициентов (если заготовка будет получена литьем или штамповкой) выбирается два наиболее предпочтительных **способа**.

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами и объемом (типом) производства. В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов (наличие соответствующего оборудования) и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Кроме того принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, которые рекомендуют (в случае целесообразности) переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и, тем самым, снизить расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки (т.е. приближения ее формы к форме детали) и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и соответственно возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки. Заготовки простой конфигурации (с напусками) дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки. Однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала. Очевидно, что для каждого конкретного метода изготовления заготовки существует ее оптимальная точность и оптимальный объем выпуска.

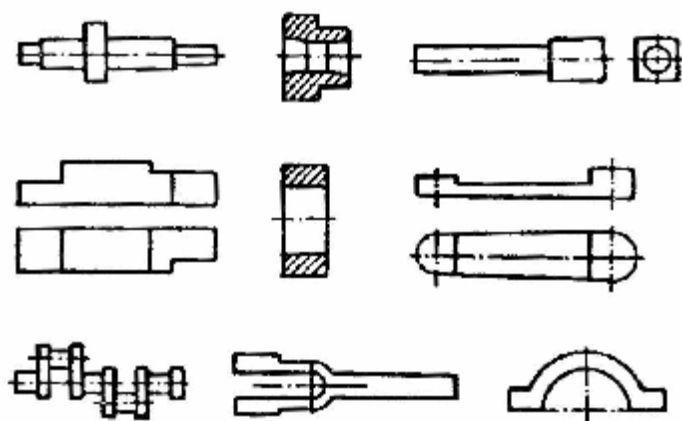
Класс методов изготовления заготовки определяется конфигурацией детали и ее материалом. Всего в машиностроении используется пять классов способов изготовления заготовок: 1) отделение (отрезание, вырезание) из сортового проката (прутки, листы и т.д.); 2) обработка давлением; 3) литье; 4) порошковая металлургия; 5) комбинированные методы (штампосварные и листосварные заготовки), в которых сварка служит для соединения отдельных частей заготовки, предварительно изготовленных литьем, штамповкой или отделением из проката.

Для **отделения заготовок** от листового проката может использоваться один из следующих способов: 1) газовая (ацетиленокислородная, кислородно-флюсовая или плазменно-дуговая) резка из листового проката толщиной до 100...200 мм, которая обеспечивает точность при ручном вырезании $\pm(4...10)$ мм, а при машинном $\pm(1...2)$ мм; 2) резка на пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами, позволяющая с точностью $\pm(1...6)$ мм отрезать заготовки из листового проката толщиной до 25 мм, а также из квадратного и круглого проката диаметром до 200 мм; 3) резка на гильотинных ножницах с точностью $\pm(0,25...3)$ мм из листов толщиной до 20 мм; 4) резка на дисковых ножницах с точностью $\pm(0,25...0,6)$ мм из листов толщиной до 20 мм.

Отрезание заготовок из круглого проката может осуществляться на механических или гидравлических прессах, на дисковых или ленточных пилах, на приводных ножовках, на фрезерно-отрезных, токарно-отрезных, абразивно-отрезных станках и установках. На токарно-отрезных станках выгодно отрезать заготовки из труб. Точность отрезания от $\pm 0,3$ до $\pm 0,4$ мм в зависимости от метода.

Отделение заготовок из круглого проката применяется в основном в мелкосерийном производстве или в тех случаях, когда разность в диаметрах ступеней детали мала (ходовые винты, рифцилиндры прядильных машин и т.д.).

Обработка заготовок давлением реализуется с помощьюковки, штамповки и специальных процессов.



Ковкой получают заготовки относительно простой формы со значительными припусками. Для упрощения формы заготовки на ней часто оставляют напуски. Применение подкладных штампов позволяет получать заготовки относительно сложной формы и повышать их точность. Основные типы поковок показаны на рис. 1.8. Свободная ковка применяется в основном в условиях мелкосерийного производства и

Рис. 1.8. Основные типы заготовок, изготовленных ковкой

для получения крупных поковок массой до 250 т. Качество точности таких заготовок от IT 19 до IT 20.

Для снижения трудоемкости свободнойковки заготовки должны ограничиваться плоскими и (или) цилиндрическими поверхностями. Нежелательны конические и клиновые формы поковок, пересечения цилиндрических поверхностей. Односторонние выступы предпочтительнее двусторонних. Нельзя выполнять ковкой ребра жесткости.

Для горячей штамповки используется один из следующих способов: штамповка в открытых или закрытых штампах; штамповка выдавливанием и прошивкой; штамповка в штампах с разъемными матрицами на прессах или горизонтально-ковочных машинах (ГКМ); штамповка на ковочных вальцах; штамповка на радиально-обжимных машинах (ротационная ковка); штамповка с комбинированием нескольких способов. При штамповке в закрытых штампах получают более точные заготовки и меньше расходуют материал, чем в открытых. Однако закрытые штампы несколько ограничивают форму заготовки (преимущественно тела вращения).

Штамповка в открытых штампах позволяет получить заготовки, форма которых существенно приближается к форме детали. Но углубления и отверстия в направлении, перпендикулярном ходу молота или пресса, невозможны. Такое можно выполнить при штамповке с разъемными матрицами на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). На рис. 1.9 показана степень соответствия формы детали и заготовки в зависимости от метода ее изготовления.

Точность изготовления заготовки в открытых штампах зависит от группы ее материала, массы и степени сложности. К первой группе материалов относятся стали, содержащие углерода менее 0,45% и легирующих элементов также меньше 2%.

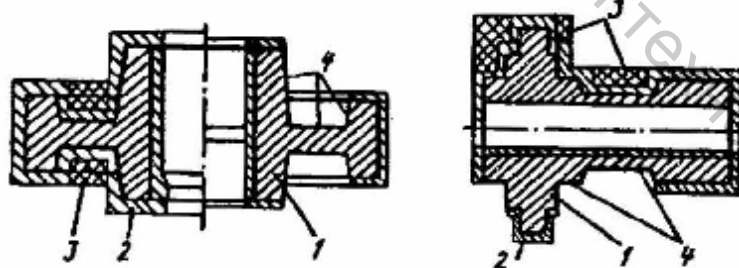


Рис. 1.9. Соответствие формы детали и заготовки, полученной свободной ковкой и штамповкой в открытом штампе и на ГКМ
1-деталь; 2- припуск; 3- напуск; 4-«исходные» поверхности детали

Другие стали относятся ко второй группе. Различают четыре степени сложности поковок в зависимости от значения коэффициента $C = G_{\text{пок}} / G_{\text{фиг}}$, где $G_{\text{пок}}$ и $G_{\text{фиг}}$ массы соответственно поковки и простой

фигуры, в которую вписывается поковка. Для первой степени сложности $C = 0,63...1$, для второй $C = 0,32...0,63$, для третьей $C = 0,16...0,32$; для четвертой $C \leq 0,16$.

Допуски на изготовление заготовок из материалов второй группы в открытых штампах на 20...30% больше, чем из материалов первой. А допуски на изготовление заготовок четвертой группы сложности в открытых штампах на 30...40% больше, чем для первой. Поковки, полученные в закрытых штампах, примерно на один квалитет точности точнее, чем в открытых. С увеличением массы заготовок с 10...20 кг до 100...160 кг их точность при изготовлении в от-

крытых штампах понижается на 2 квалитета. Для повышения точности штампованных заготовок после горячей объемной штамповки выполняют горячую или холодную калибровку. При этом точность увеличивается на 3...5 квалитетов, а значение показателя Ra уменьшается в 4...6 раз (до 2,5...0,8 мкм).

Некоторые заготовки, изготавливаемые *холодной объемной штамповкой* выдавливанием и холодной высадкой, показаны на рис. 1.10. Такие заготовки можно получать из стали и деформируемых сплавов на основе алюминия и меди. Исходными заготовками обычно бывают прутки, трубы и проволока. Иногда процесс высадки совмещается с процессом выдавливания. Холодная высадка осуществляется на высокопроизводительных автоматах из калиброванного материала. Характеристики точности и качества поверхности заготовок, изготовленных обработкой давлением, приведены в таблице 1.9. Они относятся к поковкам массой 5...20 кг.

Среди отливок до 80% по массе занимают заготовки, изготовленные *литьем в песчаные формы*. Этот метод является универсальным применительно к литейным материалам, а также к массе и габаритам отливки.

Специальные способы литья значительно повышают стоимость отливки,

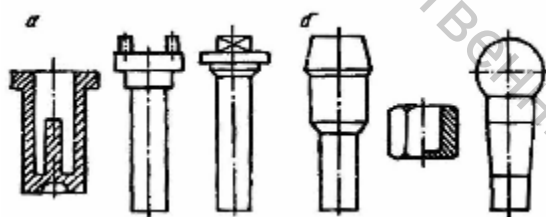


Рис. 1.10. Типовые заготовки, получаемые холодной штамповкой выдавливанием (а) и холодной высадкой (б)

но позволяют изготавливать заготовки повышенного качества с минимальным объемом механической обработки (табл. 1.10). Точность размеров отливки зависит не только от технологии ее производства, но и от условий формирования элементов отливки в форме. По этому признаку установлено три вида размеров: 1) размеры элементов, образованные одной частью формы или одним стержнем; 2) размеры элементов отливки, образованные двумя полуформами, а также перпендикулярные плоскости разреза; 3)

размеры элементов отливки, образованные тремя и более частями формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев.

Таблица 1.9
Точность размеров и шероховатость поверхности стальных поковок

Способ обработки давлением	Квалитет точности	Параметр Ra , мкм
Свободная ковка:		
стержней, валов и дисков	18...19	30...60
полых валов и цилиндров	19...20	30...60
Штамповка:		
в открытых штампах	16...17	6...12
с горячей калибровкой	13...16	1...2,5
на ГКМ	13...15	2,5...5
Ротационная ковка	10...12	1...2,5
Холодная объемная штамповка выдавливанием	8...11	0,8...1,6
Холодная высадка	8...9	0,8...2,5

Таблица 1.10

Точность размеров и шероховатость поверхности отливок

Способ литья	Квалитет точности / Ra , мкм для материалов		
	легкие цветные сплавы	серый чугун	ковкий чугун, сталь
В песчано-глинистые формы и центробежное	14...18 / 5...10	15...19 / 10...20	16...20 / 10...20
В кокиль и оболочковые формы	13...17 / 2,5...5	14...17 / 5...10	15...18 / 10...20
В керамические формы и по выплавляемым моделям	12...14 / 1...2,5	13...15 / 2,5...5	14...15 / 2,5...5
Под давлением	11...13 / до 0,63	12...14 / > 1,25	—

По конфигурации отливки делятся на пять групп сложности. К *первой*

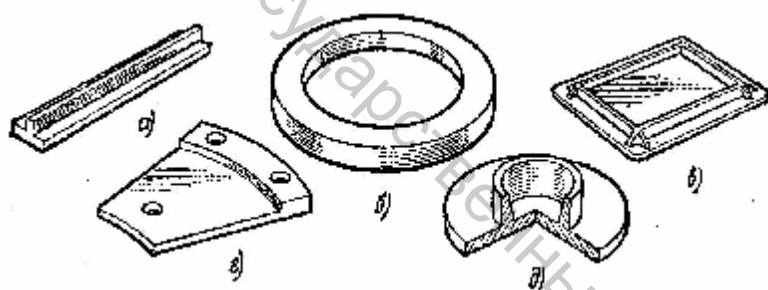


Рис. 1.11. Отливки первой группы сложности:
а- балка; б- бандаж; в- плита;
г- сектор; д- крышка

группе относятся отливки простой геометрической формы с наличием невысоких ребер, бобышек, фланцев, выступов и углублений. Наружные поверхности формируются без стержней или съемных частей. Внутренние полости неглубокие; выполняются преимущественно "болваном" или простым стержнем (рис. 1.11).

Ко *второй* группе (рис. 1.12) относятся отливки в виде сочетания простых геометрических тел плоские, круглые или открытые коробчатой формы. Наружные поверхности плоские и криволинейные при наличии ребер, бортов, бобышек, фланцев, отверстий и углублений простой конфигурации.

Внутренние полости простые, большой протяженности или высокие. Для выполнения отдельных частей отливки применяются стержни.

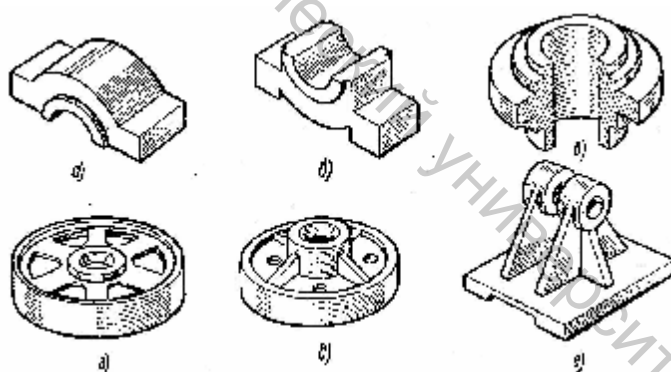


Рис. 1.12. Отливки второй группы сложности:
а- крышка подшипника; б- корпус подшипника;
в- ступица; г- зубчатое колесо; д- ролик; е- кронштейн

К *третьей* группе (рис. 1.13) относятся отливки открытой коробчатой или другой формы. Плоские и криволинейные на-

аружные поверхности имеют нависающие части, ребра, бобышки и фланцы с отверстиями и углублениями относительно сложной конфигурации. Внутренние полукоткрытые полости представляют собой объединение нескольких простых

геометрических элементов, имеют большую протяженность или высоту. У них в одном или двух ярусах имеются незначительные углубления или выступы.

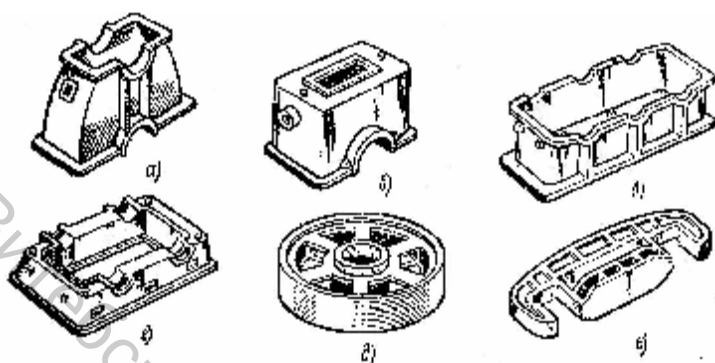


Рис. 1.13. Отливки третьей группы сложности:

а- корпус ; б- крышка редуктора; в, г- основание; д- зубчатое колесо; е- рама балансира

два свободных выхода.

К пятой группе (рис. 1.15) относятся отливки закрытой коробчатой формы. Наружные поверхности имеют сложную конфигурацию с примыкающими и пересекающимися конструктивными элементами. В процессе изготовления

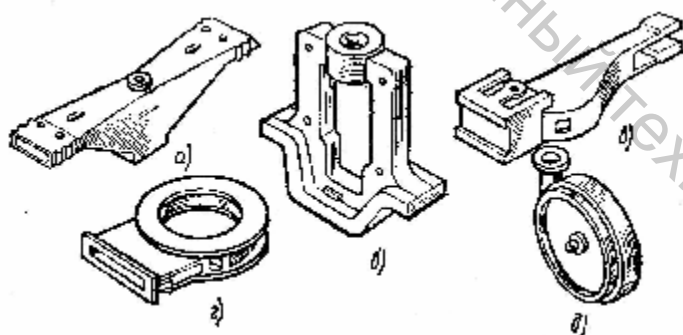


Рис. 1.14. Отливки четвертой группы сложности: а- шкворневая балка ; б- станина станка; в- ползун; г- корпус шибера; д- улитка

могут применяться стержни. Внутренние полости также имеют сложную конфигурацию с криволинейными поверхностями, которые пересекаются под разными углами и обладают выступами и выемками.

Квалитеты точности, указанные в таблице 1.10, соответствуют диапазону изменения групп сложности отливки от первой до пятой и второму виду размеров. Точность размеров первого и

третьего вида на один квалитет соответственно выше и грубее (ниже).

После выбора метода получения заготовки методом весовых коэффициентов определяется **способ получения заготовки**.

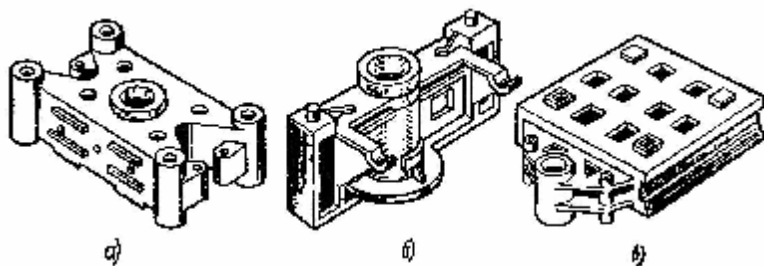


Рис. 1.15. Отливки пятой группы сложности: а- траверса ; б, в- станина.

Суть метода **весовых коэффициентов** заключается в следующем. Заготовка характеризуется рядом критериев, отражающих ее форму, массу, габаритные размеры. Сложность и параметры качества. Каждый

критерий выбора имеет несколько уровней значений. А каждому уровню критерия выбора и типу производства соответствует ряд весовых коэффициентов, значение которых зависит от способа изготовления заготовки. В табл. 1.11 приведены значения весовых коэффициентов для различных способов получения литых заготовок. Способ использования таблицы 1.11 поясним следующим примером.

Таблица 1.11

Весовые коэффициенты критериев выбора метода изготовления отливки

Номер и наименование критерия выбора	Уровень, градация и значение критерия выбора	Способ изготовления литой заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
1. Тип производства	1. Мелкосер.	2	0	0	0	0	0	0
	2. Серийное	1	1	1	1	1	1	1
	3. Крупносер.	0	2	2	2	1	2	1
2. Материал детали	1. Сталь	1	1	0	1	1	0	0
	2. Чугун	1	1	1	0	1	0	1
	3. Цв. сплавы	1	1	1	1	1	1	1
3. Масса детали, кг	1. 50...60	1	1	1	1	1	1	1
	2. 60...120	1	1	1	1	1	0	1
	3. 120...320	1	1	1	0	1	0	0
	4. 320...600	1	1	1	0	0	0	0
4. Группа сложности отливки	1. 1	1	1	0	0	1	0	1
	2. 2	1	1	0	0	1	1	2
	3. 3	1	1	1	1	0	1	0
	4. 4	1	1	1	1	0	1	0
	5. 5	1	1	0	0	0	0	0
5. Параметр Ra поверхности заготовки, мкм	1. 0,63...1	0	0	0	0	0	2	0
	2. 1,6...3,2	0	0	0	2	0	1	0
	3. 6,3...12,5	0	1	2	1	2	0	1
	4. 12,5...20	2	2	1	0	1	0	1
6. Форма детали	1. Тела вращения	1	1	1	1	1	1	1
	2. Корпусные	1	1	1	0	1	1	0
	3. Рычаги	1	1	1	1	1	1	0
	4. Фасонные	1	1	1	1	0	1	1
7. Максимальные габаритные размеры, мм	1. до 25	0	0	0	1	0	1	1
	2. 25...50	0	1	1	1	0	1	1
	3. 50...120	1	1	1	1	1	1	1
	4. 120...400	1	1	1	0	1	1	1
	5. 400...1600	1	1	0	0	0	0	0
8. Качество точности размеров отливки	1. 11...13	0	0	0	1	0	1	0
	2. 13...15	0	0	1	1	1	1	0
	3. 15...17	0	1	1	0	1	0	1
	4. 17...20	1	1	0	0	0	0	1
Обозначения методов литья: 1) ЛПФ – литье в песчаные формы; 1.1) РФ – ручная формовка; 1.2) МФ – машинная формовка; 2) ЛОФ – литье в оболочковые формы; 3) ЛВМ – литье по выплавляемым моделям; 4) ЛК – литье в кокиль; 5) ЛПД – литье под давлением; 6) ЦЛ – центробежное литье.								

Значения критериев выбора для рассматриваемой детали: 1) тип производства – серийное; 2) материал – чугун; 3) масса детали – до 50 кг; 4) группа сложности – 3; 5) параметр шероховатости исходных поверхностей $Ra = 50$; 6) форма детали – корпусная; 7) максимальный габаритный размер – мм; 8) качество точности размеров, связывающих исходные поверхности – 16. Соответствующие данным уровням критериев выбора строки значений весовых коэффициентов заносим в табл. 1.12 и затем находим их суммы по столбцам, соответствующим разным методам получения отливки.

Таблица 1.12

Значения весовых коэффициентов для рассматриваемой детали

Номер критерия выбора	Уровень критерия выбора	Способ изготовления литой заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
1	2	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	0	1	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	3	1	1	1	1	0	1	0
5	4	2	2	1	0	1	0	1
6	2	1	1	1	1	0	1	0
7	4	1	1	1	0	1	1	1
8	3	0	1	1	0	1	0	1
С у м м а		8	9	8	4	6	5	6

Выбирается тот метод, сумма весовых коэффициентов которого будет наибольшей. В данном случае это будет литье в песчаную форму с машинной формовкой. Аналогично, используя таблицу главы 9 [47], можно выбрать метод изготовления заготовки давлением.

В том случае, если необходимо принимать решение выборе из нескольких конкурирующих вариантов, то описываются достоинства и недостатки выбранных методов и на основании проведенного анализа окончательно выбирается один из них.

1.3.2 Чертеж заготовки. Технология изготовления заготовки

В данном разделе предварительно рисуется эскиз заготовки. Окончательно его оформление, а также описание технологии изготовления заготовки осуществляется после выбора баз на первой операции предварительного этапа и размерного анализа технологического процесса.

Разработка чертежа заготовки является исходным этапом при проектировании технологического процесса ее изготовления.

В том случае, если методом получения отливки является литье в песчано-глинистые формы, то при построении эскиза заготовки следует учитывать следующие особенности и правила:

- в единичном и серийном производстве конструирование или разработка чертежа отливки выполняется на чертеже (или светокопии) готовой детали путем нанесений соответствующих технологических указаний; в крупносерийном и массовом – разрабатывается специальный чертеж отливки; в учебных целях в курсовом проекте вне зависимости от типа производства разрабатывается чертеж заготовки;

- разъем модели и формы показывают прямой (или ломаной) штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «X – X», над которой указывается – «МФ» (модель-форма); направление разъема показывают сплошной основной линией, ограниченной стрелками перпендикулярными линии разъема (рис. 1.16); при применении неразъемной модели указывается только разъем формы – Ф; при нескольких разъемах каждый разъем показывают отдельно;

- положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ); буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разъема (рис. 1.16);

- выбор плоскости разъема должен обеспечить свободное извлечение модели из формы без разрушения (разрыва) отпечатка; при возможности всю отливку следует располагать в нижней опоке, что позволяет исключить влияние сдвига формы на отливку; наиболее ответственные части отливки располагают в вертикальном или наклонном положении; эти условия относятся и к расположению тонких стенок отливки;

- поверхности, которые служат установочной, двойной направляющей базами на первой операции, не должны иметь формовочных уклонов;

- необходимо размещать в одной опоке те части отливки, которые служат базой при механической обработке детали и которые сами подлежат механической обработке;

- детали цилиндрической формы с обрабатываемыми внешними и внутренними поверхностями должны заливаться в вертикальном положении;

- внутренние стержни при заливке должны занимать наиболее устойчивое положение, и подъемная сила стержней должна действовать в направлении опорных знаков стержня;

- необходимо стремиться получить внутренние полости без стержней или при их наименьшем количестве;

- одновременное удовлетворение требований невозможно, в связи с чем технологу приходится выбирать те из них, которые обеспечивают получение качественной отливки с наибольшей экономией.

Припуском на механическую обработку отливок является слой металла (на сторону), предназначенный для снятия в процессе механической обработки (назначается на обрабатываемые поверхности). *Величина размеров заготовки определяется после размерного анализа технологического процесса*, в котором учитываются величины минимальных припусков и допусков на обработку.

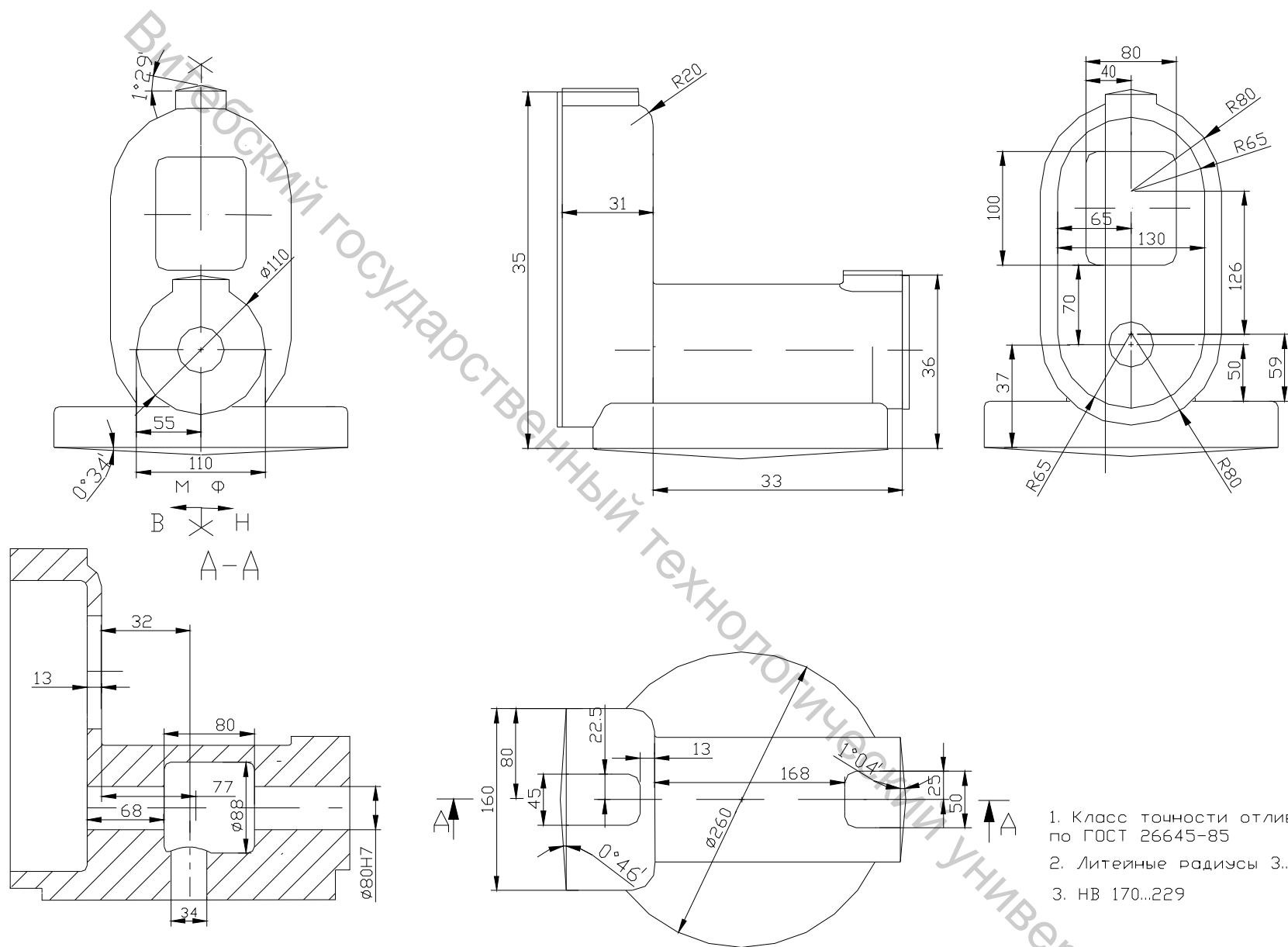


Рис. 1.16. Эскиз отливки

Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных отливок принимаются по табл. 1.6. Минимальные диаметры литых отверстий для стальных отливок, кроме вышеперечисленных факторов, зависят еще от высоты отверстий (H), и их значения ориентировочно в 2 раза больше, чем для чугунных отливок. Например, для стальных отливок с толщиной стенки до 25 мм и высотой H от 100 до 200 мм минимальный диаметр $D_{min}=60$ мм (в серийном производстве).

Если диаметр отверстия больше или равен высоте отливки, то отверстие выполняется не стержнем, а болваном (рис. 1.17).

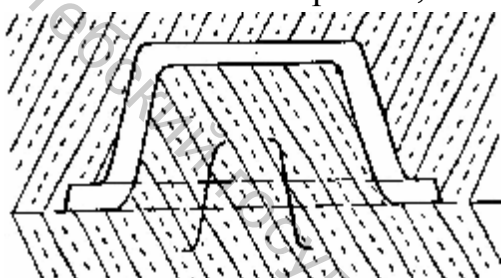


Рис. 1.17. Оформление отверстия с помощью болвана

Допускаемые отклонения на номинальные размеры отливок устанавливаются по данным главы 8 [47].

Формовочные уклоны назначаются на вертикальные стенки детали с целью облегчения извлечения модели из литейной формы и стержней из стержневых ящиков и предупреждения при этом разрушения полученного отпечатка. Если в отливаемой детали не предусмотрено конструктивных уклонов, то они оформляются на чертеже отливки и задаются в направлении извлечения модели из формы или стержня из ящика.

Принято 3 способа выполнения формовочных уклонов на модели (рис. 1.18):

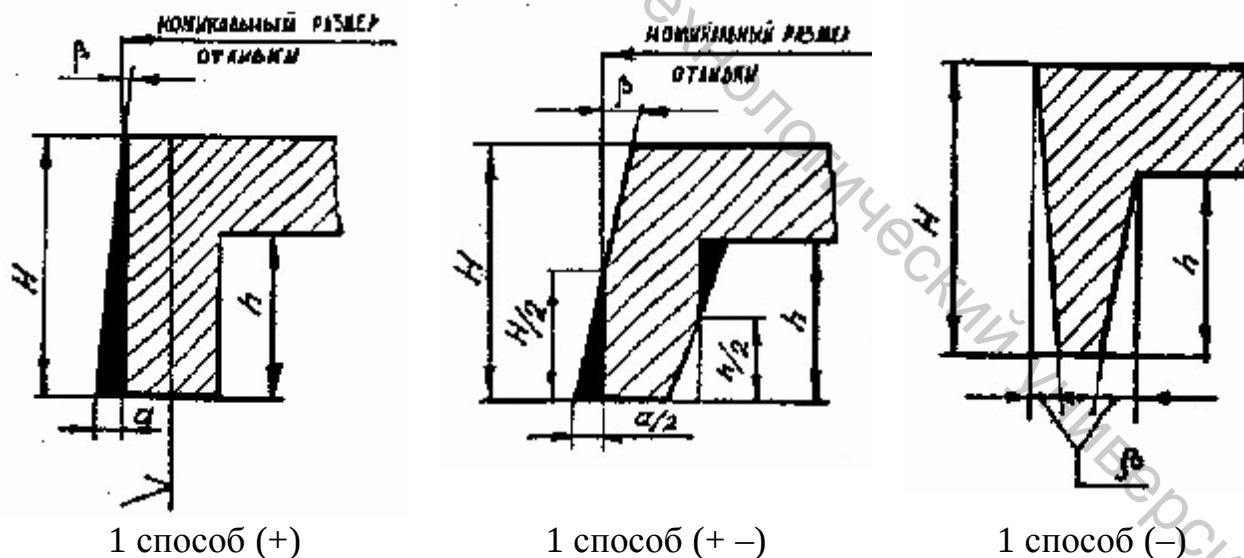


Рис. 1.18. Оформление формовочных уклонов

1. На обрабатываемые вертикальные поверхности, перпендикулярные к плоскости разреза, уклон дается всегда в плюс, т.е. сверх припуска - построение формовочного уклона в этом случае осуществляется по первому способу (в плюс). При необрабатываемой вертикальной поверхности толщиной до 8 мм уклон оформляется так же.

2. Если толщина необрабатываемой поверхности находится в пределах 8-

12 мм, оформление уклонов производится по 2-му способу (в плюс-минус).

3. Если толщина необрабатываемой поверхности свыше 12 мм и высота - до 100 мм, то уклон оформляется по 3 способу - в минус.

Если высота необрабатываемой вертикальной стенки более 100 мм и толщина более 12 мм, то уклон оформляется в плюс-минус (2-й способ).

Если необрабатываемые вертикальные поверхности отливки сопрягаются

по контуру с другой отливкой, то формовочные уклоны выполняются за счет уменьшения (рис. 1.19 а) или увеличения (рис. 1.19 б) размеров отливки - в зависимости от поверхности сопряжения.

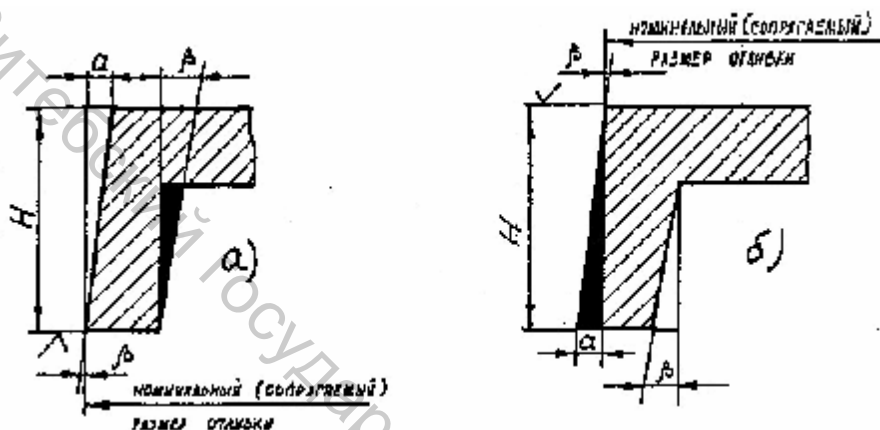


Рис. 1.19. Оформление формовочных уклонов при сопряжении отливок

Величины минимальных формовочных уклонов (при из-

готовлении моделей) регламентируются по ГОСТ 3212-80 и зависят от высоты вертикальной стенки, материала модели и метода формовки (таблица 1.13).

Таблица 1.13

Формовочные уклоны основных формообразующих вертикальных поверхностей модельного комплекта при применении смесей, твердеющих в контакте с модельной оснасткой (ЖСС, ХТС, CO_2 - процесс)

Высота модели (h или h ₁)	Формовочный уклон			
	модели металлические, пластмассовые.		модели деревянные	
	β^0	α , мм	β^0	α
<10	3°26'	0.6	4°	0.7
10-18	2°32'	0.8	2°52'	0.9
18-30	1°54'	1.0	2°17'	1.2
30-50	1°16'	1.1	1°29'	1.3
50-80	0°54'	1.3	1°04'	1.6
80-120	0°40'	1.4	0°46'	1.8
120-180	0°30'	1.5	0°34'	2.4
180	0°28'	2.0	0°33'	3.0

Поверхности моделей, образующие в литейных формах болваны, соответствующие углублениям в отливках, рекомендуется выполнять с увеличенным формовочным уклоном, вдвое превышающим табличные значения, но не более 3°.

При изложении *технологии изготовления* отливки следует учитывать то, что наибольшее распространение получили следующие последовательности операций технологических процессов получения разовых литейных форм: формовка по неразъемной модели (рис. 1.20); формовка по модели с отъемными частями (рис. 1.21); формовка с подрезкой (рис. 1.22).

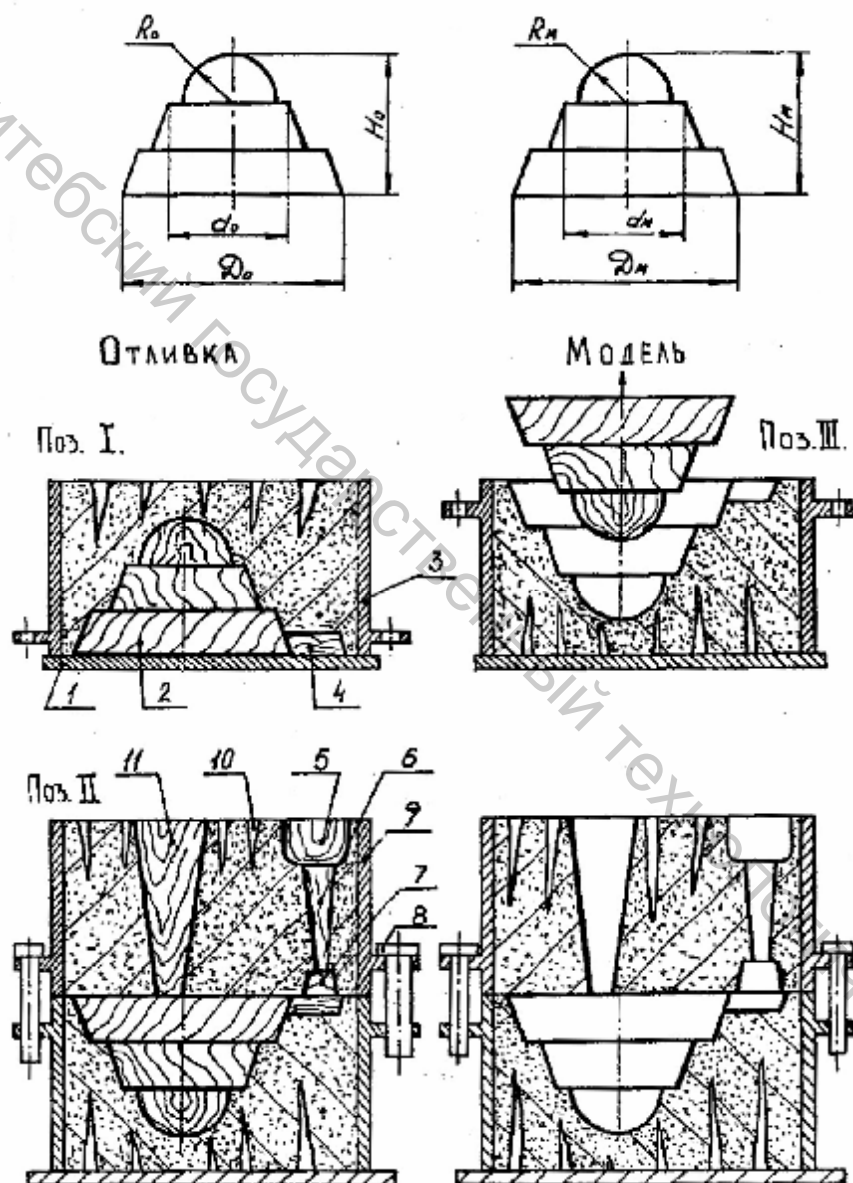


Рис. 1.20. Формовка по неразъемной модели:

1 - подмодельная плита; 2 - модель; 3 - нижняя опока; 4 - модель питателя; 5 - модель литниковой чаши; 6 - модель стояка; 7 - модель шлакоуловителя; 8 - центрирующие штыри; 9 - верхняя опока; 10 - вентиляционные каналы; 11 - выпор

Следует учитывать следующие особенности и правила разработки технологического процесса получения отливки при индивидуальном, мелкосерийном и серийном производствах.

Число и конфигурация стержней определяются конструкцией внутренних полостей отливки и стержневыми знаками, которые позволяют установить стержни в литейную форму и обеспечить им жесткое положение в процессе заливки расплавленного металла. Линия разъема стержневых ящиков в большинстве случаев должна быть плоской, что облегчает техпроцесс изготовления стержней. Выбор линии разъема необходимо увязывать с направлением набивки стержней и способами их вентиляции. Стержень по сравнению с литейной формой находится в значительно

худших условиях в отношении отвода образующихся в процессе заливки газов, которые не могут быть отведены через расплавленный и еще не застывший металл. Необходимо стремиться к уменьшению числа стержней, т.к. это ведет к снижению трудоемкости изготовления отливки, повышению качества и

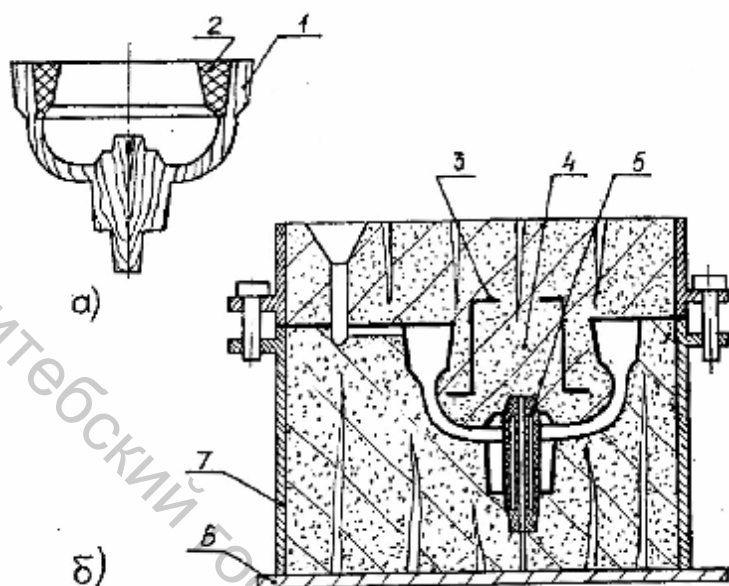


Рис. 1.21. Формовка с отъемными частями:

1 - модель; 2 - отъемные части; 3 - армирующие элементы; 4 - болван; 5 - стержень; 6 - плита; 7 - нижняя опока

его не в масштабе.

Стержни обозначаются буквами СТ и порядковым номером. Стержни в

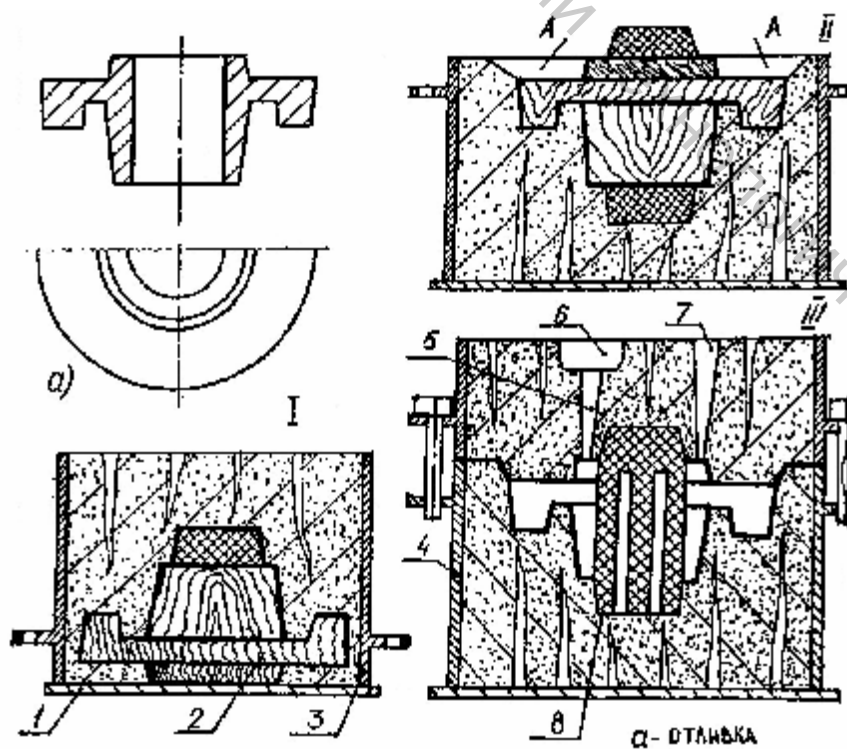


Рис. 1.22. Формовка с подрезкой

1 - подмодельная плита; 2 - модель; 3 - верхняя опока; 4 - нижняя опока; 5 - стояк; 6 - литниковая чаша; 7 - выпор; 8 - стержень

размерной точности отливок. Но эта тенденция ведет, с другой стороны, к возможному увеличению металлоемкости отливок.

Стержни и их знаки, а также знаки модели изображают в масштабе схемы ориентации отливки в опоке сплошной тонкой линией или синим цветом. Если близкое расположение изображений на чертеже не позволяет показывать знаки стержней в масштабе, то разрешается делать разрыв знака или показывать его не в масштабе.

Стержни обозначаются буквами СТ и порядковым номером. Стержни в разрезе штрихуются только у контурных линий. Длина штриховки – 3 - 30 мм.

На стержень наносятся символы, показывающие направление набивки, разъем стержневого ящика, место вывода газов.

Установка и крепление стержней в литейной форме осуществляется при помощи знаков и жеребеек.

В зависимости от положения стержня при сборке литейной формы стержневые знаки делятся на горизонтальные и вертикальные (рис. 1.23)

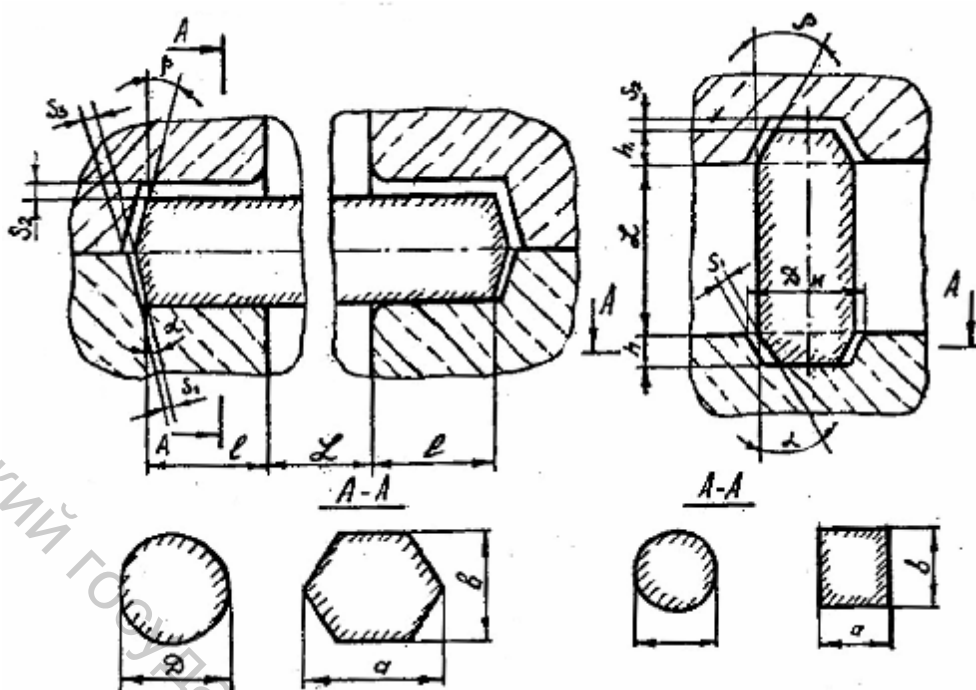


Рис. 1.23. Горизонтальные и вертикальные стержни

Длина горизонтальных знаков l в зависимости от размера в сечении знака $((a+b)/2$ или D) и от длины стержня Z между опорами должна соответствовать данным таблицы 1.14.

Таблица 1.14

Длины горизонтальных знаков стержней

$(a+b)/2$ или D , мм	Длина знака l , мм							
	по длине стержня Z , мм							
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400
<50	20	25	30	35	-	-	-	-
50-80	20	25	30	35	45	50	-	-
80-120	20	25	35	40	50	55	60	70
120-180	25	30	35	45	55	60	70	80
180-315	25	30	40	50	60	65	80	90
315-400	30	35	45	55	65	70	85	95
>400	-	-	-	60	70	75	90	105

Длина знака грибового стержня l (рис. 1.24) уменьшается против табличных данных на 30 – 50%. Длина знака консольного стержня l увеличивается до длины стержня Z (рис. 1.24, б). Высота нижних вертикальных знаков h выбирается из таблицы 1.15, а высота верхних вертикальных знаков $h_1 = 0,5h$;

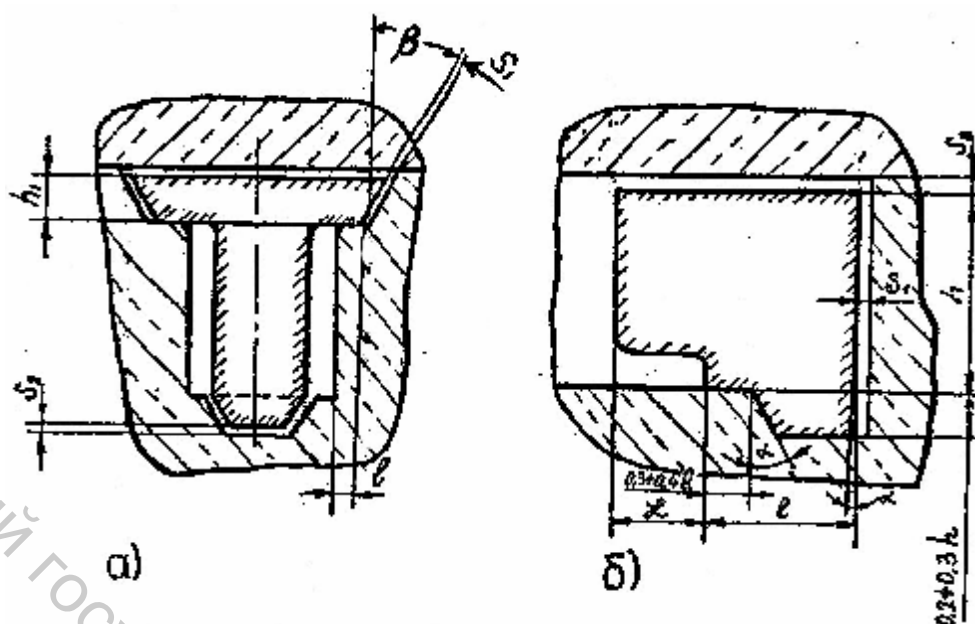


Рис. 1.24. Грибковый и консольный стержни

Таблица 1.15

Высоты нижних знаков вертикальных стержней

D или (a+b)/2, мм	Высота знака h, мм						
	по длине стержня Z, мм						
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400
<50	20	30	-		50	60	60
50-80	25	35	35	35	40	50	60
80-120	25	35	35	35	40	50	60
120-180	30	35	35	35	35	40	50
180-250	30	35	35	35	35	40	50
250-315	35	35	35	35	35	40	50
315-400	40	40	40	40	40	40	40

Таблица 1.16

Формовочные уклоны стержней

Высота знака h или h ₁ , мм	для низа	для верха
	α°	β°
до 50	7	10
50-80	6	8
80-120	6	8
120-180	5	6
180-250	5	6

При отношении l/d или $(2l/(a+b)) > 5$ нижний вертикальный знак рекомендуется выполнять в соответствии с рис. 1.25.

Формовочные уклоны на знаковых формообразующих поверхностях должны соответствовать указаниям таблицы 1.16.

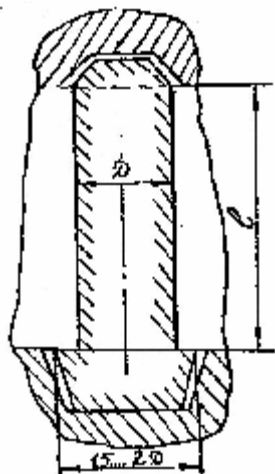


Рис. 1.25. Оформление вертикального стержня

Технологические зазоры S между знаками формы и стержня устанавливаются в зависимости от класса точности и материала модельного комплекта. Зазоры между знаками формы и стержня (на сторону) принимаются для модельного комплекта 3 кл. точности, изготовленного из металла или пластмассы, и I кл. точности, изготовленного из дерева, по таблице 1.17, зазор $S_3 \approx 1.5S_1$

Для модельного комплекта 2 класса точности, изготовленного из дерева, зазоры между знаками формы и стержня (на сторону) определяются из таблицы 1.18.

Таблица 1.17

Зазоры для модельных комплектов 1,3 кл. точности

Высота знака h или h_1 , мм	зазор S_1 , мм						
	по длине стержня Z , мм						
	50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315
<50	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
50-80	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
80-120	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
120-180	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
180-250	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0
250-315	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0
Зазор S_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

Таблица 1.18

Зазоры для модельных комплектов 2 кл. точности

Высота знака h или h_1 , мм	зазор S_1 , мм							
	по длине стержня Z , мм							
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	500
до 30	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
30-50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
50-80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2			
80-120						1,4	1,5	1,6
120-180	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
180-250	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4			
250-315						1,6	1,7	1,8
315-400	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5			
400-500								
зазор S_2	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Знаки должны не только надежно фиксировать стержни в форме, но и обеспечивать беспрепятственное удаление газов из них в процессе заливки металла. Для вентиляции стержней применяют коксовую гарь, наколы, каналы по разьему стержней, жгуты, шнуры, капроновые трубки и металлические со сверлением - для стержней из песчано-глинистых смесей.

Для придания стержням большей прочности и жесткости их укрепляют, прокладывая внутри каркасы, для мелких стержней – проволочные, а для более крупных - чугунные. В результате применения каркасов (арматуры) прочность стержней повышается. Основное требование, которое необходимо соблюдать для полного соответствия арматуры своему назначению, состоит в том, чтобы стержневая масса плотно приставала к арматуре - иначе она не выполнит своего назначения. Поэтому каркасы перед установкой в стержневой ящик смачивают огнеупорной глиной, маслом или раствором сульфитного щелока.

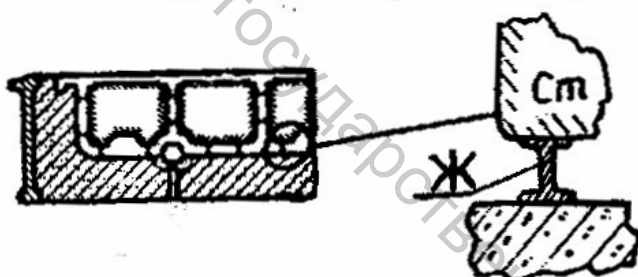


Рис. 1.26. Использование жерейки

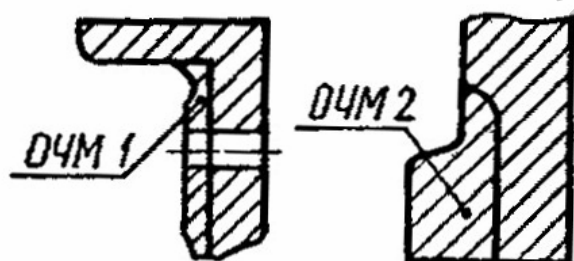


Рис. 1.27. Обозначение отъемных частей модели

При применении длинных тонких горизонтальных стержней, во избежание провисания, а также для предупреждения всплытия стержней, для придания им более устойчивого положения, применяют особые металлические подпорки - жерейки (рис. 1.26).

Линию соприкосновения отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией. Отъемную часть обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (рис. 1.27)

Литниковая система предназначена для подвода расплавленного металла в литейную форму плавно, без ударов. При этом литниковая система предупреждает попадание в

форму шлака и компенсирует усадку.

Различают 2 типа литниковых систем - со свободным падением жидкого металла и с поступлением металла по ломаной линии. Выбор определенного типа литниковой системы зависит от веса и конфигурации отливки и ее назначения, а также от материала отливки.

Расчет литниковых систем для стали и чугуна построен на принципе торможения (запирания), когда $F_{лит} < F_{шл} < F_{ст}$, что позволяет держать чашу постоянно полной в процессе заливки.

$F_{лит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,5 : 2$ - для крупного чугунного литья.

$F_{лит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,15$ - для мелкого чугунного литья.

$F_{лит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,06 : 1,11$ - для мелкого тонкостенного чугунного литья.

$F_{лит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,3 : 1,6$ - для стали.

Для чугунного литья $F_{лит}$ рассчитывается по формуле

$$F_{лит} = \frac{6,64 * G_{с.с.}}{\sqrt{H}},$$

где $G_{с.с.}$ - средний секундный расход жидкого металла при заливке его в форму, кг/сек, H – расчетный напор металла (расстояние от места подвода металла до уровня чаши) (рис. 23);

$$G_{с.с.} = \frac{G}{t},$$

где $G_{с.с.}$ – металлоёмкость формы, кг. (вес металла, заливаемого в форму), t – время заливки, сек.

$$t = 2\sqrt[3]{\delta * G},$$

где δ – преобладающая толщина стенки (мм) отливки.

$$G = \frac{G_{отл.}}{0,7}, \text{ кг,}$$

где $G_{отл.}$ - вес отливки, 0,7- коэффициент выхода годного, равного отношению веса отливки к весу металла, заливаемого в форму.

С целью упрощения расчетов размеры и количество питателей выбираются из таблицы 1.19 в зависимости от веса отливки, ее тонкостенности.

Таблица 1.19

Размеры и количество питателей

Вес отливки, кг.	Размеры питателей		Толщина стенки, мм			
	$F_{пит}$ каждого см ²	l , мм	5-8	8-15	15-20	25
До 1	0,4-0,5	15-20	1	1	1	1
1-5	0,5-0,7	25-30	2	1	1	1
5-10	0,65-0,8	25-30	3	2-3	2-3	2
40-60	1,0-1,5	35-40	4-5	4	3	2-3
100-120	1,2-1,8	40-45	7-8	5-6	4	3-4
200-250	1,5-1,6	45-50	8-9	7	6	5

При разработке технологии получения отливки выбирают места подвода металла к отливке и рассчитываются размеры питателей.

Литниковую систему изображают в масштабе схемы ориентации отливки в опоке сплошной тонкой линией, допускается изображение красным цветом (рис. 1.28). У каждого сечения элементов литниковой системы допускается указывать площадь сечения в квадратных см, количество сечений и суммарную площадь ($\sum F$) в см².

Площади сечений обозначают: питателей – $F_{лит}$, шлакоуловителей – $F_{шл.}$, стояков – $F_{ст.}$ и т. д.

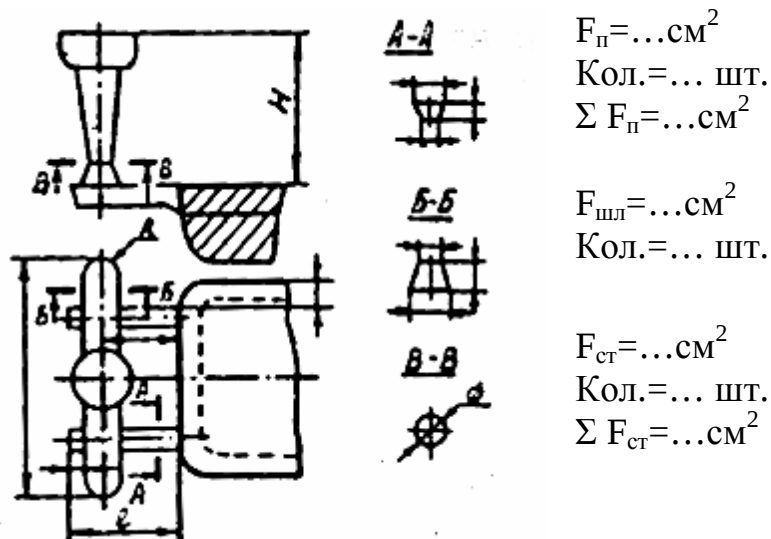


Рис. 1.28. Изображение и обозначение литниковой системы

Габариты литейной формы определяются следующими факторами:

- а) габаритами формуемой отливки и количеством отливок в одной опоке;
- б) расположением и размерами литниковой системы;
- в) размерами стержневых знаков;
- г) грузоподъемностью кранов в литейном цехе;
- д) подъемной силой и габаритами стола встряхивающих формовочных машин.

Выбор габаритов литейной формы - это, фактически, определение размеров опок. При выборе расстояния от отливки до стенки опоки, до верха, до низа необходимо учитывать вероятность разрушения формы при заливке ее от статического и динамического давления жидкого металла.

Минимальные габариты опоки определяются, если к габаритным размерам отливки прибавить расстояния "а", "в" и "с", указанные на рис. 1.29.

Минимальное расстояние "а" - от тела отливки до стенки опоки - определяется в зависимости от веса и габаритов отливки:

- $a = 30 - 50 \text{ мм}$ - для мелких опок (до 600 x 800);
- $a = 50 - 120 \text{ мм}$ - для средних опок (до 1000 x 1200);
- $a = 0 - 50 \text{ мм}$ - от стержневого знака до стенки опоки;
- $a = 100 - 150 \text{ мм}$ - для крупных опок.

Минимальное расстояние "в" - от тела отливки до низа - составляет:

- $b = 40 - 50 \text{ мм}$ - для мелких опок;
- $b = 60 - 120 \text{ мм}$ - для средних опок;
- $b = 120 - 150 \text{ мм}$ - для крупных опок;
- $b = 20 - 120 \text{ мм}$ - для стержневых знаков.

Минимальное расстояние "с" - от тела отливки до верха опоки - принимается равным выбранному значению "в". Расстояние "с" от верха опоки до стержневого знака составляет 50 - 150 мм. Расстояние между несколькими отливками, расположенными в одной опоке, составляет 25 - 50 мм - для мелких отливок.

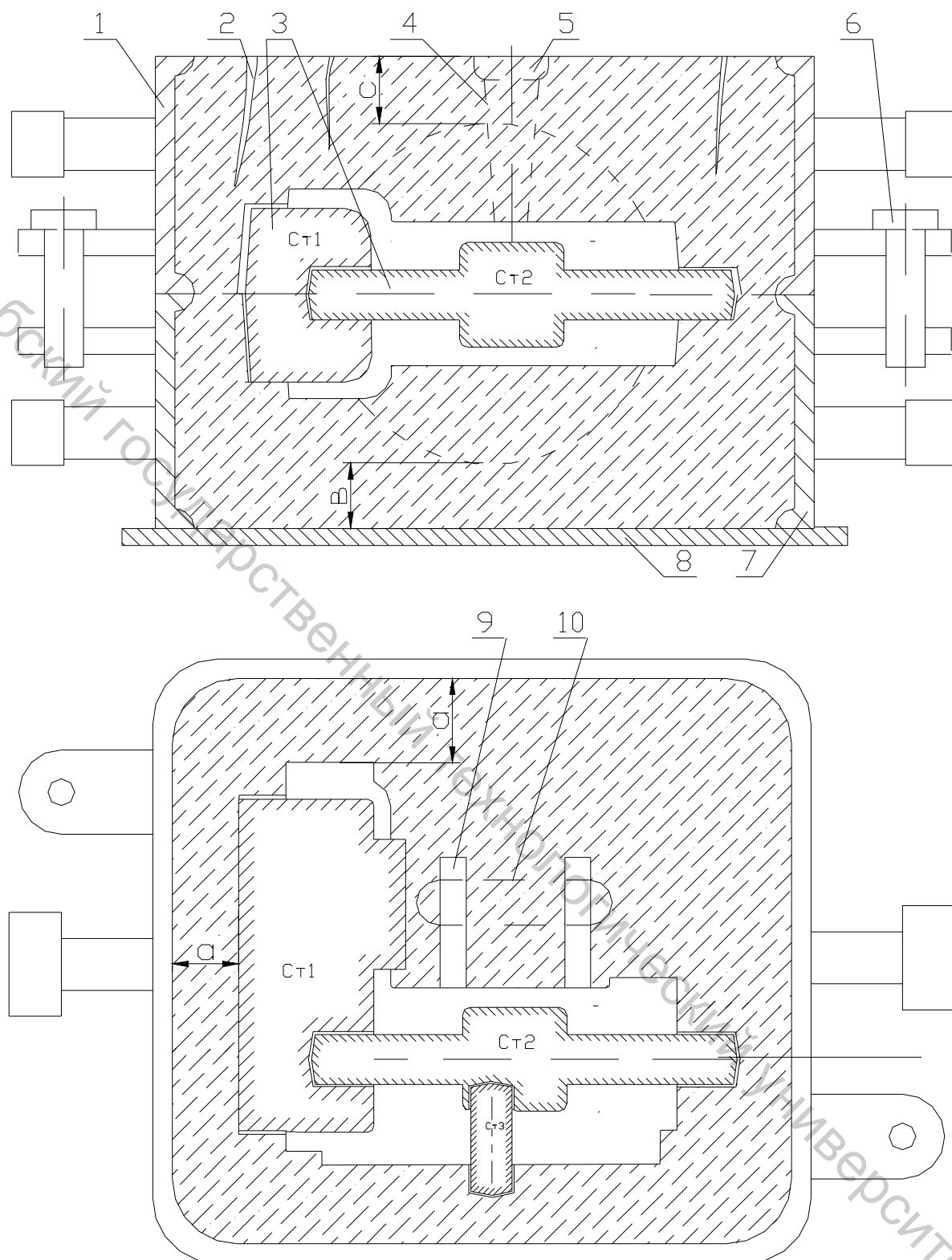


Рис. 1.29. Схема ориентации отливки рассматриваемой детали в опоках:

1- верхняя опока; 2- вентиляционный канал; 3- стержни; 4- стояк; 5- литниковая чаша; 6- центрирующие штыри; 7- нижняя опока; 8- подмодельная плита; 9- питатель; 10- шлакоуловитель

Сущность **литья в кокили** состоит в применении металлических литейных форм, используемых многократно для изготовления отливок одного типоразмера. При этом кокили формируют не только конфигурацию, но и свойства отливок.

Содержание основных технологических операций заключается в следующем:

1) подготовка кокиля к работе заключается в очистке рабочей полости и разъема от загрязнений, ржавчины, пригара;

2) на поверхность рабочей полости и металлические стержни наносят слой огнеупорного покрытия - облицовку и краску;

3) кокиль нагревается до рабочей температуры, зависящей в основном от состава заливаемого сплава и толщины стенки отливки (для серого чугуна - 300 - 350°C);

4) сборка кокиля заключается в установке стержней, соединения и скрепления половин кокиля;

5) заливка жидкого металла в кокиль;

6) после охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, извлекают металлические стержни и удаляют отливку из кокиля; предварительно, в начальной стадии охлаждения отливки, когда металл уже «схватился» и приобрел достаточную прочность, металлические стержни какбы «подрывают», т.е. частично извлекают из отливки, чтобы исключить «захват» металлических стержней усаживающейся отливкой.

7) финишная операция - выбивка песчаных стержней, обрезка литников, прибыли, выпоров», контроль качества.

Кокиль - металлическая форма, обладающая по сравнению с песчаной большей теплопроводностью, теплоемкостью и прочностью, нулевой податливостью, газопроницаемостью и газотворностью. В связи с этим процесс формирования отливок, требования к конструкции отливок и их качество имеют ряд особенностей.

1. В связи с высокой теплопроводностью кокиля по сравнению с песчаной формой отливка охлаждается быстрее, вследствие чего заполняемость кокиля хуже, что осложняет получение отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размер отливок. Но при этом повышенная скорость охлаждения обуславливает получение плотных отливок с мелкозернистой структурой.

Вместе с тем, резко возрастает твердость в отбеленном поверхностном слое отливок, что затрудняет исследующую мехобработку и требует отжига для устранения отбела.

2. Кокиль практически неподатлив и поэтому препятствует усадке металла при охлаждении отливки, что затрудняет извлечение ее из кокиля и обуславливает возникновение внутренних напряжений, которые, в свою очередь, могут привести к появлению трещин и короблению.

Вместе с тем, кокиль обеспечивает получение более точных размеров отливок, соответствующих 12 - 15 квалитетам по СТ СЭВ 145-75. Следовательно, возможно снизить припуски на обработку.

Так как физико-химическое взаимодействие между металлом кокиля и отливки минимальное, то на поверхности отливки не образуется пригар, вследствие чего шероховатость поверхности кокильных отливок составляет $= 80 + 10 \text{ мкм}$.

Несмотря на минимальную газотворность кокиля, зависящую от состава огнеупорного покрытия, необходимо обеспечить беспрепятственное удаление воздуха и газов из кокиля при заливке, что требует создания вентиляционной системы из-за полной газонепроницаемости тела кокиля.

Вышеизложенные особенности формования отливки в кокиле определяют возможные варианты конструкций самих отливок и кокилей. Конструкции кокилей обычно классифицируются в зависимости от расположения поверхности разъема или способа охлаждения.

В зависимости от расположения поверхности разъема кокили бывают с горизонтальным разъемом, неразъемные (вытряхные), с вертикальным разъемом (рис. 1.30) и со сложной (комбинированной) поверхностью разъема.

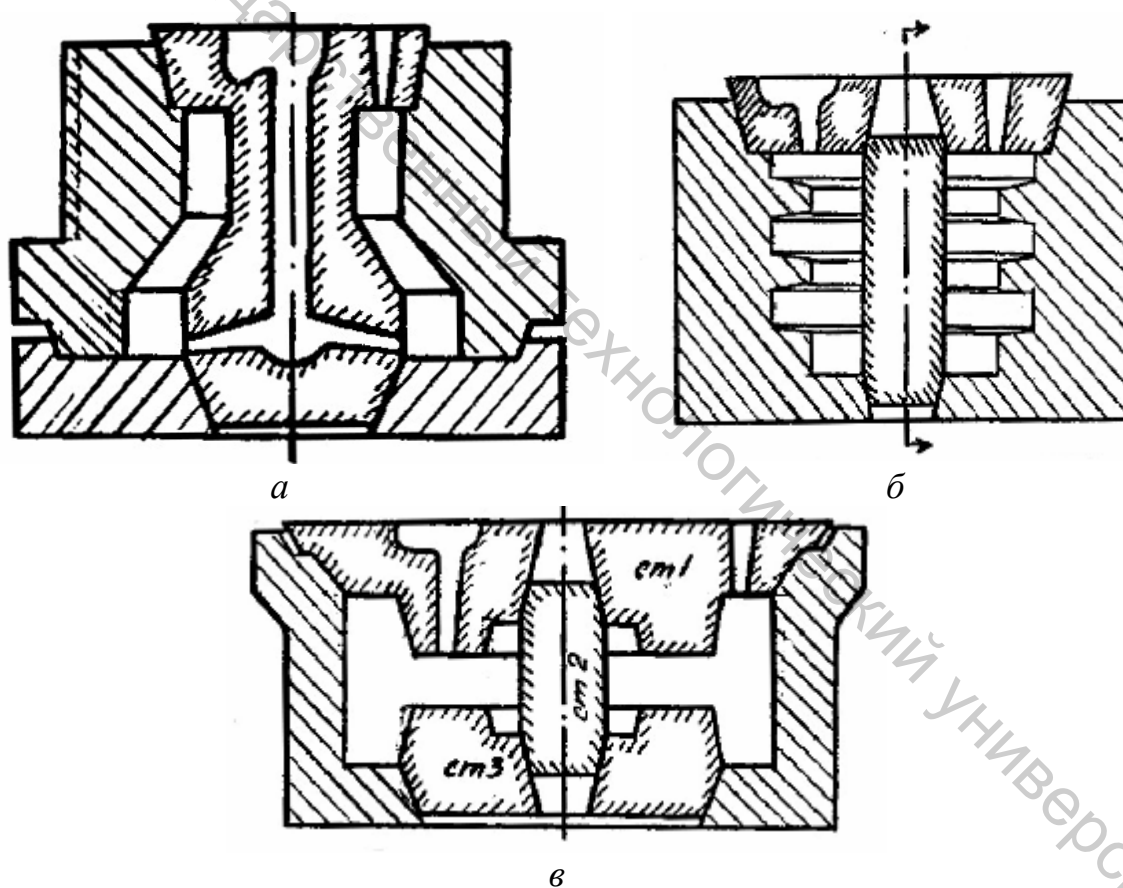


Рис. 1.30. Конфигурации кокилей:

а- с горизонтальным разъемом и песчаным стержнем; б- Вытряхной неразъемный; в- с вертикальным разъемом

Неразъемные кокили применяют для отливок простой конфигурации, позволяющей удалить их из кокиля вместе с литниками без разъема. Залитый кокиль поворачивают на 180° и какбы вытряхивают из него остывшую отливку (поэтому эти кокили называются вытряхными).

Кокили с горизонтальным разъемом применяют для крупногабаритных отливок простой конфигурации. Кокили с вертикальным разъемом применяют в тех случаях, когда при других видах разъема отливку невозможно извлечь из формы. Кокили со сложным разъемом используют для отливок сложной конфигурации. Кроме того, кокили с различными поверхностями разъема могут быть одностенными и многостенными.

В зависимости от способа охлаждения различают кокили с естественным или воздушным принудительным охлаждением, с жидкостным (вода, масло) охлаждением и комбинированным (водовоздушным) охлаждением.

Разработку *чертежа отливки* производят по чертежу готовой детали, при этом учитываются следующие правила.

Минимальная толщина отливки выбирается из таблицы 1.20, в противном случае не будет обеспечена необходимая прочность и затруднено заполнение формы и питание отливки при охлаждении.

Таблица 1.20

Минимальная толщины отливок

Сплавы	Площадь поверхности стенки, см ²	Толщина стенки, мм
Чугун	до 25	4-5
	25-125	6-7
Сталь	25-125	8
Алюминиевые	100-250	2,2-4,0
	250-900	2,5-4,5
	900	3,5-5,0
Магниевые	30	3
Бронза	30	4-6

Отливка не должна иметь резких переходов от тонких стенок к массивным. Допустимое соотношение (l_1/l_2) не должно превышать 1:4 с обеспечением длины перехода от l_1 к l_2 на участке $L \geq (4 \div 5)(l_2 - l_1)$.

Радиусы округлений при угловом сопряжении $R=(l_1+l_2)/2$.

Ребра жесткости должны иметь толщину $l_p=0.7 \cdot l_0$, l_0 - толщина стенки отливки).

Вертикальные стенки отливки должны иметь уклоны к поверхности разъема по табл. 1.21

Отверстия и углубления в отливках могут выполняться металлическими и песчаными стержнями. Желательней - металлическими, но если контур отверстия не позволяет извлечь стержень после затвердевания отливки, то используется песчаный стержень. Кроме того, в песчаном стержне можно разместить рациональную литниковую систему.

В чугунных отливках металлический стержень можно применить тогда, когда диаметр отверстия не менее 40 мм, а глубина - не более половины диаметра.

Уклоны стенок при литье в кокиль

Сплавы	Уклоны, % от высоты стенки отливки		
	Наружная поверхность отливки	Внутренняя поверхность, оформленная металлическим стержнем при высоте отливки, мм	
		до 50	свыше 50
Чугун при Нстенки до 50	4-7	5	3
51-100	2-5	3	1,5
101-500	1-3	1,5	1
Сталь углеродистая	5	3	1

Требования к поверхности разъема и положению отливки в форме, а также к оформлению припусков, напусков, литейных уклонов аналогичны требованиям, предъявляемым к отливкам в песчано-глинистые формы. Допуски на размеры отливок принимают согласно главе 8 [47].

Наиболее распространенный тип литниковой системы - подвод сверху, так как при этом сокращаются тепловые потери металла (меньше путь подвода), сокращается расход металла на литники, и создаются условия для направленного затвердевания отливки.

Для чугунных отливок обычно используются запертые (т.е. суживающиеся) от стояка к питателю литниковые системы с соотношением

$$F_n : F_{л,x} : F_c = 1 : 1,15 : 1,25,$$

где F_n - площадь поперечного сечения питателя; $F_{л,x}$ - площадь поперечного сечения литникового хода; F_c - площадь поперечного сечения стояка.

При выборе окончательного варианта технологической схемы кокиля в сборе со стержнями следует обратить внимание на следующие моменты:

1) при сборке кокиля стержни должны удобно вставляться в кокиль и надежно фиксироваться относительно внутренней полости кокиля и относительно друг друга, чтобы исключить их смещение в процессе заливки;

2) при извлечении отливки из кокиля металлические стержни должны свободно выниматься из отливки и из кокиля. Что касается песчаных стержней, то они должны без труда извлекаться из кокиля, из самой отливки они могут быть извлечены при их разрушении;

3) в конструкции кокиля должна быть предусмотрена вентиляционная система, которая должна обеспечивать направленное вытеснение воздуха из кокиля расплавом металла. Для этого используются открытые выпоры, прибылы, специальные газоотводные каналы или зазоры по плоскости разъема.

2 СИНТЕТИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Синтез маршрутов обработки типовых компонентов детали

В процессе изготовления поверхности заготовки изменяют свое состояние от исходного C_0 до конечного $C_{\text{кн}}$. Состояние типовой поверхности характеризуется следующим символьным равенством:

$$C_i = \langle K\Phi_i, \{A_j, TA_j\}_i, Ra_i, H_i \rangle,$$

где $K\Phi_i$ – код формы поверхности в i -ом состоянии; A_j – элемент множества размеров, характеризующих поверхность и ее относительное расположение; TA_j – параметр точности размера TA_j ; Ra_i – параметр шероховатости поверхности в i -ом состоянии; H_i – характеристика ее твердости.

Промежуточное или окончательное состояние типовой поверхности достигается в результате выполнения технологических переходов. Изменение состояния поверхности от исходного до конечного, как правило, осуществляется за несколько технологических переходов, по мере выполнения которых постепенно повышается качество поверхности (точность размера и формы, точность положения, качество поверхностного слоя и т.д.). Каждое изменение состояния поверхности может осуществляться различными способами и на различном оборудовании.

Функция метода обработки M , как преобразование поверхности из состояния C_{i-1} в более точное состояние C_i , может быть отражена условно дугой графа M_i с вершинами C_{i-1} и C_i . Если состояние C_i может быть достигнуто различными методами обработки $M_1, M_2, \dots, M_b$, то совокупность их функций обра-

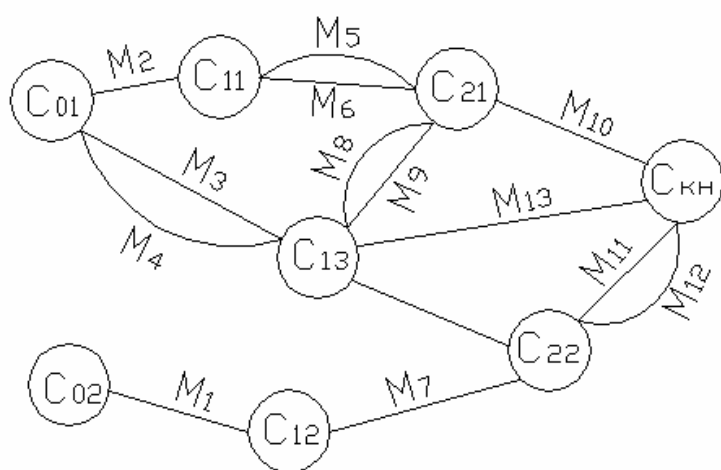


Рис. 2.1. Граф возможных вариантов маршрутов обработки типовой поверхности

зует подграф с вершиной C_i . Множество состояний поверхности и методов их достижения можно отразить графом возможных вариантов маршрута ее обработки. Пример такого графа показан на рис. 2.1. Любой путь на графе из C_0 (в данном случае два варианта исходных состояний C_{01} и C_{02}) в $C_{\text{кн}}$ будет одним из вариантов маршрута обработки типовой поверхности.

Каждый метод (способ, переход) характеризуется не только

параметрами состояния поверхности, которые образуются после его реали-

зации ("выходом"), но и параметрами состояния поверхности на "входе", то есть на заготовке (исходной или промежуточной). Кроме того, характеристикой выхода является удельная производительность метода (либо затраты основного времени).

Синтез маршрута обработки типовых поверхностей в курсовом проекте осуществляется двумя методами. С помощью первого метода, условно называемого *методом последовательного уточнения*, для одного типового компонента (согласно заданию) синтезируются возможные маршруты обработки на основе моделирования состояния показателей точности конечного и исходного состояния. Для всех остальных компонентов маршрут обработки назначается с помощью стандартных технологических регламентов обработки комплексных ФМ, а также схем снятия припуска (главы 10,11 [47]).

Таблица типовых переходов приведена в главе 12 [47]. Рассматриваются только элементарные и некоторые инструментальные переходы. Переходы группируются по группам станков, инструментам и (или) видам обрабатываемых поверхностей. Каждому переходу присвоен порядковый номер (код) и условное обозначение. Фрагмент этой таблицы показан в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Классификатор переходов механической обработки

№		Наименование переходов
		Токарные и расточные (в операциях: токарно-револьверная; токарно-карусельная; токарно-копировальная; токарная с ЧПУ; токарно-винторезная; токарно-автоматная, агрегатная; горизонтально-расточная; вертикально-расточная; координатно-расточная; алмазно-расточная; программно-комбинированная)
001	ОБТПр	обтачивание продольное
002	РАСПр	обтачивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
003	РАСПо	расточивание продольное (ток)
004	ПОДТ	расточивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
005	ОБПрг	подрезание торца
006	РАПрг	обтачивание программное
007	НАРФЛ	расточивание программное
008	ОТРЗ	накатывание рифлений
009	РСТПрр	отрезание
010	РСТПрб	расточивание продольное (раст)
011	РСТПА	расточивание продольное блоком (пластиной)
012		расточивание алмазное
...	...	...

Синтез вариантов последовательности переходов обработки по первому методу осуществляется следующим образом:

Шаг 1. Согласно кодификатору типовых поверхностей (таблицы главы 13 [47]) формируется (с учётом класса формы детали) шестизначный код поверхности. Выделяются только 3 класса форм детали: 1) тела вращения (**D = 1**); 2) корпусные детали (**D = 2**); 3) рычаги (**D = 3**). Значение **D** будет первой цифрой кода. Затем формируется код класса (1 – поверхности вращения; 2 – плоские

поверхности; 3 – винтовые поверхности; 4 – зубчатые поверхности). После этого выбираются коды подкласса, группы, вида и типа обрабатываемой поверхности.

Например, согласно заданию, необходимо синтезировать маршрут для отверстия 4 (7-ой квалитет точности диаметром 40 мм, длиной 20 мм, с $Ra = 1,6$ мкм). Тогда согласно таблице 13.1 [47] код обрабатываемой поверхности будет 211212.

Шаг 2

Рекомендуется вначале с помощью классификатора типовых переходов выбрать все возможные для данной поверхности переходы обработки, а затем проверить свои знания с помощью таблицы соответствия кода поверхности кодам переходов (глава 14 [47]).

Для рассматриваемого примера это будут следующие коды: 003 РСТПр (расточивание продольное на токарных станках); 007 РАПрг (расточивание программное); 010 РСТПрр (расточивание продольное резцом); 011 РСТПрб (расточивание продольное блоком (пластиной)); 012 РСТПА (расточивание алмазное); 013 СВР (сверление, которое отбрасывается, так как у заготовки уже сформировано отверстие); 014 РСВР (рассверливание); 015 ЗНКР (зенкерование); 016 РЗВР (развёртывание); 019 ГСВР (глубокое сверление, которое сразу отбрасывается, так как длина отверстия меньше его диаметра); 020 ЦЕНТР (зацентровка, которая отбрасывается, так как отверстие в заготовке уже есть); 043 ШЛКрВнВ (круглое внутреннее врезное шлифование); 044 ШЛКрВнП (круглое внутреннее продольное шлифование); 052 ХНГ (хонингование); 062 ВГЛКрВн (выглаживание круглое внутреннее); 066 РСККрШр (раскатывание круглое шариком); 067 РСККрРл (раскатывание круглое роликом).

Затем обращаемся к главе 15 [47], в котором указывается не только код метода, но и его вариации в зависимости от уровня требуемой точности обработки, которая достигается: 0 – обдирочной; 1 – предварительной; 2 – чистовой; 3 – отделочной и 4 – однократной обработкой. На это указывает последняя цифра кода. Для каждого типа перехода (от 1 до 4) указывается квалитет (а для винтовых и зубчатых поверхностей - степень) точности на выходе и на входе в него. Кроме того, указываются показатель шероховатости, дополнительные условия (по твёрдости, размерам и припускам) осуществления перехода. Фрагмент главы 15 показан в таблице 2.2.

Шаг 3. Из главы 15 [47] в соответствии с отобранными в шаге 2 кодами переходов отбираем те уточненные коды переходов, которые обеспечивают уровень точности равный или более низкий, чем заданный условиями задачи. Не отбираются те переходы, которые не соответствуют условиям осуществимости по размерам или твердости. Если заданная твердость превышает ограничения, накладываемые на этот показатель для однократной или предварительной обработки (с уровнем точности ниже 9 – го квалитета), то перед отделочной (чистовой) обработкой вводится термическая обработка (ТО), которая доводит уровень твердости от исходного значения до заданного.

Таблица 2.2

Показатели качества, индивидуальные условия выбора.

Код пере-хода	Размеры	При-пуск на сторону	Показатели качества				Условия (HRC)
			Вход		Выход		
			IT	Ra	IT	Ra	
1	2	3	4	5	6	7	8
0014	D(10-300)	2...5	17...19	25...60	10...12	3,2...6,3	< 20
0010	L(30-1000)	2...5	17...19	25...60	15...16	12,5...25	< 20
0011		1,5...4	17...19	25...60	12...14	6,3...12,5	< 20
0012		1...2	12...14	6,3...12,5	8...10	0,8...3,2	28...32
0013		0,3...0,5	8...10	0,8...3,2	6...7	0,2...0,8	28...32
0024	D(10...300)	Напуск	14...17	12,5...25	9...14	3,2...6,3	< 20
0021	L(2...30)	Напуск	14...17	12,5...25	12...14	6,3...12,5	< 20
0022		1...3	10...14	6,3...12,5	9...11	2,5...3,2	28...32
...	...	...	...	...	...	...	...

Результаты этого шага для заданного примера занесены в промежуточную таблицу 2.3. В нее не включаются ранее отброшенные переходы, как несоответствующие заданной точности (выше ее) и условиям осуществимости.

Шаг 4. Квалитет точности конечного состояния (в рассматриваемом примере – 7-й) сравнивается последовательно в каждой строке промежуточной таблицы с квалитетом точности из диапазона, записанного в столбце «выход» При этом возможны следующие варианты:

1. $IT_{зд} \in \{IT_{таб}\}$
2. $IT_{зд} \notin \{IT_{таб}\}$,

где $IT_{зд}$ – заданный квалитет точности конечного состояния; $\{IT_{таб}\}$ – диапазон табличных значений квалитета точности на «выходе».

В случае 2 осуществляется переход к следующей строке промежуточной таблицы без записи. В случае 1 из заданной строки выписываются: в столбец «вход» таблицы А (шаг 4) соответствующее округленное значение квалитета точности из столбца «на входе» промежуточной таблицы, а также соответствующий код перехода. Значение квалитетов точности из столбца «Вход» этой таблицы сравниваются с квалитетом точности заготовки. При их совпадении данная строка таблицы изымается из дальнейшего рассмотрения. Если в результате выполнения перехода точность не повышается (полирование, выравнивание, другие виды ППД), а только снижается уровень Ra , то следует рассмотреть дополнительно требования к уровню показателя шероховатости.

Таблица 2.3

Промежуточная таблица

Уточненные ко- ды переходов	Характеристики точности	
	На входе	На выходе
0034	17...19	10...12
0030	17...19	15...16
0031	17...19	12...14
0032	12...14	8...10
0033	8...10	6...7
0074	17...19	10...12
0070	17...19	15...16
0071	17...19	12...14
0072	12...14	8...10
0073	8...10	6...7
0104	17...19	10...12
0100	17...19	15...16
0101	17...19	12...14
0102	12...14	8...10
0103	8...10	6...7
0114	17...19	10...12
0110	17...19	15...16
0111	17...19	12...14
0112	12...14	8...10
0113	8...10	6...7
0123	7...8	5...6
0144	13...16	9...12
0154	13...17	11...13
0151	13...17	11...13
0152	10...13	9...10
0161	10...14	9...10
0162	9...10	7...8
0163	7...8	5...6
0434	12...14	6...8
0431	12...14	8...10
0432	8...9	6...7
0433	6...7	5...6
0444	12...14	6...8
0441	12...14	8...10
0442	8...10	6...7
0443	6...7	5...6
0521	9...10	7...8
0522	7...8	5...6
0523	5...6	4...5
0624	6...8	6...8
0664	6...8	6...8
0674	6...8	6...8

Если не оговорена степень точности формы, то принимаем ее нормальной, для которой $Ra = 0.05T$, где T – допуск на размер обрабатываемой поверхности. Если требуемое значение показателя шероховатости $Ra < 0,4(0,05T)$, то указанные переходы необходимо использовать либо как отдельные, либо в комбинации с тонким точением. Для рассматриваемого примера $Ra = 0,05 \cdot 25 = 1,25$ мкм, поэтому переходы 0624, 0664 и 0674 использоваться не будут.

Шаг 5. Повторяется шаг 4, только в качестве выходного показателя принимаются значения качества точности из столбца «Вход» таблицы А (шаг 4). Это $IT = 9; 10; 13$. В результате получаются три таблицы: А(шаг 5); Б(шаг 5); В(шаг 5).

Таблица А (шаг 4)

Выход	Код пере- ход	Вход
7	0033	10
7	0073	10
7	0103	10
7	0113	10
7	0162	9
7	0432	9
7	0434	13
7	0521	9
7	0624	7
7	0664	7
7	0674	7

Вы-ход	Код перехода	Вход
9	0032	13
9	0072	13
9	0102	13
9	0112	13
9	0144	13
9	0152	10
9	0431	13
9	0441	13

Вы-ход	Код перехода	Вход
10	0034	16
10	0032	14
10	0074	16
10	0072	14
10	0104	16
10	0102	14
10	0114	16
10	0112	14
10	0144	14
10	0161	14
10	0431	14
10	0441	14

Вы-ход	Код перехода	Вход
13	0031	16
13	0071	16
13	0101	16
13	0111	16
13	0154	16
13	0151	16

Шаг 6. Повторяется предыдущий шаг, только в качестве выходного показателя принимают значение качества точности из столбца «Вход» предыдущих таблиц. Повторение продолжается до тех пор, пока в полученных таблицах либо качество точности в столбцах «вход» будет соответствовать качеству точности заготовки, либо качество точности столбца «Вход» данных таблиц отсутствует в столбце «на входе» промежуточной таблицы.

В таблице (i + 1)-го шага в столбцы «Вход» не включаются те качества точности столбцов «Вход» i-го шага, которые есть в столбцах «Вход» этого же шага.

Результаты выполнения шестого шага занесены в таблицу А (шаг 6).

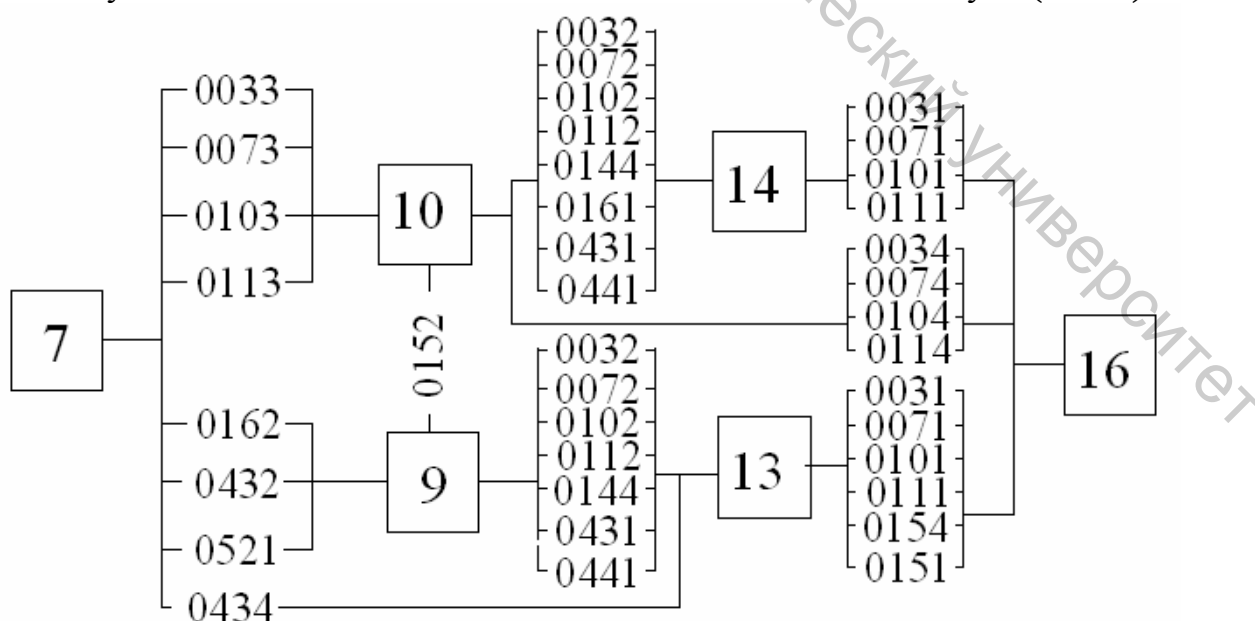


Рис. 2.2. Граф вариантов маршрута обработки поверхности

Шаг 7. Построение вариантов маршрута обработки типового компонента заготовки осуществляется путем последовательного объединения одинаковых квалитетов точности «входа» из таблицы i – го шага с «выходом» таблицы $(i + 1\text{-го})$ шага, при этом образуются цепочки переходов. Если они заканчиваются квалитетом точности меньшим, чем у заготовки, то такие цепочки отбрасываются.

Результаты выполнения данного шага для рассматриваемого примера показываются в виде графа (рис. 2.2).

Шаг 8. Сокращение числа вариантов маршрута обработки типового компонента детали осуществляется путем их сравнения по критериям предпочтения.

Таблица 2.4
Варианты маршрута обработки
отверстия с двумя переходами

№	Варианты последовательности кодов
1	0033 – 0034
2	0033 – 0074
3	0033 – 0104
4	0033 – 0114
5	0073 – 0034
6	0073 – 0074
7	0073 – 0104
8	0073 – 0114
9	0103 – 0034
10	0103 – 0074
11	0103 – 0104
12	0103 – 0114
13	0113 – 0034
14	0113 – 0074
15	0113 – 0104
16	0113 – 0114
17	0434 – 0031
18	0434 – 0071
19	0434 – 0101
20	0434 – 0111
21	0434 – 0154
22	0434 – 0151

Могут учитываться следующие критерии: 1. – число переходов; 2 – ассортимент станко–переходов; 3 – затраты основного (машинного) времени на цепочку переходов. Необходимо стремиться к минимизации указанных критериев. Если не требуется обеспечить высокую точность взаимного расположения (соосность, перпендикулярность и т. д.), то предпочтительнее переходы, в которых размер получается за счет размера инструмента. В рассматриваемом примере это рассверливание, зенкерование, развертывание, протягивание, прошивание. Следует выбирать переходы с более дешевым инструментом.

Согласно первому критерию отбрасываются все маршруты, состоящие из трех переходов (таблица 2.4). Согласно второму критерию отбрасываются маршруты, выполняемые на разном оборудовании. Затраты штучного времени для оставленных маршрутов оцениваются с помощью моделей наиболее вероятного основного времени, которые приведены в главе 16 [47]. Так, для растачивания предварительного рас-

сматриваемого отверстия

$$t_o = 0,000134DL = 0,000134 \cdot 40 \cdot 11 = 0,059 \text{ мин.},$$

а для шлифования предварительного

$$t_o = 0,000146DL = 0,000146 \cdot 40 \cdot 11 = 0,064 \text{ мин.}$$

После расчетов необходимо сравнить суммарное время и окончательно принять маршрут обработки типового компонента.

При формировании вариантов маршрута обработки следует помнить, что нарушение монотонного повышения точности по мере последовательного выполнения его переходов нарушается термической обработкой, которая проводится в середине маршрута. Это особенно важно для деталей относительно не-

большой жесткости. Кроме того, если деталь подвергается частичной цементации, а рассматриваемая поверхность защищается от цементации припуском Π большим, чем глубина цементации, то эта химико-термическая обработка делится на две операции: цементация и закалка, между которыми необходимо предусмотреть переход для удаления этого припуска.

Как было отмечено выше, для всех других поверхностей маршрут обработки определяется с помощью технологических регламентов. Структура технологического регламента приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Структура технологического регламента

N перехода	Код функционального модуля и технологического регламента			
1	N1	O1	T1	Э1
2	N2	O2	T2	Э2
...	...	...	...	...
n-1	Nn-1	On-1	Tn-1	Эn-1
n	Nn	On	Tn	Эn

где N – обрабатываемая поверхность согласно схеме распределения припуска с индексом этапа (п- предварительный, ч- чистовой, о-отделочный); O – набор кодов, характеризующих наименование перехода; T – код вида режущего инструмента и его размерной характеристики (глава 17 [47]); Э – код распределения перехода в этап типовой схемы изготовления детали.

Используя таблицу соответствия функциональных модулей (раздел 1.1.1) методом адресации из соответствующего комплексного технологического регламента (главы 10,11 [47]), формируется совокупность переходов для обработки поверхностей ФМ. Причем следует учитывать то, что если показатели качества каких-либо поверхностей рассматриваемого ФМ ниже показателей качества комплексного ФМ, то для дальнейшего оперирования выбираются переходы, обеспечивающие данные показатели качества, а переходы, с помощью которых можно получить более высокие показатели качества, отбрасываются. Также на данном этапе формируются схемы распределения припуска для обработки рассматриваемого ФМ по этапам типовой схемы обработки.

Так, для модуля ФМ ОВБ6, отбросив из схемы снятия припуска с комплексного ФМ (рис. 2.3 (глава 10 [47])) и технологического регламента (табл. 2.6 (глава 11 [47])) поверхности отсутствующие в модуле (6,7,9,10) и соответствующие переходы (№ 2,7,12,14), получается схема распределения припуска и технологический регламент для данного модуля (рис. 2.4, табл. 2.7).

Последним шагом выполнения данной процедуры проектирования ТП будет распределение отобранных переходов обработки типовых поверхностей детали по этапам типовой схемы обработки деталей соответствующего класса (или подкласса). Типовая схема обработки – последовательность этапов – является вариантом полного типового решения. Главным признаком этапа типовой схемы обработки является уровень качества, достигаемый по его завершении.

Как показывает практика машиностроения, наращивание точности формы, размеров и взаимного расположения поверхностей (функциональных модулей)

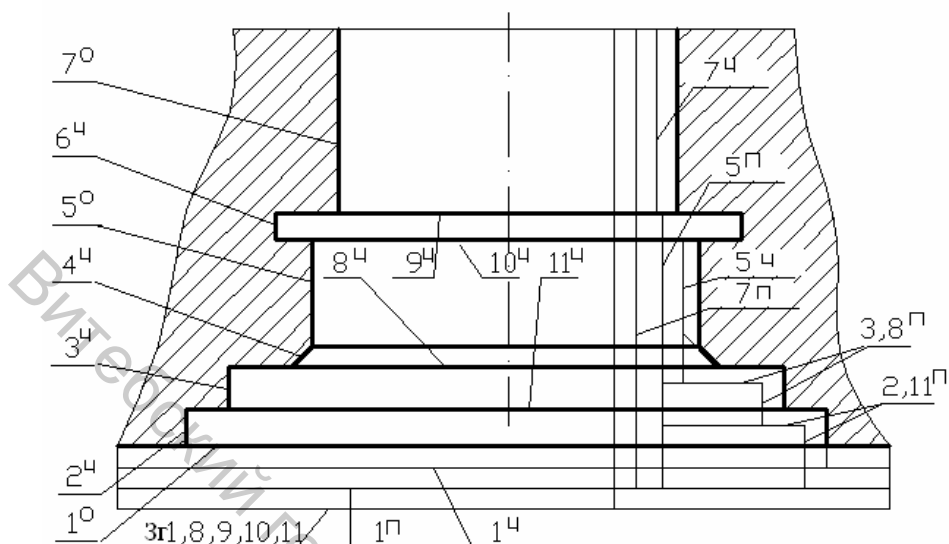


Рис. 2.3. Схема распределения припуска по этапам типовой схемы обработки

детали, повышение качества ее поверхностей должно осуществляться, по возможности, одновременно по всем основным элементам детали. Для этого сначала следует достичь одного уровня качества для основных поверхностей, затем начинать их повторную обработку, стремясь к следующему уровню качества, и так до тех

пор, пока не будут обеспечены показатели качества (квалитет точности, показатель шероховатости и твердость), заданные чертежом.

Таблица 2.6

Комплексный технологический регламент обработки ФМ ОВБ6

ТР ОВБ6				
1	1 ^П	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	7^Ч	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4
3	5 ^П	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
4	2,11 ^П	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	1
5	3,8 ^П	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
6	1 ^Ч	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	4-5
7	7^Ч	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
8	5 ^Ч	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
9	2,11 ^Ч	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	4-5
10	3,8 ^Ч	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
11	4 ^Ч	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0104(5) 0110 0104(5)	4-5
12	6,9,10^Ч	0234 ФРЗПлД 0044 РСТПо	0504 0106(7,8)	4-5
13	1 ^Ч	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	4-5
14	7^Ч	0101 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6
15	5 ^Ч	0101 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6

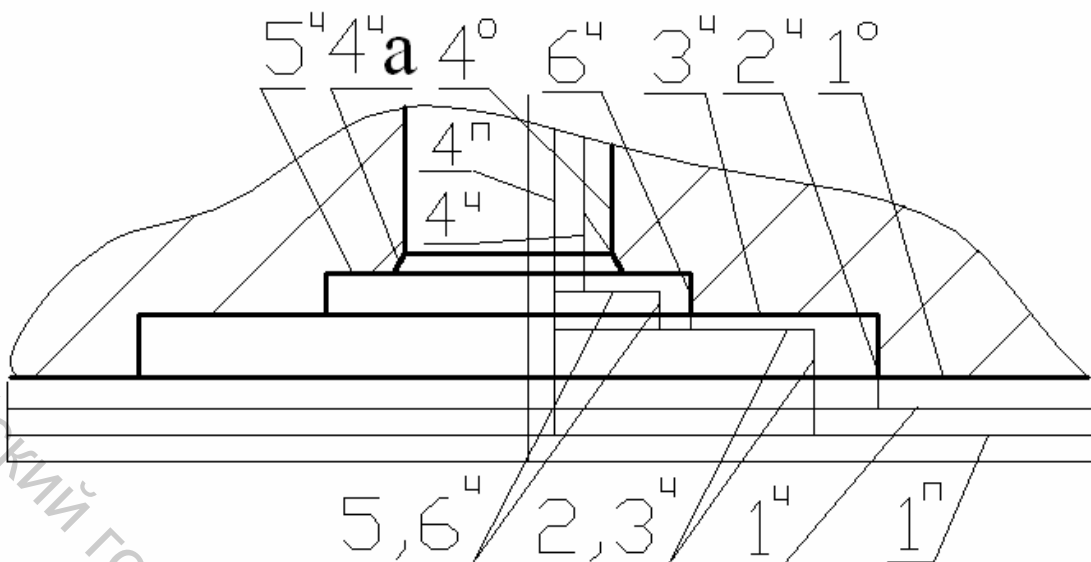


Рис. 2.4. Схема распределения припуска для рассматриваемого модуля

Таблица 2.7

Технологический регламент обработки рассматриваемого ФМ

ТР ОВБ6				
1	1 ^П	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	4 ^П	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
3	2,3 ^П	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	1
4	6,5 ^П	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
5	1 ^Ч	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
6	4 ^Ч	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
7	2,3 ^Ч	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	4-5
8	6,5 ^Ч	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
9	4 ^{а Ч}	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0104(5) 0110 0104(5)	4-5
10	1 ^О	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
11	4 ^О	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6

Причиной разделения технологического процесса изготовления детали на этапы служит также необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий. В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяется их место в технологическом процессе и назначение требований к обработке детали, предшествующей этим операциям.

Количество этапов и их содержание зависит от конструктивных особенностей той группы деталей, для которой разработана типовая схема обработки. Это уровень жесткости, возможность базирования и закрепления заготовки без повреждения уже обработанных поверхностей, требования к уровню и виду внутренних остаточных напряжений (например, при изготовлении точных ходовых винтов необходимо назначать шесть термических операций: отжиг обычный и стабилизирующий, закалка и три стабилизирующих отпуска). Поскольку количество этапов зависит от точности заготовки, то типовая схема обработки должна учитывать тип производства. В массовом производстве стремятся уменьшить количество этапов и, если это позволяет конструкция и требования к точности детали, совмещать в одной операции обработку поверхностей с отличающимися уровнями точности.

В табл. 2.8 приведена типовая схема обработки корпусных деталей, заготовки которых изготовлены литьем. Здесь для каждого этапа приводится только квалитет точности размеров, так как другие параметры качества обычно связаны с ним. Так, параметр шероховатости в зависимости от геометрической точности можно определить из выражения

$$Ra = K (IT),$$

где K – коэффициент, равный для нормальной геометрической точности 0,05, для повышенной – 0,025, для высокой – 0,012; (IT) – допуск соответствующего размера.

Таблица 2.8

Типовая схема обработки корпусных деталей

№	Наименование этапа	Содержание этапа	IT
0	Заготовительный	Изготовление заготовки и ее подготовка к обработке	18-20
1	Предварительный	Удаление напусков и части припусков с основных и вспомогательных баз, крупных плоскостей и отверстий	14-15
2	Термический	Старение искусственное	15-16
3	Малярный 1	Грунтование исходных поверхностей	
4	Чистовой 1	Обработка основных и вспомогательных баз, плоскостей, фасок и канавок для выхода инструмента.	12-14
5	Чистовой 2	Обработка крепежных отверстий, мелких плоских поверхностей, пазов	9-12
6	Отделочный	Окончательная обработка конструкторских баз	5-8
7	Малярный 2	Нанесение лакокрасочных покрытий	

При нормальной геометрической точности допустимая погрешность формы составляет 0,3 допуска, при повышенной – 0,2 допуска, а при высокой – 0,12 допуска на соответствующий размер. Степень точности расположения (параллельность, соосность, перпендикулярность) связаны с квалитетом точности следующим образом:

Квалитет точности 7 8 9 10 11 12 14

Степень точности расположения 6 7 8 9 10 11 12

Данные анализа сводятся в таблицу распределения переходов по этапам.

Таблица 2.9

Распределение переходов по этапам

Поверхности	Этап		
	Предварительный	Чистовой	Отделочный
1	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ
2,3	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	
...	...	...	..

Таким образом, распределение переходов по этапам типовой схемы обработки является первым шагом их упорядочения во времени.

2.2. Синтез маршрута обработки заготовки

Для определения порядка обработки поверхностей заготовок корпусных деталей внутри этапов необходимо выполнить следующие шаги.

Шаг 1. Для каждого этапа механической обработки необходимо построить графическую модель состояния заготовки после его завершения. На этой модели отмечаются номера главных поверхностей ФМ, а также проставляются обозначения размеров (табл. 2.10). Причем для укорочения технологических раз-

Таблица 2.10
Обозначение осей

Этап	Оси		
	X	Y	Z
Предвар.	Ап	Вм	Ск
Чистовой	К...	Л...	М...
Отделочн.	Р...	Т...	С...

мерных цепей обозначения размеров проставляются сообразно с их простановкой на чертеже. Диаметры обозначаются буквами D с индексами соответственно: з – заготовка, п – предварительный этап, ч – чистовой, о – отделочный. Поверхности индексируются так же. Двойной линией (или посредством выделения другим цветом) на моделях заготовки указываются

обрабатываемые на рассматриваемом этапе поверхности. Рядом с обозначением размера, номинально равного нулю, допускается ставить цифру 0.

На рис. 2.5, 2.6 и 2.7 приведены графические модели состояния заготовки для предварительного, чистового и отделочного этапов со всеми необходимыми обозначениями.

Шаг 2. Строятся графы размерных связей главных поверхностей ФМ для этапов. При этом надо учитывать, что объект производства, полученный в результате реализации предыдущего этапа, является заготовкой для последующего. На графах двойной окружностью обозначаются поверхности, формообразование которых завершилось на предыдущем этапе, одной – поверхности, получаемые на рассматриваемой операции и операции ее обработки на предыдущем этапе. Причем на графах для предварительного этапа достаточно отразить лишь одну поверхность, формообразование которой завершилось на заготовительном

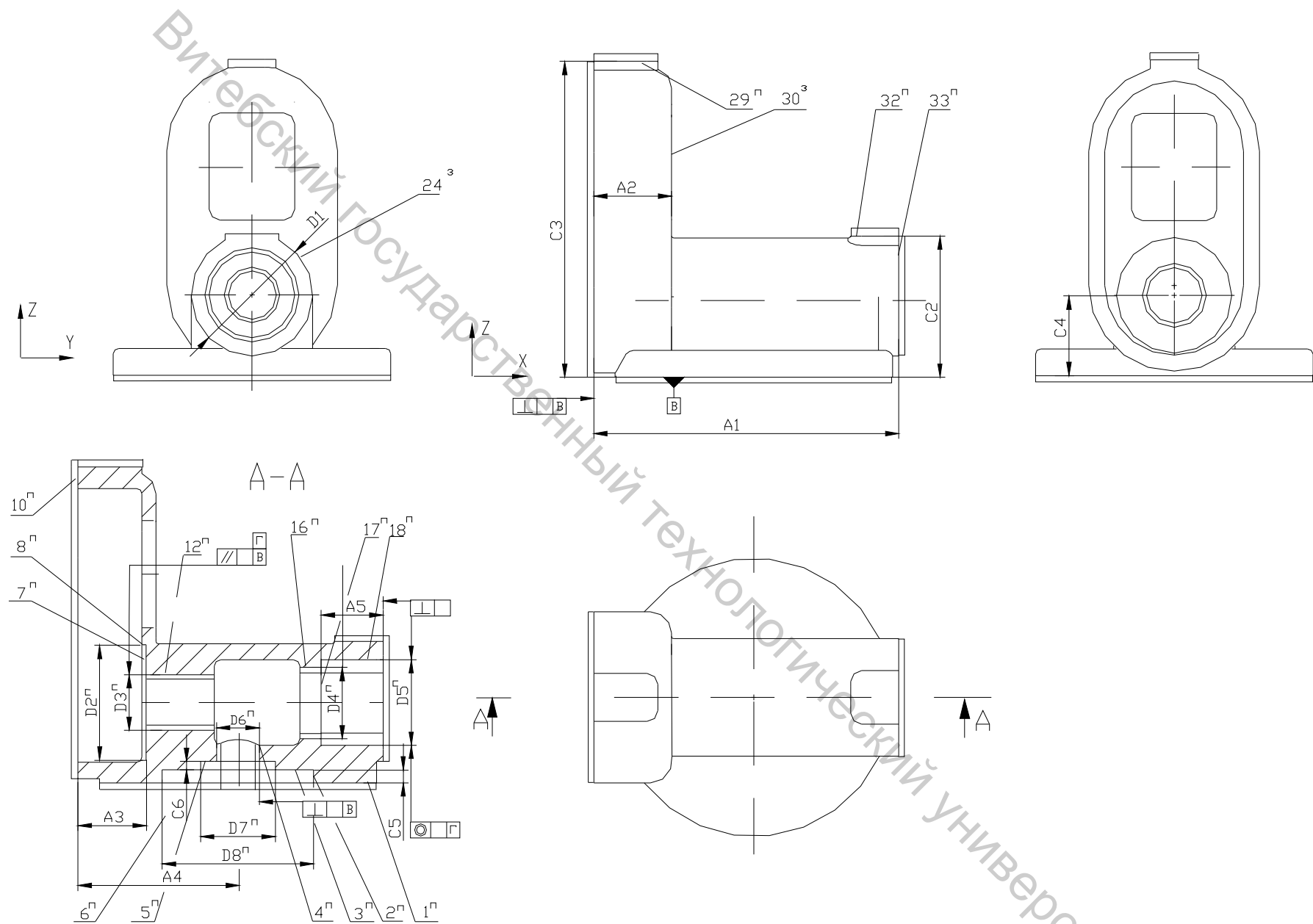


Рис. 2.5. Модель состояния объекта производства после предварительного этапа

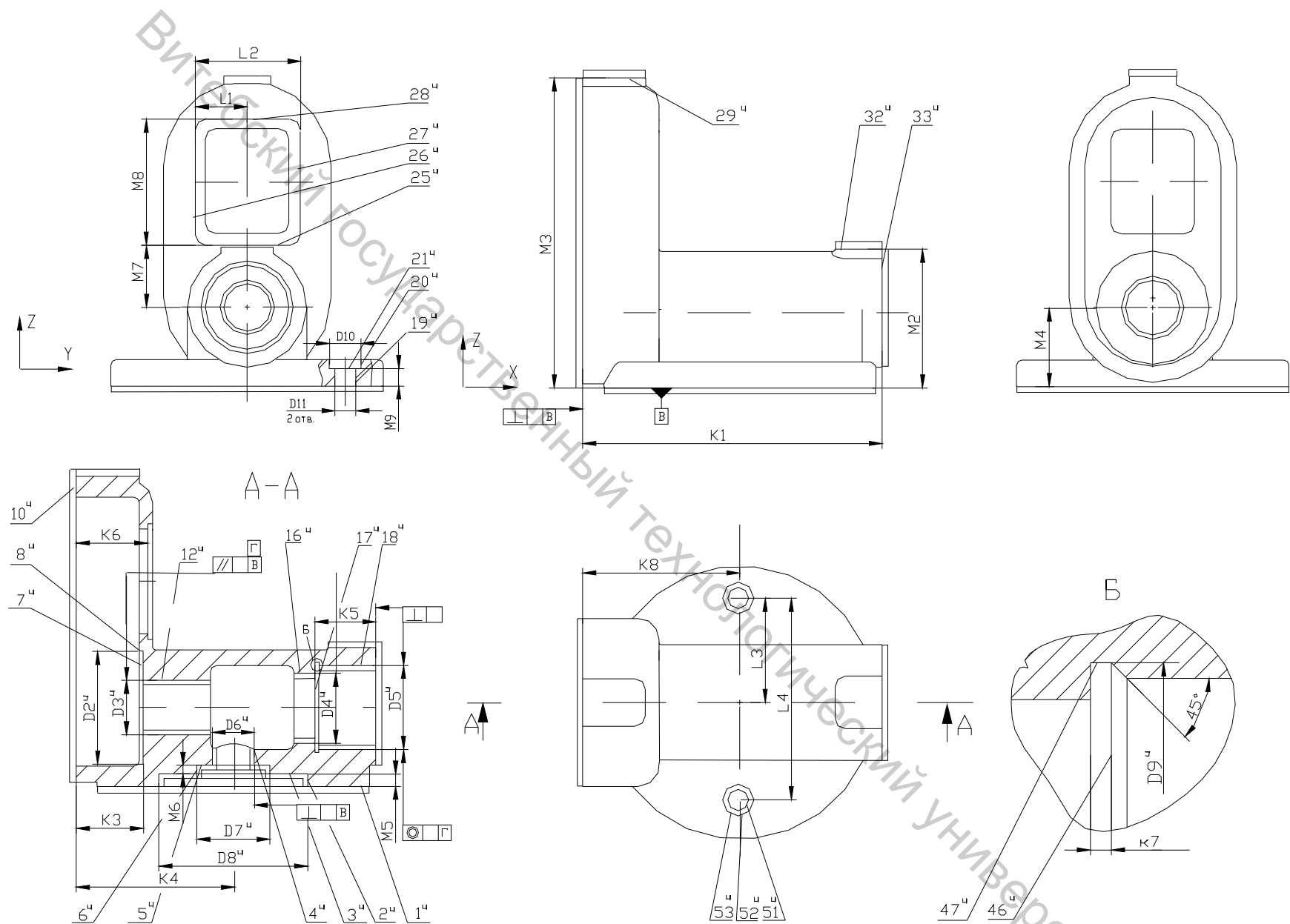


Рис. 2.6. Модель состояния объекта производства после чистового этапа

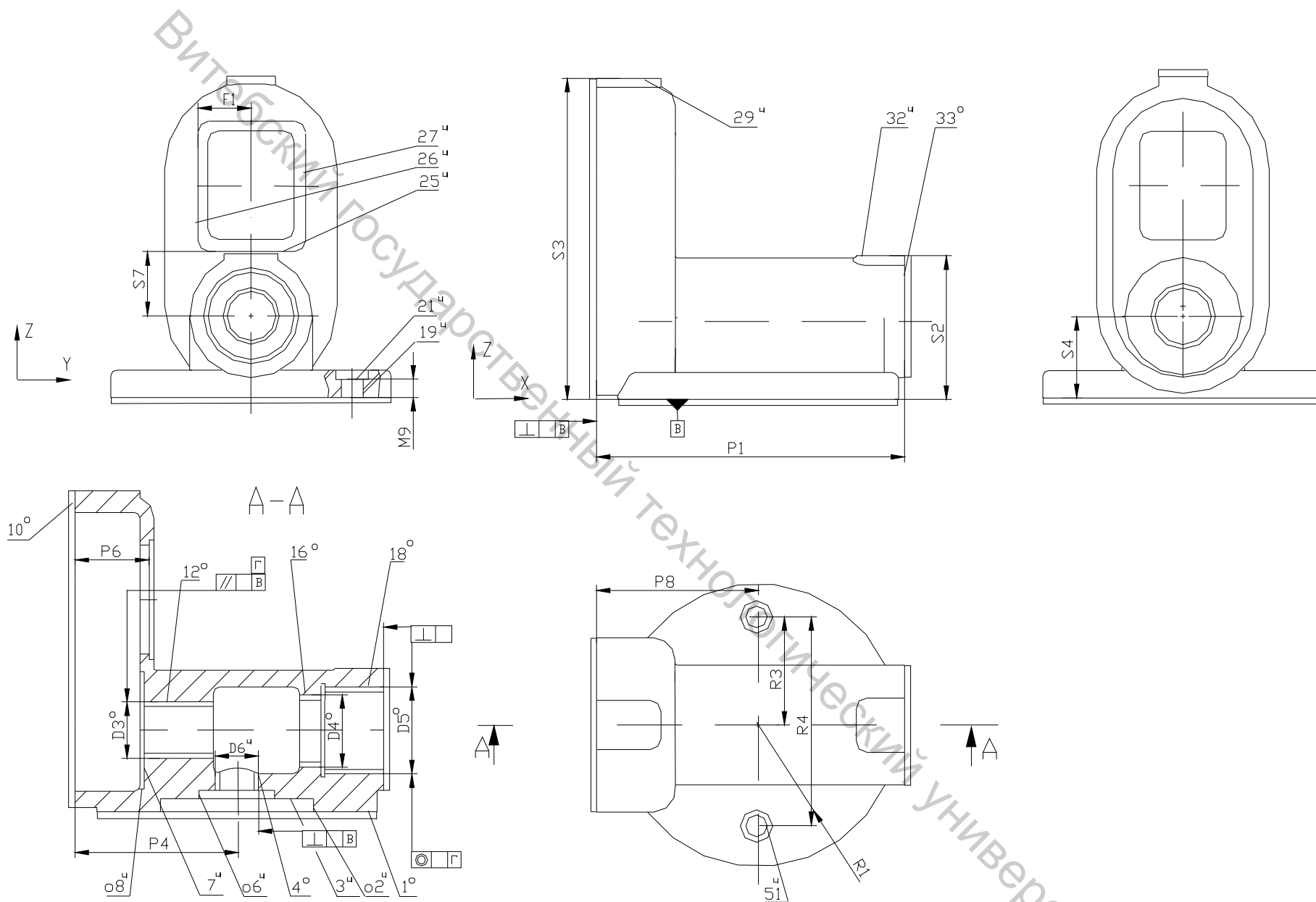


Рис. 2.7. Модель состояния объекта производства после отделочного этапа

этапе и имеющую единственную размерную связь с комплексом обрабатываемых на этапе поверхностей. Внутренние и наружные главные поверхности ФМ вращения на графах представлены только своими осями, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

Графы размерных связей для предварительного этапа показаны на рис. 2.8, а для чистового и отделочного – на рис. 2.11 и 2.12.

Шаг 3. Формируется таблица возможности обработки групп поверхностей. Признаками группирования поверхностей являются вектор доступности поверхности для обработки, а также возможность обработки ряда поверхностей с одного установка на одном виде оборудования (см. глава 18 [47] по технологическим возможностям станков).

Пусть в исходных данных проекта имеются следующие станки: многооперационные станки с ЧПУ, вертикально-фрезерный, расточной, карусельный, сверлильный. Если в задании имеются многооперационные станки с ЧПУ, оснащенные поворотным столом, тогда в одну группу могут включаться поверхности, расположенные с разных сторон детали. Группы для рассматриваемого этапа приведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Возможность обработки групп поверхностей на станках

№ пп	Станки	Группы поверхностей			
1	Многоцелевой с ЧПУ	o12,10,7,o8	1,3,5 o2,o4,o6	33,o16,o18,17	32,29
2	Карусельный	1,3,5 o2,o4,o6	33,o16,o18,17		
3	Горизонт.- расточной	1,3,5,o2,o4,o6	33,o16,o18,17	o12,7,o8,10	
4	Вертикально- фрезер- ный	32 29	10	1	33
5	Сверлильный	o12	o4	o16	
6	Многоцелевой с пово- ротным столом	o12,10,7,o8	1,3,5 o2,o4,o6	33,o16,o18,17	32,29
		o12,10,7,o8	o12,10,7,o8	o12,10,7,o8	1,3,5 o2,o4,o6
		1,3,5 o2,o4,o6	33,o16,o18,17	32,29	33,o16,o18,17
		1,3,5 o2,o4,o6 32,29	33,o16,o18,17 32,29		
		1,3,5 o2,o4,o6 33,o16,o18,17 32,29	o12,10,7,o8 33,o16,o18,17 32,29	o12,10,7,o8, 1,3,5 o2,o4,o6 32,29	o12,10,7,o8 33,o16,o18,17 1,3,5 o2,o4,o6

Правильный выбор комплекта баз на первой операции позволяет обеспечить заданное чертежом относительное расположение обрабатываемых и исходных поверхностей этапа, а также обеспечить равномерность снятия припуска на поверхности. Для решения первой задачи в качестве технологических баз на первой операции назначаются исходные (не обрабатываемые на этом этапе, но обработанные на предыдущем) поверхности. Для первой операции технологического процесса в качестве элементов комплекта технологических баз выбираются элементы заготовки, которые не подвергаются механической обработке. Они на графах размерных связей первого этапа имеют только одну связь с обрабатываемыми поверхностями. При решении второй задачи в

качестве базы на первой операции выбираются именно те поверхности, на которых следует снять равномерный припуск.

Графы, представленные на рис. 2.8, указывают, что в качестве комплекта исходных баз ориентации следует назначить три исходные плоскости: 30, о24пс и о24 (о24пс, о24 – плоскость симметрии и плоскость, проходящая через поверхности вращения).

При определении возможности обработки поверхностей группы следует использовать понятие *настроечная база*. Настроечная база используется в случаях, когда с одного установка требуется обработать несколько поверхностей, связанных размерами и (или) относительными поворотами. Одна из них связана размером (относительным поворотом) с технологической базой ориентации. Именно эта поверхность будет для другой обрабатываемой поверхности *настроечной* базой.

Таким образом, на первой операции могут обрабатываться группы поверхностей: 1) о12,10,7,о8 на многоцелевом станке №1 (поверхность 10 является настроечной базой для поверхности 7, а о12 – для о8); 2) 10 на фрезерном №4; 3) о12 на сверлильном №5. При выборе варианта следует использовать *принцип концентрации* обработки. В данном случае от комплекта баз 30, О24пс и О24п следует обрабатывать поверхности о12,10,7,о8 на многоцелевом станке №1 или расточном станке №3. При прочих равных условиях формируется 2-3 конкурирующих варианта операций.

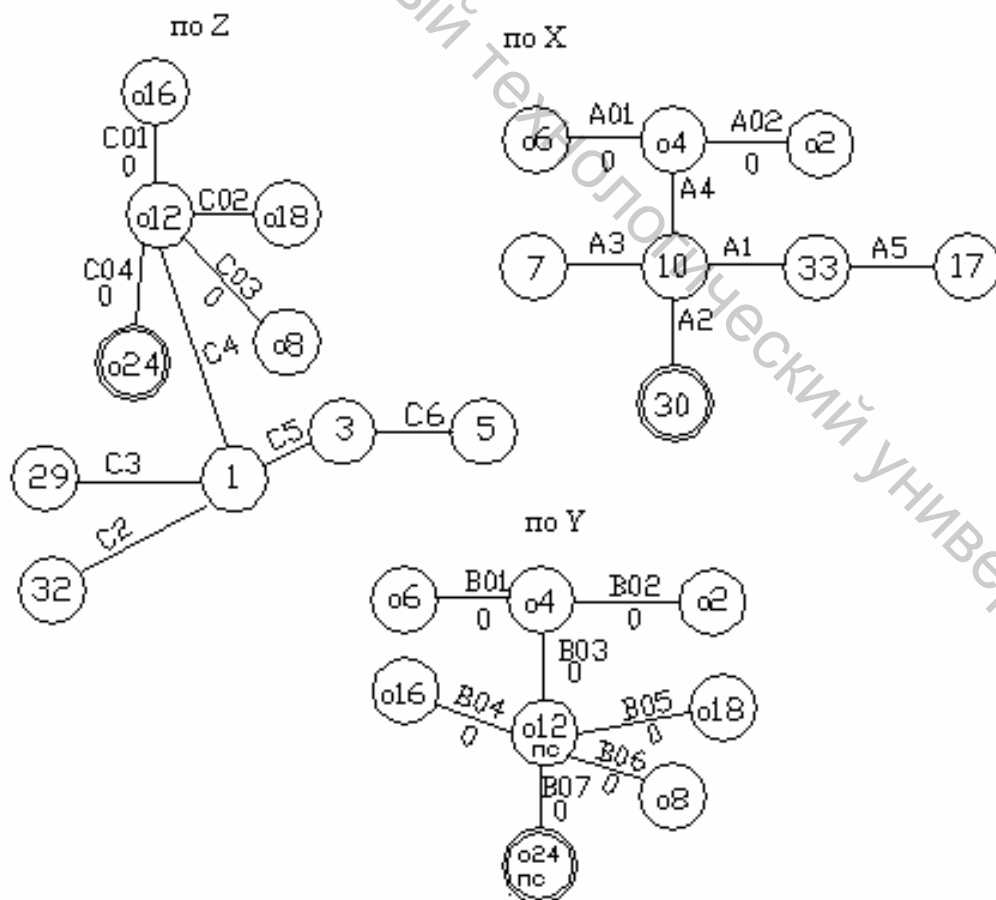


Рис. 2.8. Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (исходные укороченные)

Шаг 4. Строятся «отсеченные» графы, удалив из начальных исходные поверхности и те из обработанных на первой операции, которые имеют связь с обработанными на первой операции и не имеют таковой с еще не обработанными. Исключение делается для соосных поверхностей. Вид графов будет зависеть от того, какая из групп поверхностей обработана на первой операции.

При помощи «отсеченных» графов, используя правила определения комплектов технологических баз для первой операции, назначаются комплекты баз для последующих операций.

Указанные графы показаны на рис. 2.9. Здесь обработанные на первой операции и оставленные в качестве возможных технологических баз поверхности отражаются «разорванной» окружностью.

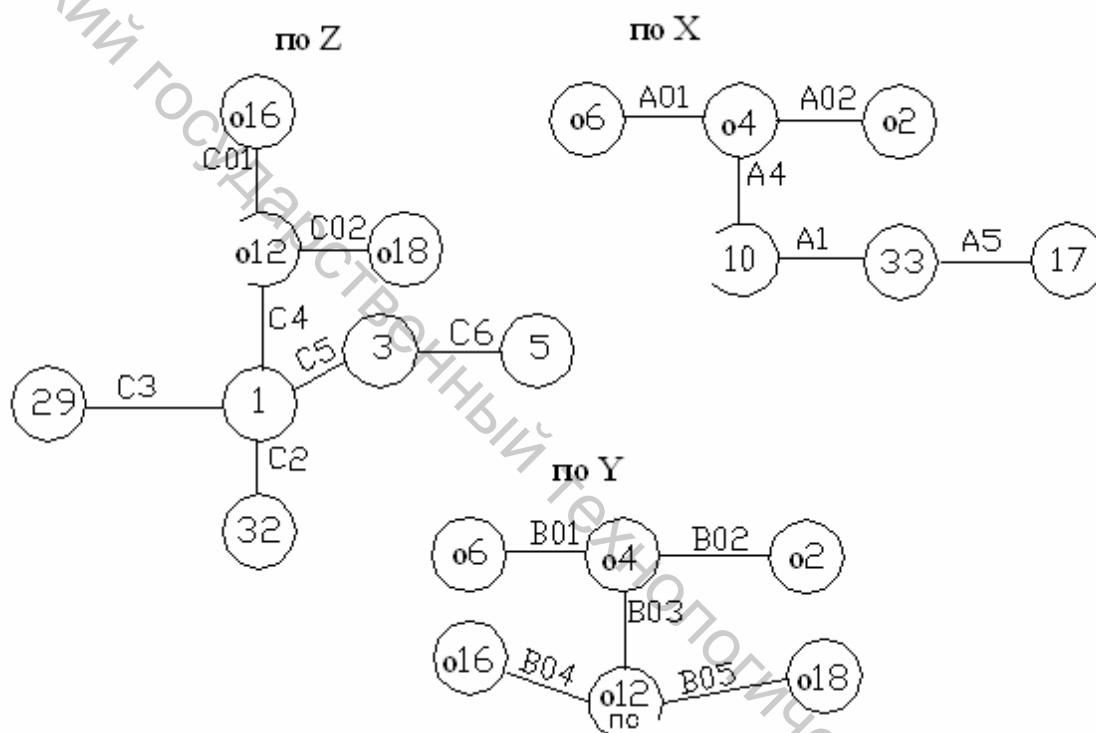


Рис. 2.9. Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (первое отсечение)

На второй операции от комплекта баз о12пс, о12, 10 могут обрабатываться группы поверхностей: 1) 1,3,5,о2,о4,о6 на многоцелевом станке №1 либо на карусельном станке; 2) 33,о16,о18,17 на многоцелевом станке №1 либо на расточном; 3) 33 на фрезерном; 4) 1 на фрезерном; 3) о4, о16 на сверлильном.

Таким образом, от комплекта баз о12пс, о12, 10 нужно обрабатывать группы поверхностей 1,3,5 о2,о4,о6 и 33,о16,о18,17, либо на различных станках, либо на одном, но за две операции. Пусть поверхности 1,3,5 о2,о4,о6 обрабатываются на карусельном станке, а поверхности 33,о16,о18,17 на многоцелевом станке.

В том случае, если был бы задан многоцелевой станок с поворотным столом, то рассмотренные группы поверхностей легко можно было бы обработать на одной операции.

Необработанными остаются поверхности 29, 30. Графы после последнего удаления «лишних» поверхностей показаны на рис. 2.10. Их особенность состоит в том, что на графе в каком-то координатном направлении может не остаться необработанных поверхностей. Тогда на соответствующих графах отражаются базы для предыдущей операции, а также главные поверхности, обработанные на предыдущем этапе. Именно эти поверхности и могут быть базами для рассматриваемой операции.

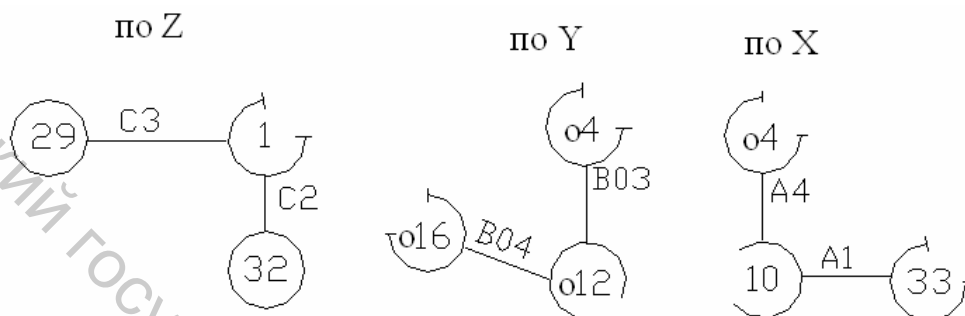


Рис. 2.10. Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (второе отсечение)

В рассматриваемом случае это поверхности o16, o4, o12 (на графе по оси Y) и o4, 33, 10 (на графе по оси X). Анализ графов на рис. 2.8 показывает, что для обработки поверхностей 29, 32 можно назначить комплектами технологических баз следующие группы поверхностей: 1, o4 и o4 или 1, 33 и o4 и др.

Аналогичный анализ производится для чистового и отделочного этапов, причем следует учитывать ряд особенностей.

Так, если на рассматриваемом этапе (или по одной из осей этапа) нет исходных поверхностей, то на первой операции рекомендуется обрабатывать те поверхности, у которых на графах размерных связей больше всего связей с другими поверхностями. А в качестве технологических баз ориентации для первой операции выбирать поверхности, связанные с ними ребром. Примером такой ситуации является чистовой этап обработки детали, показанной на рис. 2.6. Начальные графы размерных связей для этого этапа показаны на рис. 2.11. Штриховой линией отмечены поверхности, которые отсутствуют в начале этапа и появятся в результате его реализации этапа. Анализ графов показывает, что в первую очередь следует обрабатывать поверхности оси Z – 1 либо o12; по оси X – 10 либо o4; по оси Y – o4 либо o12. Группа поверхностей o12, 10, o8, 7 может быть обработана на станках №1 и №3, а базовыми поверхностями для их обработки могут быть выбраны поверхности по оси Z – 1, o18, o16, по оси X – o4, 7, 33, по оси Y – o8, o4, o16, o18. Пусть в качестве базы на первой операции используется комплект 1, o4, o4п. Дальнейшее назначение комплектов технологических баз осуществляется так же, как для предварительного этапа. Причем следует учитывать, что если размер на графе связывает две обрабатываемые поверхности и одна поверхность вначале является базой для другой, а на следующей операции от этой поверхности обрабатывается базовая, то на обозначении размера при формировании схем базирования и размерном анализе тех-

нологического процесса (см. разделы 2.3, 3.1.2 операции 025, 035) ставятся индексы 1 и 2.

На чистовом и отделочном этапах правило единственной связи между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей не выполняется. На графе по оси Z отделочного этапа Z (рис. 2.12) существует пять связей между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых на этапе поверхностей. В таких случаях после использования одной исходной поверхности в качестве базы из дальнейшего рассмотрения исключаются все исходные поверхности этапа (т.е. на графах отсекаются соответствующие им вершины).

При выборе базы на первой операции следует также учитывать то, что если поверхность по оси является неудобной для базирования, то может быть принято решение об использовании одной из обрабатываемых на этапе поверхностей в качестве базы. Однако при определении вида компонента комплекта (раздел 2.3) следует стремиться к тому, чтобы эта поверхность не использовалась в качестве установочной, двойной направляющей или направляющей баз.

По оси Z для первой операции отделочного этапа (рис. 2.12) целесообразно выбрать в качестве базы на первой операции пов.1, т.к. исходные для этапа главные поверхности 25, 29, 32, 21,3,08 модулей являются неразвитыми и затрудняют процесс установки заготовки.

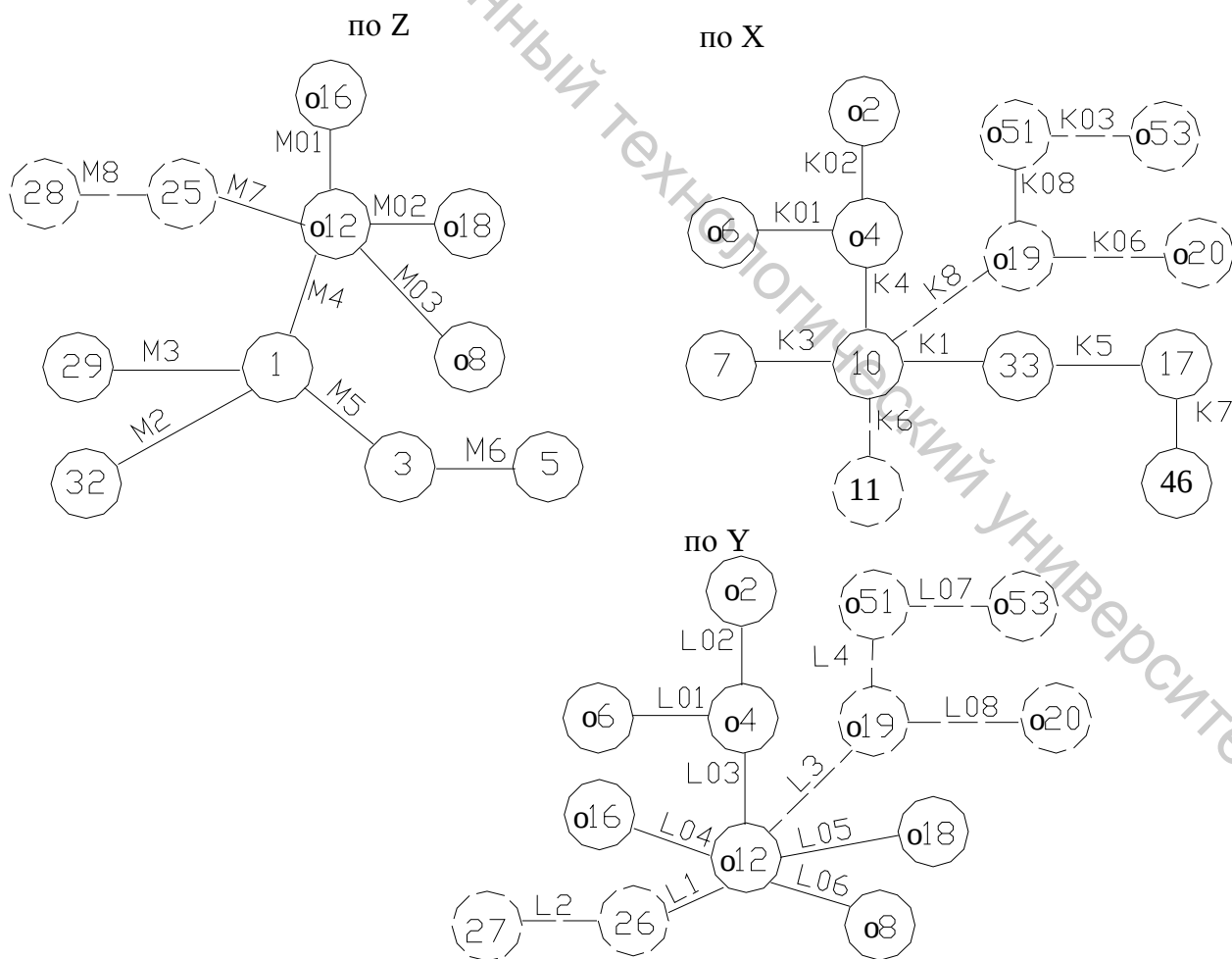


Рис. 2.11. Графы размерных связей для чистового этапа обработки (исходные)

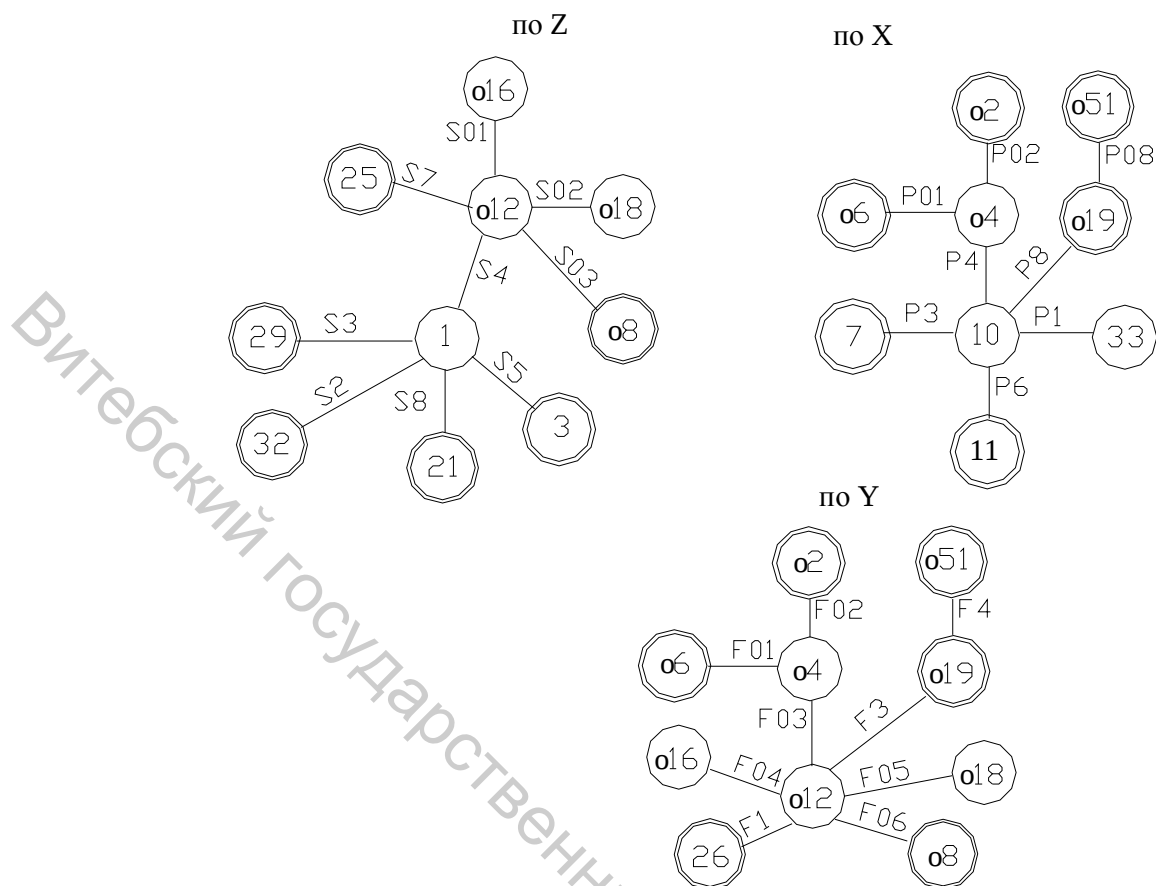


Рис. 2.12. Графы размерных связей для отделочного этапа обработки (исходные)

Кроме того, при выборе порядка выполнения переходов внутри этапа нужно учитывать следующие рекомендации.

1. Переходы обработки поверхностей, составляющих основной контур детали, выполняются раньше, чем переходы обработки поверхностей, представляющих собой уступы, пазы и т.д.

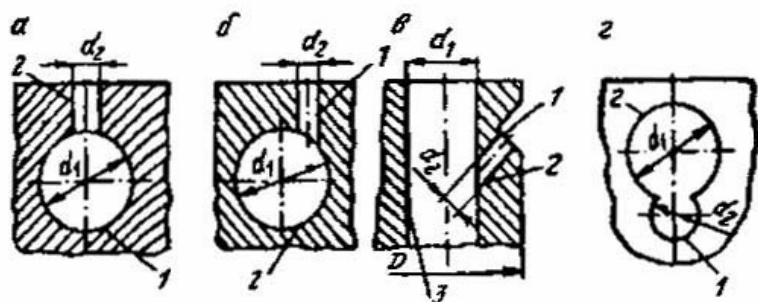


Рис. 2.13. Влияние относительного расположения отверстий на последовательность их обработки $d_1 > d_2$.

2. В детали, не являющейся телом вращения, перед обработкой отверстий должны быть обработаны прилегающие плоскости.

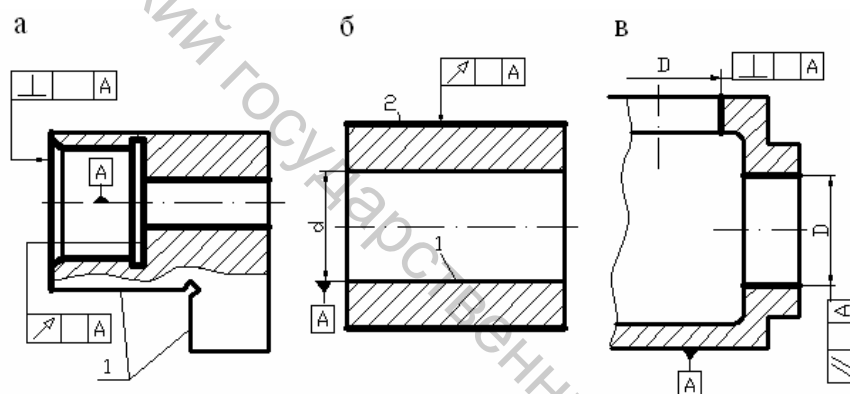
3. Порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки, уменьшить дополнительные затраты на слесарную обработку (удаление заусенцев). На рис. 2.13 показаны некоторые часто встречающиеся виды пересечения отверстий. Порядок обработки поверхностей соответствует присвоенным номерам. Перед сверлением углового отверстия необходимо обработать площадку, перпендикулярную ее оси, чтобы предотвратить увод или поломку сверла (рис. 2.13, в).

4. На окончательном этапе поверхности обрабатываются в порядке обратном их точности, то есть, чем точнее должна быть данная поверхность, тем позже она обрабатывается.

5. Порядок обработки поверхностей должен учитывать специальные требования к точности взаимного расположения, если они указаны на чертеже или оговорены техническими требованиями. Требуемое взаимное расположение может быть обеспечено прямым и косвенным путями.

Прямое обеспечение заданных требований к угловому расположению поверхностей может быть реализовано обработкой:

1) от одного комплекта баз всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ (рис. 2.14-а, поверхности 1);



2) от единой базы за несколько установов (рис.2.14-в);

3) от разных баз при использовании одной из связанных требованиями точности относительного расположения поверхностей в качестве базы (рис. 2.14 - б).

Рис. 2.14. Влияние требований к точности расположения на последовательность выполнения переходов

при обработке поверхности 2 в качестве базы применяется предварительно обработанная поверхность 1. В случае, показанном на рисунке 2.14-в, невозможность обработки без специального приспособления и поворотного стола на горизонтально-расточном станке за один установ нескольких отверстий, параллельных базе А, и одного перпендикулярного к ней вынуждает вести обработку последнего либо на другом станке, либо с установкой в другом приспособлении.

Данные анализа сводятся в таблицу последовательности обработки и смены баз (таблица 2.12).

Таблица 2.12

Последовательность обработки и смены баз

Этап	Операция	Станок	Комплект баз ориентации	Обрабатываемые поверхности
Предварительный	005	№1	№ 2 о24пс(О ₁ P _j), о24(О ₁),30(P _i)	о12,10,7,о8
	010	№2	№ 2 о12пс(О ₁ P _j),о12(О ₁),10(P _i)	1,3,5 о2,о4,о6
	015	№1	№ 2 о12пс(О ₁ P _j),о12(О ₁),10(P _i)	33,о16,о18,17
	020	№4	№ 2 1(P _i), о4 (О ₁),о4(О ₁ P _j)	32,29
Чистовой	030	№1	№ 2 1(P _i), о4 (О ₁),о4(О ₁ P _j)	о12,10,7,о8
	035	...	...	...
Отделочный	...	...	...	...

2.3. Синтез теоретических схем базирования

Цель разработки теоретической схемы базирования при механической обработке, т.е. проектного базирования – обеспечение (еще на стадии проектирования) требуемых показателей взаимного расположения поверхностей за счет наложения на поверхности баз ориентации определенного числа связей.

Теоретическая схема базирования при механической обработке (или просто *схема базирования*) – графическое изображение геометрической модели заготовки (абсолютно твердого тела, поверхности которого (в том числе плоскости, оси и центры симметрии) идеальны) в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на которой выделены обработанные поверхности, представлены обозначения размеров, допусков взаимного расположения и условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы, накладывающие определенное число связей.

Связь отражает отсутствие неопределенности положения обрабатываемого компонента в базовой системе координат. Считается, что связь определяет положение точки сопряжения (соприкосновения) ранее полученных элементов геометрической модели заготовки (ГМЗ) с ее плоскостями в направлении, перпендикулярном той из плоскостей базовой системы координат, в которой лежит рассматриваемая точка сопряжения. Чтобы определить направление связи и направление оси базовой (собственной) системы координат (БСК, ССК) предлагается использовать **направляющий вектор**, перпендикулярный соответствующей плоскости базовой системы координат, и определяющий направление оси базовой системы координат.

Сочетания точек сопряжения в базовой системе координат, расположенные на каждой из баз ориентации, могут накладывать на геометрическую модель заготовки разное число связей. Оно определяет **вид компонента комплекта баз**. Сочетания точек сопряжения ГОСТ21495-76 «Базирование и базы в машиностроении» определяет как установочная, направляющая, опорная, двойная опорная, двойная направляющая базы. Приведенные названия технологических баз нельзя воспринимать буквально, ибо опорной базой заготовка ни на что не опирается, направляющей базой никуда не направляется, а на установочную – не всегда устанавливается.

Установочная технологическая база (в дальнейшем просто **установочная база**) формируется тремя точками сопряжения, не лежащими на одной прямой и имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рис. 2.15 а, в, точки 1,2,3). Эта база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной координатной оси и углового положения (поворота) вокруг двух других осей ССК.

Установочная база может быть реализована:

- 1) плоскостью модели заготовки;
- 2) двумя образующими, которые принадлежат пересекающимся или параллельным цилиндрам и лежат в одной плоскости;
- 3) образующими цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости;
- 4) направляющей окружностью тора;

5) наружными точками трех сфер, лежащих в одной соприкасающейся с ними плоскости (или плоскостью, проходящей через центры этих сфер);

6) двумя пересекающимися (или параллельными) осями цилиндров или цилиндра и конуса.

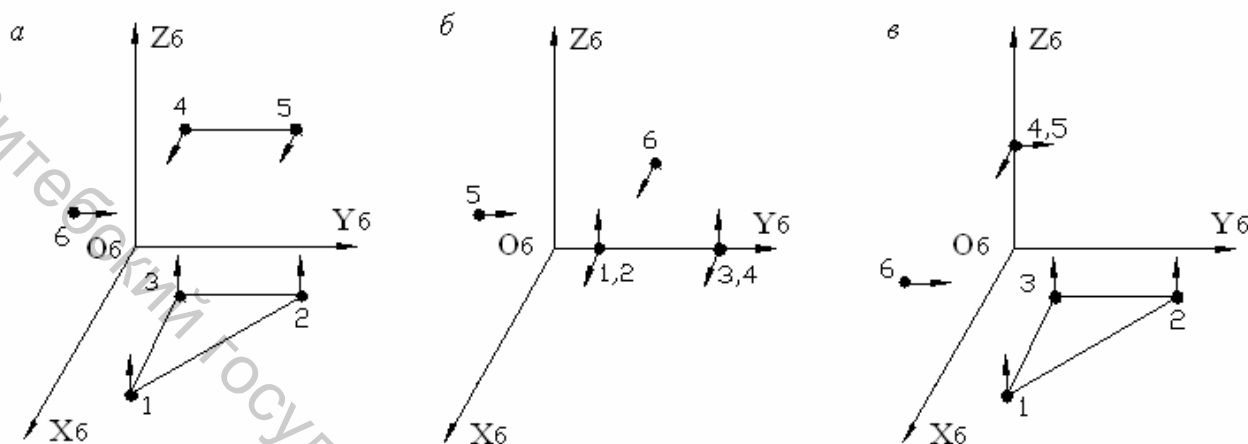


Рис. 2.15. Примеры расположения точек сопряжения в базовой системе координат

Направляющая технологическая база (в дальнейшем просто *направляющая база*) формируется двумя несшившимися точками сопряжения, имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рис.2.15 а, точки 4,5). Направляющая база накладывает на модель заготовки две связи, которые обеспечивают определенность расстояния обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной из осей базовой системы координат и определенность углового положения (поворота) вокруг одной из двух других осей.

Направляющую базу можно реализовать:

- 1) плоскостью модели заготовки;
- 2) осью цилиндра;
- 3) образующей цилиндра;
- 4) точками, которые лежат на общей касательной к двум наружным цилиндрам;
- 5) линией пересечения двух плоскостей.

Опорная технологическая база (в дальнейшем просто *опорная база*) формируется одной точкой сопряжения. Накладывает одну связь – определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль направляющего вектора (рис. 2.15 а, б, в точки 6, б – точка 5).

Опорная база может быть реализована точкой, лежащей на:

1. оси цилиндра, конуса или тора;
2. плоскости геометрической модели заготовки;
3. образующей цилиндра;
4. линии пересечения плоскостей и т. д.

С помощью оси цилиндрической или конической поверхности заготовки может быть реализована **двойная опорная технологическая база** (в дальнейшем просто *двойная опорная база*), если в одной точке этой оси лежат две слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы вза-

имно перпендикулярны. Эта база накладывает две связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента вдоль осей базовой системы координат, параллельных направляющим векторам (рис. 2.15 в, точки 4,5).

С помощью центра сферической или точки на оси конической поверхности можно реализовать **тройную опорную технологическую базу**, если в центре сферы или в одной из точек оси конуса расположены три слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны. Обычно в эту базу помещают начало базовой системы координат. Тройная опорная база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль осей БСК.

С помощью достаточно длинной оси цилиндрической поверхности заготовки можно реализовать **двойную направляющую технологическую базу** (в дальнейшем просто **двойную направляющую базу**), если на этой оси расположены четыре попарно слившиеся точки сопряжения, а направляющие векторы, выходящие из каждой пары слившихся точек сопряжения, взаимно перпендикулярны. Можно представить двойную направляющую базу как сочетание двух лежащих на одной оси и перпендикулярных направляющих баз или двух лежащих на одной оси двойных опорных баз. Двойная направляющая база накладывает четыре связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента заготовки вдоль двух осей базовой системы координат (две связи), перпендикулярных оси, которая реализует данную базу, и определенность углового положения (поворота) вокруг этих же осей (еще две связи) (рис. 2.15 б, точки 1-4).

В зависимости от видов компонентов всего возможны девять вариантов комплектов технологических баз:

- 1) установочная, направляющая и опорная (рис.2.15 а);
- 2) установочная, двойная опорная и опорная (рис. 2.15 в);
- 3) двойная направляющая, опорная и опорная (рис. 2.15 б);
- 4) двойная направляющая и двойная опорная;
- 5) тройная опорная, направляющая и опорная;
- 6) тройная опорная, опорная, опорная и опорная;
- 7) тройная опорная, двойная опорная и опорная;
- 8) направляющая, направляющая и направляющая;
- 9) двойная опорная, двойная опорная и двойная опорная.

Для корпусных деталей в подавляющем большинстве случаев применяется четыре первых.

На рис. 2.16 приведены условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы. При этом ГМЗ для условных обозначений точек сопряжения считается прозрачной. Эти обозначения можно располагать на одной или двух проекциях.

При определении числа накладываемых связей необходимо применять следующие основные постулаты:

1. Совокупность технологических баз ориентации поверхностей, относи-

тельно которых возможны различные варианты угловой и размерной ориентации поверхностей аналогична вариантам конструкторских баз ориентации см. раздел 1.1.2).

2. Схема базирования в первую очередь должна обеспечивать заданную точность взаимного углового расположения, а затем точность размеров (расстояний).

3. При определении вида компонента комплекта баз (числа накладываемых связей) самым важным показателем взаимного расположения является перпендикулярность, затем угол, затем параллельность. Соосность и симметричность

являются производными параллельности.

4. Точность взаимного углового расположения обеспечивают только установочная, направляющая, двойная направляющая базы и сочетание двойной опорной и опорной баз.

5. Та технологическая база, по отношению к которой **удельный допуск взаимного расположения или расстояний более жесткий, должна накладывать больше связей**. Под удельным допуском понимается допуск взаимного расположения, приведенный к одной базовой длине.

6. Неуказанные допуски перпендикулярности определяются согласно главе 4 [47]. Причем следует учитывать, что за базу, к которой относится неуказанный допуск перпендикулярности в одном координатном направлении, принимается поверхность (или ее ось) имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях, а при одинаковых размерах – поверхность, имеющая меньшую шероховатость. Если деталь имеет элементы, для которых указаны допуски перпендикулярности, то неуказанные допуски следует относить к тем же базам, что и указанные. Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности определяются в зависимости от номинального размера и определяющего допуска размера (глава 4 [47]).

Синтез схемы базирования рекомендуется выполнять согласно приведенным ниже шагам.

Первый шаг. Построить ГМЗ с выделением обрабатываемых поверхностей и выявлением угловых и размерных связей (согласно ребрам на отсеченных графах), которые необходимо обеспечить на операции.

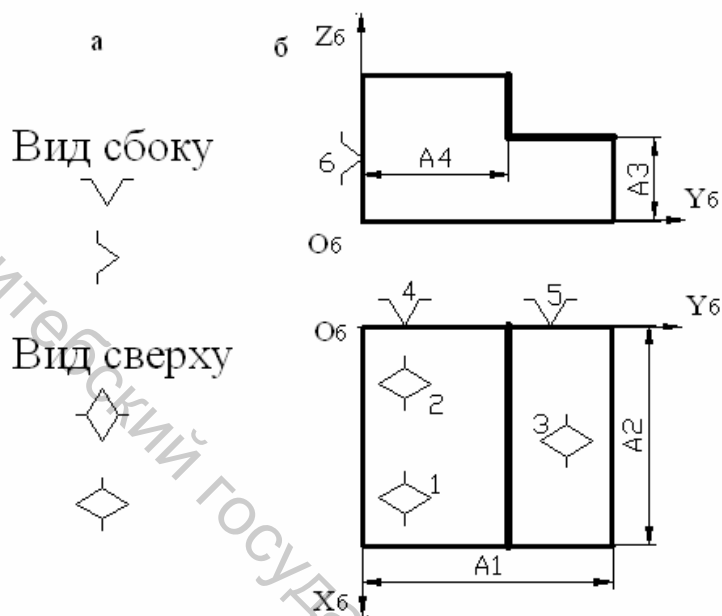


Рис. 2.16. Обозначение точек сопряжения (а) и пример схемы базирования (б)

Второй шаг. С помощью анализа заданных допусков относительных поворотов и размерных связей выделить комплект баз ориентации обрабатываемых поверхностей.

Третий шаг. Сформировать базовую систему координат.

Четвертый шаг. Определить вид каждого из компонентов установленного комплекта баз (определить число налагаемых связей).

Для определения вида компонентов комплекта необходимо определить значения указанных и неуказанных допусков взаимного расположения для обрабатываемых поверхностей относительно базовых компонентов, а затем привести эти допуски к длинам баз и длинам обрабатываемых компонентов, равным 100 мм. Полученные приведенные допуски позволяют определить вид компонента комплекта баз согласно правилу 5.

Так, например, на операции 005 от баз ориентации (O_1 , P_j , протяженность 168), 30 (P_i , протяженность 270x160) обрабатываются поверхности 10 (допуск перпендикулярности ($\perp$) относительно о24пс (O_1) – 0,20, протяженность 160; допуск перпендикулярности ($\perp$) относительно о24 (P_j) – 0,25, протяженность 295; допуск на размер (p) относительно 30 (P_i) – 0,7, протяженность 295) и о12 (допуск соосности ($\odot$) в направлении о24пс (O_1) – 0,8, протяженность 68; допуск соосности ($\odot$) в направлении о24 (P_j) – 0,8, протяженность 68; допуск перпендикулярности ($\perp$) относительно 30 (P_i) – 0,20, протяженность 68). Для определения приведенного допуска значение допуска обрабатываемой поверхности, умноженное на 1000, делится на произведение протяженностей соответствующих обрабатываемой и базовой поверхностей. Та базовая поверхность, приведенный допуск по отношению к которой более жесткий, должна накладывать больше связей. На операции 005 приведенный допуск в направлении о24пс (O_1) самый жесткий – 0,074, следовательно – эта ось является двойной направляющей базой, две другие базы ориентации – опорные базы.

Данные сводятся в таблицу определения числа связей (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Определение числа связей

Операция	База			Обрабатываемые поверхности				Приведенный допуск ($\kappa 8 \times 100000 / \kappa 3 \times \kappa 6$)	Вид компонента
	Элемент комплекта баз	Протяженность	К баз	Ориентируемые гл. пов.	Протяженность	Вид допуска	Значение		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	о24пс (ось)	168	O_1	10 о12	160 68	$\perp \odot$	0,20 0,8	0,074 0,53	дв. напр. опорн.
	о24	168	P_j	10 о12	295 68	$\perp \odot$	0,25 0,8	0,05 0,53	
	30 (плоск).	270x160	P_i	10 о12	295 68	$p \perp$	0,7 0,6	0,087 0,32	опорн.
010	10	295x160	P_i	1 о4	260 30	$\perp p$	0,04 0,06	0,0052 0,068	установочн
	о12пс (ось)	68	O_1	1 о4	260 30	$\perp p$	0,2 0,16	0,113 0,78	дв. опорная
	о12	68	P_j	1 о4	260 30	$p \perp$	0,2 0,12	0,113 0,59	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Схемы базирования сводятся в таблицу маршрута обработки (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Маршрут обработки заготовки

Этап	Операция	Теоретическая схема базирования
1	2	3
1	005	
1	010	
1	015	

Таблица 2.14 (окончание)

4	030	
...	...	...
4	040	
...	...	...

2.4. Синтез теоретических схем установки

На этапе разработки **теоретической схемы установки** (далее **схемы установки**) моделируется расположение точек контакта идеализированных моделей реальных поверхностей с геометрическими моделями установочных элементов приспособления. Эти точки логично называть опорными. Модель расположения опорных точек описывает новую, **установочную систему координат** (УСК). Кроме того, согласно ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79) на данном этапе выбирается вид установочных элементов (а иногда и типовых приспособлений), определяется точка приложения и направление силы закрепления заготовки. Заготовка на схеме установки изображается в рабочем положении.

Для синтеза схемы установки предлагается применять метод типовых технических решений, при реализации которого элементы комплекта схемы базирования заменяются соответствующими элементами схемы установки. Замена

элемента схемы базирования элементом схемы установки осуществляется с помощью таблиц соответствия и сокращения вариантов технических решений (глава 19 [47]). Причем в главе 19 приведены условные обозначения установочных и зажимных компонентов приспособлений согласно ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79), а также установлено соответствие установочного компонента проектной технологической базе. Случаи, в которых элемент схемы базирования заменяется режущим инструментом (т.н. передача функций базирующей подсистемы – инструменту (бесцентровое шлифование, протягивание отверстия короткой втулки и др.), в таблице соответствия не представлены ввиду редкого использования для корпусных деталей.

При базировании выверкой по разметке (единичное производство) установочными компонентами являются домкраты, подкладки, клинья, штангенрейсмас, универсальные измерительные средства.

Следует отметить, что в указанном ГОСТе отсутствует обозначение некоторых современных опор, зажимов и установочных устройств. Так, например, в нем нет обозначений для клиновых оправок, оправок с тарельчатыми пружинами, клиноплунжерных оправок, втулок, полувтулок и др. В главе 19 на такие элементы приводятся рекомендуемые обозначения.

Для реализации метода синтеза технических решений необходимо отобрать варианты установочных компонентов для реализации проектных баз комплекта ТБ. Выбранные компоненты заносятся в морфологическую таблицу 2.15. Здесь Ф1, Ф2, Ф3– функции наложения определенного числа связей или вида технологических баз. Далее осуществляется выбор одного элемента по каждому из столбцов морфологической таблицы и определяется точка приложения и направление силы зажима.

При выборе вариантов технических решений, заносимых в морфологическую таблицу, с помощью таблицы сокращения вариантов учитываются следующие ограничения: тип производства, габариты и масса обрабатываемой детали, показатели качества базы, поверхность базирования (наружная, внутренняя), тип поверхности, характер базы (явная, скрытая), вид обработки (отделочная, чистовая, предварительная).

Таблица 2.15
Морфологическая таблица

Ф1	Ф2	Ф3
Тр 1.1.	Тр 2.1.	Тр 3.1.
Тр 1.2.	Тр 2.2.	Тр 3.2.
.....		
Тр 1.i.	Тр 2.j.	Тр 3.k.

Направление силы зажима (в случае применения компонентов, не имеющих зажимных элементов) определяется в направлении технологической базы, накладывающей наибольшее количество связей. В случае применения призма и компонента, реализующего опорную базу (за исключением самоцентрирующего компонента), возможно направлять силу зажима на этот компонент. Причем этот компонент располагается на максимальном удалении от оси технологической базы.

Пусть необходимо спроектировать теоретическую схему установки для обработки заготовки на операции 005.

Из главы 19 [47] отберем приемлемые технические решения и занесем их в морфологическую таблицу

Таблица 2.16

Отобранные с помощью таблицы сокращения вариантов,
компоненты схемы установки

База	Установочный компонент	Код
Двойная направляющая	Двойная призма	Тр 5.10.
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.
	Опора плавающая с плоской поверхностью	Тр 3.4.
	Опора плавающая с рифленой поверхностью	Тр 3.6.
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.
	Зажим самоцентрирующий	Тр 3.9.

Окончательно принимаем сочетание Тр5.10. Тр3.3. Тр3.3 .

Проекты схем установки оформляются в виде таблицы схем установки (таблица 2.17).

Таблица 2.17

Теоретические схемы установки

Этап	Опера-ция	Теоретическая схема установки
1	005	
1	010	...

УСК может не совпадать с ССК. В таких случаях создаются условия для возникновения **погрешности схемы установки**. Часто УСК не может совпадать с ССК, если последняя построена на плоскостях, осях или центрах симметрии. В таких случаях, чтобы не создавались условия для появления погрешности схемы установки, необходимо применять самоцентрирующие установочные и установочно-зажимные компоненты приспособления.

Погрешностью схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений положения базовой системы координат от заданного при разработке схемы установки. При этом считается, что технологические базы не имеют погрешностей формы. Причиной возникновения погрешности схемы установки являются

погрешности размеров объекта производства, которые получены на этапах обработки, предшествующих рассматриваемому. Погрешность схемы установки относят обычно к размерам, выполняемым на рассматриваемой операции.

Максимально возможное (но весьма маловероятное) значение погрешности схемы установки определяется по формуле

$$\Delta_{cy}(A_n) = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i,$$

где n -- число звеньев размерной цепи.

Из математической статистики известно, что при заданной доверительной вероятности P поле рассеяния случайной величины (в нашем случае погрешность звена размерной цепи A_i) связано со стандартным отклонением, а следовательно, и с дисперсией D_i следующим равенством: $TA_i = l_i$

$\sqrt{D_i}$, где l_i -- коэффициент, зависящий от закона распределения рассматриваемого звена и доверительной

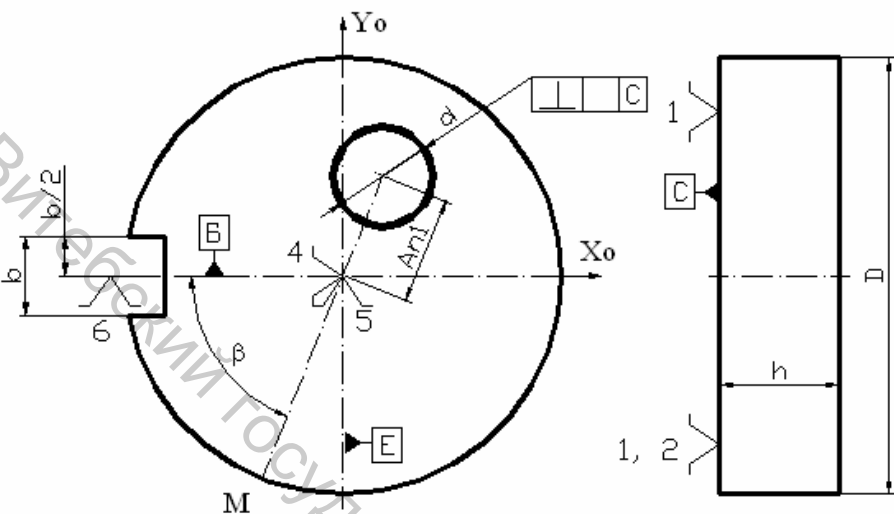


Рис. 2.14. Теоретическая схема базирования детали с цилиндрической наружной поверхностью

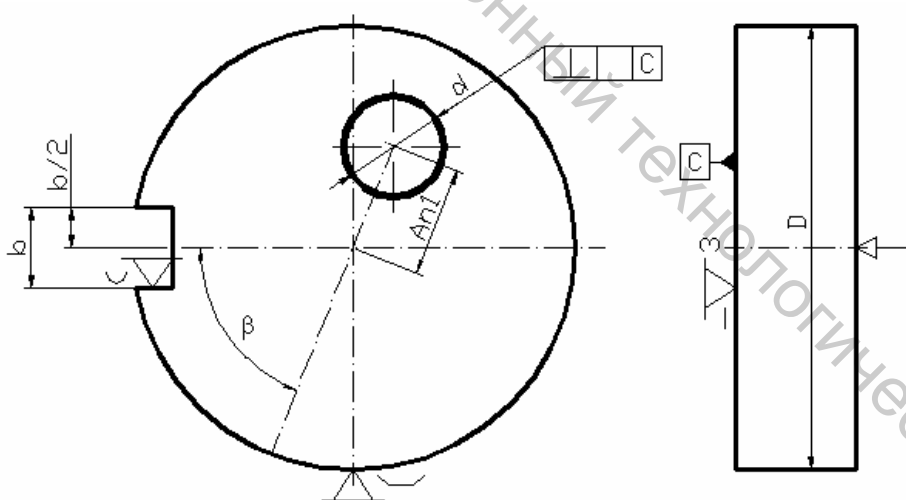


Рис. 2.15. Схема установки, соответствующая схеме базирования детали представленной на рисунке 2.14

вероятности P . С другой стороны, известно, что если случайная величина является алгебраической суммой других случайных величин, то дисперсия суммы равна сумме дисперсий слагаемых. На этом основании можно записать для линейной размерной цепи

$$\Delta_{cy}(A_n) = l_n \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (TA_i / l_i)^2},$$

где l_i для нормального закона распределения равен 3, а для закона равной вероятности – 1,732.

Последним выражением предлагается пользоваться при $n > 3$ (если погрешности составляющих звеньев распределены по нормальному закону) и при $n > 6$ (если погрешности составляющих звеньев распределены по закону равной вероятности).

Рассмотрим установку заготовки по наружной цилиндрической поверхности при помощи призмы для обработки отверстия диаметром d . Кроме того, должны быть выдержаны размер A_{n1} и угол b . До рассматриваемой операции были обработаны наружный диаметр D с допуском TD , шпоночный паз шириной b с допуском Tb . Соответствующая схема базирования и установки показана на рис. 2.14, 2.15, а расчетная схема и размерные цепи для расчета погрешности схемы установки – на рис. 2.16.

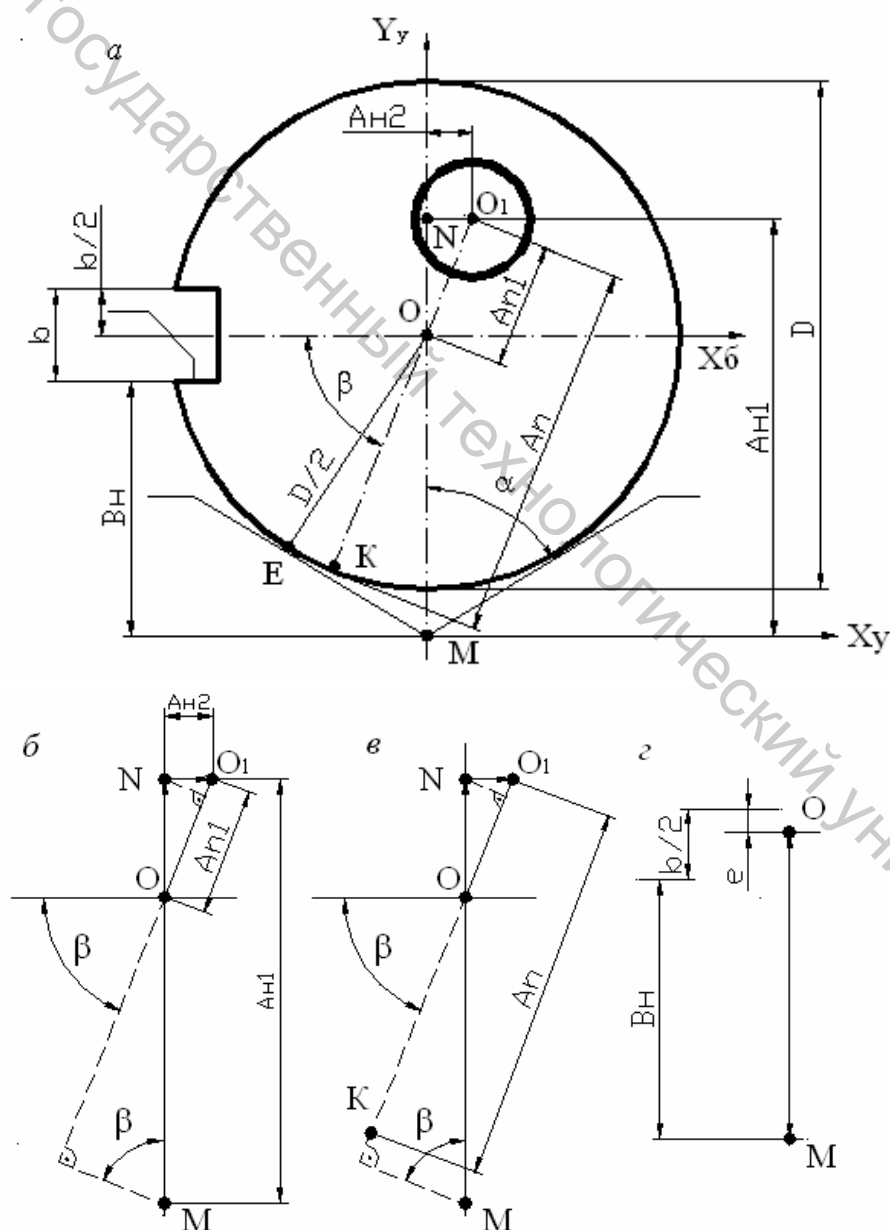


Рис. 2.16. Расчетная схема и размерные цепи для определения погрешности схемы установки, представленной на рис. 2.15

Уравнение плоской размерной цепи, показанной на рис. 2.16-б, имеет вид

$$A_{n1} \sin b + A_{n2} \cos b = A_{n1} + OM \sin b,$$

где $OM = D / (2 \cdot \sin a)$.

Тогда

$$A_{n1} = A_{n1} \sin b + A_{n2} \cos b - D \sin b / 2 \sin a.$$

Дифференцированием по D получаем

$$d(A_{n1}) = dD \cdot \sin b / (2 \sin a).$$

Размеры A_{n1} , A_{n2} и β от размера D не зависят. Поэтому, заменив дифференциал малыми погрешностями, погрешность схемы установки по размеру A_{n1} можно определить с помощью модели

$$\Delta_{cy}(A_{n1}) = TD \cdot \sin b / (2 \sin a).$$

Из второй размерной цепи (рис. 2.16-в) получаем

$$A_{n1} \sin b + A_{n2} \cos b = A_n - D / 2 + OM \sin b.$$

Погрешность схемы установки по размеру A_n можно определить с помощью модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = TD / 2 - TD \cdot \sin b / (2 \sin a).$$

Причем, если $b = a$, то $\Delta_{cy}(A_n) = 0$.

Уравнение размерной цепи, показанной на рис. 2.16-г, имеет вид

$$B_n + b / 2 = e + OM = e + D / 2 \sin a,$$

где e - смещение оси цилиндра, вызванное погрешностью размеров D и b . Тогда дополнительный поворот заготовки (погрешность схемы установки по углу b) будет

$$\Delta_{cy}(b) = e / (D / 2) = (TD / \sin a + Tb) / D.$$

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки на операции 005 для рассматриваемой детали по размеру Co4 имеет вид, представленный на рис 2.17. Уравнение размерной цепи имеет вид

$$A_n = C04 + OM.$$

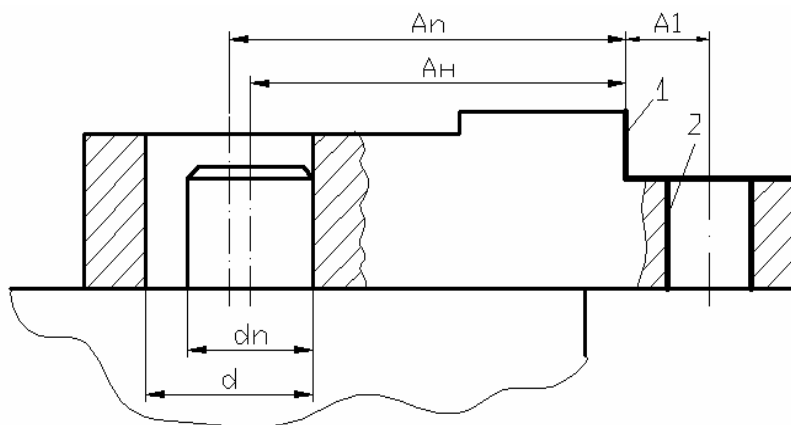


Рис. 2.18. Установка заготовки по отверстию на цилиндрический палец

Откуда

$$\Delta_{cy}(C04) = TD / (2 \sin a).$$

При установке заготовки по отверстию на цилиндрический палец возникает неопределенность положения заготовки, которая может смещаться в любом направлении в пределах зазора (рис. 2.18).

Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_n)$ в этом случае можно определить по модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = Td + BO(d_n),$$

где Td – допуск диаметра отверстия; $BO(d_n)$ – верхнее отклонение диаметра цилиндрического пальца.

При обработке нескольких поверхностей с одной установки только по отношению к одной определяется погрешность схемы установки и эта поверхность далее служит настроечной базой. Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_1) = 0$, т.к. поверхность 1 служит настроечной базой для обработки поверхности 2.

В тех случаях, где условия для возникновения погрешности схемы установки существуют, необходимо ее оценить и в дальнейшем включить в допуск на технологический размер при размерном анализе технологического процесса и расчете технологических размеров и размеров заготовки.

Разработанные схемы установки являются заданиями на проектирование или выбор приспособления.

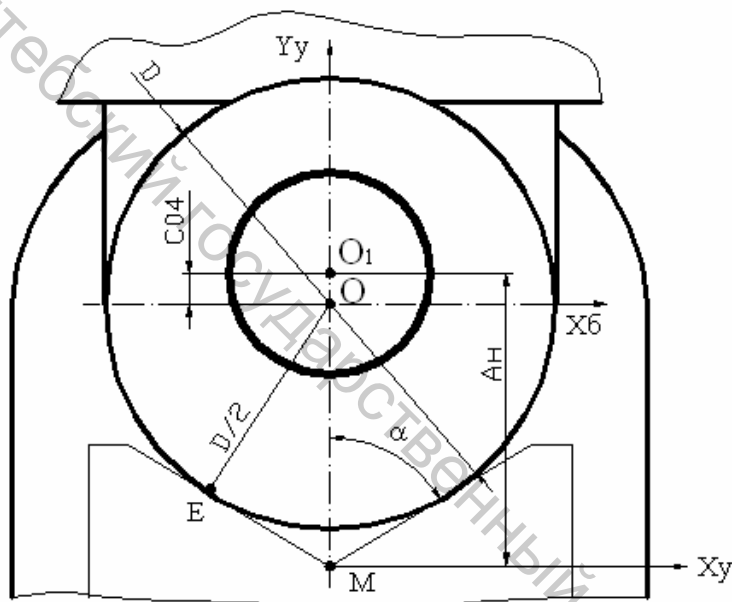


Рис. 2.17. Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру $Co4$

3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Размерный анализ технологического процесса

3.1.1. Определение припусков и допусков на технологические размеры

В современных рыночных условиях неизбежно каким путем получено заданное качество продукции – его следует достигать при наименьших затратах материалов, средств, времени, т. е. при наименьшей себестоимости изготовления деталей. Первое требование можно назвать техническим, второе – экономическим.

Для выполнения этих основных требований большое значение имеют вопросы расчета припусков на обработку на металлорежущих станках, операционных размеров и допусков на них. Чем эти параметры ближе к оптимальным, тем меньше расход металла на единицу продукции, затраты времени на обработку, расход электроэнергии и режущего инструмента и т. д., и тем меньше технологическая и общая себестоимость обработки деталей машин.

В процессе размерного анализа проектируемых технологических процессов следует различать напуски и припуски на обработку. *Напуском* принято называть ту часть материала заготовки, необходимость удаления которой при последующей механической обработке вызвана упрощением формы заготовки по отношению к форме готовой детали. *Припуском* называют ту часть удаляемого материала, наличие которого на заготовке вызвано необходимостью обеспечения заданных требований к точности и качеству поверхности в результате обработки резанием или другим методом со снятием слоя материала. В тех местах заготовки, где удаляемый материал выступает в роли припуска, номинальная форма поверхности заготовки, как правило, совпадает с заданной номинальной формой поверхности готовой детали. В этом случае припуск рассматривают как слой материала и оценивают расстоянием между соответствующими поверхностями.

Для расчетов припусков используются аналитический и нормативный методы. Из аналитических методов расчета припусков выделяют два основных: дифференциально– аналитический (поэлементный) и интегрально– аналитический. Широко распространен на практике нормативный метод определения припусков. Он основан на использовании стандартов, ведомственных нормалей и справочников, содержащих таблицы значений номинальных припусков.

Дифференциально-аналитический метод определения припусков является наиболее точным, он позволяет устанавливать оптимальные значения припусков для каждого сочетания условий обработки. Сущность этого метода состоит в определении для заданных условий выполнения операции факторов, влияющих на величину операционного припуска, а затем расчетным путем или по таблицам находят элементы припуска, достаточные для компенсации влияния каждого из факторов. Суммируя эти элементы, определяют величину операционного минимального припуска.

Различают операционные и общий припуски. *Операционный (переходный) припуск* определяется разностью технологических размеров, полученных на смежных операциях (переходах). *Общий припуск* является суммой операционных

припусков на данной поверхности. Различают также номинальный и минимальный операционные припуски. Составляющими *минимального операционного припуска* в общем случае будут: Rz_{i-1} — высота микронеровностей, полученная на предшествующей стадии обработки (операции или переходе); H_{i-1} — удаляемый дефектный подповерхностный слой материала, полученный на предшествующей стадии обработки; r_{i-1} — пространственные отклонения (сумма) обрабатываемой поверхности, не входящее в допуск на выполняемый размер; e_i — погрешность установки на рассматриваемой стадии обработки, не входящая в допуск на выполняемый размер. Номинальный операционный припуск равен разности между номинальными значениями технологических размеров, полученных на смежных операциях (переходах), т.е. $z_i = |C_{i-1} - C_i|$.

Все сказанное выше о припуске относится к припуску на сторону (*одностороннему припуску*). При обработке поверхностей вращения допуски задаются на диаметр, поэтому и припуск принято задавать на диаметр (т. е. удваивать односторонний). Аналогично может быть задан припуск на ширину паза, выполняемого мерным инструментом.

На рис. 3.1 показана схема односторонних припусков для случая обработки одной поверхности от одной базы. Тогда

$$z_i = C_{i-1} - C_i = z_{\min i} + TC_{i-1},$$

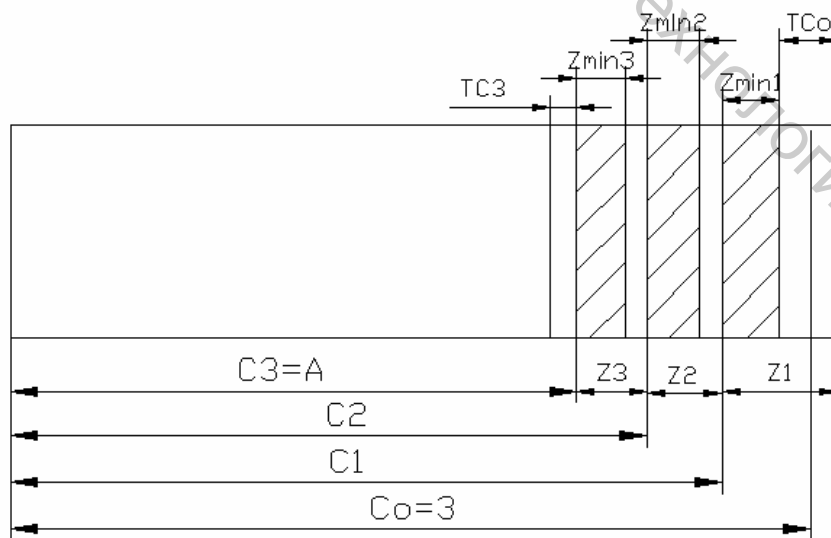


Рис. 3.1. Схема определения припусков при обработке одной поверхности от одной базы

где $z_{\min i}$ — минимальный припуск на i -й переход; TC_{i-1} — допуск на технологический размер, выполняемый на $(i - 1)$ -м переходе.

Данное выражение является верным для всех i , кроме $i - 1$, так как в литых или кованных заготовках допуск на размеры является симметричным $(\pm TC_0 / 2)$. В этом случае

$$z_1 = C_0 + TC_0 / 2 = z_{\min 1} + TC_0.$$

Компоненты минимального припуска не всегда полностью включаются в его состав. Так, при обработке заготовок из чугуна и цветных сплавов компонент H (дефектный слой) включается только при определении припуска на первую обработку литой поверхности. При последующих операциях этот компонент

может не учитываться. Не включаются в минимальный припуск и пространственные отклонения, если они не могут быть устранены выполняемым переходом. Например, при развертывании плавающей разверткой и свободном протягивании смещение и увод оси отверстия практически не устраняются.

Для размерного анализа рационально разделить минимальный припуск на две части:

$$z_{\min i} = z_{ai} + z_{bi},$$

где $z_{ai} = (Rz + H)_{i-1}$, $z_{bi} = r_{i-1} + e_i$. Значение z_{ai} всегда является компонентом минимального припуска, включаемого в размерную цепь. Компонент r_{i-1} включается в минимальный припуск только как искривление оси или ее непараллельность (неперпендикулярность) относительно базы. В зависимости от схемы установки пространственное отклонение определяется так:

для установки в центрах

$$r = \Delta_{кр} L,$$

для установки в патроне

$$r = 2\Delta_{кр} L,$$

где $\Delta_{кр}$ – местная кривизна, мкм/мм; L – длина заготовки или ее обрабатываемого конца, выступающего из приспособления. Значение $\Delta_{кр}$ приводится в таблицах в зависимости от габаритных размеров заготовки, метода ее получения и вида механической обработки.

Другие виды пространственных отклонений, в том числе смещения осей в минимальный припуск при размерном анализе не включаются, т.к. являются самостоятельными звеньями размерной цепи. Аналогичная ситуация возникает и с погрешностью установки e_i , так как все ее элементы входят в допуск на технологический размер.

Таблицы с расчетными параметрами для определения величин минимальных припусков для наиболее распространенных методов обработки подробно отражены в [53] (глава 20 [47]).

Допуски на технологические размеры определяются по таблицам статистической точности [53] (главы 15, 21 [47]).

Выбирая значения среднестатистической экономической точности по таблицам статистической точности, следует иметь в виду то, что они составлены на основании опытных данных операций, когда установочные базы совпадали с конструкторскими и последние имели минимальные пространственные погрешности [33]. Наличие погрешности от несовпадения установочных и измерительных баз делает любую операцию менее точной. Поэтому в допуск на технологический размер включают среднестатистическую экономическую точность обработки и погрешность схемы установки.

Таким образом, экономическая точность обработки учитывает те компоненты, источниками которых являются геометрические погрешности (станка, инструмента и приспособления), кинематические погрешности станка, копирование

погрешности заготовки, износ инструмента, тепловые деформации технологической системы и деформации, связанные с закреплением заготовки и приспособления.

3.1.2. Формирование размерных схем технологического процесса

Размерная схема представляет собой технологический документ, в котором графически отражено изменение состояния заготовки на каждой операции ее обработки. Она должна строиться для всех трех осей (проекций), а при необходимости – и для отдельных сечений. Для одного из предполагаемых маршрутов обработки рассматриваемой детали на рис. 3.2 приведена размерная схема технологического процесса обработки заготовки по оси X.

На размерной схеме отражены все поверхности, образующиеся в процессе обработки от заготовки до готовой детали. Так, поверхность 10^0 (4) в детали возникает после трехкратной обработки основания с удалением припусков Z_1, Z_2 и Z_3 , что ведет к исчезновению поверхностей $10^3, 10^{\Pi}, 10^{\text{Ч}}$ (1,2,3). Аналогично возникает поверхность 4^0 (9) отверстия. Однако при каждой обработке вследствие неизбежного смещения возникает новая ось. В данном случае оси также считаются условными поверхностями. Ось $о4^3$ (16) отверстия заготовки после удаления припуска Z_6 исчезает, и возникает ось $о4^{\Pi}$ (15) промежуточного состояния отверстия $о4^0$ (9). Все поверхности объекта обработки нумеруются в том порядке, в котором они расположены на схеме детали (в данном случае номерами 1...38).

Технологические размеры на размерной схеме являются векторными величинами и откладываются от соответствующих технологических и настроечных баз (обозначены кружочками). Обозначение технологических размеров должно быть аналогичным обозначению технологических размеров, указанных в таблице маршрута обработки (табл. 2.14). Если внутри этапа на одной операции с поверхности снимается несколько припусков, то идентичные по обозначению выдерживаемые размеры нумеруются индексами 1 и 2 (размер K8 на рис.3.2).

Размеры заготовки (Z_i) и детали (F_i), припуски (z_i) и смещения (p_i) осей считаются симметричными величинами и откладываются без выбора одного из направлений.

Размерная схема позволяет выделять технологические размерные цепи, где замыкающими звеньями будут размеры детали F_i , припуски z_i и смещения p_i . В одну размерную цепь может входить только одно замыкающее звено.

3.1.3. Построение исходного и производного графов, формирование уравнений размерных цепей

Выделение размерных цепей с помощью размерной схемы – относительно несложная задача, если в них имеются два или три звена. Но для более длинных цепей задача существенно усложняется. С этой точки зрения более подходящим методом будет выделение размерных цепей с помощью графов технологического процесса.

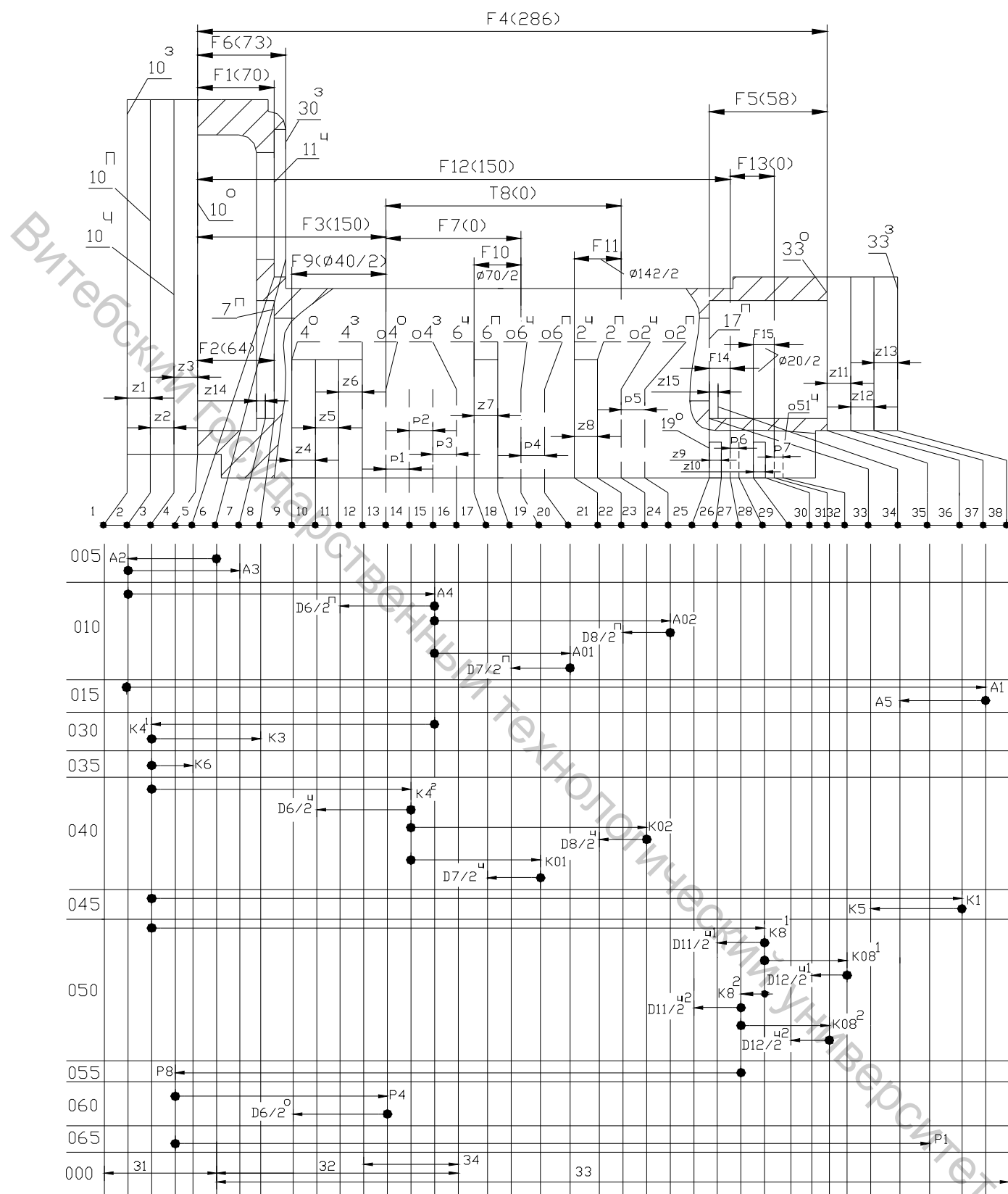


Рис. 3.2. Размерная схема технологического процесса по оси X

На рис. 3.3 представлены исходный и производный графы размерных связей технологического процесса изготовления рассматриваемой детали по оси X. Исходный граф связывает поверхности замыкающими звеньями, а производный граф – технологическими размерами.

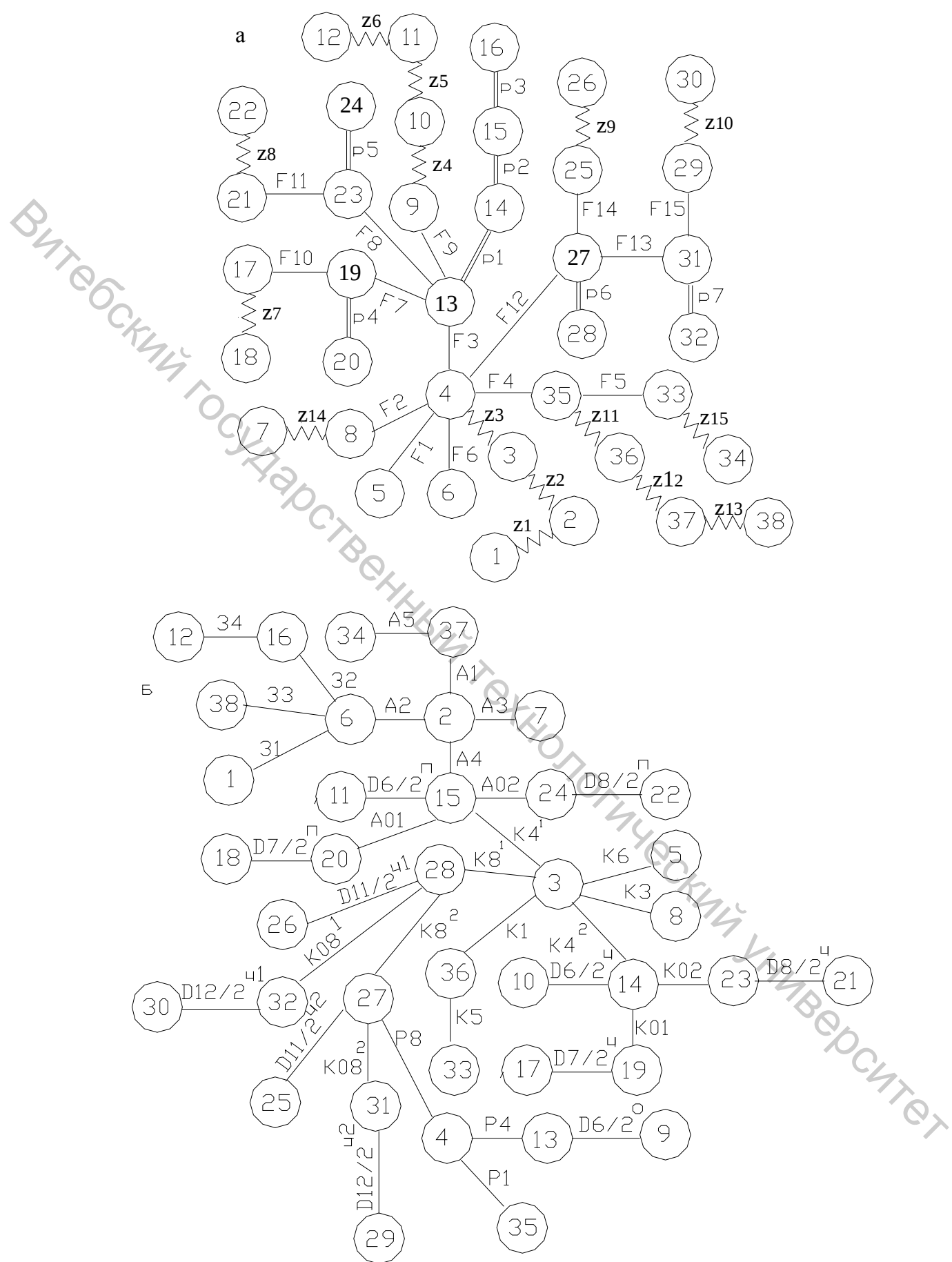


Рис. 3.3. Исходный (а) и производный (б) графы технологического процесса изготовления детали

Замкнутые контуры (размерные цепи) посредством производного графа выделяются следующим образом. На данном графе отмечаются номера поверхностей, связанных замыкающим звеном, после чего легко находится кратчайший путь, соединяющий на графе отмеченные поверхности. Например, если замыкающее звено z_{14} связывает поверхности 7 и 8, то кратчайшим путем, соединяющим их на производном графе, является цепочка из звеньев $A_3-A_4-K_4^1-K_3$. Кратчайший путь всегда будет единственно возможным. Он позволяет записать уравнение размерной цепи без ее построения по следующим правилам: 1) в левой части уравнения записывается замыкающее звено со знаком «+»; 2) обход размерной цепи начинается с той из поверхностей, связанных замыкающим звеном, у которой меньший номер, в направлении отхода от замыкающего звена; 3) по мере обхода в правой части уравнения составляющие звенья записываются со знаком «+», если переход через данное звено идет от поверхности с меньшим номером к поверхности с большим номером, и со знаком «-», если переход идет от поверхности с большим номером к поверхности с меньшим номером. Для звена уравнение размерной цепи будет иметь вид

$$Z_{14} = -A_3 + A_4 - K_4^1 + K_3.$$

Для рассматриваемого примера получаются следующие уравнения размерных цепей:

$$F_4 = P_1$$

$$F_{12} = P_8$$

$$F_3 = P_4$$

$$F_{11} = D_8/2^q$$

$$p_6 = K_8^2$$

$$F_{10} = D_7/2^q$$

$$F_9 = D_6/2^0$$

$$F_{14} = D_{11}/2^{q_2}$$

$$F_{15} = D_{12}/2^{q_2}$$

$$F_{13} = K_8^2$$

$$z_1 = 31 - A_2$$

$$z_2 = A_4 - K_4^1$$

$$p_2 = -K_4^2 + K_4^1$$

$$z_3 = K_8^1 - K_8^2 - P_8$$

$$p_3 = -A_4 + A_2 + 32$$

$$p_7 = -K_8^2 + K_8^2 + K_8^1$$

$$z_{13} = -A_1 + A_2 + 33$$

$$z_9 = D_{11}/2^{q_2} + K_8^2 - D_{11}/2^{q_1}$$

$$F_1 = P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_6$$

$$F_2 = P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_3$$

$$z_{12} = -K_1 + K_4^1 - A_4 + A_1$$

$$p_5 = -K_02 - K_4^2 + K_4^1 + A_02$$

$$p_4 = -K_01 - K_4^2 + K_4^1 + A_01$$

$$z_{11} = -P_1 + P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_1$$

$$p_1 = -P_4 + P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_4^2$$

$$z_6 = D_6/2^{\Pi} - A_4 + A_2 + 32 - 34$$

$$z_5 = D_6/2^q - K_4^2 + K_4^1 - A_4 - D_6/2^{\Pi}$$

$$z_{10} = D_{12}/2^{q_2} - K_8^2 + K_8^2 + K_8^1 - D_{12}/2^{q_1}$$

$$F_8 = -P_4 + P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_4^2 + K_02$$

$$F_7 = -P_4 + P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_4^2 + K_01$$

$$F_5 = K_5 - K_1 + K_8^1 - K_8^2 - P_8 + P_1$$

$$F_6 = P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_4^1 - A_4 + A_2$$

$$z_8 = D_8/2^q - K_02 - K_4^2 + K_4^1 + A_02 - D_8/2^{\Pi}$$

$$z_{15} = K_5 - K_1 + K_4^1 - A_4 + A_1 - A_5$$

$$z_7 = D_7/2^q - K_01 - K_4^2 + K_4^1 + A_01 - D_7/2^{\Pi}$$

$$z_4 = D_6/2^0 - P_4 + P_8 + K_8^2 - K_8^1 + K_4^2 - D_6/2^q$$

3.1.4. Расчет технологических размеров и размеров заготовки.

Расчет уравнений размерных цепей осуществляется в два этапа.

Этап 1. Проверочный.

Определяется запас по допуску $T(F_i)$, для чего вычисляется поле рассеяния замыкающего звена F_i :

$$wF_i = \sqrt{\sum l^2 (T(C_i))^2 + (T(Z_i))^2},$$

где $T(C_i)$, $T(Z_i)$ – допуски технологических размеров и размеров заготовки, λ – коэффициент относительного рассеяния, учитывающий закон распределения размера (в учебных целях допускается принимать усредненное значение 1,44).

Технологический процесс спроектирован правильно, если соблюдается неравенство

$$T(F_i) > wF_i,$$

т.е. имеется некоторый запас $\Delta w_i > 0$ по допуску на чертежный размер, определяемый выражением

$$\Delta w_i = T(F_i) - wF_i.$$

Дефицит по точности замыкающего звена (т.е. $\Delta w_i < 0$) является признаком неизбежности выхода части деталей в брак. В таком случае необходимо выбранные ранее допуски технологических размеров $T(C_i)$ уменьшить, предусмотрев для этого повышение точности отдельных операций за счет смены оборудования, применения более совершенных приспособлений, инструмента и средств активного контроля. Если это по каким-либо причинам невозможно, то необходима корректировка технологического процесса, которая заключается: 1) в выборе других баз и иной, по сравнению с имеющейся, простановкой размеров на операциях, что может обеспечить укорочение размерной цепи; 2) во введении промежуточного перехода (или переходов), который позволит повысить точность каких-либо составляющих звеньев.

Этап 2. Расчетный.

Расчет технологических размерных цепей осуществляется по средним значениям вероятностным методом.

Для чего рассчитываются средние значения припусков по формуле.

$$z_{cpi} = z_{mini} + \frac{\sqrt{l_i^2 \sum (T(C_i))^2 + \sum (T(Z_i))^2}}{2}.$$

Средние значения чертежных размеров определяются по формулам:

$$F_{срi} = F_i + \frac{T(F_i)}{2} \text{ для охватываемого размера (отверстия),}$$

$$F_{срi} = F_i - \frac{T(F_i)}{2} \text{ для охватывающего размера (вала),}$$

$$F_{срi} = F_i \text{ для прочих размеров.}$$

Решение системы полученных уравнений размерных цепей, осуществляется (после определения средних значений замыкающих звеньев) любым известным методом (метод Гаусса, с помощью определителей и т.д.).

При расчетах округление получаемых значений осуществляется до четвертого знака после запятой. После решения системы необходимо рассчитать номинальные значения размеров заготовки и технологических размеров. После чего необходимо округлить полученные значения технологических размеров и размеров заготовки в соответствии с порядком допуска на соответствующий размер. Данные расчетов сводятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Сводная таблица расчетов припусков, технологических
размеров и размеров заготовки

Припуски		Чертежные размеры				Технологические размеры				Размеры заготовки			
Z _{min}	Z _{срi}	Обозн.	F _i	T(F _i)	F _{срi}	Обозн.	T(C _i)	C _{срi}	C _{номi}	Обозн.	T(Z _i)	Z _{срi}	Z _{номi}

3.2 Определение режимов резания

Определение режимов резания в ходе курсового проектирования производится по расчетным формулам [53, стр. 261-300] (для трех разнородных переходов) и по приближенным нормативам [49] (или главы 22 [47]).

Решение задачи определения режимов резания расчетным путем проводить в следующей последовательности.

1. *Определяется глубина резания t.*

Пусть режимы резания рассчитываются для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания. Глубина резания для сверления $t = 0,5D$, а для рассверливания, зенкерования или развертывания – определяется из выражения

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

2. *Определяется подача S и корректируется по паспорту станка..*

Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания подача определяется по [53, табл. 25-27, стр. 277] или по главе 22 [47].

3. *Определяется период стойкости инструмента.*

Экономическая стойкость инструмента для всех видов обработки определяется по формуле

$$T = (m - 1) \left(t_{c.u.} + \frac{Z_u}{E} \right),$$

где μ – эмпирический параметр; $\tau_{c.u.}$ – время смены затупившегося инструмента; Z_u – затраты на эксплуатацию инструмента за период стойкости; E – затраты на эксплуатацию рабочего места за одну минуту.

Значения μ , $\tau_{c.u.}$ и отношения Z_u/E определяются по главе 22 [47].

4. По эмпирическим формулам определяется скорость резания.

Для сверления скорость резания определяется по формуле

$$V_u = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

а при рассверливании, зенкерования и развертывании

$$V_u = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v,$$

C_v , q , m , x , y определяются по [53, табл. 28-29 стр. 278-279]

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv},$$

где $K_{mv} = \left(\frac{750}{s_g} \right)^{n_v}$ – сталь; $n_v=0,9$ для быстрорежущей стали; $n_v=1$ для твердого сплава;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,3} \text{ – серый чугун; } K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{1,3} \text{ – ковкий чугун;}$$

K_{mv} для цветных сплавов определяется по [53, табл. 1-4, стр. 262-263];

K_{uv} определяется по [53, табл. 6, стр. 263];

K_{lv} определяется по [53, табл. 31, стр. 280].

5. Определяется частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 V_u}{\pi D}.$$

Полученное значение корректируется по паспорту станка.

Если неизвестны все значения частоты вращения шпинделей, подач и чисел двойных ходов, то принимают во внимание следующее.

Частоты вращения шпинделей металлорежущих станков нормализованы, поэтому полученные расчетом значения округляются до ближайших, имеющих в нормальных рядах. Числа двойных ходов в минуту и подачи

выбираются из этих рядов. Каждый из таких рядов построен по закону геометрической прогрессии.

В справочниках указываются обычно числа $n_{\max}$ и $n_{\min}$ оборотов шпинделей, двойных ходов и подач.

Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{\max} = n_{\min} j^{m-1},$$

где m — общее число ступеней скорости соответствующего элемента станка — шпинделя токарного или фрезерного станка, стола продольно-строгального станка и др.; j — знаменатель ряда.

Отсюда можно определить любую из четырех величин $n_{\max}$, $n_{\min}$, j или m , если известны или выбраны значения всех остальных.

Чаще всего необходимо для построения ряда по известным $n_{\max}$, $n_{\min}$, m определить j . В станкостроении принято семь нормализованных геометрических рядов соответственно следующим значениям знаменателя j : 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

В современных станках чаще всего применяются средние значения знаменателя j : 1,26; 1,41 или 1,58; другие значения j , особенно меньше 1,26, используются реже.

В тех случаях, когда ряды частоты вращения подач или двойных ходов построены на вышеуказанных нормализованных значениях знаменателя, можно воспользоваться следующей методикой для определения значения j и принятого значения частоты вращения, подачи или двойных ходов.

Из формулы для $n_{\max}$ следует

$$j^{m-1} = n_{\max} / n_{\min}.$$

Значения нормализованных знаменателей рядов j , возведенные в степень, приведены в главе 22. Пользуясь таблицей, можно легко определить значение j на основании заданных в технической характеристике станка $n_{\max}$, $n_{\min}$ и m .

Для этого вычисляется частное $n_{\max} / n_{\min}$ и в строке таблицы, соответствующей степени $m-1$, находим то числовое значение j^{m-1} , которое равно или близко вычисленному. В головке графы, в которой приводится это число, указано соответствующее данному ряду значение j .

Затем делим расчетное значение частоты вращения двойных ходов или подачи на минимальное и получаем расчетное значение j в степени x .

В той же графе таблицы для найденного ранее значения j выбираем ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $j^x = n_{\text{расч}} / n_{\min}$.

Умножив затем найденное в таблице значение j^x на $n_{\min}$, получим принятые частоту вращения, число двойных ходов или подачу.

6. Определяется действительная скорость резания.

Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания

$$V_{\partial} = \frac{\pi D n_{\partial}}{1000}.$$

7. Определяются силы и моменты резания.

При сверлении осевая сила (Н), крутящий момент (Н*м) определяются по формулам

$$P_o = C_p D^q S^y K_p; \quad M = 10 C_m D^q S^y K_m,$$

а при рассверливании и зенкерования

$$P_o = C_p D^q t^x S^y K_p; \quad M = 10 C_m D^q t^x S^y K_m.$$

где C_p, q, y — определяется по [53, табл. 32, стр.281];

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{S_6}{750} \right)^{0,75} - \text{сталь}; \quad K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{0,6} - \text{серый чугун};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{0,6} - \text{ковкий чугун}.$$

8. Определяется мощность, затрачиваемая на резание.

Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания

$$N_{рез} = \frac{Mn}{9750}.$$

9. Проверяется достаточность мощности привода станка по условию

$$N_{рез} \leq N_{уп},$$

$$N_{уп} = N_{\partial} h,$$

$$h = 0,8.$$

Данные расчетов сводятся в таблицу режимов резания (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Таблица режимов резания

№ операции	Переход	Длина рабочего хода	Глубина резания	Подача	Минутная подача	Скорость резания	Частота вращения шпинделя
		мм	t,	S_o, S_{∂}	$S_m,$	V,	n,

			<i>мм</i>	$\frac{мм}{об}$ $\frac{мм}{дв.х}$	$\frac{мм}{мин}$	$\frac{м}{мин}$	$\frac{об}{мин}$
005	Фрезеровать пов.						

Витебский государственный технологический университет

4 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1. Расчет норм времени для всех операций

Технические нормы времени (в условиях массового и серийного производств) устанавливаются расчетно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт},$$

в массовом производстве определяется норма штучного времени $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от},$$

где T_{n-3} — подготовительно-заключительное время, мин; n — количество деталей в настроечной партии, шт.; T_o — основное время, мин; T_e — вспомогательное время, мин. Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы: $T_e = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{из.}$; $T_{у.с.}$ — время на установку и снятие детали, мин; $T_{з.о.}$ — время на закрепление и открепление детали, мин; $T_{уп.}$ — время на приемы управления, мин; $T_{из.}$ — время на измерение детали, мин; $T_{об.}$ — время на обслуживание рабочего места, мин. Время на обслуживание рабочего места $T_{об.}$ в массовом производстве и при шлифовании в серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание $T_{орг}$ и времени на техническое обслуживание рабочего места: $T_{об} = T_{тех} + T_{орг}$; $T_{от}$ — время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Основное время T_o вычисляется на основании принятых режимов резания по формулам в зависимости от длины рабочего хода, подачи, частоты вращения заготовки. Нормативы на отдельные элементы вспомогательного времени для массового производства приведены в главе 23 [47]. Нормативы вспомогательного времени, приведенные в главе 23 [47], можно в учебных целях использовать и для нормирования вспомогательного времени в серийном производстве, применяя коэффициент k в крупносерийном — 1,5, а в среднесерийном производстве — 1,85. Основанием для этого служат результаты анализа структуры штучно-калькуляционного времени в основных типах производства.

В массовом производстве время на техническое обслуживание рабочего места $T_{тех}$ определяется по следующим формулам:

для токарных, фрезерных и сверлильных операций $T_{тех} = T_o * t_{см} / T$;

для шлифовальных операций $T_{тех} = T_o * t_n / T$;

для остальных операций $T_{тех} = T_o * \Pi_{тех} / T$,

где T_o — основное время, мин; $t_{см}$ — время на смену инструментов и подналадку станка, мин; t_n — время на одну правку шлифовального круга, мин; $\Pi_{тех}$ — затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного; T — период стойкости при работе одним инструментом или расчетный пери-

од стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментной обработке, мин.

Нормативные значения времени $t_{см}$, t_n , $\Pi_{тех}$ приведены в главе 22 [47].

Время на организационное обслуживание рабочего места $T_{орг}$ в массовом производстве для всех операций определяется в процентах от оперативного времени (их значения приведены в главе 22 [47]).

Эти же нормативы можно в учебных целях использовать и для определения $T_{тех}$ и $T_{орг}$ при нормировании шлифовальных операций в серийном производстве.

В серийном производстве для всех остальных операций $T_{об}$ и $T_{от}$ по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени.

Оперативное время $T_{оп} = T_{об} + T_{от}$, а общее время на обслуживание рабочего места и отдых в серийном производстве

$$T_{об.от} = T_{оп} * \Pi_{об.от} / 100.$$

Время перерывов на отдых и личные надобности при нормировании работ в массовом производстве $T_{от} = T_o * \Pi_{от} / 100$, где $\Pi_{от}$ – затраты времени на отдых в процентном отношении к оперативному. Соответствующие значения $\Pi_{от}$ приведены в главе 22 [47] для массового производства. Здесь же приводятся данные нормирования шлифовальных работ в серийном производстве.

Приведенные выше формулы для определения штучного и штучно-калькуляционного времени можно представить в виде

$$T_{шт} = T_o + T_{у.с} + T_{з.о} + T_{ун} + T_{уз} + T_{тех} + T_{орг} + T_{от},$$

в серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальных,

$$T_{шт-к} = T_{н-з} / n + T_o + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{ун} + T_{уз})k + T_{об.от},$$

для шлифовальных операций

$$T_{шт-к} = T_{н-з} / n + T_o + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{ун} + T_{уз})k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}.$$

Пусть необходимо рассчитать норму штучно-калькуляционного времени для операции 005. Производство среднесерийное, размер партии деталей 100 шт.; размеры контролируются штангенциркулем с установкой его на размер в процессе измерения (4 размера). Деталь устанавливается в приспособлении предположительно с винтовым зажимом.

Приближенное основное время $t_o = 2,27$ мин.

Определяем состав подготовительно-заключительного времени: установка приспособления с креплением болтами – 14 мин; настройка инструмента – 2 мин; получение инструмента и приспособлений до начала работы и сдачи их после завершения работы – 7 мин. (раздел 23.2.5 [47] на подобные – фрезерные станки). Тогда

$$T_{n-3} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ мин.}$$

Время на установку и снятие детали, закрепление ее и открепление (раздел 23.1 [47])

$$T_{y.c} + T_{3.o} = 0,13 + 0,128 = 0,258 \text{ мин.}$$

Время на приемы управления: включить и выключить станок кнопкой — 0,01 мин (раздел 23.1.8 [47]); время смены инструмента и позиционирование заготовки — 0,14 мин; (по паспорту станка) тогда

$$T_{yn} = 0,01 + 0,14 = 0,15 \text{ мин.}$$

Время, затраченное на измерения детали, равно 0,69 мин.

Поправочный коэффициент на вспомогательное время при среднесерийном производстве $k = 1,85$. Вспомогательное время $T_e = (0,258 + 0,15 + 0,59) 1,85 = 1,8463 \text{ мин.}$

Оперативное время

$$T_{on} = 2,2713 + 1,8463 = 4,1176 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 8 % оперативного времени (раздел 23.2.1 [47]), тогда

$$T_{об.от} = 4,1176 * 0,08 = 0,3294.$$

Штучно- калькуляционное время

$$T_{шт-к} = 23/100 + 2,2713 + 1,8463 + 0,3294 = 4,677 \text{ мин.}$$

Результаты определения $T_{шт}$ или $T_{шт-к}$ сводится в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операций	T_o	T_e			T_{on}	$T_{об,от}$	T_{n-3}	n	$T_{шт-к}$
		$T_{y.c} + T_{3.o}$	T_{yn}	$T_{из}$					
005 программно-комбинированная	2,27	0,258	0,15	0,69	4,1176	0,3294	23	100	4,677
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

5. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ, МАРШРУТНОЙ КАРТЫ, МАРШРУТНО-ОПЕРАЦИОННЫХ КАРТ И КАРТ ЭСКИЗОВ. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Расчетно-пояснительная записка

5.1.1. Структурные элементы расчетно- пояснительной записки (записки)

Структурными элементами являются:

- **титульный лист;**
- **бланк задания на курсовое проектирование;**
- **содержание;**
- **обозначения и сокращения;**
- **введение;**
- **основная часть;**
- **заключение;**
- **список использованных источников;**
- **приложения.**

Обязательные структурные элементы выделены полужирным шрифтом. Остальные структурные элементы включают в записку по усмотрению исполнителя.

5.1.2. Требования к содержанию структурных элементов записки

5.1.2.1. Титульный лист

Титульный лист является первой страницей записки и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

На титульном листе приводят следующие сведения:

- наименование организации, где выполнялся курсовой проект;
- наименование структурного подразделения;
- наименование курсового проекта;
- фамилии и инициалы исполнителя проекта, курс, группа;
- должность, ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя проекта;
- место и год выполнения проекта.

5.1.2.2. Содержание

Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы записки.

5.1.2.3. Обозначения и сокращения

Структурный элемент «Обозначения и сокращения» содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данной пояснительной записке. Запись обозначений и сокращений проводят в порядке приведения их в тексте отчета с необходимой расшифровкой к пояснениями.

5.1.2.4. Введение

Введение должно содержать сведения о планируемом уровне проекта, должна быть показана актуальность темы.

5.1.2.5. Основная часть

Основная часть содержит все разделы указанные в гл. 5.1.

5.1.2.6. Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполнения проекта.

5.1.2.7. Список использованных источников

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при курсовом проектировании. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.

5.1.2.8. Приложения

В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполнением проекта, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть.

5.1.3. Правила оформления записки

5.1.3.1. Общие требования

Страницы текста записки и включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327.

Пояснительная записка должна быть выполнена либо от руки, либо любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через 1,2 – 1,5 интервала (расстояние между строчками 7-9 мм). Цвет шрифта должен быть черным или синим, высота букв, цифр и других знаков – не менее 1,8 мм (кегель не менее 12).

Текст записки следует писать (печатать), соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм., левое – 30 мм.

Разрешается использовать возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя шрифты разной гарнитуры.

При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей записке. В записке должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе написания записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы неполностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

5.1.3.2 Построение записки

Наименования структурных элементов записки «Содержание», «Обозначения и сокращения», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» служат заголовками структурных элементов записки.

Основную часть записки следует делить на разделы, подразделы и пункты согласно заданию на курсовое проектирование. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. При делении текста записки на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа либо по середине страницы, но единым образом во всей записке.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Пример — 1, 2, 3 и т. д.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Пример — 1.1, 1.2, 1.3 и т. д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

Пример — 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т. д.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Если текст записки подразделяют только на пункты, их следует нумеровать, за исключением приложений, порядковыми номерами в пределах всей записки.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

5.1.3.3. Нумерация страниц расчетно-пояснительной записки

Страницы записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц записки. Номер страницы на титульном листе не проставляют. Лист задания не включается в общую нумерацию страниц записки.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц записки. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

5.1.3.4. Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов записки

Разделы записки должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точ-

кой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если записка не имеет подразделов, то нумерация пунктов должна быть в пределах каждого раздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Пример

1 Предварительный этап

1.1 ...

1.2 Методы контроля готовой детали

2 Синтетический этап

2.1 ...

2.2 Синтез маршрута обработки детали

Если записка имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками.

Если раздел состоит из одного подраздела, то подраздел не нумеруется. Если подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется. Наличие одного подраздела в разделе эквивалентно их фактическому отсутствию.

Если текст записки подразделяется только на пункты, то они нумеруются порядковыми номерами в пределах всего документа.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т. д.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, о, г, ь, и, ы, ъ), после которой ставится скобка.

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Каждый структурный элемент записки следует начинать с нового листа (страницы).

Нумерация страниц записки и приложений, входящих в состав записки, должна быть сквозная.

5.1.3.5. Иллюстрации

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в записке.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в записке, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

Рисунок 1 — Детали прибора.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

5.1.3.6. Таблицы

Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицу следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в записке. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

5.1.3.7. Примечания

Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца и не подчеркивать.

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы или непосредственно после таблицы.

5.1.3.8. Формулы и уравнения

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример

$$wF_i = \sqrt{\sum l^2 (T(C_i))^2 + (T(Z_i))^2} . (1)$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В.1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. Пример: ... в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок изложения в записке математических уравнений такой же, как и формул.

5.1.3.9. Ссылки

В записке допускаются ссылки на стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках.

5.1.3.10. Титульный лист

Титульный лист содержит реквизиты:

- наименование организации, в которой выполнялся проект;
- наименование структурного подразделения;
- название проекта;
- группа, фамилия, имя, отчество студента;
- должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество руководителя;
- город и год выполнения проекта.

Пример оформления титульного листа приведен в главе 24 [47].

5.1.3.11. Список использованных источников

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте записки (или в алфавитном порядке) и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

5.2. Комплект технологической документации

5.2.1. Общие требования

К технологической документации относятся графические и текстовые документы, которые отдельно или в совокупности определяют технологический процесс изготовления изделия. В УО «ВГТУ» принята следующая комплектность технологических документов:

- титульный лист к картам технологических процессов;
- маршрутные карты (формы 1 (заглавный лист) и 1а (последующие листы) по ГОСТ 3.1118-82, ГОСТ 3.1404-86);
- операционная карта механической обработки (формы 1 и 1а по ГОСТ 3.1118-82, ГОСТ 3.1404-86);
- карта эскизов (ГОСТ 3.1118-82, ГОСТ 3.1105-84)

Технологические документы подшиваются в конце пояснительной записки. Допускается их комплектование в отдельный альбом.

Документы комплекта заполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104-81. Запись в документах должна быть точной и лаконичной. Документы должны заполняться черными чернилами или пастой, притом буквы и цифры должны быть четкими. Высота букв и цифр не менее 2,5 мм. Оформление документов допускается выполнять машинописным способом с шагом письма 2,54 мм.

5.2.2. Титульный лист

Пример оформления титульного листа к картам технологического процесса показан в главе 24 [47].

5.2.3. Маршрутная карта

Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологической документации. Формы МК, установленные стандартом ГОСТ 3.1118-82, являются унифицированными, и их можно применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

При операционном описании технологического процесса МК выполняет роль свободного документа, в котором заполняются при курсовом проектировании указанные в табл. 5.1 строки и графы строк.

Пример заполнения МК показан в главе 24 [47].

5.2.4. Операционные карты

Операционные карты (ОК) предназначены для описания технологического процесса с указанием переходов, параметров режимов резания и данных о техническом оснащении.

В операционных картах строки А и Б заполняются аналогично с МК. В строку Р заносятся данные о параметрах и режиме обработки, а в строку Т – о используемой оснастке и инструменте.

Для изложения технологического процесса используют способ заполнения карты, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк с соответствующими символами.

Таблица 5.1

Заполнение строк маршрутной карты

Строка	Графы	Содержание
1	2	3
M01		наименование, марка материала, стандарт, сортамент
M02	Код	код материала (в курсовом допускается не указывать)
	ЕВ	код единицы величины детали, заготовки, материала по классификатору СОЕВС (в курсовом допускается не указывать)
	МД	масса детали по конструкторскому документу
	ЕН	единица нормирования, по которой установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1,10,100
	Н. расх	норма расхода материала
	КИМ	коэффициент использования материала
		графа код заготовки - указывается метод получения заготовки, профиль и размеры
	Код заготовки	код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки— отливка и т.д.
	Профиль и размеры	профиль и размеры исходной заготовки. Допускается профиль не указывать
	КД	количество деталей, получаемых из одной заготовки
	МЗ	масса заготовки
А	Цех	номер цеха в котором выполняется операция
	Уч	номер участка
	РМ	номер рабочего места
	Опер.	номер операции в технологической последовательности изготовления детали (номер операции записывается тремя знаками с интервалом через пять единиц т.е. 005, 010, 015 и т.д.)
А	Код, наименование операции	см. глава 24 [47]
	Обозначение документа	обозначение документа на операцию, инструкций по охране труда, применяемых на данной операции; состав документов следует указывать через разделительный знак «;»; при необходимости возможен перенос информации на последующие строки
Б	Код, наименование оборудования	код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер; информацию следует указывать через разделительный знак «;»; допускается не указывать инвентарный номер.
	СМ	степень механизации
	Проф.	код профессии по классификатору ОКПДТР и код вида нормы
	Р	разряд работы, необходимый для выполнения операции
	УТ	код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы

1	2	3
	КР	количество исполнителей, занятых при выполнении операции
	КОИД	количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции
	ОП	объем производственной партии
	$K_{шт}$	коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
	$T_{пз}$	норма подготовительно-заключительного времени
	$T_{шт.}$	норма штучного (штучно-калькуляционного) времени

В строках с символом О производится запись содержания операции. Запись следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса информации на следующие строки. Номер перехода записывается в начале строки. Запись содержания элементарного перехода должна выполняться в соответствии с ГОСТ 31702-79 (см. таблицы 24.1-24.4 [47]). Запись инструментального перехода может быть краткой.

На строках с служебным символом записывается в следующей последовательности технологическая оснастка: приспособление; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; средства измерения.

Пример оформления операционной карты показан в главе 24 [47].

5.2.5 Карта эскизов

Карта эскизов (КЭ) - технологический документ, эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологической операции или переходов изготовления детали.

Эскизы выполняются в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление об изделии. Необходимое количество изображений (видов, разрезов, сечений и выносных элементов) на эскизе изделия устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей и возможности простановки всех выдерживаемых размеров.

Допускается не вычерчивать второстепенные элементы детали, не являющиеся существенными или базовыми при выполнении данной операции и не искажающие основную конфигурацию заготовки (например, ребра, пазы, окна, литейные и штамповочные уклоны, обрабатываемые в данной операции фаски, канавки, центровые отверстия, шпоночные пазы, отверстия для крепежных деталей и т.д.).

Деталь на эскизе вычерчивается в рабочем положении. Обрабатываемые на данной операции поверхности обводятся сплошной жирной линией.

На карте эскизов указываются данные, необходимые для выполнения технологического процесса (размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости, технические требования и т.д.). На эскизе не должно быть ни одного лишнего размера, а только те, которые получаются в результате выполнения операции.

Таблицы, схемы и технические требования размещаются на свободном поле КЭ справа от изображения или под ним. Технические требования на карте

эскизов излагаются по ГОСТ 2.316-68. Условные обозначения опор и зажимов проставляются по ГОСТ 3.1107-74, а также согласно главе 19 [47]. Если в операции нужно произвести переустановку заготовки, то на КЭ выполняется эскиз второго установа.

На эскизах все размеры обрабатываемых поверхностей нумеруются арабскими цифрами. Номер размера обрабатываемой поверхности проставляется в окружности диаметром 6...8 мм, которая соединяется с размерной линией. Нумеровать размеры следует в направлении движения часовой стрелки, начиная слева.

Если эскиз заготовки выполнен на КЗ в нескольких проекциях с применением необходимого количества разрезов, сечений и выносных элементов, то следует нумеровать все размеры обрабатываемых поверхностей по направлению движения часовой стрелки, вначале на каждой из проекций в отдельности, а затем в определенной последовательности на имеющихся разрезах, сечениях и выносных элементах.

Пример оформления карты эскизов показан в главе 24 [47].

5.3 Оформление графического материала

Графический материал курсового проекта включает не более 3-х листов, которыми могут быть:

- сборочный чертеж приспособления;
- эскизы операций;
- размерные схемы технологического процесса по трем осям.

Причем возможно задание двух приспособлений и одного листа операционных эскизов либо листа размерных схем.

Графический материал выполняется карандашом на чертежной бумаге форматом 24 (A1) по ГОСТ 2.301-68. Каждый лист графического материала снабжается основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104-68, графы которой заполняются в соответствии с требованиями стандарта.

Чертежи выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-68, ГОСТ 2.107-68, ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.301-68 и других стандартов ЕСКД.

Чертежи приспособлений должны отвечать требованиям ГОСТ 2.102-68 и ГОСТ 2.109-68, предъявляемым к документам технического проекта.

На чертежах общих видов помещается:

- изображение сборочных единиц и деталей, входящих в них;
- размеры и отклонения (посадки);
- номера позиции сборочных единиц и деталей;
- технические требования и указания, необходимые для обработки изделия в сборе и выполнения детализовки сборочных чертежей.

Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для понимания принципа работы, состава приспособления и формы входящих в него деталей.

В случае, когда на данной проекции затруднено изображение детали или группы деталей, следует выносить их как подробность (местный вид, разрез) рядом с проекцией.

На чертежах приспособлений необходимо проставлять:

- габаритные размеры;
- сопрягаемые размеры деталей с указанием посадок;
- принципиально важные для работы размеры, в том числе получаемые обработкой в сборе с допускаемыми отклонениями формы и взаимного расположения.

Все составные части приспособления нумеруются и под этими же номерами указываются в спецификации. Технические требования включают:

- указания по сборке, регулировке и контролю;
- допустимые погрешности взаимного расположения, определяемые служебным назначением приспособления.

Технические требования должны быть сформулированы кратко и так, чтобы исключить их неоднозначное толкование. Форма изложения и порядок их расположения должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.316-68 ЕСКД.

При выполнении чертежей эскизов операций лист формата А1, снабженный одной основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104-68, делится на четыре части, каждая из которых снабжается угловой таблицей (рис. 24.6 [47]).

Чертежи эскизов операций должны содержать:

- упрощенное изображение заготовки в рабочем положении с указанием жирными линиями обрабатываемых на данной операции поверхностей;
- изображение установочных и зажимных элементов приспособления;
- упрощенное изображение инструмента (или наладки) в положении, соответствующем концу обработки, с указанием направления главного движения и движения подачи;
- номер и наименование операции;
- выполняемые размеры и допуски на них, шероховатость и другие технические требования к поверхностям, которые обрабатываются в данной операции;
- угловую таблицу параметров режима обработки (рис. 5.1-5.2).

Наименование и модель станка	V м/мин	n об/мин	t мм	S _o мм/об	S _м мм/мин	T _o мин	T _{шт-к} мин

Рисунок 5.1– Пример оформления угловой таблички чертежей эскизов операций одноинструментной обработки

Наименование и модель станка	№ ин-та	V м/мин	n об/мин	t мм	S _o мм/об	S _м мм/мин	T _o мин	T _{шт-к} мин

Рисунок 5.2– Пример оформления угловой таблички чертежей эскизов операций многоинструментной обработки

Изображение изделия на операционных эскизах допускается вычерчивать в произвольном масштабе. Пример оформления операционного эскиза приведен на рис. 5.3.

Лист размерных схем оформляется согласно таблице 24.7 глава 24 [47]. Таблица размерных параметров – см. таблица. 3.1.

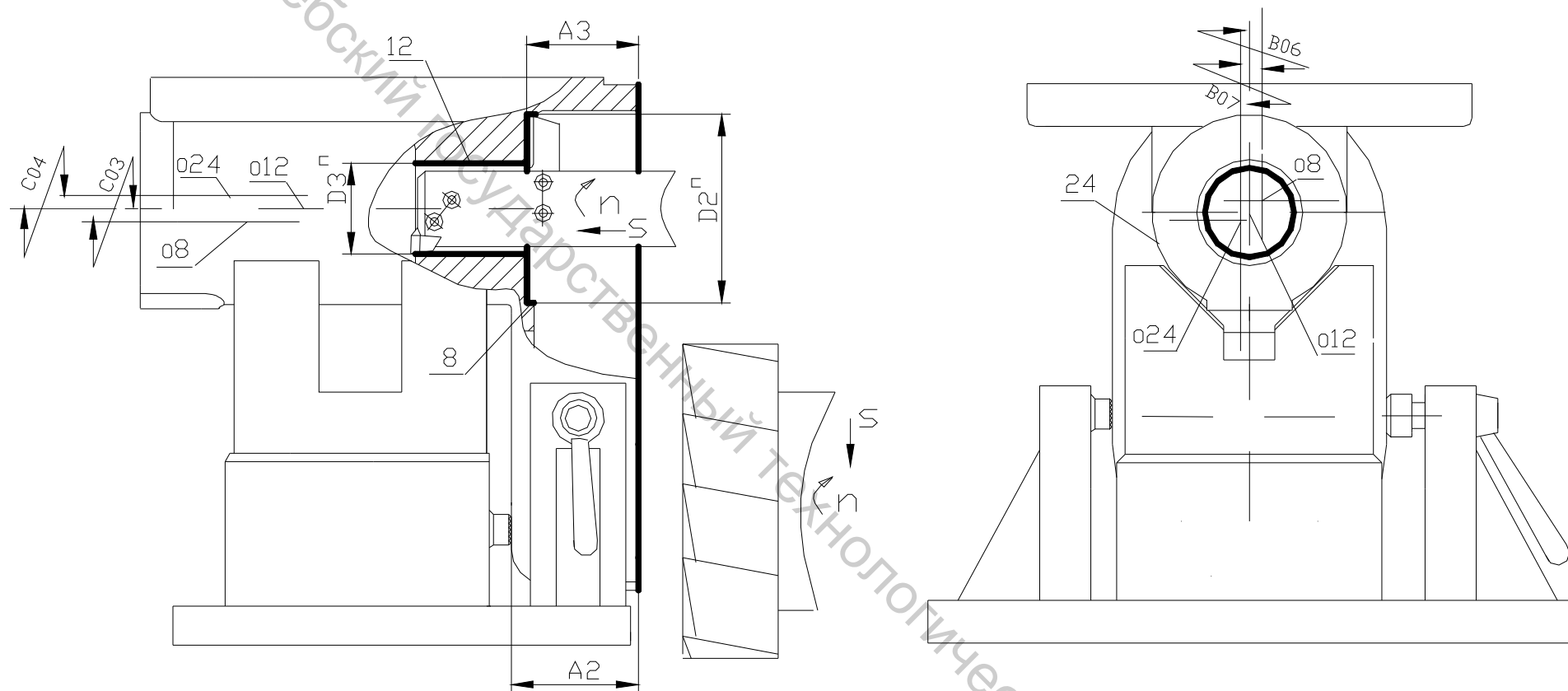


Рис. 5.3. Пример оформления эскиза операции

ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора- машиностроителя. В 2-х ч. Ч. I / В. И. Анурьев. – Москва : Машиностроение, 1980. – 728 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора- машиностроителя. В 2-х ч. Ч. II / В. И. Анурьев. – Москва : Машиностроение, 1980. – 559 с.
3. Балабанов, А. Н. Технологичность конструкций машин / А. Н. Балабанов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 336 с
4. Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – Москва : Машиностроение, 1966. – 556 с.
5. Бергман, А. Г. Инструменты и оснастка для работы на поперечно-строгальных станках / А. Г. Бергман. – Москва : Машиностроение, 1971. – 250 с.
6. Богданов, А. В. Расточное дело / А. В. Богданов. – Москва : Машгиз, 1960. – 232 с.
7. Брук, С. И. Технологические размерные расчеты / С. И. Брук, Б. И. Лившиц, В. Н. Гостев. – Ленинград : Машиностроение, 1946. – 181 с.
8. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / А. Ф. Горбачевич. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
9. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учеб. пособие / В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1986. – 238 с.
10. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – Москва : Машиностроение, 1976. – 301 с.
11. Гусев, А. А. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986. – 480 с.
12. Воробьев, Л. Н. Технология машиностроения и ремонт машин : учебник для вузов / Л. Н. Воробьев. – Москва : Высшая школа, 1981. – 344 с.
13. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
14. Допуски и посадки : справочник. В 2-х ч. Ч. I. – 6-е изд., перераб. и доп. / В. Д. Мягков [и др.]. – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 543 с.
15. Допуски и посадки : справочник. В 2-х ч. Ч. II, 6-е изд., перераб. и доп. / В. Д. Мягков [и др.]. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 448 с.
16. Дунаев, П. Ф. Размерные цепи / П. Ф. Дунаев. – Москва : Машгиз, 1963. – 308 с.
17. Иващенко, И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации / И. А. Иващенко. – Москва : Машиностроение, 1975. – 222 с.
18. Картавов, С. А. Технология машиностроения (специальная часть) / С. А. Картавов. – Киев : Издательское объединение «Вища школа», 1974. – 272 с.
19. Клименков, С. С. Проектирование и производство заготовок : учебник для вузов / С. С. Клименков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 385 с.
20. Кован, В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении / В. М. Кован. – Москва : Машгиз, 1959. – 208 с.
21. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. спец. вузов / И. М. Колесов. – Москва : Высшая школа, 1999. – 591 с.
22. Контрольно- измерительные приборы и инструменты : учебник для нач. проф. образования / С. А. Зайцев [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 464 с.
23. Копылов, Р. Б. Работа на строгальных и долбежных станках / Р. Б. Копылов. – Ленинград : Лениздат, 1975. – 392 с.
24. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П. М. Орлова, Е. А. Скороходова. – 3-е изд. перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1987. – 960 с.

25. Крюк, В. А. Книга молодого строгальщика / В. А. Крюк. – Минск : Беларусь, 1973. – 223 с.
26. Крюк, В. А. Справочник строгальщика / В. А. Крюк, В. Л. Радьков. – Минск : Беларусь, 1966. – 296 с.
27. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. Н. Ковшов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 320 с.
28. Комлев, А. П. Справочник молодого фрезеровщика / А. П. Комлев. – Минск : Вышэйшая школа, 1981. – 288 с.
29. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. С. Корсаков. – Москва : Машиностроение, 1983. – 277 с.
30. Лоскутов, В. В. Сверлильные и расточные станки / В. В. Лоскутов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 151 с.
31. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 464 с.
32. Маталин, А. А. Технология механической обработки / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1977. – 464 с.
33. Матвеев, В. В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении / В. В. Матвеев, Ф. И. Бойков, Ю. Н. Свиридов. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1979. – 112 с.
34. Махаринский, Е. И. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков // Вестник машиностроения. – №2. – 2005. – С. 57-65.
35. Махаринский, Е. И. О теории базирования при механической обработке / Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, Н. В. Беляков // СТМ. – № 4. – 2005. – С. 29-32.
36. Махаринский, Е. И. Основы теории проектирования технических систем : учеб. пособие для студентов вузов / Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, В. И. Ольшанский. – Витебск : Издательство ВГТУ, 1998. – 236 с.
37. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения : учебник / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1997. – 423 с.
38. Медведев, А. И. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.] ; под ред. И. П. Филонова. – Минск : БНТУ, 2003. – 486 с.
39. Цепи размерные. Расчет технологических размерных цепей : методические рекомендации. МР 43-82 / В. В. Матвеев [и др.]. – Москва : ВНИИНМАШ, 1982. – 225 с.
40. Мордвинов, Б. С. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки / Б. С. Мордвинов, Е. С. Огурцов. – Омск : Изд-во ОмПИ, 1975. – 160 с.
41. Ничков, А. Г. Фрезерные станки / А. Г. Ничков. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1984. – 160 с.
42. Обработка деталей машин на расточных станках / под ред. А. Н. Оглобина. – Москва : Машгиз, 1958. – 340 с.
43. Похоровский, А. Д. Наладка и эксплуатация координатно-расточных станков / А. Д. Похоровский. – Москва : Машиностроение, 1978. – 51 с.
44. Проектирование технологии : учебн. для вузов / И. М. Баранчукова [и др.] ; под ред. Ю. Б. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1990. – 416 с.
45. Проектирование технологии : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И. М. Баранчукова [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1990. – 461 с.
46. Проектирование технологических процессов в машиностроении : учебное пособие

для вузов / И. П. Филонов [и др.]. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 910 с.

47. Проектирование технологических процессов. Технология станкостроения : справочник по курсовому проектированию и технологической части дипломных проектов / сост. Е. И. Махаринский [и др.]; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 211 с.

48. Размерный анализ технологических процессов обработки / И. Г. Фридлендер [и др.]; под общ. ред. И. Г. Фридлендера. – Ленинград : Машиностроение, 1987. – 141 с.

49. Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – Москва : Машиностроение, 1972. – 408 с.

50. Солонин, С. И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / С. И. Солонин, И. С. Солонин. – Москва : Машиностроение, 1980. – 110 с.

51. Справочник по производственному контролю в машиностроении / под ред. А. К. Кутая. – Ленинград : Машиностроение, 1974. – 976 с.

52. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. I / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с.

53. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. II / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 496 с.

54. Станочные приспособления : справочник. В 2-т. Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1984. – 592 с.

55. Станочные приспособления : справочник. В 2-т. Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1984. – 656 с.

56. Старостин, В. Г. Формализация проектирования процессов обработки резанием / В. Г. Старостин, В. Е. Лелюхин. – Москва : Машиностроение, 1986. – 136 с.

57. Стрелец, А. А. Размерные расчеты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений / А. А. Стрелец, В. А. Фирсов. – Москва : Машиностроение, 1988. – 120 с.

58. Технологическая оснастка : учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.

59. Технологические основы гибких производственных систем : учеб. для машиностроит. спец. вузов / В. А. Медведев [и др.]; под ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – Москва : Высшая школа, 2000. – 255 с.

60. Технологичность конструкций / под ред. С. Л. Ананьева, В. П. Купровича. – Москва : Машиностроение, 1969. – 424 с.

61. Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1 Основы технологии машиностроения : учеб. пособ. для вузов / Э. Л. Жуков [и др.]; под ред. С. Л. Мурашкина. – Москва : Высшая школа, 2003. – 278 с.

62. Технология машиностроения : учеб. для вузов. В 2-т. Т. 1 / В. М. Бурцев [и др.]; под ред. А. М. Дальского. – Москва : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 1997. – 564 с.

63. Фещенко, В. Н. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – Москва : Высшая школа, 1996. – 250 с.

64. Холмогорцев, Ю. П. Оптимизация процессов обработки отверстий / Ю. П. Холмогорцев. – Москва : Машиностроение, 1984. – 184 с.

65. Цветков, В. Д. Система автоматизированного проектирования технологических процессов / В. Д. Цветков. – Москва : Машиностроение, 1972. – 240 с.

66. Шлифование металлов / под ред. Л. М. Кожуро. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Махаринский Ефим Ильич
Беляков Николай Владимирович
Махаринский Юрий Ефимович
Ольшанский Валерий Иосифович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ

Редактор Меницкий И.Д.
Компьютерная верстка Беляков Н.В.
Корректор Лабусова И.П.
Технический редактор Герасимова О.С.

<u>Подписано к печати</u>	<u>Формат</u>	<u>Усл. печ. лист</u>	<u>Уч.-изд. лист 7.1</u>
Печать ризографическая.	<u>Тираж</u> 163 экз.	Заказ №	

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный
технологический университет»
Лицензия №02330/0133005 от 1 апреля 2004г.