

СТАНУ: 6
0-624

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

О П Р Е Д Е Л Е Н И Е
РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Составители: И. А. Иващенко, Е. П. Крашенинников

УДК 629.7.036

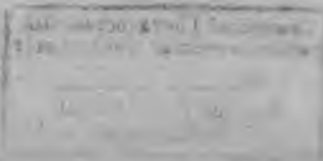
Определение размерно-точностных параметров технологического процесса механической обработки заготовок: Метод, указания к курсовой работе / Сост. И. А. Иващенко, Е. П. Крашенинников; Самар. государств. аэрокосмич. ун-т. Самара, 1992. 40 с.

Содержат краткое изложение содержания курсовой работы по расчету размерно-точностных параметров ТП, методику и примеры выполнения отдельных разделов (этапов) работы. Приводятся расчетные формулы и алгоритмы расчета припусков, операционных допусков и операционных размеров.

Рекомендуются для студентов специальностей 13.02 и 13.04. Выполнены на кафедре производства ДЛА.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва

Рецензент В. И. Легили



ИЗДАТЕЛЬСТВО

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и содержание курсовой работы	1
2. Изучение и анализ рабочего чертежа и технологического процесса изготовления детали	5
3. Проектирование исходной заготовки на основе нормативов общих припусков	8
4. Определение операционных допусков	11
5. Определение линейных операционных размеров	19
5.1. Построение размерной схемы технологического процесса и линейных размерных цепей	19
5.2. Составление уравнений размерных цепей и установление определенности их решения	23
5.3. Определение $Z_{\text{нп}}$ на обработку плоскостей и торцов	24
5.4. Расчет линейных операционных размеров	25
6. Определение диаметральных операционных размеров	26
6.1. Построение комплексной схемы обработки цилиндрических поверхностей и графа операций и биений	26
6.2. Построение цепей биений и составление их уравнений	30
6.3. Решение цепей биений	31
6.4. Определение припусков и диаметральных операционных размеров	35
7. Анализ полученных результатов	36
8. Расчетно-пояснительная записка	38
Библиографический список	39

С О Д Е Р Ж А Н И Е

При проектировании технологических процессов (ТП) механической обработки заготовок размерные расчеты играют важную роль, определяя точность, качество и экономичность изготовления деталей. Принятая методика технологических размерных расчетов как в целом, так и в деталях полностью соответствует требованиям (закономерностям) теории размерных цепей. Это определило структуру и содержание методических указаний.

Для выполнения первой части курсовой работы — определения размерно-точностных параметров технологического процесса традиционным (ручным) способом — студент должен иметь настоящие методические указания и учебное пособие [1], где изложены общие правила выбора операционных допусков, построения и решения размерных цепей, а в приложении имеются справочные таблицы, необходимые для решения отдельных задач проектирования. При выполнении второй части курсовой работы — автоматизированного определения размерно-точностных параметров ТП — следует использовать методические указания [2].

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью настоящей курсовой работы является углубление и закрепление знаний по технологическим размерным расчетам, получаемых студентами на аудиторных занятиях, и привитие студентам умений и навыков выполнения таких расчетов как традиционным способом (вручную), так и автоматизированным с использованием ЭВМ.

Содержание курсовой работы и трудоемкость выполнения ее отдельных этапов представлены в табл. 1.

Содержание и трудоемкость курсовой работы

Разделы, этапы работы	Трудоемкость	
	в часах	в процентах
1. Изучение и анализ рабочего чертежа и технологического процесса заданной детали	1	3,0
2. Проектирование исходной заготовки на основе нормативов общих припусков	2	7
3. Определение операционных допусков	3	10
4. Определение линейных операционных размеров	5	16
4.1. Построение размерной схемы ТП в линейных размерных цепях		
4.2. Составление уравнений размерных цепей и установление очередности их решения		
4.3. Расчет линейных операционных размеров		
5. Определение диаметральных операционных размеров	5	17
5.1. Построение комплексной схемы обработки цилиндрических поверхностей и графа операционных биений		
5.2. Построение цепей биений и составление их уравнений		
5.3. Решение цепей биений		
5.4. Определение припусков и диаметральных операционных размеров		
6. Заполнение карты исходной информации (КИИ) о детали и технологическом процессе	2	7
7. Расчет размерно-точностных параметров технологического процесса на ЭВМ	4	13
8. Анализ полученных результатов	2	7
9. Оформление расчетно-пояснительной записки и приложений к ней	6	20
Всего	30	100%

2. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Для выполнения курсовой работы студентам выдается задание, содержащее рабочий чертеж детали и ТП ее изготовления. Для примера на рис. 1 показан упрощенный (сокращенный) рабочий чертеж детали «Стакан», а на рис. 2 — технологический процесс

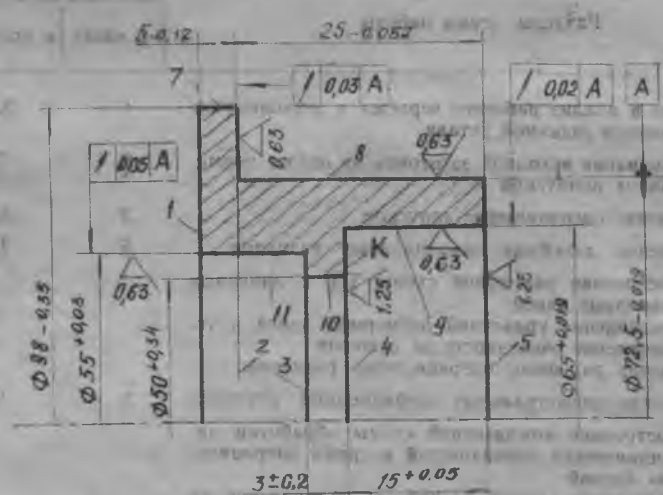
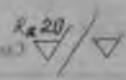


Рис. 1 Чертеж детали «Стакан подшипника». Материал — сталь 12ХНЗА. Торец К и поверхность $\varnothing 65 + 0.019$ цементировать. Глубина слоя после окончательной обработки $0,6 \pm 0,3$. Калить. Твердость цементированной поверхности $HRC_2 = 54$, сердцевины 26—35. Группа контроля 2

ее изготовления. Все примеры размерных расчетов, приведенные ниже, выполнены применительно к этой детали и этому ТП.

При анализе чертежа детали следует оценить соответствие ее конфигурации функциональному назначению, обратить внимание на материал, вид заготовки, характер термической или термохимической обработки. Следует также проанализировать требования к точности размеров, допуски размеров, формы и расположение поверхностей, параметры шероховатости поверхностей, определить конструкторские базы. Здесь же надо проставить допуски свободных размеров на чертеже детали по ОСТ 100623-80. Извлечения из этого стандарта приведены в табл. III приложении к учебнику по собою [1].

На этом же этапе проектирования производится нумерация поверхностей и осей детали (непосредственно на листке задания). Сначала на рабочем чертеже нумеруются слева направо все торцы (плоскости) и оси, координируемые линейными размерами, за-

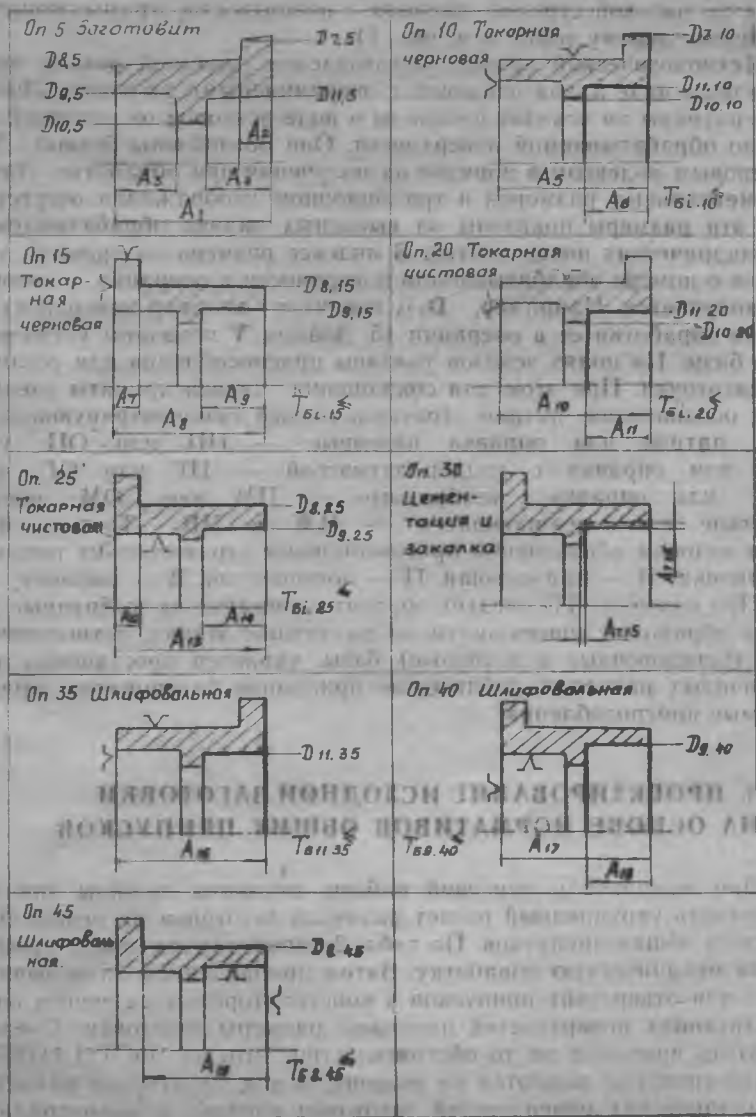


Рис. 2. Технологический процесс изготовления стакана подшипника

тем — цилиндрические поверхности в порядке обхода контура детали по часовой стрелке, начиная с поверхности, примыкающей к крайнему левому торцу (см. рис. 1).

Технологический процесс изготовления заданной детали представлен в виде плана операций с операционными эскизами. Линейные размеры на эскизах показаны в виде векторов от исходной базы до обрабатываемой поверхности. Они обозначены буквой А с цифровым индексом в порядке их получения при обработке. Линии диаметральных размеров в традиционном изображении отсутствуют: эти размеры показаны на выносных линиях обрабатываемых цилиндрических поверхностей. В индексе размера содержится указание о номере обрабатываемой поверхности и операции, в которой он получается. Например, D_{815} означает диаметр поверхности 8 после обработки ее в операции 15. Знаком У показаны установочные заготовки. При этом для сокращения записи приняты следующие обозначения: патрон трехкулачковый самоцентрирующий — ПТ; патрон или оправка цапговые — ПЦ или ОЦ; патрон или оправка с гидропластмассой — ПГ или ОГ; патрон или оправка мембранные — ПМ или ОМ; центра жесткие или вращающиеся — ЦЖ и ЦВ. Третья буква в кодовом обозначении приспособления характеризует точность установки: Н — нормальная, П — повышенная, В — высокая.

При изучении ТП следует обратить внимание на выбранные методы обработки поверхностей на различных этапах, технологические (установочные и исходные) базы, характер простановки операционных размеров, соблюдение принципов базирования, применяемые приспособления.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ НА ОСНОВЕ НОРМАТИВОВ ОБЩИХ ПРИПУСКОВ

При выполнении курсовой работы студенты должны вначале выполнить укрупненный расчет размеров заготовки на основе нормативов общих припусков. По табл. 2 определяются общие припуски на механическую обработку. Затем прибавленным (или вычитанным для отверстий) припуском к конструкторским размерам соответствующих поверхностей получают размеры заготовки. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что по ОСТ 1.41187-78 общие припуски задаются на сторону, и для получения размеров цилиндрических поверхностей заготовки следует к диаметральному размеру этой поверхности на рабочем чертеже прибавить $2z_n$. На рассчитанные таким образом размеры заготовки-штамповки следует назначить допуски, используя указания и данные табл. П4

Общие припуски (на сторону) в мм на механическую обработку штампованных заготовок (по табл. 24 ОСТ 1.41187-78)

Наибольшие габаритные размеры штампованной заготовки, мм	Материал заготовки					
	Стали и титановые сплавы			Алюминиевые, магниевые и медные сплавы		
	Класс чистоты обработки					
	R _z 40	2,5	0,63	R _z 40	2,5	0,63
До 60	1,0	1,5	1,75	0,80	1,25	1,5
Св. 60 до 100	1,25	1,75	2,0	1,0	1,5	1,75
Св. 100 до 160	1,5	2,0	2,25	1,25	1,75	2,0
Св. 160 до 250	1,75	2,25	2,50	1,5	2,0	2,25
Св. 250 до 360	2,0	2,5	2,75	1,75	2,25	2,5
Св. 360 до 500	2,25	2,75	3,2	2,0	2,5	3,0

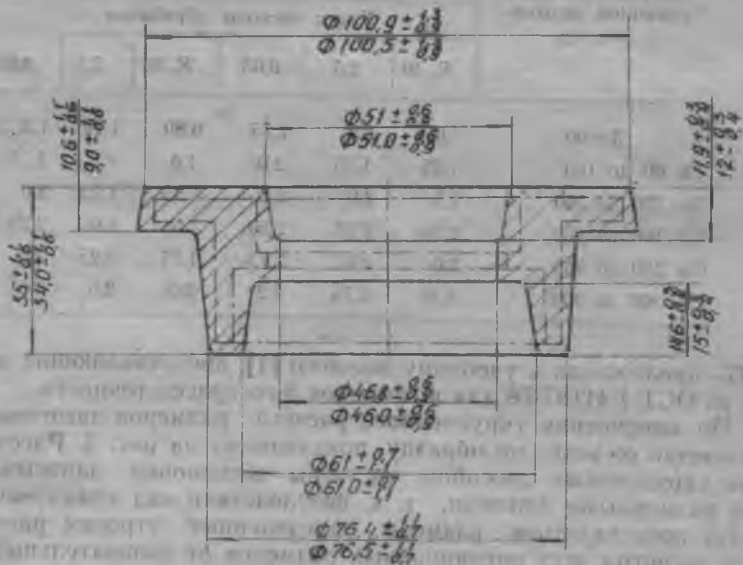
и П5 приложения к учебному пособию [1], представляющие выписку из ОСТ 1.41187-78 для штамповок 6-го класса точности.

По завершении укрупненного расчета размеров заготовки выполняется ее эскиз по образцу, показанному на рис. 3. Рассчитанные укрупненным способом размеры штамповки записываются под размерными линиями, т. к. впоследствии над этими линиями будут проставляться размеры, определенные строгим расчетом, т. е. расчетом всех операционных размеров от окончательных операций до заготовки.

Эскиз исходной заготовки сопровождается указанием на нем технических требований (ТТ), предъявляемых к заготовке. Эти ТТ должны обеспечить качественное получение заготовки как в отношении основных свойств ее материала, так и в отношении точности взаимного расположения поверхностей. Эта точность регламентируется в соответствии с ОСТ 1.41187-78 допусками на смещение половин штампа в плоскости их разъема (табл. 3).

Качество материала гарантируется контролем его механических свойств. ОСТ 100021-72 устанавливает при группы контроля качества материала. При выполнении курсовой работы студенты могут ограничиться назначением третьей группы. В этом случае предусматривается лишь контроль твердости материала всех 100% заготовок по Бринеллю.

Пример назначения ТТ на заготовку-штамповку приведен на рис. 3.



Технические условия

1. Материал - сталь 12ХНЗА
2. Группа контроля мех. свойств материала - 2
3. Твердость HB = 230
4. Смещение штампов в плоскости разреза - до 0,7 мм
5. Штамповочные уклоны: наружные 4° ; внутренние 6°
6. Неуказанные радиусы $R = 5$ мм

Рис. 3. Пример оформления чертежа заготовки

Допускаемое смещение (в мм)
по плоскости разреза штампа
для штампованных заготовок (по табл. 18
ОСТ 1.41187.78)

Площадь проекции штамповки на плоскость разреза штампа, см ²	Классы точности		
	4	5	6
До 16	0,15	0,2	0,3
Св. 16 до 25	0,15	0,2	0,4
Св. 25 до 40	0,20	0,3	0,5
Св. 40 до 80	0,2	0,3	0,6
Св. 80 до 160	0,25	0,4	0,7
Св. 160 до 320	0,25	0,5	0,8
Св. 320 до 480	0,3	0,6	1,0

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ДОПУСКОВ

На этом этапе проектирования определяются (выбираются по таблицам, рассчитываются и т. д.) допуски на линейные и диаметральные операционные размеры всех формоизменяющих операций, допуски расположения (бвенция) и допуски шероховатости поверхности.

Назначение (выбор) допусков на линейные и диаметральные операционные размеры следует выполнять строго в соответствии с правилами, изложенными в учебном пособии [1] на с. 20...25. Затраты времени на работу по определению допусков можно сократить, если эти допуски назначать не по ходу расчета операционных размеров, а одновременно. Для начала необходимо подготовить таблицы по форме табл. 4 для линейных размеров и табл. 5 для диаметральных размеров. В таблицы в колонку 1 вписывают все операции заданного ТП, двигаясь от конца ТП к заготовке. Выдерживаемые в этих операциях линейные и диаметральные размеры заносят в колонку 2 табл. 4 и 5 соответственно. В колонку 3 следует записать номинальные значения размеров. В том случае, если точное значение размера неизвестно (его еще предстоит определить в последующих расчетах), можно записать приближенное значение. Последнее можно получить прибавлением припусков на обработку к размеру детали (по номиналам).

Допуски на линейные операционные размеры и припуски на обработку заготовки согласно ТН на рис. 2

Номера и наименование операций	Личейные размеры		Допуски (отклонения)			Припуск Z_{min}	
	Индекс	Номинальное значение	Индекс	Квалитет	Величина, мм	Индекс	Величина, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
45. Шлифовальная	A ₁₉	25	T ₁₉	9	+0,052	Z ₁₉	0,2
30. Цементация	A _{T15}	1,0	T ₁₅	—	0,2	—	—
25. Токарная чистовая	A ₁₄	15	T ₁₄	10	+0,07	Z ₁₄	0,4
	A ₁₃	31	T ₁₃	11	-0,16	Z ₁₃	0,4
10. Токарная черновая	A ₁₂	6,5	T ₁₂	11	-0,09	Z ₁₂	0,4
	A ₆	13	T ₆	12	+0,18	Z ₆	1,0
5. Заготовительная	A ₅	33	T ₅	14	-0,62	Z ₅	1,0
					+0,31 -0,4		

Следующий шаг — установление качества точности по табл. 6. Чтобы не допустить ошибок, следует внимательно подойти к идентификации каждого операционного размера: если он межоперационный и отсчитывается от необработанной базы, то качество следует определять по колонке 3 табл. 6; если он отсчитывается от обработанной базы — по колонке 4. Если размер является линейным внутриоперационным (внутрикомплексным) или диаметральный, т. е. выполняется по схеме двухсторонней обработки, то качество допуска для таких размеров следует выбирать по колонке 5 табл. 6.

Установленный качество заносят в колонку 5 табл. 4 и 5. Затем с учетом номинального значения размера по табл. ПЗ [1] устанавливают численное значение допуска (отклонения), которое заносят в колонку 6 табл. 4 и 5.

Допуски на технологическую глубину термоупрочняемого слоя (на размеры типа A_{T15} — см. рис. 2) следует принимать: при цементации 0,2 мм, при азотировании 0,1 мм.

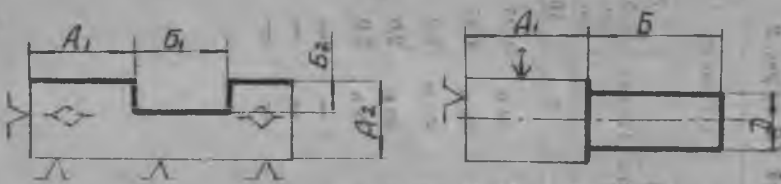
Определение допусков расположения цилиндрических поверхностей (допусков радиального биения) выполняется с целью ограничения неравномерности припуска на выполняемую и последующие ступени обработки. Кроме того, на операциях окончательной

Операционные допуски и припуски на обработку цилиндрических поверхностей ПП по рис. 2

Номера и наименование операций	Диаметральные размеры		Допуски на размеры, мм				Допуски на бисение, мм		Припуск Z, min, мм	
	Индекс	Величина ориентировочная	Индекс	Квалитет	Величина	Индекс	Величина	Индекс	Таблицы	Величина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45. Шлифовальная	D _{0,45}	72,5	T _{0,45}	6	-0,019	T _{0,45}	0,015	Z _{0,45}	0,25	0,15
40. Шлифовальная	D _{0,40}	65	T _{0,40}	6	+0,019	T _{0,40}	0,017	Z _{0,40}	0,25	0,15
20. Токарная чистовая	D _{11,20}	54	T _{11,20}	10	+0,12	T _{11,20}	0,08	Z _{11,20}	0,9	
15. Токарная черновая	D _{0,18}	74	T _{0,18}	12	-0,3	T _{0,18}	0,26	Z _{0,18}	2,0	
	D _{0,15}	63	T _{0,15}	12	+0,3	T _{0,15}	0,26	Z _{0,15}	2,0	
5. Заготовительная (штамповка)	D _{7,5}	102	T _{7,5}	6кл	+1,3,-0,9	T _{7,5}	1,4			
	D _{8,8}	76,5	T _{8,8}	>	+1,1,-0,7	база	0			
	D _{0,8}	61	T _{0,8}	>	+0,7,-1,1	T _{0,8}	0			



Квалитеты точности и классы шероховатости для выбора операционных допусков на размеры и шероховатость поверхностей



Методы обработки		Рекомендуемые квалитеты				Рекомендуемые классы шероховатости
Виды операций	Код	Для размеров типа А		Для линейных типов В и диамет. размеров		
		От не-обработ. базы	От обработ. базы			
1	2	3	4	5	6	
Точение, растачивание, додрезание торцов:						
грубое (обдирочное)	20	14	14	14	1.3	
черновое (получистовое)	21	14	13	12	3.5	
чистовое	22	—	11	10	5.7	
тонкое	23	—	9	7	7.9	
Сверление	31	—	—	12	4.6	
Рассверливание	30	—	—	13	3.5	
Зенкерование:						
черновое заготовок	40	—	—	12	3.5	
чистовое после сверления	41	—	—	10	4.6	
Развертывание:						
предварительное	70	—	—	9	5.7	
чистовое (точное)	71	—	—	7	6.3	
точное	72	—	—	6	7.9	
Фрезерование цилиндрическое:						
черновое	50	14	13	12	3.5	
чистовое	51	—	11	10	5.7	
тонкое	52	—	9	9	7.9	

1	2	3	4	5	6
Фрезерование торцевое:					
черновое	53	14	13	12	3...5
чистовое	54	—	11	9	4...6
тонкое	55	—	9	8	6...8
Шлифование цилиндрических поверхностей:					
предварительное	60	—	—	9	6...8
чистовое	61	—	—	7	7...9
тонкое	62	—	—	6	8...10
Шлифование плоскостей и торцов:					
предварительное	63	—	10	9	5...7
чистовое	64	—	9	8	6...8
тонкое	65	—	8	7	7...9
Протягивание отверстий:					
предварительное	80	—	—	9	6...8
чистовое	81	—	—	8	7...9
тонкое	82	—	—	7	8...10
Притирка цилинд. и плоск. поверхностей:					
чистовая	120				8...10
тонкая	121			Точность повышается на	9...11
зеркальная	122			5—20 мкм	12...14
Полирование:					
черновое	100	—	12	11	6...8
чистовое	101	—	11	10	7...9
тонкое	102	—	10	9	9...11
Хонингование отверстий:					
чистовое	90			Точность снижается на	8...10
тонкое	91			5—20 мкм	9...11
Цементация	140	—	—	0,2	—
Азотирование	144	—	—	0,1	—
Суперфиниширование:					
черновое	110	—	—	7	9...11
чистовое	111	—	—	6	10...12
тонкое	112	—	—	5	11...13

обработки допуски радиального биения должны обеспечивать заданную в технических требованиях (ТТ) чертежа точность расположения поверхностей. Численные значения операционных допусков радиального биения обрабатываемой поверхности относительно поверхности, принятой за установочную базу, можно определить по таблицам, имеющимся в технологической литературе. В нашем случае рекомендуется определять значения допусков биения на операции механической обработки по эмпирическим уравнениям, приведенным в табл. 7. При выборе схемы установки, вида приспособления и его характеристики, степени точности (нормальной Н, повышенной П, высокой В) следует руководствоваться указаниями, приведенными в табл. 8.

Таблица 7
Расчетные формулы для определения допусков радиального биения

Установка заготовок	Расчетные формулы	Значения коэффициентов при степени точности
1	2	3
В трехлапковых патронах и на плунжерных оправках	$T_B = (a_1 + 0,1 T_D) (1 + 0,003 l) \quad (4.1)$	Н $a_{11} = 0,2$ П $a_{12} = 0,04$ В $a_{13} = 0,01$
В цапговых патронах и на цапговых оправках	$T_B = (a_2 + 0,1 T_D) (1 + 0,003 l) \quad (4.2)$	Н $a_{21} = 0,05$ П $a_{22} = 0,03$ В $a_{23} = 0,01$
В патронах и на оправках с гидробластом и других высокооборотных приспособлениях	$T_B = (a_3 + 0,2 T_D) (1 + 0,002 l) \quad (4.3)$	Н $a_{31} = 0,02$ П $a_{32} = 0,01$ В $a_{33} = 0,005$
В центрах	$T_B = (a_4 + b_1 D) (1 + 0,0005 l) \quad (4.4)$	Н $a_{41} = 0,1$ $b_{11} = 0,0003$ П $a_{42} = 0,05$ $b_{12} = 0,0002$ В $a_{43} = 0,01$ $b_{13} = 0,0001$
Поперечность заготовки	$T_B = a_5 + b_2 T_D \quad (4.5)$	Н $a_{51} = 0,2$ $b_{21} = 0,3$ П $a_{52} = 0,1$ $a_{53} = 0,2$

Примечание: D и T_D — диаметр базовой поверхности и его допуск; l — вылет заготовки в патроне или ее длина при установке в центрах; Н, П и В — соответственно нормальная, повышенная и высокая степени точности установки (приспособления).

Применяемость степеней точности приспособлений и схем установки

Схема установки	Степень точн.	Характеристика оснастки	Точность установочной базы	Применение
1	2	3	4	5
В трехкулачковых патронах и на плунжерных оправках	Н	Патрон с закаленными кулачками средней износостойкости	Черный прокат, горячая штамповка, отливка	Для операций черного обтачивания
	П	Патрон с сырыми кулачками, расточенными на размер заготовки	/ T13 или точнее	Для операций чистового обтачивания
	В	Новый или малоизношенный патрон с расточенными кулачками	/ T12 или точнее	Для операций чистового обтачивания и предварительного шлифования
В цанговых патронах и на цанговых оправках	Н	Цанговый патрон норм. точности	После обтачивания и калибр. / T12 и точнее	Для операций обтачивания
	П В	Цанговый патрон с регулировкой или шлифовкой цанги до биения 0,01	После обтачивания и калибр. Прокат / T11 и точнее	Для операций чистового обтачивания и шлифования
В центрах	Н	Центра жесткие и вращающиеся	Обычная зацентровка	Для операций черного обтачивания
	П	Центра жесткие с биением до 0,01	Центровые гнезда приработаны	Для чистового обтачивания и предвар. шлифования
	В	Центра жесткие неподвижные	Центр. гнезда, прираб. или притерты	Для операций тонкого точения и шлифования

1	2	3	4	5
В патронах и на оправках с гидропластом, с тарельчатыми пружинами, с мембранами	Н	Биение рабочей поверхности до 0,02 мм	/ T10 или точнее	Тонкое точение, шлифование предварительное
	П	Биение рабочей поверхности до 0,01 мм	/ T9 или точнее	Окончательное тонкое точение, шлифование
	В	Биение рабочей поверхности до 0,005 мм	То же	То же

Для облегчения и ускорения работы по расчету допусков радиального биения и во избежание ошибок целесообразно этот расчет выполнять по форме табл. 9. В ней приведены фрагменты расчета допусков для операций ТП, представленных на рис. 2.

Таблица 9

Расчет операционных допусков радиального биения

Номер и наименование операций	Схема установки и степень точности	Установ. база		Расчетные формулы	Допуск радиального биения	
		Индекс	Допуск		Индекс	Допуск
1	2	3	4	5	6	7
45. Шлифовальная	Оправка центровая с тарельчатыми пружинами П	D _{0,45}	0,019	По ур-нию (4.3) $T_B = (0,01 + 0,2 \times 0,019) \times (1 + 0,002 \times 30) = 0,015$	T _{Б7 45}	0,015
10. Токарная черновая	Патрон трехкулачковый Н	D _{8,5}	1,8	(4.1) $T_B = (0,2 + 0,1 \times 1,8) \times (1 + 0,003 \times 30) = 0,42$	T _{Б7 10} T _{Б10 10} T _{Б11 10}	0,42 0,42 0,42

Напомним, что допуски радиального биения обозначаются T_b с индексом поверхности и номера операции. Например, допуск на биение поверхности 8 в операции 45 обозначается T_b_{845} . Полученные при расчете значения T_b заносятся в колонку 8 табл. 5.

Задача установления *допусков на шероховатость поверхности* решается за два шага. Сначала для используемого метода обработки (вида операции) по табл. 6 (колонка 6) устанавливается класс шероховатости, а затем по табл. 10 определяется соответствующее значение параметра R_z или R_a . В табл. 6 (колонка 6) для каждого вида операции указываются три возможных класса шероховатости. Выбор одного из них при обработке цилиндрических, торцовых и плоских поверхностей производится в зависимости от диаметра d цилиндрической поверхности или торца или протяженности плоскости l : при d или l до 30 мм принимается наиболее высокий класс, при d или l до 30...180 мм — средний класс, св. 180 мм — низший класс. По установленному классу шероховатости из табл. 10 выбирается количественное значение параметров R_z и R_a . В данной работе для оценки шероховатости рекомендуется во всех классах использовать параметр R_z (высота неровностей по 10 точкам). Принятое значение параметра является наибольшим допустимым. Принятые значения R_z проставляются на операционных эскизах заданного технологического процесса. Их можно использовать также при расчете операционных припусков.

Таблица 10
Параметры шероховатости поверхности

Классы шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_z , не более, мкм	320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
R_a , не более, мкм	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

5.1. ПОСТРОЕНИЕ РАЗМЕРНОЙ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Излагаемая ниже методика определения линейных операционных размеров предусматривает построение и решение технологи-

ческих размерных цепей. Чтобы облегчить выявление и построение размерных цепей, необходимо в качестве первого шага для заданного ТП построить размерную схему ТП. Пример такой схемы для ТП по рис. 2 приведен на рис. 4, а.

Размерная схема ТП строится следующим образом:

а) Основными линиями изображается контур готовой детали. При этом допускаются упрощения (не показываются фаски, галтели, радиусы, можно изображать контур детали до оси и т. п.). Не только допускается, но и рекомендуется некоторое искажение масштаба вдоль оси с тем, чтобы увеличить расстояние (растянуть) между близко лежащими плоскостями (торцами) и уменьшить (сжать) большие расстояния между указанными элементами детали. Это необходимо для того, чтобы избежать перемешивания или даже слияния выносных линий от торцов на разных стадиях обработки.

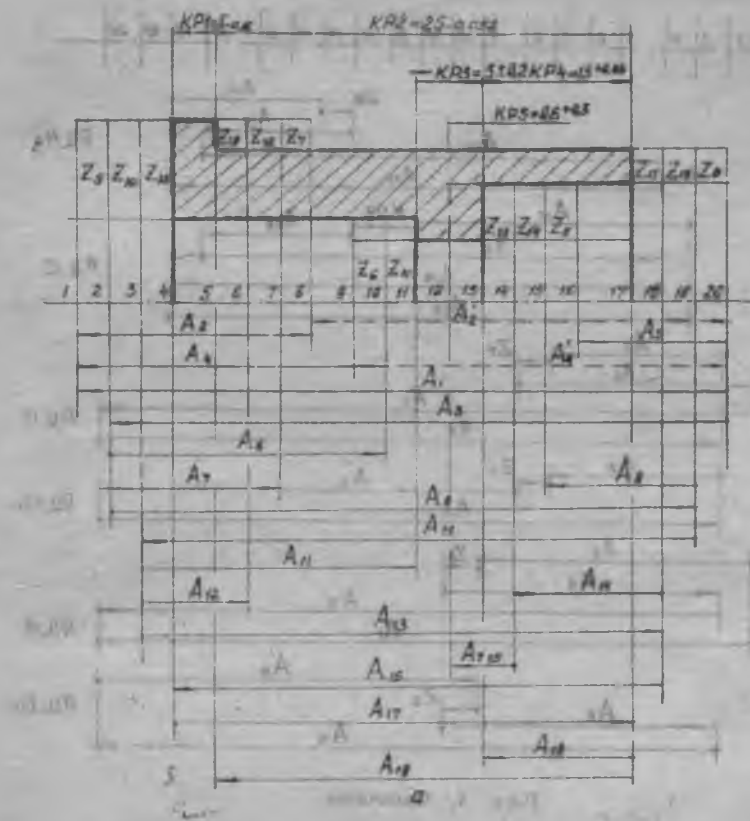
б) К каждому обрабатываемому торцу тонкими линиями пририсовываются припуски на обработку. Крайние тонкие линии образуют контур заготовки.

в) Над проекцией детали наносятся все заданные по чертежу линейные конструкторские размеры. Они индексируются КР1, КР2 и т. п. и приводятся их номиналы и предельные отклонения (рис. 4, а).

г) Ниже контура детали проставляются все линейные операционные размеры заданного направления в той последовательности, в какой они получаются по технологическому процессу (начиная с размеров заготовки). Размеры проставляются в виде векторов в направлении от исходной базы к обрабатываемой поверхности. Операционные линейные размеры обозначаются прописной буквой A_i , где i — порядковый номер, по технологическому процессу.

д) Каждый из операционных припусков следует обозначать буквой z с индексом того линейного операционного размера, при выполнении которого он снимается. Например, припуск, снимаемый при выполнении размера A_5 (рис. 4, а), получает обозначение z_5 .

После построения размерной схемы можно приступить к построению размерных цепей (р. ц.). Общее количество р. ц. (включая и двухзвенные) равно, с одной стороны, количеству замыкающих звеньев (в нашем примере 19: 14 припусков + 5 конструкторских размеров), а с другой — количеству определяемых операционных размеров (в нашем примере от A_1 до A_5). Уравнения всех 19 размерных цепей приведены в табл. 11. На рис. 4, б показано построение некоторых из них. Не показаны двухзвенные р. ц. 1 и 2, как элементарные, не показаны также р. ц. 5...9 — они строятся по типу р. ц. 4, и р. ц. 13, 14, 16, 17 и 18 — аналогичные р. ц. 11.



A_{19}	$R_{4,3}$
A_{18}	
A_{17}	$R_{4,4}$
A_{16}	
A_{15}	
A_{14}	
A_{13}	
A_{12}	$R_{4,13}$
A_{11}	
A_{10}	
A_9	
A_8	
A_7	
A_6	
A_5	
A_4	
A_3	
A_2	
A_1	

Рис. 4. Размерная схема ТП (а) и размерные цепи (б)

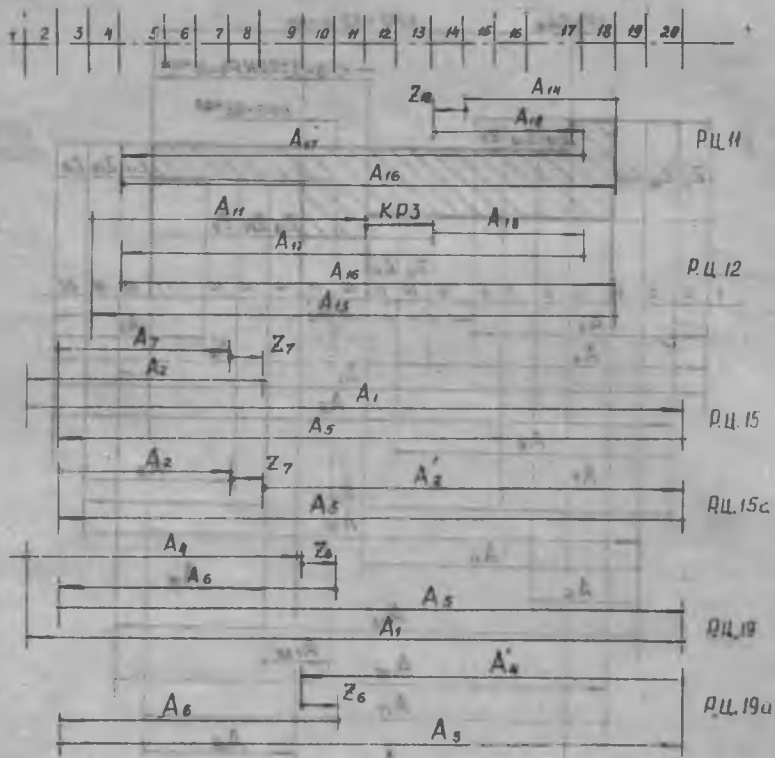


Рис. 4. Окончание

Методика выявления и построения размерных цепей подробно описана в учебном пособии [1] на с. 12...14 и на с. 50. Здесь же отметим следующее: начинать построение цепи необходимо с определения ее замыкающего звена. Замыкающим звеном в технологической р.ц. может быть конструкторский размер КР_i либо операционный припуск z_i . Каждая р.ц. может содержать только одно замыкающее звено. Составляющими звеньями р.ц. служат операционные размеры A_i .

На контуре цепи звенья изображаются в виде векторов, причем конец предыдущего должен совпадать с началом последующего, а конец последнего — с началом первого с тем, чтобы получить замкнутый контур. Построение цепей следует вести, начиная с конца технологического процесса, двигаясь к заготовке.

5.2. СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Уравнение размерной цепи составляется относительно ее замыкающего звена. При этом нужно пользоваться следующим правилом: звенья (размеры) цепи, направленные на контуре цепи в противоположную сторону по сравнению с направлением замыкающего звена, записываются с положительным знаком, а в ту же сторону, что и замыкающее звено — со знаком минус. Например, для показанной на рис. 4, б р. ц. 10 уравнение цепи будет иметь вид

$$KР5 = A_{T15} + A_{17} + A_{14} - A_{18} - A_{16}.$$

В общем случае уравнение замыкающего звена имеет вид

$$A_{\Delta} = \sum_m \bar{A}_i - \sum_n \bar{A}_i. \quad (5.1)$$

В этом уравнении: A_{Δ} — замыкающее звено, \bar{A}_i — увеличивающее составляющее звено, \bar{A}_i — уменьшающее составляющее звено, m и n — количество соответственно увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев цепи.

В ходе выполнения курсовой работы требуется составить уравнения замыкающих звеньев всех размерных цепей (включая и двухзвенные р. ц.) и занести их в колонку 1 таблицы по форме табл. 11. Очередность записи уравнений размерных цепей при их составлении может быть произвольной, она устанавливается по мере их выявления и построения. Однако размерные цепи могут быть решены только в определенной последовательности. Это связано с тем, что проектное решение р. ц. возможно только в том случае, если в ней имеется лишь одно неизвестное звено — искомый составляющий размер. Все остальные составляющие звенья в данной цепи должны быть к этому времени найдены (определены) на основе решения других размерных цепей. Поэтому перед тем как начать решать размерные цепи, их надо упорядочить, установить очередность их решения. В списке уравнений р. ц. (табл. 11) в колонке 2 первые номера присваиваются двухзвенным р. ц., в каждой из которых имеется по одному неизвестному составляющему звену. Затем вносятся в список те из трехзвенных цепей, в которые входят составляющие звенья из двухзвенных цепей и которые могут считаться к этому времени уже известными, затем вносятся многозвенные цепи по такому же принципу. Более подробно методика упорядочения уравнений замыкающих звеньев р. ц. изложена на с. 51—52 учебного пособия [1]. В нашем примере (табл. 11) при упорядочении пришлось поменять местами (номерами) только две размерные цепи: р. ц. 10 и р. ц. 11. Возможны случаи с гораздо большим числом перестановок.

Последовательность уравнений замыкающих звеньев р. и.

Уравнение размерных цепей	Порядковый номер решения	Результат решения цепи
1	2	3
1. $KP2 = A_{19}$	1	$A_{19} = 24,948^{+0,052}$
2. $KP4 = A_{18}$	2	$A_{18} = 15^{+0,043}$
3. $KP1 = A_{17} - A_{19}$	3	$A_{17} = 29,94_{-0,052}$
4. $z_{17} = A_{16} + A_{17}$	4	$A_{16} = 30,2_{-0,062}$
5. $z_{16} = A_{15} - A_{16}$	5	$A_{15} = 30,6_{-0,16}$
6. $z_{13} = A_{10} - A_{13}$	6	$A_{10} = 31,2_{-0,16}$
7. $z_{10} = A_8 - A_{10}$	7	$A_8 = 31,9_{-0,3}$
8. $z_8 = A_5 - A_8$	8	$A_5 = 33,5_{-0,62}$
9. $z_5 = A_1 - A_5$	9	$A_1 = 35_{-0,6}$
10. $KP5 = A_{15} + A_{17} + A_{14} - A_{18} - A_{16}$	11	$A_{15} = 0,90^{+0,2}$
11. $z_{18} = A_{18} + A_{16} - A_{14} - A_{17}$	10	$A_{14} = 15^{+0,07}$
12. $KP3 = A_{17} + A_{13} - A_{11} - A_{15} - A_{16}$	12	$A_{11} = 12,2^{+0,07}$
13. $z_{10} = A_{12} + A_{10} + A_{16} - A_{17} - A_{13}$	13	$A_{12} = 5,75_{-0,06}$
14. $z_{12} = A_7 + A_{10} - A_8 - A_{12}$	14	$A_7 = 7,2_{-0,22}$
15. $z_7 = A_2 + A_5 - A_1 - A_7$	15	$A_2 = 12_{-0,4}$
75a. $z_7 = A_5 - A_7 - A_2$ $A'_2 = 24,1_{-0,6}$	15a	$A_2 = 10,6_{-0,11}$
16. $z_{14} = A_{10} + A_{14} - A_9 - A_{13}$	16	$A_9 = 14,9^{+0,18}$
17. $z_9 = A_3 + A_7 - A_5 - A_9$	17	$A_3 = 14,6_{-0,1}$
18. $z_{11} = A_8 + A_{11} - A_6 - A_{10}$	18	$A_6 = 12,0^{+0,18}$
19. $z_6 = A_1 + A_6 - A_4 - A_8$	19	$A_4 = 11,6_{-0,4}$
19a. $z_6 = A'_4 + A_6 - A_5$ $A'_4 = 23,1_{-0,6}$	19a	$A_4 = 11,9_{-0,4}$

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $z_{i, \min}$ НА ОБРАБОТКУ ПЛОСКОСТЕЙ И ТОРЦОВ

До непосредственного расчета линейных операционных размеров необходимо определить припуски $z_{i, \min}$ на каждую ступень обработки (на каждый переход многопроходных операций) всех торцовых и плоских поверхностей. Это можно выполнить двумя путями: определить по соответствующим таблицам приложения [1] П9... П21 или же рассчитать по уравнению

$$z_{i, \min} = (R_z + h_d + \omega_\phi)_{i-1} \quad (5.2)$$

Значения высоты шероховатости R_z , глубины дефектного слоя h_d и неконтролируемой погрешности формы ω_ϕ можно взять по

табл. П7 и П8 приложения в [1]. Разумеется, эти значения следует брать для методов обработки, предшествующих выполнению операции, на которую определяется припуск. Принятые по таблицам или рассчитанные по уравнению (5.2) значения $z_{i \min}$ заносятся в колонку 8 табл. 4.

5.4. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Последовательность и методика решения этой задачи представлены в форме алгоритма на рис. 5. В блоках алгоритма приведены необходимые для расчета уравнения. Рассмотрим использование алгоритма для решения цепей, уравнения которых приведены в табл. 11. Сначала по блоку 2 (выход «да») из списка выберем р. ц., замыкающими звеньями которых являются конструкторские размеры КР, и занесем их в колонку 1 табл. 12. Затем для каждой из них вычислим по уравнению (5.3) (блок 3) сумму допусков составляющих звеньев по методу максимума-минимума $T_{\Delta \text{ мм}}$. В нашем примере эти вычисления приведены в колонке 2 табл. 12. При этом для расчета берем значения T_i из табл. 4. Следующий шаг (блок 4) — проверяем выполнение неравенства (5.4): $T_{\Delta \text{ мм}} \leq T_{\text{кр}i}$. При выполнении неравенства (выход «да» из блока 4) переходим к расчету A_i (блок 9 и дальше). В нашем примере для р. ц. 1, 2, 3 и 12 неравенство (5.4) выполняется (колонка 3 табл. 12). При невыполнении неравенства (5.4) — в нашем примере оно не выполняется для р. ц. 11 — переходим в блок 5 — анализ количества составляющих звеньев цепи. Если $m + n < 4$ (выход «нет» из блока 5) подаем в блок 8, необходимо ужесточить допуски на отдельные или все составляющие звенья цепи на 1—2 качества. Для р. ц. 11 $m + n = 5$ (выход «да» из блока 5), поэтому для нее по блоку 6 определяем вероятностную сумму допусков составляющих звеньев по уравнению (5.6):

$$T_{\Delta \text{ пер}} = \frac{1}{K_{\Delta}} t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^m K_i^2 T_i^2} = \frac{1}{1,05} 3,0 \times \sqrt{\frac{1}{6} (T_{15}^2 + T_{17}^2 + T_{14}^2 + T_{18}^2 + T_{16}^2)} = 0,28.$$

Последующая проверка по уравнению (5.7) — блок 7 — показывает, что в этом случае неравенство (5.7) выполняется: $T_{\Delta \text{ пер}} = 0,28 < T_{\text{кр}i} = 0,3$ мм. Таким образом, в нашем примере все принятые допуски на линейные операционные размеры, занесенные в табл. 4, можно оставить без изменения (ужесточения) и перейти к расчету операционных размеров. Такой расчет начинается с двухзвенных цепей (блок 9). Для нашего примера

$$A_{19} = \text{КР}2 = 25_{-0,052} = 24,948^{+0,052} \quad (\text{в системе отверстия}),$$

$$A_{18} = \text{КР}4 = 15^{+0,043}$$

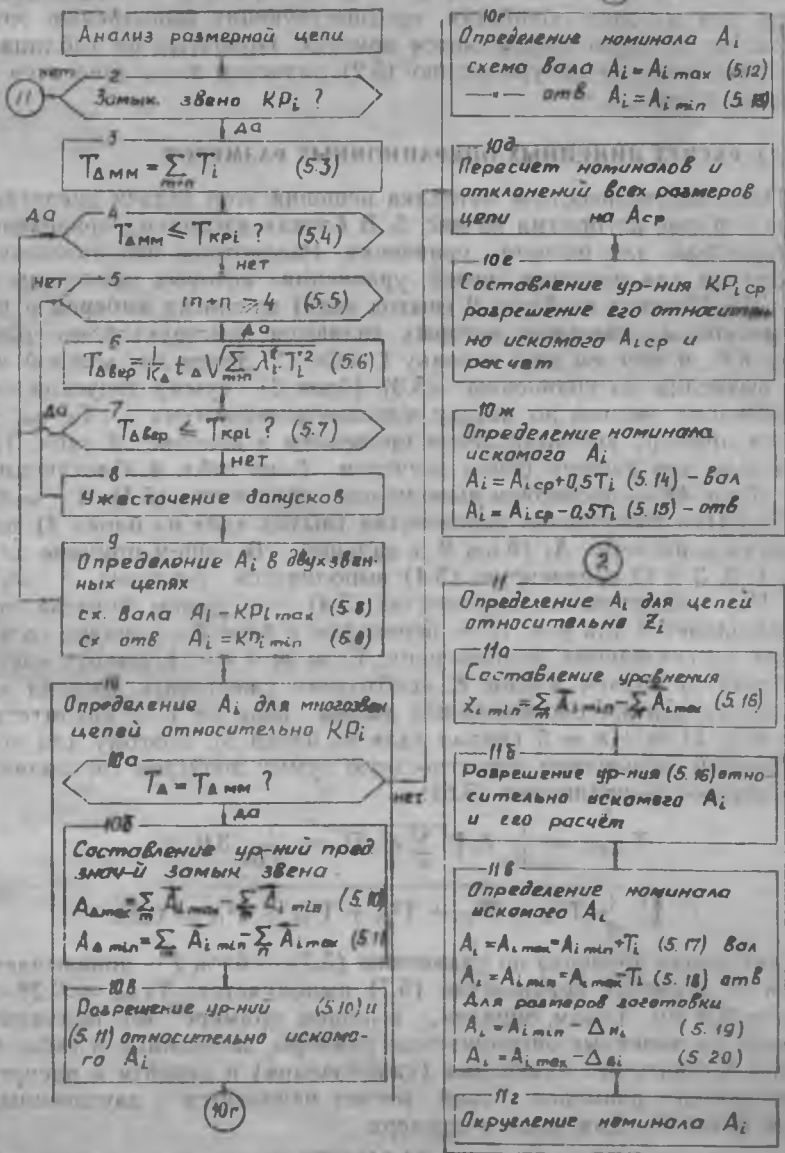


Рис. 5. Алгоритм расчета линейных операционных размеров

Вычисление ΣT_i и проверка выполнения неравенства (5.5):

Уравнения р. ц.	Вычисление $T_{\Delta \text{ мм}} = \Sigma T_i$	$T_{\Delta \text{ мм}} < T_{\text{кр} i}$
1	2	3
р. ц. 1. $KP2 = A_{19}$	$T_{\Delta} = T_{19} = 0,052$	$0,052 = T_{\text{кр}2} = 0,052$
р. ц. 2. $KP4 = A_{18}$	$T_{\Delta} = T_{18} = 0,043$	$0,043 < T_{\text{кр}4} = 0,05$
р. ц. 3. $KP1 = A_{17} - A_{19}$	$T_{\Delta} = T_{17} + T_{19} = 0,052 + 0,052 = 0,104$	$0,104 < T_{\text{кр}1} = 0,12$
р. ц. 11. $KP5 = A_{15} + A_{17} + A_{14} - A_{18} - A_{16}$	$T_{\Delta} = T_{15} + T_{17} + T_{14} + T_{18} + T_{16} = 0,2 + 0,052 + 0,07 + 0,04 + 0,062 = 0,427$	$0,427 < T_{\text{кр}5} = 0,3$
р. ц. 12. $KP3 = A_{17} + A_{13} - A_4 - A_{18} - A_{16}$	$T_{\Delta} = T_{17} + T_{13} + T_4 + T_{18} + T_{16} = 0,052 + 0,16 + 0,07 + 0,043 + 0,062 = 0,387$	$0,387 < T_{\text{кр}3} = 0,4$

Определение операционных размеров на основе решения размерных цепей, в которых замыкающим звеном является конструкторский размер, выполняется из условия обеспечения непосредственно не выдерживаемого KP_i (в нашем примере это р. ц. 3, 11 и 12). Методика решения такой задачи приведена в блоке 10. Подробно она изложена в учебном пособии [1] на с. 55...59. В зависимости от того, каким методом определяется T_{Δ} , будут использоваться различные методы расчета: если вычисление T_{Δ} выполнялось по методу максимума-минимума (уравнение 5.3), то следует применить способ предельных значений, если по вероятностному методу (уравнение 5.6) — способ средних значений. Последовательность действий для первого варианта расчета рассмотрим на примере определения размера A_{17} путем решения р. ц. 3:

а) Составляем уравнения предельных значений замыкающего звена. В общем виде они приведены в блоке 10 б. Для р. ц. 3

$$KP1_{\text{max}} = A_{17 \text{ max}} - A_{19 \text{ min}},$$

$$KP1_{\text{min}} = A_{17 \text{ min}} - A_{19 \text{ max}}.$$

б) Разрешаем их относительно искомого размера A_{17} :

$$A_{17 \text{ max}} = KP1_{\text{max}} + A_{18 \text{ min}} = 5,0 + 24,948 = 29,948,$$

$$A_{17 \text{ min}} = KP1_{\text{min}} + A_{19 \text{ max}} = 4,88 + 25,0 = 29,88.$$

Принимая для A_{17} систему вала и с учетом ранее установленного допуска $T_{17} = 0,052$, запишем в табл. 11 $A_{17} = 29,94$. Аналогич.

но (после решения р. ц. 4...10) решаем р. ц. 12. Результат решения $A_{11} = 12,2^{+0,07}$ занесем в табл. 11.

В связи с тем, что подсчет T_{Δ} для р. ц. 11 выполнялся по вероятностному методу ($T_{\Delta} = T_{\Delta \text{вер}}$), применение способа предельных значений для ее решения невозможно, можно использовать способ средних значений или способ координат допусков. В предположении, что кривые распределения погрешностей составляющих звеньев не имеют асимметрии ($\alpha = 0$), применим способ средних значений, как менее громоздкий при вычислениях.

Исходное уравнение р. ц. 11

$$KP5 = A_{T15} + A_{17} + A_{14} - A_{13} - A_{15} \quad (a)$$

При переходе к способу средних значений оно получает вид

$$KP5_{cp} = A_{T15, cp} + A_{17, cp} + A_{14, cp} - A_{13, cp} - A_{15, cp} \quad (б)$$

Разрешим его относительно искомого размера A_{T15} :

$$A_{T15, cp} = KP5_{cp} + A_{13, cp} + A_{15, cp} - A_{17, cp} - A_{14, cp} \quad (в)$$

Пересчитаем номиналы и отклонения всех размеров правой части уравнения (в)

$$KP5 = 0,6^{+0,3} = 0,75 \pm 0,15,$$

$$A_{15} = 30,2_{-0,062} = 30,169 \pm 0,031,$$

$$A_{14} = 15^{+0,07} = 15,035 \pm 0,035,$$

$$A_{13} = 15^{+0,043} = 15,0215 \pm 0,0215.$$

$$A_{17} = 29,94_{-0,052} = 29,914 \pm 0,026.$$

Подставляя в уравнение (в) найденные средние значения всех известных звеньев, получим

$$A_{T15, cp} = 0,75 + 15,0215 + 30,169 - 29,914 - 15,035 = 0,9915.$$

Номинал A_{T15} в системе отверстия

$$A_{T15} = A_{T15, cp} - 0,5 T_{15} = 0,9915 - 0,1 = 0,8915.$$

Принимаем $A_{T15} = 0,9^{+0,2}$.

Рассмотрим теперь примеры решения размерных цепей, в которых замыкающими звеньями являются припуски (выход «нет» из блока 2). Методика решения таких цепей проще. Для примера решим р. ц. 13. В соответствии с блоком 11а алгоритма на рис. 5 составляем уравнение минимального значения замыкающего звена — припуска z_{19} :

$$z_{19 \text{ min}} = A_{12 \text{ min}} + A_{19 \text{ min}} + A_{16 \text{ min}} - A_{17 \text{ max}} - A_{13 \text{ max}}.$$

Разрешаем его относительно искомого размера A_{12}

$$A_{12 \text{ min}} = z_{19 \text{ min}} + A_{17 \text{ max}} + A_{13 \text{ max}} - A_{19 \text{ min}} - A_{16 \text{ min}}.$$

Припуск $z_{19 \text{ min}}$ был определен раньше и занесен в табл. 4: $z_{19 \text{ min}} = 0,2$. Тогда $A_{12 \text{ min}} = 0,2 + 29,94 + 30,6 - 24,948 - 30,138 = 5,654$. Принимая A_{12} в системе вала, получим

$$A_{12} = A_{12 \text{ min}} + T_{z_{12}} = 5,654 + 0,09 = 5,744. \quad A_{12} = 5,75_{-0,09}$$

Аналогично следует решать (разумеется в последовательности, указанной в колонке 2 табл. 11) другие р. ц., в которых замыкающим звеном является припуск.

Решения р. ц., в которых искомыми являются размеры заготовки (р. ц. 9, 15, 17 и 19), имеют некоторые особенности. Рассмотрим их на примере решения р. ц. 9 и 15. Для р. ц. 9 уравнение минимального значения замыкающего звена

$$z_{5 \text{ min}} = A_{1 \text{ min}} - A_{5 \text{ max}}$$

Разрешаем его относительно искомого размера A_1 :

$$A_{1 \text{ min}} = z_{5 \text{ min}} + A_{5 \text{ max}}$$

$z_{5 \text{ min}}$ (из табл. 4) = 1,0 мм; $A_5 = 33,5_{-0,02}$ (получен при расчете р. ц. 8). Тогда $A_{1 \text{ min}} = z_{5 \text{ min}} + A_{5 \text{ max}} = 1,0 + 33,5 = 34,5$.

Номинал размера A_1 определим по уравнению (5.19) — см. блок 11 на рис. 5: $A_1 = A_{1 \text{ min}} - \Delta_{n1}$. Предельные отклонения на размер A_1 были найдены ранее и занесены в табл. 4. Тогда

$$A_1 = 34,5 - (-0,6) = 35,1.$$

Округляя, принимаем $A_1 = 35_{-0,6}^{+1,1}$.

Перейдем теперь к решению р. ц. 15 на предмет определения размера заготовки A_2 . Уравнение р. ц. 15

$$z_7 = A_2 + A_5 - A_1 - A_7$$

Решая его в последовательности, по методике предыдущего примера и имея в виду, что ранее были установлены и занесены в табл. 4 $z_{7 \text{ min}} = 1,0$ и отклонения размера A_2 : $\Delta_{n2} = +1,1$ и $\Delta_{n2} = -0,6$, получим $A_2 = 12_{-0,6}^{+1,1}$.

Анализ контура и уравнения р. ц. 15 показывает, что в ее состав входят два линейных размера заготовки A_1 и A_2 с большими допусками, что приведет к большому колебанию припуска z_7 и к его увеличению против необходимого значения. Для устранения этого недостатка необходимо, как это рекомендуется на с. 62—63 учебного пособия [1], изменить постановку размеров заготовки так, чтобы в составе р. ц. был бы только один размер заготовки. Это станет возможным, если заменить размер A_2 размером A'_2 , как это показано на размерной схеме (рис. 4, а). При этом получаем новую размерную цепь 15а (рис. 4, б), уравнение замыкающего звена которой будет $z_7 = A_5 - A_7 - A'_2$. Решим его

$$z_{7 \text{ min}} = A_{5 \text{ min}} - A_{7 \text{ max}} - A'_{2 \text{ max}}$$

откуда $A'_{2 \max} = A_{5 \min} - A_{7 \max} - z_{7 \min} = 32,88 - 7,2 - 1,0 = 24,68$. По табл. П4 приложения в [1] находим предельные отклонения для этого размера: $\Delta_{в2} = +0,3$ и $\Delta_{н2} = -0,4$. Тогда по уравнению (5.20) номинал размера A'_2 будет

$$A'_2 = A'_{2 \max} - \Delta_{в2} = 24,68 - (+0,3) = 24,38 = 24,4 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$$

Возможны 2 варианта окончания решения этого примера. В первом случае следует окончательно заменить на чертеже заготовки размер A_2 на размер $A'_2 = 24,4 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$. В производственных условиях для этого потребуется согласование с заготовительным (кузнечным) цехом. Другой вариант — оставить на чертеже заготовки размер A_2 , но величину его определить расчетом по номиналам:

$$A_2 = A_1 - A'_2 = 35 - 24,4 = 10,6.$$

Отклонения размера A_2 были установлены ранее. Тогда $A_2 = 10,6 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$. Аналогичная ситуация складывается и при определении размера A_4 при решении р. ц. 19 — в этой цепи также имеется два размера заготовки: A_1 и A_4 . Для определения оптимального значения A_4 заменяем его размером A'_4 и строим р.ц. 19а (рис. 4, б). Решая эту цепь, получаем $A'_4 = 23,1 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$, а затем расчетом по номиналам определяем размер A_4 : $A_4 = A_1 - A'_4 = 35 - 23,1 = 11,9 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

6.1. ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ГРАФА ОПЕРАЦИОННЫХ БИЕНИЙ

Эта схема строится по такой же методике, как и рассмотренная ранее комплексная схема линейных размеров ТП. Сначала контурными линиями изображается проекция детали (рис. 6, а). К ней тонкими линиями пририсовываются припуски на обработку цилиндрических поверхностей. Слева у эскиза нанесены векторы биений, регламентированные в ТТ чертежа детали. Справа представлены операционные диаметральные размеры D_i (на выносных линиях), начиная с размеров заготовки и кончая размерами последней операции. Также по ходу технологического процесса в виде векторов (от базы к обрабатываемой поверхности) изображены операционные допуски на биение $T_{бi}$. Для поверхностей, их диаметральные размеры, припусков на обработку и биений применяются единые индексы. Так, наружная поверхность ступицы на чер-

теже детали имеет номер 8, она окончательно обрабатывается в операции 45 на размер $D_{8,45}$, со снятием припуска $z_{8,45}$, и выдерживается допуск на биение $T_{B_{8,45}}$ (рис. 6, а).

Другой способ отображения размерных связей цилиндрических поверхностей использован на рис. 6, б, где показан граф операционных биений. Векторы (дуги) биений направлены от вершин — баз к вершинам — обрабатываемым поверхностям. Например, в операции 10 производится черновое обтачивание поверхностей 7.10 и 11 с установкой по поверхности 8. Операционные биения на графе показаны в виде векторов (дуг) от базы — поверхности 8.5 к обрабатываемым поверхностям 7.10, 10.10 и 11.10; соответственно $T_{B_{7,10}}$, $T_{B_{10,10}}$ и $T_{B_{11,10}}$. Затем на граф волнистыми линиями наносятся замыкающие звенья — неравномерности припусков $z_{8,10}$ и конструкторские допуски на биение поверхностей детали $T_{B_{8,10}}$.

6.2. ПОСТРОЕНИЕ ЦЕПЕЙ БИЕНИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ИХ УРАВНЕНИЯ

Цепи биений, как и линейные размерные цепи, строятся относительно замыкающих звеньев. Замыкающими звеньями цепей биений могут быть либо конструкторские допуски на биение $T_{B_{k,i}}$, указанные на чертеже детали, либо припуски (точнее неравномерности припусков $z_{k,i}$) на обработку цилиндрических поверхностей. Цепи первого типа используются для проверки обеспечения конструкторских допусков на биение, а цепи биений относительно припусков — для определения неравномерности припусков $z_{k,i}$, что необходимо для расчетно-аналитического (поэлементного) определения припусков на обработку цилиндрических поверхностей.

В реальных условиях необходимо построить и решить все цепи биений по проектируемому технологическому процессу. С целью сокращения работы можно ограничиться построением и решением цепей биений относительно $T_{B_{k,i}}$ и $z_{k,i}$ на операции окончательной обработки (в нашем примере — на шлифовальных операциях). Методика выявления и построения цепей биений полностью аналогична использованной в подразд. 5.1. при построении линейных размерных цепей. Пример построения цепей биений показан на рис. 7. В верхней части рисунка помещены цепи, построенные на основе размерной схемы по рис. 6, а. Замыкающими звеньями р. ц. 1 и 2 являются конструкторские допуски на биение $T_{B_{8,1}} \leq 0,02$ мм и $T_{B_{8,2}} \leq 0,05$ мм соответственно. Замыкающими звеньями р. ц. 3... р. ц. 5 являются неравномерности припусков на шлифовальные операции: $z_{8,45}$, $z_{8,40}$ и $z_{8,35}$ соответственно. В нижней части рис. 7 показаны полностью идентичные рассмотренным цепи биений р. ц. 1а...5а, но построенные на основе графа биений по рис. 6, б. Отметим, что студентам при выполнении курсовой работы нет

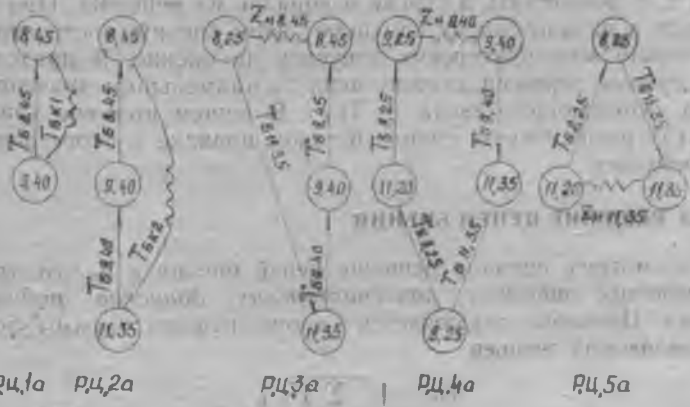
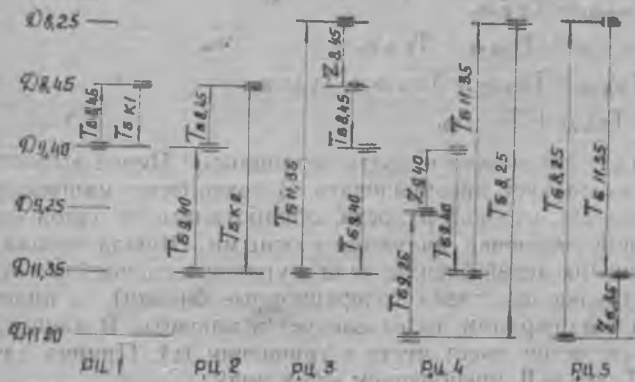


Рис. 7. Размерные цепи биений

необходимости дважды строить цепи биений — достаточно одной из двух форм построения.

После построения цепей биений составляются их уравнения. Звенья таких цепей имеют номинальное значение, равное нулю. Отсюда первая особенность их решения — нет нужды составлять уравнение размерной цепи, уравнение замыкающего звена, а составляется сразу уравнение допусков. Для р.ц. 1... р.ц. 5 по рис. 7 уравнения допусков:

$$T_{Bк1} = T_{Bв45}, \quad (a)$$

$$T_{Бк2} = T_{Б940} + T_{Б845}, \quad (6)$$

$$z_{н845} = T_{Б1135} + T_{Б940} + T_{Б845}, \quad (в)$$

$$z_{н940} = T_{Б825} + T_{Б925} + T_{Б940} + T_{Б1135}, \quad (г)$$

$$z_{111135} = T_{Б825} + T_{Б1135}. \quad (д)$$

Уравнения (а)...(д) можно назвать первичными. Перед выполнением расчета их следует преобразовать. В технологии машиностроения доказывається, что поверхности, обработанные в одной операции, при одной установке, являются соосными. Отсюда вторая особенность решения цепей биений: если в уравнение цепи биений входят два составляющих звена (операционные биения) с индексом одной и той же операции, то их следует исключить. В нашем примере такая ситуация имеет место в уравнении (г). Приняв для него $T_{Б825} + T_{Б925} = 0$, преобразуем его к виду

$$z_{н940} = T_{Б940} + T_{Б1135}. \quad (г)$$

После преобразования уравнения цепей биений следует упорядочить, т. е. разместить в списке в порядке их решения. При упорядочении в начало списка помещают цепи биений, построенные относительно конструкторских допусков на биение. В пределах же этой группы первыми заносят цепи с наименьшим значением допуска замыкающего звена — $T_{Бкi}$. В нашем примере уравнения (а)...(д) расположены именно в таком порядке и перестановка их не требуется.

6.3. РЕШЕНИЕ ЦЕПЕЙ БИЕНИЯ

Рассмотрим сначала решение цепей биений с целью проверки обеспечения заданных конструкторских допусков радиального биения. Проверка заключается в определении суммы допусков составляющих звеньев

$$T_{Б\Delta} = \sqrt{\sum_{m+n} T_{Бi}^2} \quad (6.1)$$

и в сопоставлении величины этой суммы с конструкторским допуском радиального биения $T_{Бк}$. При этом должно выполняться неравенство

$$T_{Б\Delta} \leq T_{Бк}. \quad (6.2)$$

В нашем примере р. ц. 1 является двухзвенной, поэтому для нее $T_{Б\Delta} = T_{Б84} = 0,015$ мм. Неравенство (6.2) для нее выполняется:

$$T_{Б\Delta} = 0,015 < T_{Бк1} = 0,02 \text{ мм.}$$

Для р. ц. 2 (см. ее уравнение (б)) по уравнению (6.1)

$$T_{\sigma\Delta} = \sqrt{T_{Б940}^2 + T_{Б845}^2} = \sqrt{0,017^2 + 0,015^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

Значит, неравенство (6.2) для этой цепи также выполняется:

$$T_{Б1} = 0,022 < T_{Бк2} = 0,05.$$

Заметим, что в случаях, когда неравенство (6.2) не выполняется, следует уменьшить значения $T_{Бi}$ всех или части составляющих звеньев — операционных допусков радиального биения, входящих в состав цепи биений, а если это невозможно, то следует перестроить технологический процесс.

Рассмотрим теперь пример решения цепей биений с целью определения неравномерности припуска, обусловленной погрешностями установки. Такими цепями являются р.ц. 3, 4 и 5. Определение неравномерности припуска следует производить по уравнению

$$z'_{ni} = \sqrt{\sum T_{Бi}^2}. \quad (6.3)$$

В нашем примере:

Для р.ц. 3 (уравнение (в)): $z'_{н845} = \sqrt{T_{Б1135}^2 + T_{Б940}^2 + T_{Б845}^2}$.

— » — (уравнение (г)): $z'_{н940} = \sqrt{T_{Б940}^2 + T_{Б1135}^2}$.

— » — (уравнение (д)): $z'_{н1135} = \sqrt{T_{Б825}^2 + T_{Б1135}^2}$.

После подстановки значений $T_{Бi}$ (они имеются в колонке 8 табл. 5) и расчета получаем

$$z'_{н845} = 0,032 \text{ мм}; z'_{н940} = 0,028 \text{ мм} \text{ и } z'_{н1135} = 0,062.$$

Следует отметить, что неравномерность припуска, вычисленная по уравнению (6.3), является неполной, она — часть общей неравномерности припуска:

$$z_{ni} = \sqrt{(2T_n)^2 + \sum_{m+n} T_{Бi}^2}. \quad (6.4)$$

В уравнении (6.4) T_n — допуск изогнутости заготовки. При обработке заготовок небольшой длины (как в нашем примере) принимают $T_n = 0$ и тогда $z_{ni} = z'_{ni}$.

6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Определение припусков на обработку цилиндрических поверхностей в курсовой работе должно выполняться двумя способами. Сначала по табл. П9 — П17 приложения к учебному пособию [1] определяются табличные значения $z_{i \min}$ на все операции механической обработки, они заносятся в колонку 10 табл. 5. Затем для операций окончательной обработки $z_{i \min}$ определяется расчетом по формуле

$$z_{i \min} = 2(R_z + h_d) + z'_{ni}, \quad (6.5)$$

где R_z — высота шероховатостей, мм; h_d — глубина подлежащего

удалению дефектного слоя, мм; $z_{i, n}$ — неравномерность припусков. Значения R и h_d следует выбирать по табл. П17 [1], с. 90. Например, расчет припуска $z_{8, 45}$ по уравнению (6.5) дает

$$z_{8, 45 \text{ min}} = 2 (0,03 + 0,03) + 0,032 = 0,152 \text{ мм.}$$

Аналогично рассчитываем $z_{9, 40 \text{ min}}$ и $z_{11, 35 \text{ min}}$ и заносим результат в колонку 11 табл. 5. При расчете диаметральных размеров из двух значений (табличного и расчетного) следует брать расчетное значение. Расчет диаметральных операционных размеров механической обработки выполняется по формулам

$$D_{i-1} = D_i + z_{i, \text{min}} + T_{i-1} \text{ — для вала,} \quad (6.6)$$

$$D_{i-1} = D_i - z_{i, \text{min}} - T_{i-1} \text{ — для отверстия.} \quad (6.7)$$

Диаметральные размеры заготовки следует определять по формулам:

$$D_{-1} = D + z_{i, \text{min}} - \Delta_{n, 1} \text{ — для вала } (\Delta_n < 0), \quad (6.8)$$

$$D_{-1} = D - z_{i, \text{min}} - \Delta_{n, 2} \text{ — для отверстия.} \quad (6.9)$$

Расчет диаметральных операционных размеров целесообразно вести в табличной форме по поверхностям. Для примера в табл. 13 приведем расчет диаметральных операционных размеров на обработку поверхности 8 для ТП, представленного на рис. 2.

Все необходимые данные для расчета D_i содержатся в табл. 5.

Таблица 13

Пример расчета диаметральных операционных размеров

Номера и наименование операций	Диаметральный размер			Допуск на размер	Припуск	
	индекс	расчетная величина	принятое значение		индекс	величина
1	2	3	4	5	6	7
45. Шлифовальная	$D_{8, 45}$	—	72,51	-0,019	$z_{8, 45}$	0,15
25. Токарная чистовая	$D_{8, 25}$	72,77	72,8	-0,12	$z_{8, 25}$	0,6
15. Токарная черновая	$D_{8, 15}$	73,7	73,7	-0,3	$z_{8, 15}$	2,0
5. Заготовительная (штамповка)	$D_{8, 5}$	76,4	76,4	+1,1 -0,7	—	—

7 АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Небольшой по объему, но, важной творческой частью курсовой работы является анализ результатов.

Необходимо прежде всего сопоставить данные проектирования заготовки укрупненным методом на основе нормативов общих припусков и более точным методом — путем расчета операционных размеров от готовой детали до заготовки. Для наглядности следует на чертеже заготовки показать ее размеры, полученные обоими методами (например, одним методом над размерной линией, другим — под линией). Можно также сопоставление сделать в форме таблицы. Если будет расхождение (а оно возможно), то следует сделать попытку объяснить его причины и высказать свое суждение о том, какой метод дает более оптимальные результаты.

Второй задачей анализа является оценка оптимальности простановки линейных операционных размеров и операционных допусков на биение. Наиболее простой, хотя и приближенной, является оценка по числу составляющих звеньев в размерных цепях. Чем меньше количество составляющих звеньев в цепях, тем меньше многозвенных цепей, тем ближе к оптимальной будет простановка размеров. В первую очередь анализируются размерные цепи, при которых потребовалось ужесточение допусков на операционные размеры, т. е. цепи с конструкторскими звеньями. Необходимо дать предложения по изменению простановки операционных размеров с тем, чтобы уменьшить число составляющих звеньев в таких цепях с целью исключения необходимости уменьшения допусков на операционные размеры.

Такая же работа проводится с цепями биений, в которых при проверке обеспечения чертежного допуска на биение потребовалось уменьшать операционные допуски на биение.

Затем анализируются размерные цепи, в которых замыкающим звеном является припуск на шлифование (или на тонкое точение). Если в какой-либо из размерных цепей подобного типа окажется число составляющих звеньев $m + n > 2$, следует попытаться изменить простановку линейных операционных размеров так, чтобы число составляющих звеньев стало меньше.

Следующей задачей анализа является сравнение и оценка различных методов определения операционных припусков на обработку цилиндрических поверхностей — табличного и расчетно-аналитического (поэлементного).

Методика выполнения данной курсовой работы предусматривает выполнение технологических размерных расчетов как традиционным (ручным), так и автоматизированным способом с использованием ЭВМ. Необходимо сравнить эти два способа по трудоемкости, по объему и качеству выходной информации и другим показателям. Необходимо также сравнить значения операционных размеров и допусков (на 2—3 линейных и 2—3 диаметральных размера), полученных при ручном и автоматизированном расчете, и дать свою трактовку расхождениям, если они обнаружатся.

8. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчетно-пояснительная записка составляется параллельно (одновременно) с выполнением разделов курсовой работы. В конце проектирования производится компоновка отдельных частей записки, исправление или переписывание начисто отдельных страниц текста или рисунков, таблиц, подготовка реферата, оглавления, введения (предисловия), списка литературы и оформление записки в целом.

По стандартам ЕСКД установлен следующий состав пояснительных записок, технических отчетов и т. п.: титульный лист; реферат (аннотация); содержание (оглавление); основная часть; список литературы; приложения.

Титульный лист заполняется студентом на бланке кафедры.

Реферат (1/2 — 2/3 с.) пишется на отдельном листе, он должен отражать основное содержание работы. В конце реферата помещаются сведения о числе страниц, таблиц и рисунков в записке.

Содержание (оглавление) представляет собой последовательное перечисление заголовков разделов, подразделов, пунктов основной части записки с их нумерацией и указанием номеров страниц, на которых эти заголовки помещены.

Основная часть записки начинается с «Введения», в котором указывают цель работы, анализируют состояние вопроса, формулируют поставленную задачу. Затем идет изложение выполненной работы по плану (схеме), приведенному в табл. 1 настоящих методических указаний.

Записка должна быть изложена прямолинейно, хорошим литературным языком, в сжатой форме, иметь максимум собственных выводов, предложений, пояснений и расчетов и минимум извлечений из различных литературных источников в виде цитат, таблиц и т. д.

Записку пишут на одной стороне листа стандартного образца (формат 300 × 210 мм) четким убористым почерком. Допустимо также писать текст записки на пишущей машинке через 1,1/2 или 2 интервала. Во всех случаях выдерживают поля установленного размера.

Небольшие таблицы размещаются непосредственно в тексте записки, а большие — на отдельных листах. Схемы, эскизы допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом элементе изделия или технологического процесса. Допускается размещение схем, эскизов как в тексте, так и на отдельных листах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иващенко И. А., Трухман И. М. Расчеты размерно-точных параметров механической обработки заготовок: Учеб. пособие /Куйбышев. авиац. ин-т; Куйбышев, 1989. 98 с.
2. Трухман И. М., Рамаева Е. А. Расчет размерных цепей на ЭВМ /Самар. авиац. ин-т., Самара, 1991. 40 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК**

Составители: *Иващенко Иван Александрович*
Крашенинников Константин Петрович

Редактор Т. К. Кретинина
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Т. И. Щелокова

Сдано в набор 25.03.92 г. Подписано в печать 24.12.92 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл.печ.л. 2,3, Усл.кр.-отт. 2,4. Уч.-изд.л. 2,35.
Тираж 400 экз. Заказ 233. Бесплатно.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ИПО Самарского аэрокосмического университета.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.