

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, ВЫБОРА БАЗ
И ТИПА ПРИМЕНЯЕМОЙ
ОСНАСТКИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ**

Методические указания к лабораторной работе

САМАРА 1998

Составители: А.С.Б е л я е в, В.В.Ш а л а в и н,
В.К.М о и с е е в

УДК 621.9(0.75)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, ВЫБОРА БАЗ И ТИПА
ПРИМЕНЯЕМОЙ ОСНАСТКИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТА-
ЛЕЙ: Метод. указания /Самар. гос. аэрокосм. ун-т.
Сост. А.А.Б е л я е в, В.В.Ш а л а в и н, В.К.М о и -
с е е в. Самара, 1998. 24 с.

Методические указания к лабораторной работе посвящены разработке технологических процессов механической обработки. Рассматривается оценка точности этих процессов в зависимости от вида применяемой оснастки и последовательности обработки.

Содержатся краткие теоретические сведения о расчете различных вариантов конструкции приспособлений и даются схемы механической обработки деталей.

Лабораторная работа предназначена для студентов технологической специализации.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева

Рецензенты: В.С.И в а н о в, Е.Н.Б о р и с о в

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение зависимости точности изготовления деталей от структуры технологических процессов и выбора баз, используемых для установки заготовки на станке или в приспособлении; приобретение навыков в разработке технологических процессов механической обработки.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Производственный процесс - совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта продукции [1].

Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [1].

Операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая над определенной заготовкой одним рабочим непрерывно и на одном рабочем месте. Непрерывность операции следует понимать в том смысле, что на данном рабочем месте до окончания операции над одной заготовкой не приступают к обработке последующих.

Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы [2].

Технологический переход - законченная часть технологической операции, связанная с обработкой одной поверхности (или одновременно группы поверхностей), выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке [2].

Технологическая оснастка - средства технологического оснащения, дополняющие оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, приспособления, мерительный инструмент, модели, калибры [3].

Баазирование - придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат, т.е. под баазированием понимается определенное положение обрабатываемой на данной операции заготовки относительно режущего инструмента [4].

Конструкторская база - это совокупность поверхностей точек или линий, относительно которых данная поверхность определена в чертеже.

Технологическая база - это совокупность тех ее поверхностей, по которым данную деталь устанавливают на станок или в приспособление при изготовлении.

Исходная база - это поверхность, линия или точка, относительно которой на операционном эскизе координируется положение обрабатываемой поверхности.

Установочная база - это поверхность или совокупность поверхностей, определяющих положение обрабатываемой детали относительно станка или какого-либо другого устройства, перемещающего режущий инструмент по определенному пути.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

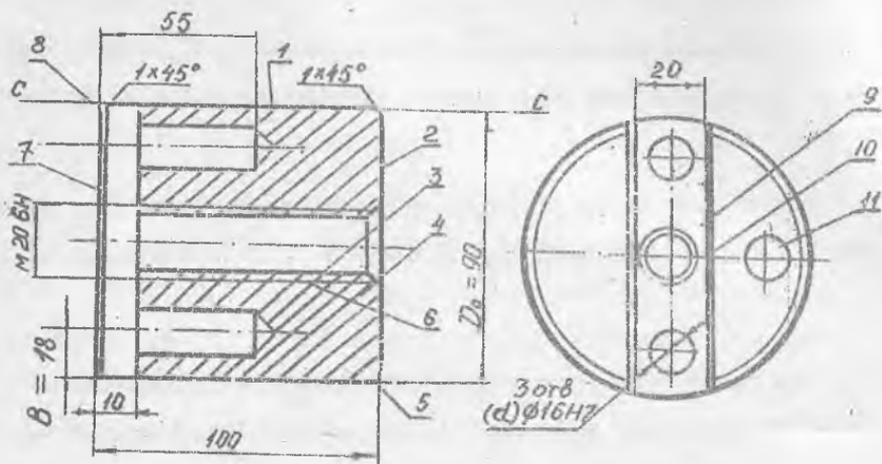
Необходимое качество детали, определяемое ее рабочим чертежом, в значительной мере зависит от технологического процесса обработки.

Кроме качества детали этот процесс должен также обеспечить высокую производительность труда и низкую себестоимость продукции.

При разработке технологического процесса следует максимально использовать возможности металлорежущего оборудования, применять рациональный инструмент, приспособления. Например, вместо обычных токарно-винторезных станков можно взять токарно-револьверные или вместо одношпиндельного сверлильного станка использовать многошпиндельный и т.д.

Для сокращения основного и вспомогательного времени обработки необходимо совмещать переходы и сводить до минимума ручные работы.

Кроме того, следует иметь в виду, что основным условием обеспечения точности нескольких цилиндрических поверхностей является обработки их с одной установки. В этом случае, когда деталь изготавливают за несколько установок, необходимо оставлять припуск на последующую обработку для исправления неточности установки либо использовать при последующих установках



Р и с. 1. Эскиз детали: материал детали Д16АТ; заготовка - холоднокатанный пруток; С-С - конструкторская база

детали такие приспособления, которые позволили бы выдерживать заданную ососность между указанными поверхностями.

В качестве примера составим технологический процесс механической обработки детали (рис.1).

Технологический процесс обработки заданной детали необходимо разрабатывать в форме перечня операций и переходов с указанием оборудования, приспособлений, инструментов и оформлять в виде, приведенном в табл.1.

Для удобства составления технологического процесса необ-

ходимо пронумеровать на заданной детали все обрабатываемые поверхности подобно тому, как это показано на рис.1 /Б/.

В табл.1 дан пример технологического процесса, разработанного для данной детали. Необходимо отметить, что для обработки одной и той же детали возможны несколько вариантов технологических процессов. Эти варианты будут отличаться друг от друга характером операций, переходов, типом оборудования и видом применяемой оснастки. Выбор оптимального варианта технологического процесса обработки производится, как правило, на основании экономии.

В качестве заготовки для изготовления данной детали выбран холоднокатаный прут.

Таблица 1

Технологический процесс изготовления детали

Номер и название операции	Номер перехода	Содержание перехода	Оборудование и приспособления	Инструмент
1	2	3	4	5
Токарная операция	1	Токарная обработка поверхности 1	Токарно-винторезный станок 1616, 3-х кулачковый патрон	Резец проходной Р18
	2	Токарная обработка поверхности 2		Резец подрезной Р18
	3	Токарная обработка поверхности 5	" "	Резец проходной Р18
	4	Сверление отверстия, поверхность 3	" "	Сверло спиральное d17,3 Р9

1	2	3	4	5
	5	Токарная обработка поверхности 4	" - "	Реаец проходной отогнутый P18
	6	Нарезание резьбы, поверхность 6	" - "	Метчик M206H P9
	7	Отрезка детали от прутка (с припуском под торцевание)	" - "	Реаец отрезной P18
	8	Токарная обработка поверхности 7	" - "	Реаец подрезной P18
	9	Токарная обработка поверхности 8	" - "	Реаец проходной P18
II Фрезерная операция	1	Фрезеровать паз, поверхность 9	Вертикально-фрезерный станок 6H13,	Фреза концевая d20 P18
	2	Снять фаски, поверхность 10	универсально-наладочное приспособление УНП	Фреза концевая d20 P18
III Сверлильная операция	1	Сверлить три отверстия d15, поверхность 11	Вертикально-сверлильный станок 1118,	Сверло d15, P18
	2	Зенкеровать три отверстия d15,95, поверхность 11	кондуктор	Зенкер d15, 95 P18
	3	Развернуть начерно три отверстия d15,95, поверхность 11	" - "	Развертка черновая d15,95 P18

1	2	3	4	5
	4	Чистовое развертывание трех отверстий d16H7, пов.11	"-"	Развертка чистовая d16H7 P18

Другое название такой формы записи - план обработки, что является, по-видимому, более точным, поскольку технологический процесс представлен здесь в укрупненном виде и, как правило, в него включаются только те этапы обработки, которые связаны с использованием металлорежущего оборудования, т.е. не показаны такие работы, как термообработка, покрытие, разметка и т.п.

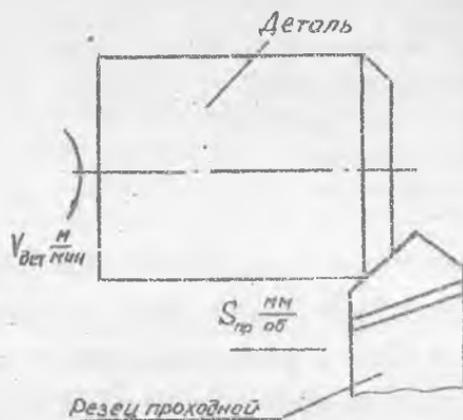
При составлении плана обработки необходимо четко представлять картину расположения поверхности детали, которая обрабатывается на данном переходе, относительно режущего инструмента.

На рис.2...7 показаны операционные эскизы для некоторых переходов согласно табл.1.

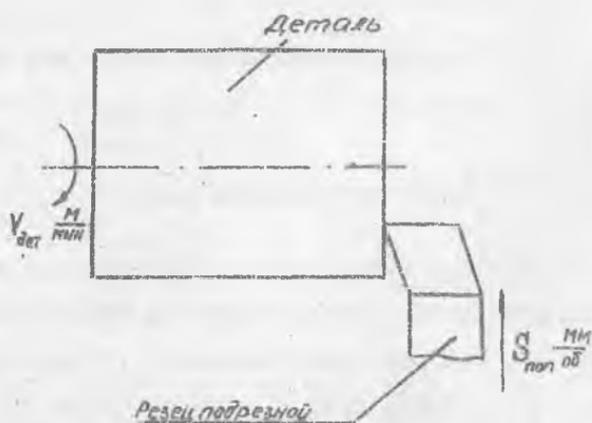
ВЫБОР УСТАНОВОЧНОЙ БАЗЫ

Точность изготавливаемой детали в основном зависит от точности станка, жесткости системы "станок-приспособление-деталь-инструмент", точности приспособления, которое служит для базирования и закрепления детали, а также выбора баз, используемых при изготовлении детали.

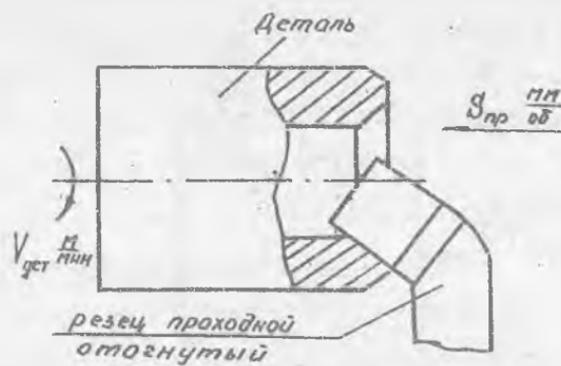
Точность приспособления зависит не только от точности изготовления отдельных его элементов, но и от схемы приспособления и условий базирования заготовки.



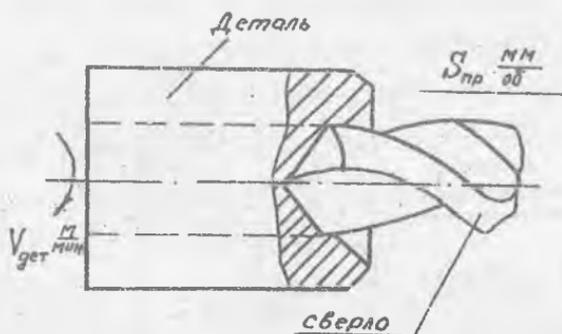
Р и с. 2. Эскиз обработки для перехода № 3, операция I



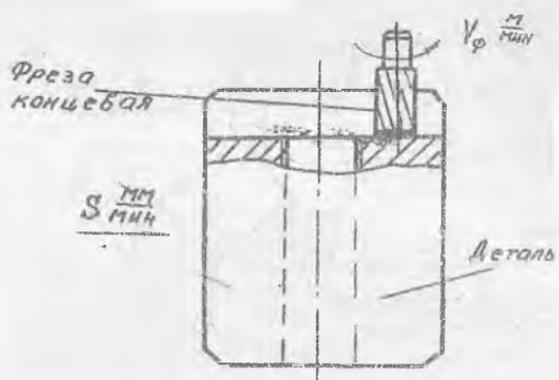
Р и с. 3. Эскиз обработки для перехода № 2, операция I



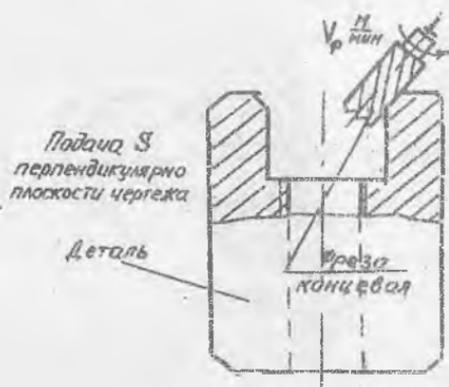
Р и с. 4. Эскиз обработки для перехода № 5, операция I



Р и с. 5. Эскиз обработки для перехода № 4, операция I



Р и с. 6. Эскиз обработки для перехода № I, операция II



Р и с. 7. Эскиз обработки для перехода № 2, операция II

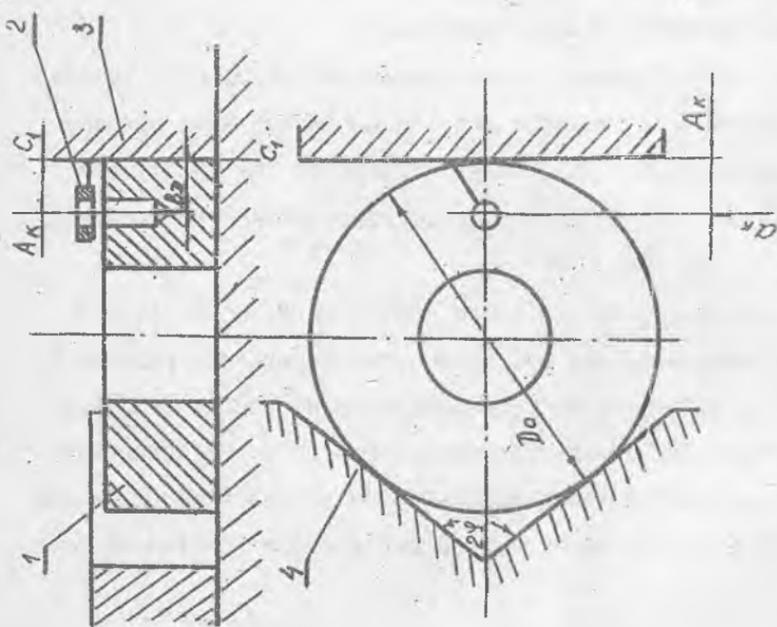
Таким образом, при проектировании технологических процессов изготовления деталей с заданной точностью на металлорежущих станках приходится решать ряд вопросов, основными из которых являются: выбор оборудования, выбор установочных баз и разработка технических условий на проектирование приспособлений и инструментов.

Оценка точности технологических процессов дает возможность допускать к практическому осуществлению только те процессы, которые обеспечивают предписанную проектом точность изготовления детали. Однако для обеспечения взаимозаменяемости деталей нужно не только оценивать точность технологических процессов, но и управлять этой точностью. Необходимо уметь так проектировать технологический процесс, чтобы он гарантировал изготовление деталей с заданной точностью.

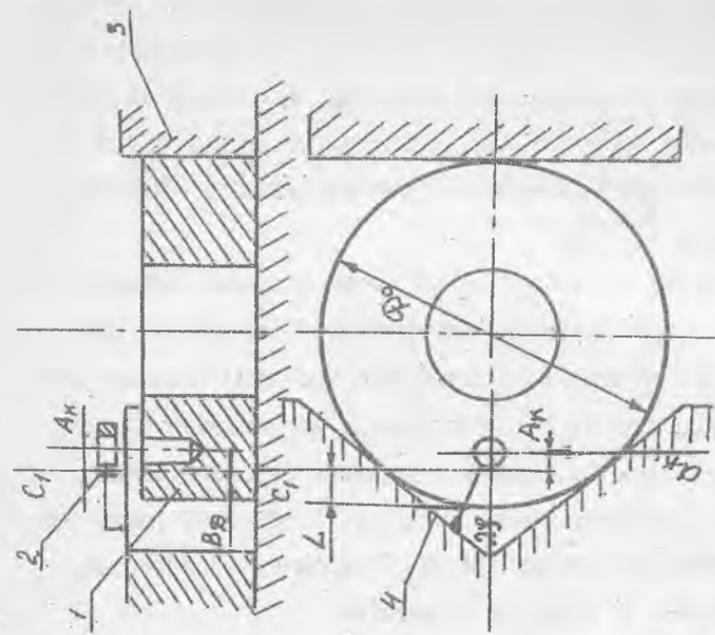
Выбор баз рассмотрим на примере обработки детали (см. рис. 1), для которой был разработан технологический процесс механической обработки (план обработки).

На рис. 8 и 9 показаны схемы сверления отверстий в детали (деталь показана в упрощенном виде) с использованием приспособлений (кондукторов) /6/. Согласно чертежу (см. рис. 1) при обработке детали необходимо с определенной точностью выдержать размер B .

Конечный размер детали после обработки B_d образуется в результате перенесения на нее некоторого первичного размера B , указанного на чертеже и воспроизведенного калибром: стаканом, приспособлением или измерительным инструментом. В данном случае таким калибром является кондукторная втулка приспособления (размер A_d). Чем длиннее путь, который проходит первичный раз-



Р и с. 8. Схема сверления отверстия в детали с соблюдением единства баз: 1 - деталь (штулка); 2 - кондукторная втулка; 3 - плоская опора; 4 - призма



Р и с. 9. Схема сверления отверстия в детали без соблюдения единства баз: 1 - деталь (штулка); 2 - кондукторная втулка; 3 - плоская опора; 4 - призма

мер от калибра до готовой детали, тем большее количество операционных погрешностей входит в состав результирующей погрешности, тем более низкой при прочих равных условиях оказывается точность технологического процесса. Поэтому одним из основных принципов создания технологических процессов высокой точности является принцип кратчайшего пути, согласно которому технологический процесс следует строить так, чтобы ему соответствовала возможно более короткая полная технологическая размерная цепь детали. Конкретные способы выполнения этого требования основаны на соответствующем выборе технологических баз деталей.

Кратчайшим путем образования размера детали является одноступенчатое перенесение размера некоторого калибра (например, приспособления) на деталь. В этом случае конечный размер детали определяется операционной размерной цепью. Более короткий путь образования конечного размера детали невозможен.

Необходимые и достаточные условия соблюдения принципа кратчайшего пути при обработке деталей состоят в том (рис.8), что в качестве установочной базы детали ($C_1 - C_1$) должны быть использованы те ее поверхности, которые составляют конструкторскую базу ($C - C$) обрабатываемой поверхности (рис.1). Это правило объединения установочной и конструкторской баз известно под названием правила единства баз. Несоблюдение этого правила при изготовлении деталей приводит к нарушению принципа кратчайшего пути, в результате чего в структуре технологической размерной цепи появляется дополнительное составляющее звено - базисный размер детали L , определяющий расстояние между конструкторской и установочной базами изготавливаемой детали (рис.9).

Таким образом, нарушение правила единства баз привело в данном случае к удлинению технологической размерной цепи детали на одно звено - базисный размер L . Соответственно погрешность конечного размера B_d детали увеличилась на величину погрешности базисного размера ΔL .

На рис.9 показана схема сверления отверстия во втулке для случая, когда правило единства баз не выполняется.

Данное правило обычно реализуют следующим образом. Сначала обрабатывают те поверхности детали, которые являются конструкторскими базами в отношении других поверхностей (выбор установочных баз при этом не имеет значения), затем обрабатывают все остальные поверхности, устанавливая заготовку по соответствующим конструкторским базам.

ВЫБОР СХЕМЫ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Выбор схемы приспособления рассмотрим на примере кондуктора для одновременной обработки трех отверстий во втулке (рис.1).

Наибольшая точность перенесения первичного размера на деталь с помощью приспособления обеспечивается в том случае, если последнее спроектировано в соответствии с правилом единства баз. В этом случае погрешность конечного размера B_d не будет зависеть от погрешности базисного размера L детали.

На практике выполнение этого условия нередко связано со значительным усложнением конструкции приспособления. Правило единства баз, если оно практически осуществимо, нарушают лишь тогда, когда это позволяет использовать для воспроизведения

указанного в чертеже размера более простое приспособление, которое можно изготовить с меньшими затратами и в более короткие сроки.

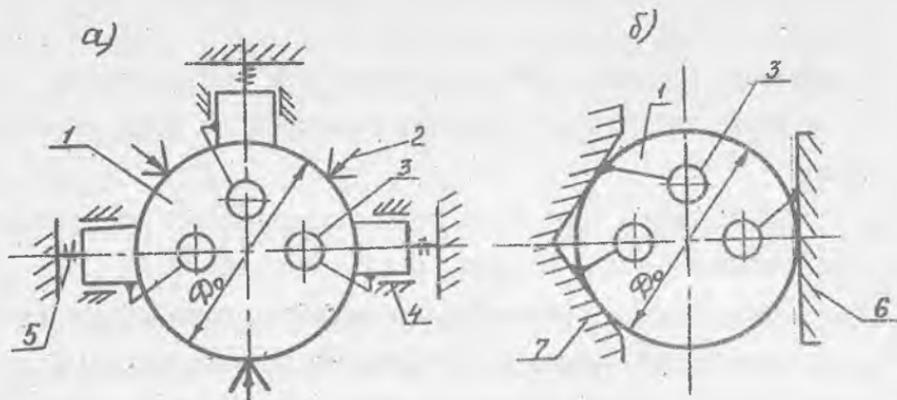
Для сверления трех отверстий во втулке можно использовать приспособления, схемы которых приведены на рис.10.

Здесь деталь 1 закрепляется самоцентрирующим устройством 2, а кондукторные втулки 3 перемещаются по направляющим 4 до контакта с цилиндрической поверхностью детали 1. Эта схема выполнена с учетом правила единства баз. При прочих равных условиях приспособление, выполненное по схеме 10а, обеспечивает более высокую точность по сравнению с приспособлением, показанным на рис.10б. Преимуществом этой схемы по сравнению со схемой 10а является простота конструкции приспособления. Поэтому если схема 10б обеспечивает требуемую точность, то ей следует отдать предпочтение перед схемой 10а.

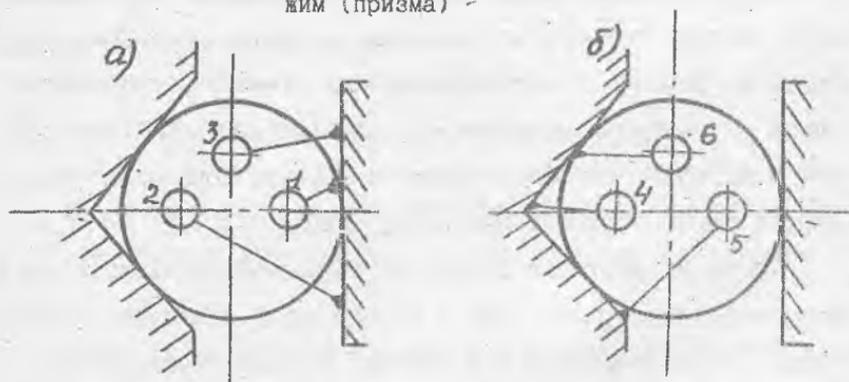
Точность сверления отверстий по схеме 10б зависит как от погрешности размера D_0 , так и от вариантов крепления кондукторных втулок 3 к опоре 6 и прижиму 7 приспособления. Этот прижим выполнен в форме приамы.

Одной из задач данной работы является выбор такой комбинации крепления кондукторных втулок к приаме и плоской опоре, при которой потеря в точности перенесения размера B на деталь будет наименьшей.

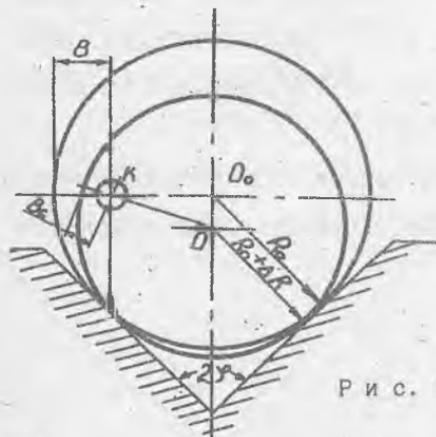
Указанная задача может быть решена теоретическим путем на основе анализа точности различных вариантов схемы кондуктора.



Р и с. 10. Схемы приспособлений для сверления трех отверстий: 1 - деталь; 2 - самоцентрирующее устройство; 3 - кондукторные втулки; 4 - направляющие; 5 - пружина; 6 - опора; 7 - прижим (призма) -



Р и с. 11. Варианты крепления кондукторных втулок: 1...6 - порядковые номера кондукторных втулок



Р и с. 12. Схема определения погрешности ΔB_6

ПРИМЕР ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ΔB

Данный расчет проведем для кондукторной втулки 6 (рис.11) в зависимости от изменения номинального диаметра детали D_0 (рис.1).

Как видно, изменение (увеличение или уменьшение) диаметра D_0 до величины D_1 обусловлено погрешностью обработки детали ΔD , т.е.

$$D_1 = D_0 + \Delta D \quad , \quad (1)$$

где D_1 - конечный размер наружной цилиндрической поверхности детали, полученный после обработки.

Это, в свою очередь, приведет к изменению точности базирования детали и возникновению погрешности ΔB_6 :

$$\Delta B_6 = B_6 - B \quad , \quad (2)$$

где B - номинальный размер, заданный чертежом; B_6 - конечный размер, получившийся в результате сверления отверстия по кондукторной втулке 6.

Необходимо заметить, что при выполнении практических расчетов (как и при рассмотрении чертежа на рис.12) надо учитывать, что величины ΔB_6 и ΔD могут иметь отклонения от номинала (B_6 и D_0) как в положительную, так и отрицательную сторону.

Из рис.12 следует, что

$$B_6 = R_0 + \Delta R - DK \quad , \quad (3)$$

где

$$R_0 = \frac{D_0}{2} \quad ;$$

$$\Delta R = \frac{D_1 - D_0}{2}$$

Также видно, что

$$OK = \sqrt{(O_0K)^2 - (O_0O)^2},$$
$$O_0K = R_0 - B. \quad (4)$$

Зная 2φ угол приамы, получим

$$O_0O = \frac{R_0 - (R_0 + \Delta R)}{\sin \varphi} = -\frac{\Delta R}{\sin \varphi} \quad (5)$$

Выполнив необходимые алгебраические преобразования в первом приближении, будем иметь

$$OK \approx R_0 - B + \frac{\Delta R^2}{2(R_0 - B) \sin^2 \varphi} \quad (6)$$

Подставляя в выражение (2) равенства (3) и (6), получим

$$\Delta B_s = \Delta R \left[1 - \frac{\Delta R}{2(R_0 - B) \sin^2 \varphi} \right] \quad (7)$$

Погрешности ΔB_1 , возникающие при сверлении отверстий по остальным втулкам, приведены без вывода в табл. 2.

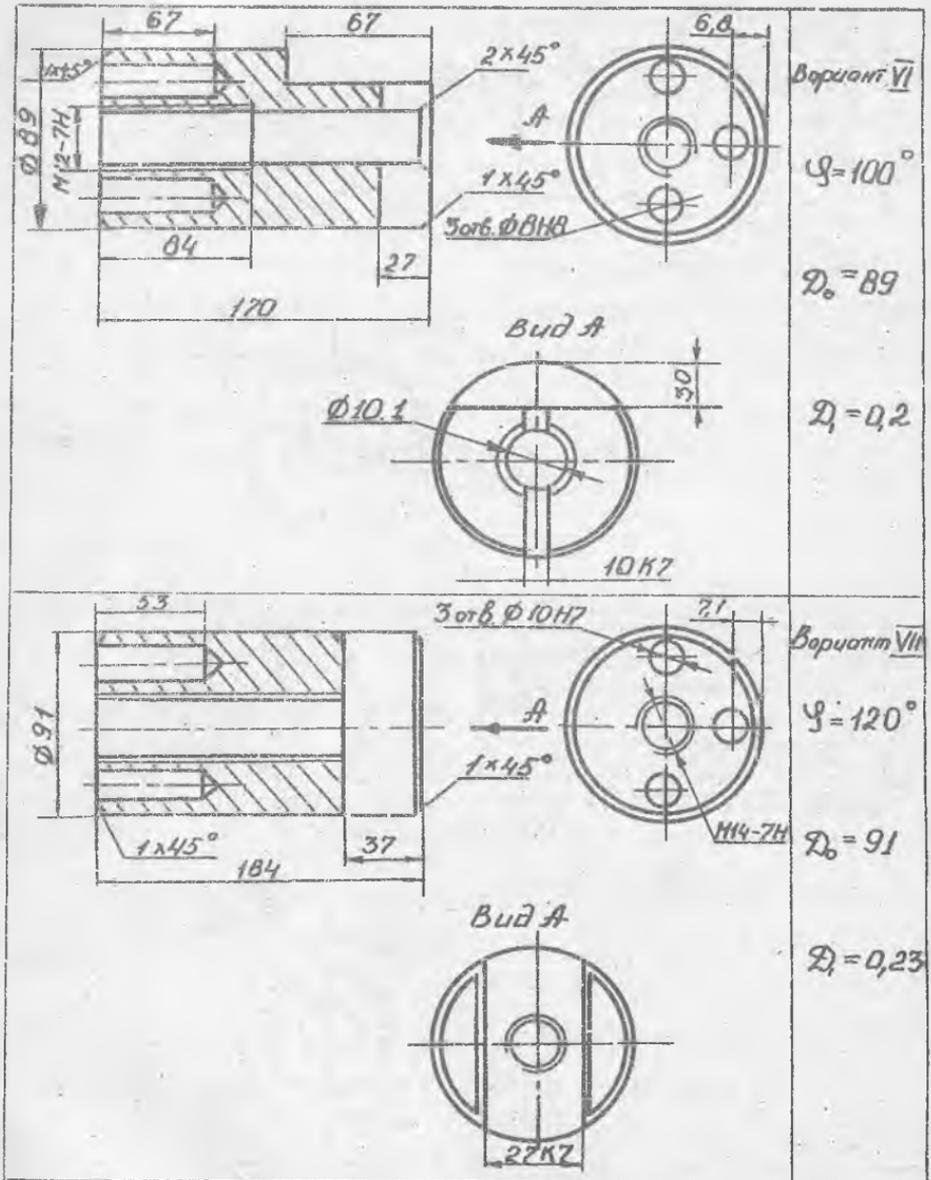
Расчет погрешностей обработки для различных вариантов
расположения кондукторных втулок

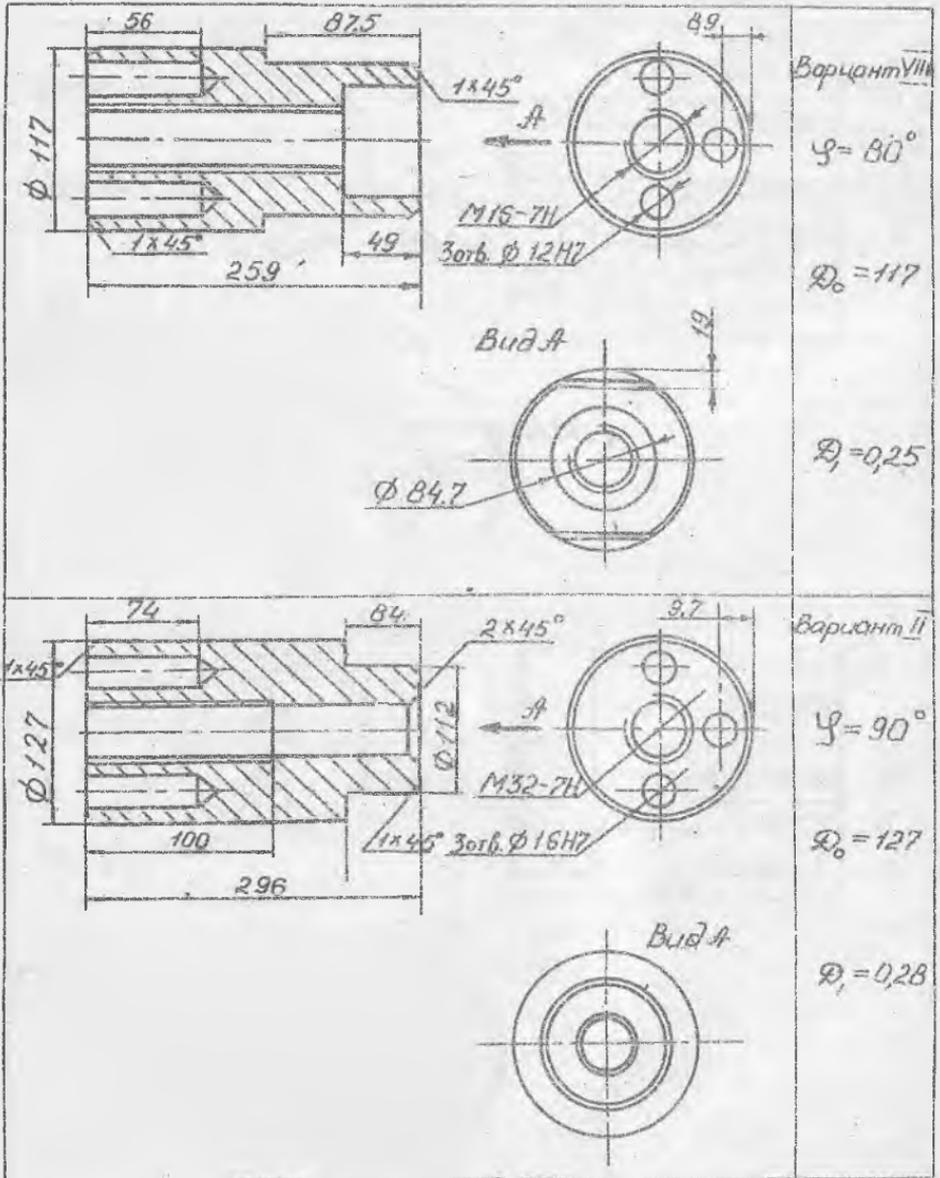
Номер кондукторной втулки	Формулы для расчета ΔB_i	Величина
1	$\Delta B_1 = 0$	
2	$\Delta B_2 = 2 \Delta R$	
3	$\Delta B_3 = \Delta R \left[1 - \frac{\Delta R}{2(R_0 - B)} \right]$	
4	$\Delta B_4 = \Delta R \left(\frac{1}{\sin \varphi} - 1 \right)$	
5	$\Delta B_5 = \Delta R \left(\frac{1}{\sin \varphi} + 1 \right)$	
6	$\Delta B_6 = \Delta R \left[1 - \frac{\Delta R}{2(R_0 - B) \sin^2 \varphi} \right]$	

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить вариант задания в соответствии с табл.3.
2. Ознакомиться с методикой разработки технологических процессов механической обработки деталей, выбора технологических баз и вариантов конструкции приспособлений.
3. Начертить эскиз заданной детали со всеми необходимыми размерами.
4. Разработать технологический процесс механической обработки заданной детали (план обработки).

	<p>Вариант I</p> <p>$\varphi = 30^\circ$</p> <p>$D_o = 40$</p> <p>$D_i = 0,1$</p>
	<p>Вариант II</p> <p>$\varphi = 35^\circ$</p> <p>$D_o = 45$</p> <p>$D_i = 0,12$</p>
	<p>Вариант III</p> <p>$\varphi = 45^\circ$</p> <p>$D_o = 47$</p> <p>$D_i = 0,14$</p>
	<p>Вариант IV</p> <p>$\varphi = 60^\circ$</p> <p>$D_o = 51$</p> <p>$D_i = 0,16$</p>
	<p>Вариант V</p> <p>$\varphi = 70^\circ$</p> <p>$D_o = 59$</p> <p>$D_i = 0,18$</p>





5. Начертить операционные эскизы для одного (любого) перехода, взятого из каждой операции разработанного технологического процесса.

6. По формулам, приведенным в табл.2 и в соответствии с заданным вариантом произвести расчет погрешности обработки ΔB_1 для шести случаев расположения кондукторных втулок. Расчеты выполнять с точностью до 0,001 мм. Результаты расчетов занести в соответствующую графу табл.2.

7. На основании анализа результатов теоретических расчетов выбрать оптимальный вариант схемы кондуктора для сверления трех отверстий, который бы обеспечил минимальную погрешность обработки ΔB_1 .

8. Начертить выбранную схему кондуктора.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Эскиз заданной детали с необходимыми размерами.
 2. Технологический процесс механической обработки заданной детали (план обработки) по форме табл.1.
 3. Операционные эскизы переходов.
 4. Таблица теоретических расчетов погрешности ΔB_1 (табл.2).
 5. Схема выбранного кондуктора для одновременной обработки трех отверстий заданной детали.
 6. Выводы по работе.
- Все расчеты и поясняющий их текст должны быть выполнены чернилами. Эскизы и схемы выполняются в карандаше.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое операция, переход, установ?
2. В чем заключается правило единства баз и как оно реализуется на практике?
3. Что такое установочная база?
4. Что такое базисный размер?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 14.004-83. Единая система технологической подготовки производства. Термины и определения основных понятий. - М., 1983.
2. ГОСТ 3.1119-83. Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на одиночные технологические процессы. - М., 1983.
3. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. - М., 1982.
4. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1981. - 224 с.
5. Комаров А.Д. и др. Проектирование технологических процессов механической обработки деталей летательных аппаратов: Учебное пособие. - Самара: СГАУ, 1993. - 48 с.
6. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983, 2-е изд. - 277 с.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ,
ВЫБОРА БАЗ И ТИПА ПРИМЕНЯЕМОЙ ОСНАСТКИ
НА ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Составители: Б е л я е в Анатолий Сергеевич,
Ш а л а в и н Владимир Васильевич,
М о и с е е в Виктор Кузьмич

Корректор Н.С.К у п р и я н о в а
Компьютерный набор и верстка Б.Б а к и р о в

Подписано в печать 8.06.98 г. Формат 60x84^I/16
Бумага газетная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1,39. Усл.кр.-отт. 1,51. Уч.-изд.л. 1,5.
Тираж 100 экз. Заказ 77.

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

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.