

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра ракетных двигателей

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ
И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология производства
авиационных и ракетных двигателей» для студентов специальности
24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
(специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей»)
очной формы обучения

Воронеж 2021

УДК 621.9.06-529 (03)
ББК

Составители:
Г. А. Сухочев

Технология производства авиационных и ракетных двигателей: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология производства авиационных и ракетных двигателей» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей») очной формы обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост.: Г. А. Сухочев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 33 с.

Разработанные методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторные работы по дисциплине «Технология производства авиационных и ракетных двигателей».

Издание предназначено для студентов очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ ТПАиРД ЛР.pdf

Библиогр: 7 назв. Ил. 11. Табл. 6

УДК 621.9.06-529 (03)
ББК

Рецензент – В. Д. Горохов, д-р техн. наук, проф. кафедры ракетных двигателей ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания для студентов, изучающих дисциплину «Технология производства авиационных и ракетных двигателей» по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», содержат описание лабораторных работ.

Каждая из предлагаемых работ включает в себя сжатый теоретический материал, необходимый для ее понимания и выполнения, и представляет собой небольшое, но самостоятельное и законченное экспериментальное исследование, посвященное снятию рабочих характеристик и изучению физической сущности исследуемых явлений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ВИДЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Цель и задачи: приобретение практических навыков по качественной и количественной отработке конструкции заготовки и детали на технологичность.

План проведения и задачи лабораторной работы.

1. Изучить разделы базирования в [1-6].
2. Получить, проанализировать вариант задания и чертеж заготовки и детали.
3. Отработать конструкцию заготовки и детали на технологичность по частным и общему показателям. При выявлении нетехнологичных конструктивных поверхностей сделать предложения по их преодолению по форме листка изменения чертежа (ЛИЧ).
4. Оформить отчет и защитить работу.

Виды и показатели технологичности конструкций заготовок и деталей регламентируются ГОСТ 14.20–83, номенклатура показателей технологичности и правила их выбора – ГОСТ 14.202-73. Значения показателей технологичности как базовых, так и достигнутых, должны определяться однозначно и находиться в пределах $0 < K < 1$. ГОСТ 14.201–73 приводит типовой перечень показателей технологичности, из которого необходимо принимать минимальное, но достаточное количество показателей. Показатели технологичности служат инструментом общения между конструктором и технологом при совместной отработке конструкции па технологичность. Отработка деталей на технологичность регламентируется ГОСТ 14.201–73, ГОСТ 14.202-73 и выполняется на всех этапах проектирования технологических процессов и производства изделий, с целью достижения заданной точности и качества обработки при минимальной трудоемкости. Показатели технологичности различают двух видов: качественные и количественные. На этапе маршрутной технологии выполняется качественная оценка технологичности деталей, которая характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основании опыта исполнителя и используется как предварительная по следующим признакам: доступность обрабатываемых поверхностей для инструмента и средств контроля; удобство базирования и закрепления заготовки; возможность получения требуемой точности размеров, формы и расположения поверхностей, качества поверхностного слоя; использование детали унифицированных конструктивных элементов; применения типовой оснастки, инструмента и средств контроля; применения типового технологического процесса [1, с.34-42; 5]. Форма оценки: хорошо или плохо, допустимо или недопустимо. Критерием в этом случае являются справочные данные и опыт технолога и конструктора. Количественная оценка технологичности основывается на определении отношения достигнутых числовых показателей к базовым, выполняется в дополнение к качественной оценке в операционной технологии по абсолютной и относительной

себестоимости, трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, унифицированности конструктивных элементов детали, коэффициентам точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей. Технологичность изделия представляет собой совокупность конструктивных свойств обеспечивать ее паспортные показатели качества (производительность, точность, надежность, ресурс и др.), при минимальных затратах на ее производство, эксплуатацию и ремонт. Технологичность детали представляет собой совокупность конструктивных свойств, обеспечивающих ее изготовление в конкретном производстве в требуемом объеме в запланированные сроки в соответствии с требованиями чертежа при минимальных материальных, трудовых и энергетических затратах, с соблюдением экологических требований. Технологичность - понятие относительное: одна и та же заготовка и деталь может быть технологичной при определенном конкретном производстве и не технологичной при другом. Технологичность зависит от производственных возможностей предприятия [2]. Выбор показателей зависит от назначения заготовки и детали, типа производства и условий эксплуатации. Количественная оценка технологичности конструкции осуществляется по базовым показателям технологичности с использованием основных и вспомогательных показателей. К основным показателям технологичности относят трудоемкость изготовления заготовки или детали. Составляющие нормы времени на выполнение работ по отдельным операциям приводятся в справочниках [1] и др. На ранних стадиях проектирования применяют приближенные методы оценки трудоемкости [3]. Для оценки технологичности, при определенном типе производства, используют отношение трудоемкости механической обработки к трудоемкости изготовления заготовки. Чем меньше это отношение, тем меньше объем механической обработки и тем технологичнее заготовка. Значения нормативных частных показателей технологичности зависят от отрасли машиностроения и типа производства (табл. 1); значения весовых коэффициентов определяются исходя из служебного назначения детали. При анализе технологичности конструкции детали требуется убедиться в рациональности выбора качества обрабатываемых поверхностей с учетом возможности применения высокопроизводительного оборудования и унифицированных наладок. Положительным фактором является наличие возможно большего количества поверхностей детали, не требующих обработки резанием. Технологическая себестоимость изготовления одной детали применяется для выбора наилучшего варианта заготовки, в условиях одного способа производства. Изменение вида заготовки вызывает изменение затрат на механическую обработку. Изменение материала вызывает изменение технологического оборудования. Выбирают вариант, при котором технологическая себестоимость минимальна независимо от отдельных составляющих. Коэффициент использования металла - это безразмерная величина, определяемая отношением массы изделия к массе израсходованного металла. При прочих равных условиях более выгодны высокие значения

коэффициента использования металла (материала). Отработка конструкции заготовки и детали на технологичность начинается на начальных этапах разработки конструкторской документации и рекомендуется проводить в следующем порядке.

Таблица 1

Нормативные частные показатели технологичности для различных типов производств машиностроения

Относительный показатель		Базовые относительные показатели				
		Е	МС	С	КС	М
Коэффициент унификации	k_y	-	0,6-0,7	0,7	0,7-0,8	-
Коэффициент шероховатости	k_{Rz}	-	0,5-0,6	0,6	0,6-0,7	-
Коэффициент точности	k_{JT}	-	0,5-0,6	0,6	0,6-0,7	-
Коэффициент использования	$k_{им}$	0,7-0,8	0,75-0,85	0,8-0,9	0,85-0,95	0,9-1,0
Коэффициент обрабатываемости	$k_{обр}$	-	0,7-0,8	0,8	0,8-0,9	0,9-1,0
Интегральный показатель	k_T	0,5-0,7	0,6-0,8	0,7-0,9	0,8-0,9	0,9-1,0

Подбираются и анализируются необходимые конструкторские, технологические и нормативные материалы, требующиеся для оценки технологичности; осуществляется технологический контроль чертежей заготовки и деталей, сборочных единиц; выявляются реальные условия производства; определяются главные конструктивные элементы и поверхности, влияющие на качество и рабочие функции изделия в условиях эксплуатации; отрабатываются на технологичность главные и вспомогательные конструктивные элементы; определяются показатели технологичности базовой и предполагаемой к изготовлению конструкции; проводятся сравнительная оценка и расчет уровня технологичности; разрабатываются мероприятия по улучшению показателей технологичности. После отработки на технологичность все предложения по изменению конструкции должны быть систематизированы и оформлены в пояснительной записке, согласованы с конструкторской службой и затем внесены в рабочие чертежи [4]. Проверить соблюдение на чертежах, установленных технологических норм и требований, обеспечивающих рациональные способы изготовления изделий и заданные показатели технологичности; дать качественную оценку применения материала, геометрической формы и качества поверхностей, размеров и способов получения заготовки (ГОСТ 2.121-73). Количественную оценку

технологичности заготовки и детали необходимо провести по абсолютным и относительным частным показателям. Затем учесть весовые коэффициенты и показатели технологичности. В начале требуется установить показатели базового и проектируемого изделия: массу деталей и заготовок; коэффициенты использования материала; трудоемкость изготовления; технологическую себестоимость [5].

Таблица 2

Значение весового коэффициента в зависимости от эксплуатационной важности того или иного параметра

Приоритеты весовых коэффициентов	Значение весового коэффициента
1	1,0
2	0,9-0,8
3	0,8-0,7
4	0,7-0,5
5	0,5-0,3

Влияние весовых коэффициентов на комплексный показатель технологичности определим из служебного назначения полого вала, который является шпинделем токарного станка. Требования точности поверхностей и динамической уравновешенности вала примем основными. Наиболее приоритетный показатель весового коэффициента определяется исходя из функционального назначения детали и изделия, а таких же элементарных поверхностей. В качестве базовой конструкции служат детали и сборочные единицы отраслевого производства. В дополнение к абсолютным показателям определяют относительные показатели, характеризующие уровень технологичности конструкции по унификации поверхностей, нормам точности и шероховатости, обрабатываемости и использованию материала.

Примеры отработки технологичности. В начале отработывается на технологичность конструкция заготовки и детали по качественным показателям: доступность обрабатываемых поверхностей для инструмента, средств контроля и измерений; удобство базирования и закрепления заготовки; жесткость детали; возможность достижения требуемой точности размеров, формы и расположения поверхностей; достижения требуемого качества поверхностного слоя; использование унифицированных конструктивных элементов; применения типовой оснастки, инструмента и средств контроля; использования типового технологического процесса. Затем делается отработка технологичности, численная по частным показателям с учетом их весовых коэффициентов: использование материала; обрабатываемость материала; коэффициент унификации; коэффициент шероховатости; коэффициент точности. Окончательная оценка технологичности детали осуществляется по

интегральному показателю технологичности K_T . Все показатели технологичности заготовки и детали сравниваются с базовыми показателями технологичности при изготовлении ее по базовому процессу. По результатам сравнения и анализа делается письменное заключение о технологичности. Рассмотрим отработку на технологичность заготовки и конструкции червячного вала (рис. 1), изготовленного из углеродистой стали 40ХН. Поверхности червяка термически обработаны ТВЧ до HRC 48-57. Заготовка – кругляк диаметром 54 мм, длина 300 мм - технологична. Масса заготовки $m_3 = 4,7$ кг, масса детали $m_d = 1,73$ кг). Тип производства – крупно серийный.

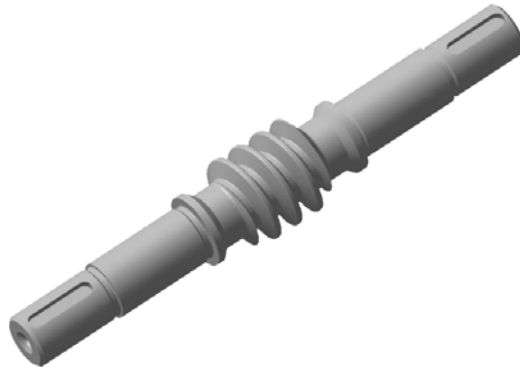


Рис. 1.1. Общий вид червячного вала

Качественная оценка технологичности: доступность поверхностей - хорошая; удобство базирования и закрепления - хорошее; унификация поверхностей - хорошая; унификация оснастки - хорошая; использование типовой технологии - хорошая; изгибная жесткость - малая; достижение точности $\varnothing 28h6(-0,013)$, $\varnothing 30k6(+0,015/+0,002)$ мм и допуска радиального биения 0,008 мм профиля червяка – затруднительное; достижение твердости HRC₃ 48-57 - затруднительное; обеспечение износостойкости профиля червяка - затруднительное. Численная оценка технологичности по частным показателям.

Коэффициент использования металла низкий - значительно меньше нормативного (1.1):

$$k_{им} = m_d \cdot (m_3)^{-1} = 1,73 / 4,7 = 0,368 \ll 0,75. \quad (1.1)$$

Коэффициент обрабатываемости стали 40ХН низкий [2] $k_{обр} = 0,39 \ll 1,0$ значительно меньше нормативного. Унификация поверхностей детали – хорошая: коэффициент унификации $K_y = \sum N_y \cdot (\sum N_{п})^{-1} = 26/34 = 0,765$. Коэффициент шероховатости (1.2):

$$k_{Ra} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} = 1 - \frac{1}{4,54} = 0,779. \quad (1.2)$$

Средняя величина среднеарифметического отклонения (1.3):

$$Ra_{cp} = \frac{12,5 \cdot 4 + 5 \cdot 17 + 2,5 \cdot 6 + 1,25 \cdot 2 + 0,63 \cdot 2 + 0,32 \cdot 2}{34} = 4,54 \quad (1.3)$$

Коэффициент точности обработки (1.4):

$$k_{JT} = 1 - \frac{1}{JT_{cp}} = 1 - \frac{1}{8,647} = 0,8844. \quad (1.4)$$

$$JT_{cp} = \frac{14 \cdot 1 + 12 \cdot 4 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 5 + 12 \cdot 3 + 10 \cdot 7 + 9 \cdot 4 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 4}{31} = 9,9.$$

Весовые коэффициенты определим из условия, что точность профиля червяка является основным требованием. Тогда $k_{JT}^B = 1,0$; $k_{Rz}^B = 1,0$; $k_{им}^B = 0,7$; $k_{обр}^B = 0,6$; $k_{yh}^B = 0,7$. Интегральный показатель технологичности:

$$k_T = 5^{-1}(0,88 \cdot 1 + 0,78 \cdot 1 + 0,368 \cdot 0,7 + 0,39 \cdot 0,6 + 0,765 \cdot 0,7) = 0,542.$$

Заключение: Конструкция червячного вала нетехнологична по интегральному показателю $k_T = 0,542$, частному показателю обрабатываемости $k_{обр} = 0,39$, точности изготовления $\varnothing 28h6(-0,013)$ и $\varnothing 30k6(+0,015/+0,002)$ мм; радиального биения 0,008 мм профиля червяка; износостойкость повышается за счет виброударного упрочнения с дисульфидом молибдена. Малая жесткость вала при нарезании профиля червяка компенсируется применением люнета. Рассмотрим отработку на технологичность конструкцию гильзы цилиндра (рис. 2) поршневого авиационного двигателя, изготовленной из легированной стали 38X2MЮА. Заготовка, изготавливаемая объемной горячей комбинированной штамповкой - технологична. Масса заготовки $m_3 = 6,55$ кг, масса детали $m_d = 2,36$ кг. Тип производства серийный. Качественная оценка. Доступность поверхностей плохая: труднодоступными являются межреберные пространства шириной 3,45 мм глубиной 29 мм; удобство базирования хорошее; удобство закрепления плохое в связи с тонкими стенками (2,1 мм); унификация поверхностей и использование типовой технологии плохая, из-за многочисленных ребер охлаждения; жесткость гильзы низкая. Нетехнологична обработка охлаждающих ребер, отверстия $\varnothing 105J_6(\pm 0,011)$ Ra0,25 мкм, азотирование внутреннего диаметра.



Рис. 1.2. Общий вид гильзы цилиндра поршневого звездообразного авиационного двигателя

Численная оценка технологичности по частным показателям. Коэффициент использования металла низкий (1.5):

$$k_{им} = m_d \cdot (m_3)^{-1} = 2,36 / 6,55 = 0,36 \ll 1. \quad (1.5)$$

Обрабатываемость материала - низкая: коэффициент обрабатываемости $k_{обр} = 0,34 \ll 1,0$ – меньше нормативного.

Унификация поверхностей детали – низкая из-за многочисленных ребер охлаждения: коэффициент унификации (1.6):

$$K_y = \sum N_y \cdot (\sum N_{п})^{-1} = 126 \cdot 92 / 126 = 0,2742 \ll 1. \quad (1.6)$$

Коэффициент шероховатости (1.7):

$$k_{Ra} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} = 1 - \frac{1}{7,2} = 0,861. \quad (1.7)$$

где средняя величина среднеарифметического отклонения профиля неровностей $Ra_{cp} = \frac{10 \cdot 87 + 5 \cdot 4 + 2,5 \cdot 1 + 1,6 \cdot 1}{126} = 1,25 \cdot 10 + 0,63 \cdot 14 + 0,25 \cdot 1 = 7,2$;

Коэффициент точности обработки (1.8):

$$k_{JT} = 1 - \frac{1}{JT_{cp}} = 1 - \frac{1}{8,5} = 0,882. \quad (1.8)$$

$$JT_{cp} = \frac{12 \cdot 1 + 10 \cdot 43 + 8 \cdot 63 + 7 \cdot 17 + 6 \cdot 1}{126} = 8,5.$$

Весовые коэффициенты частных показателей технологичности определим из условия приоритетности точности и износостойкости отверстия

Ø105J_s6(±0,011) Ra 0,25 мкм являются основными требованиями. Тогда $k_{JT}^B = 1,0$; $k_{Rz}^B = 1,0$; $k_{им}^B = 0,7$; $k_{обр}^B = 0,7$; $k_{ун}^B = 0,7$. Интегральный показатель технологичности

$$k_T = 5^{-1}(0,85 \cdot 1 + 0,861 \cdot 1 + 0,36 \cdot 0,7 + 0,34 \cdot 0,7 + 0,2742 \cdot 0,7) = 0,479.$$

Закключение. Конструкция гильзы нетехнологична по интегральному показателю $k_T = 0,479$, по частным показателям использования металла $k_{им} = 0,36$, унификации поверхностей $k_{ун} = 0,274$, обработки охлаждающих ребер, Ø105J_s6(±0,011) при Ra 0,25 мкм и его азотировании на глубину 0,35 - 0,55 мм, при малой толщине стенки 2,1 мм.

Отработаем на технологичность фланцевую крышку (рис. 3), изготовленной из стали 30X13Л, заготовка литье в песчано-глинистые формы. Заготовка – технологична. Масса заготовки $m_3 = 8,33$ кг, детали $m_d = 6,67$ кг. Тип производства – серийный. Коэффициент использования материала (1.9):

$$k_{им} = m_d \cdot (m_3)^{-1} = 6,67 / 8,33 = 0,8 \geq 0,75. \quad (1.9)$$

Обрабатываемость материала хорошая $k_{обр} = 1,3 > 1$. Унификация поверхностей низкая: $k_{ун} = 98 - 60 / 98 = 0,39$ (отверстия Ø1,5 ± 0,1 мм в 4-х труднодоступных выточках). Коэффициент шероховатости $k_{Rz} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} = 1 - \frac{1}{3,437} = 0,71 < 1$, средняя величина среднеарифметического отклонения

$$Ra_{cp} = \frac{6,3 \cdot 20 + 3,2 \cdot 18 + 2,5 \cdot 60 + 1,6 \cdot 2}{98} = 3,437.$$

Коэффициент точности обработки (1.10):

$$k_{JT} = 1 - \frac{1}{JT_{cp}} = 1 - \frac{1}{7,143} = 0,86, \quad (1.10)$$

Средняя величина качества точности (1.11):

$$JT_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{п}} (JT_i \cdot n_i)}{N_{п}} = \frac{12 \cdot 10 + 9 \cdot 62 + 8 \cdot 2 + 6 \cdot 1}{98} = 7,143. \quad (1.11)$$

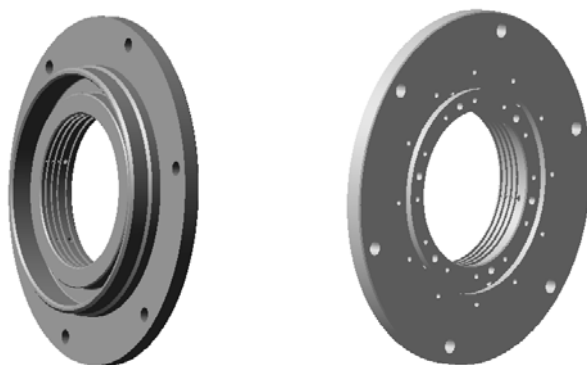


Рис. 1.3. Общий вид фланцевой крышки

Весовые коэффициенты частных показателей технологичности: $k_{RZ}^B = 1,0$; $k_{JT}^B = 0,8$; $k_{им}^B = 0,8$; $k_{обр}^B = 0,7$; $k_{ун}^B = 0,8$. Интегральный показатель технологичности $k_T = 5^{-1}(0,86 \cdot 0,8 + 0,71 \cdot 1 + 0,8 \cdot 0,8 + 1,3 \cdot 0,7 + 0,39 \cdot 0,8) = 0,66$.

Заключение: конструкция крышки технологична по интегральному показателю $k_T = 0,66 \cong 0,75$, нетехнологична по частному показателю унификации отверстий $k_{ун} = 0,39$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ (ДЕТАЛИ)

Цель и задачи: приобретение практических навыков выбора баз и расчета погрешностей базирования различных типов деталей. Задачи. 1. Изучить базирование в [1-6]. 2. Получить, проанализировать вариант задания и чертеж. 3. Рассчитать погрешность базирования. 5. Оформить отчет и защитить работу.

Классификация и характеристика баз. В методичке представлены указания по выбору баз и закрепления заготовок для обработки деталей типа валов, фланцев, корпусов и станин. Представлена методика и примеры расчета погрешностей различных вариантов базирования, выбору оптимального варианта. Предназначена для студентов четвертого и пятого курсов. Базирование - это процесс ориентации заготовки (детали) в требуемом положении в координатной системе станка и последующее закрепление с целью ее обработки по требованиям чертежа. При сборке базирование состоит ориентации детали в определенном расположении и фиксации ее относительно базовой детали, в узле или приспособлении, для выполнения сборочной операции в соответствии с требованиями чертежа. Базами являются поверхности, линии или точки, относительно которых проставляются основные размеры детали при конструировании, относительно которых заготовка ориентируется в технологической системе станка при изготовлении, изделие (узел, агрегат) собирается, монтируется при эксплуатации и ремонте. Базирование обеспечивается за счет лишения заготовки силовых связей, за счет приложения к деталям трех установочных, двух направляющих и одной упорной двух сторонних силовых связей. Для полной ориентации заготовки при базировании необходимо использовать все шесть двухсторонних силовых связей. В зависимости от решаемой технологической задачи может оказаться достаточным пяти (трех установочных и двух направляющих) или трех установочных двух сторонних силовых связей. Следует учитывать различную структуру силовых связей в процессе ориентации заготовки и после ее закрепления. При ориентации связи могут быть односторонние (по половине полной связи в одном направлении). При закреплении действуют за счет сил трения двух сторонние силовые связи. По функциональному назначению базы подразделяются на конструкторские, технологические, измерительные (иногда их не отделяют от технологических), эксплуатационные и ремонтные. По лишаемым степеням свободы базы делятся на установочные, направляющие и упорные. Для размещения трех установочных силовых связей используется наибольшая по площади и размерам поверхность заготовки (детали); для двух направляющих силовых связей используется наиболее длинная поверхность; для одной упорной силовой связи - достаточно жесткая поверхность малых размеров. По форме взаимодействия базовых поверхностей с опорами различают явные (контактные) базы, представляющие собой реальные поверхности, и скрытые (условные) базы, представляющие собой

воображаемой осевые линии, плоскости симметрии, биссектрисы углов и др. По назначению базы делятся на настроечные и проверочные. По происхождению базы делятся на основные, вспомогательные, искусственные и дополнительные. Конструкторские базы - это поверхности, линии или точки, относительно которых обеспечивается требуемое положение детали или сборочной единицы в изделии, относительно которой указываются размеры на чертеже. Технологическими базами называются поверхности, линии или точки заготовки, относительно которых ориентируются ее поверхности, обрабатываемые на станке. Технологическими базами при сборке, называются поверхности, линии или точки детали в сборочной единице, относительно которых ориентируются другие детали или сборочные единицы. По применению технологические базы подразделяются на контактные, настроечные и проверочные. Контактные базы – это поверхности, непосредственно соприкасающиеся с установочными поверхностями станка или приспособления. Настроечные базы – поверхности заготовки, непосредственно связанные размерными связями с обрабатываемыми поверхностями, относительно которых осуществляется настройка элементов технологической системы. Проверочные базы – образуются поверхностями, линиями или точками заготовки при изготовлении (или деталями при сборке), по отношению к которым производится выверка положения заготовки на станке или установка режущего инструмента, а также выверка положения других деталей или сборочных единиц при сборке изделия. Измерительными базами называются поверхности, линии или точки, от которых производится измерение размеров, отклонения формы и расположения поверхностей. При обработке заготовок на станках с ЧПУ настроенным на соответствующие размеры инструменты, при базировании всегда необходимо наложение шести двухсторонних силовых связей. Явные базы представляют собой реальные поверхности, линии или точки детали, относительно которых ориентируются деталь на станке или другие детали в сборочной единице изделия. Скрытые (условные) базы применяются, когда базирование осуществляется не по поверхностям, а по воображаемой осевой линии (при обработке валов в центрах), продольной плоскости симметрии вала (при фрезеровании шпоночного паза), биссектрисе угла (при обработке призматических направляющих станка), по двум осям (при сборке зубчатых колес). Искусственные технологические базы создаются если конструкция заготовки не позволяет удобно и надежно ориентировать, и закреплять заготовку в приспособлении или на станке. К искусственным технологическим базам относятся такие поверхности, которые обрабатываются с более высокой точностью, чем это требуется по чертежу. Примером искусственных технологических баз служат центровые отверстия, которые требуются лишь для базирования при обработке. Дополнительные опорные поверхности применяются при малой жесткости и больших размерах заготовки. При этом положении заготовка становится статически неопределенной и ее точность

базирования может снижаться. Дополнительные опорные поверхности могут быть естественными, обработанными по требованиям чертежа, или искусственными, созданными на заготовке специально для ее установки (центровые отверстия, выточки под люнеты и др.).

Принципы базирования заготовок.

Принцип совмещения баз состоит в том, что для повышения точности обработки заготовки в качестве технологических баз следует принимать поверхности, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами, а также используются в качестве баз при сборке изделий. Если технологическая база не совпадает с конструкторской или измерительной, технолог вынужден производить замену размеров, проставленных в чертежах, на размеры более удобные для обработки, проставленными от технологических баз. Принцип постоянства заключается в том, что при разработке технологического процесса необходимо стремиться к использованию одной и той же технологической базы для всех операциях, или для возможно большего количества операций. Стремление осуществить обработку на одном комплекте технологических баз объясняется тем, что всякая смена технологических баз увеличивает погрешность обработки; требуется дополнительное время на установку и выверку заготовки, настройки инструмента.

Выбор технологических баз и способов закрепления. Схема базирования и закрепления, их практическая реализация, должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно координатной системы станка и режущих инструментов, надежность ее закрепления и неизменность базирования в течение процесса обработки. Базовые поверхности заготовки должны обеспечивать использование простых и надежных приспособлений; удобство установки и закрепления, открепления и снятия заготовки; приложения в местах опор сил зажима и подвода режущих инструментов. Если деталь не удовлетворяет этим требованиям, необходимо предусмотреть в конструкции детали дополнительные базовые поверхности. Черновые технологические базы следует выбирать поверхности, относительно которых можно обработать поверхности чистовых баз. При обработке заготовок, полученных литьем и штамповкой, необработанные поверхности следует использовать в качестве баз только на первой операции. В качестве чистовых технологических баз следует принимать поверхности, имеющие более высокую точность и малую шероховатость. Они не должны иметь литейных прибылей, литников, линий разъема, окалины и других дефектов. Для установочных баз применяются наибольшие по площади поверхности, для направляющих баз – наиболее протяженные, для упорных – наиболее жесткие поверхности малой площади. У деталей, не подвергающихся полной обработке, технологическими базами для первой операции рекомендуется принимать те поверхности, которые вообще не обрабатываются. Если у деталей обрабатываются все поверхности, в качестве технологических баз для первой операции

целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками. Базовые центровые отверстия после чернового точения и термообработки, необходимо повторно обработать перед чистовым точением. Исключением могут быть случаи обработки особо точных заготовок, полученных литьем под давлением, точным прессованием, калиброванием, когда черновая или термическая обработка отсутствует; или случаи обработки заготовок, установленных на приспособлениях-спутниках. Если к одной из поверхностей детали предъявляются высокие требования к износостойкости, минимального и равномерного снятия припуск, то эта поверхность используется в качестве черновой базы при первой операции обработки. Для обеспечения снятия минимального припуска с направляющих станин станков, в целях сохранения высокой и равномерной их износостойкости (микротвердость и износостойкость уменьшается в глубь металла) при первой операции обработки отливки станины в качестве черновой базы применяется поверхность направляющих. В мелкосерийном производстве равномерное распределение припуска при обработке отливок и поковок обеспечивается за счет разметки заготовок (искусственные базы) и выверкой их положения на станке при первой операции обработки. В серийном производстве распространено применение базирования по установочным штырям, вставленным в отлитые или обработанные отверстия заготовки. После базирования по ним заготовки и закрепления ее в приспособлениях установочные штыри вынимают и производят чистовую обработку заготовки и в том числе отверстий. Чистовые технологические базы выбираются исходя из следующих соображений. При чистовой обработке особенно важным является соблюдение принципа совмещения баз, так как в этом случае образующиеся при обработке погрешности минимальны. При совмещении конструкторских и технологических баз (в том числе и измерительных баз) погрешности базирования равны нулю. Наименьшие погрешности обработки достигаются при использовании на всех или большинстве операциях механической обработки одних и тех же комплектов баз, т. е. при соблюдении принципа их единства. Базы для окончательной обработки должны иметь высокую точность, малую шероховатость, достаточную жесткость.

Базирование заготовок в приспособлении. Базировании шатуна в призмах. При базировании шатуна в двух подвижных призмах, перемещающихся навстречу друг другу, заготовка лишается трех степеней свободы обеспечивается «направление» шатуна, так как устраняется возможность бокового перемещения каждой из его головок и определяется его положение в направлении его оси. При неподвижном положении центра в осевом направлении, когда он не только центрирует заготовку, но и служит для нее упором, заготовка лишается трех степеней свободы. Когда центр “плавает” вдоль оси или перемещается вместе с пинолью, заготовка лишается двух степеней свободы. При закреплении цилиндрической заготовки в патронах и на разжимных оправках по длинной цилиндрической поверхности, заготовка

лишается четырех степеней свободы. Последовательность выбора технологических баз. Попытаться выбрать базовую поверхность для обработки заготовки за одну установку. При невозможности этого следует выбрать базовую поверхность для обработки наибольшего количества поверхностей. Затем необходимо определить базу для выполнения первой или нескольких операций. Определить измерительные базы. Провести анализ технологических размерных связей обрабатываемых поверхностей исходя из их функционального назначения [1, с.155].

Погрешностей базирования ступенчатых валов. Основными базами деталей типа валов являются поверхности центровых отверстий, торцевых поверхностей, при фрезеровании шпоночных пазов – используются поверхности опорных шеек вала. Первой операцией является подготовка технологических баз: подрезание торцов в размер, сверление центровых отверстий. Рассмотрим методику выбора баз на примере ступенчатого вала. На опорных шейках $\varnothing D$ и $\varnothing d$ монтируются подшипники качения, расстояние между их торцами регламентирует точность сборки приводных валов в корпусе редуктора. Примем, что для обеспечения нормального зацепления конических зубчатых колес основные требования по точности вала в осевом направлении относятся к размеру Γ [2, с. 443]. Рассмотрим два варианта базирования. Первый вариант (рис. 2.1, а). Установка вала в центрах. Точение в размер A_1, M_1, N_1 . Переустановка в центрах. Торец "Т" используется как базовый, поэтому погрешность базирования размера равна $\Delta\Gamma_1 \leq TI_1 + TB_1$, а общая погрешность, включая еще и погрешность обработки - $\Delta\Gamma_{01} < T\Gamma_1$. Погрешность базирования при обработке диаметров D и d составляет $\Delta D = \Delta d \leq TP$, где TP - погрешность на установку в центрах [1, с. 47- 48]. Эти результаты определяются из уравнений размерной цепи (рис. 2.1, а).

Номинальное значение размера Γ (2.1):

$$\Gamma_1 = I_1 - (L_1 + M_1). \quad (2.1)$$

Погрешности базирования размера Γ (2.2):

$$\Delta\Gamma_1 = \Delta M_1 + \Delta L_1. \quad (2.2)$$

Погрешности размеров при обработке не должны превышать допусков на эти размеры, которые определяются по верхним (ВПО) и нижним (НПО) предельным отклонениям $T = |ВПО| + |НПО|$, можно принять (2.3):

$$\Delta\Gamma_1 \leq TM_1 + TL_1. \quad (2.3)$$

Второй вариант (рис. 2.1, б) имеет нулевую погрешность базирования по размеру Γ : $\Delta\Gamma_2 = 0$, так как один из торцов размера Γ принят за базовый (рис. 2.1, б). Заметим, что погрешность обработки размера Γ , здесь, как и в первом

варианте, не равен нулю. Таким образом, второй вариант наиболее точный, в котором $\Delta\Gamma_2 = 0$, даже при переустановке заготовки.

Пример расчета погрешности базирования ступенчатого вала.

Размеры ступенчатого вала: $A=15h9(-0,043)$; $M=20h11(-0,130)$; $B=15h9(-0,043)$; $L=20h9(-0,052)$; $\Gamma=65j_87(\pm 0,015)$; $I=110h9(-0,087)$; $\varnothing d1=15j_87(\pm 0,009)$; $\varnothing d6=15j_87(\pm 0,009)$. Допуск радиального биения устанавливается пятой степенью точности. Для первого варианта базирования справедлива зависимость (2.4):

$$\Delta\Gamma_1 \leq (TM_1 + TЛ_1) = (0,130 + 0,043) = 0,173 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

При 50% диапазоне рассеяния действительных размеров можно принять $\Delta\Gamma_1 \approx 0,086$ мм. Второй вариант: $\Delta\Gamma_2 = 0$, так как один из торцов размера Γ совмещен с базовой поверхностью.

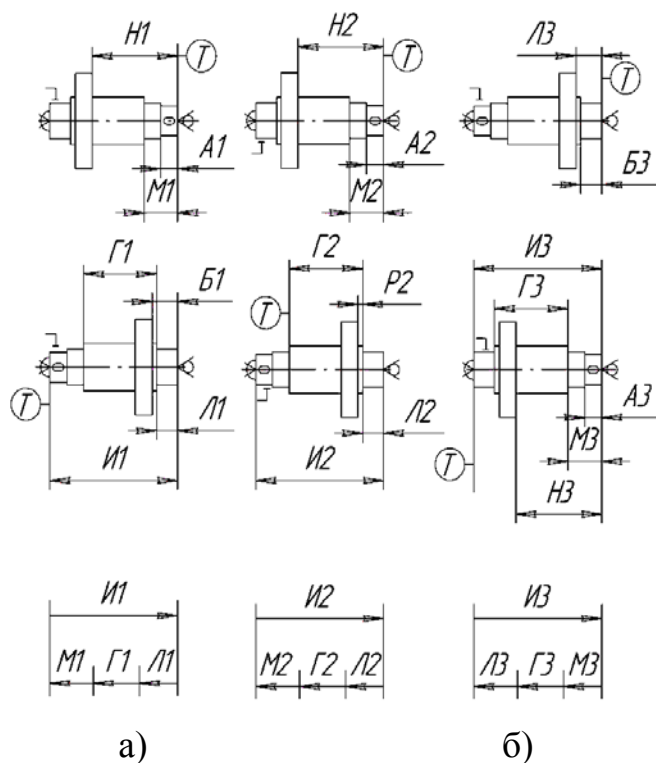


Рис. 2.1. Схемы обработки вала и технологических размерных цепей при различных вариантах базирования:

а) – первый вариант базирования; б) – второй вариант базирования

Третий вариант: $\Delta\Gamma_3 \leq (TЛ_3 + TM_3) = 0,043 + 0,130 = 0,173$ мм; $\Delta\Gamma_1 \approx 0,086$ мм. Второй вариант базирования более предпочтительный. Для снижения погрешности базирования необходимо наиболее важные в эксплуатационном отношении и наиболее точные размеры обрабатывать за один установ без переустановки. Если этого добиться невозможно, то необходимо в качестве базовых поверхностей использовать одну из поверхностей, от которой проставлен этот важных для эксплуатационных характеристик размер.

Варианты задания для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале. Исходные размеры для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала представлены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные размеры для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала (рис. 2.2)

№ вар.	Ah9	Bh9	Vf9	$\Gamma_{js} 8$	Eh9	Ig9
1	10	13	14	50	10	95
2	12	15	15	55	15	105
3	15	20	20	60	17	110
4	17	23	22	65	20	120
5	20	25	25	70	23	135
7	27	32	30	90	25	175
8	30	35	32	100	30	200
9	35	40	35	110	33	215
10	37	42	37	120	35	230
11	40	45	40	130	40	240
12	43	47	45	140	42	280
13	45	50	50	150	43	300
14	47	52	55	155	46	320
15	50	55	60	160	50	345

Предельные отклонения размеров для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала определяются по нормативным таблицам [2, с. 78-115].

Выбор технологических баз, расчет погрешностей базирования деталей типа фланцев. Основные требования к точности фланцев сводятся к обеспечению требований торцевого биения торцов T_1 ; T_2 , соосности отверстий $\varnothing A$ и $\varnothing B$. В качестве технологических баз рекомендуем применять торцевые и цилиндрические поверхности T_1 ; $\varnothing A$; $\varnothing D$.

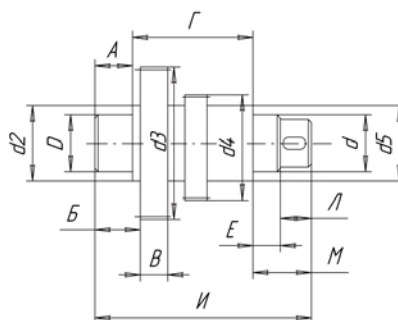


Рис. 2.2. Эскиз детали типа ступенчатого вала

Рассмотрим методику выбора баз на примере фланца, эскиз которого представлен на рис. 4. Первый вариант (рис. 2.2, а). Обработка основных по точности поверхностей А; В; И ведется с одного постанова. Поэтому погрешность базирования их здесь равна нулю. Общая погрешность будет обуславливаться погрешностью обработки. Второй вариант (рис. 2.2, б). Погрешность базирования $\Delta I_2 = 0$, так как оба торца обрабатываются за один установ. Погрешность базирования на диаметры A_2 и B_3 , в связи с переустановом в трехкулачковом патроне $\Delta A_2 = \Delta B_2 \leq TP_2$. Общая погрешность переустановки $\Delta P_3 = \Delta A_2 + \Delta P_2$. Третий вариант (рис. 2, в). В связи с обработкой размеров A_3 ; I_3 и др. за один установ $\Delta I_3 = 0$ и обработкой размеров B_3 и A_3 в разных установках $\Delta A_3 = \Delta B_3 \leq TP_3$. Наиболее точным вариантом является первый.

Пример расчета погрешностей базирования деталей типа фланцев.

Примем следующие размеры фланца: $L = 30E8^{(+0,073}_{+0,040)}$; $B = I5h9_{(-0,043)}$; $V = I2H10^{(+0,070)}$; $\varnothing D = 60h12_{(-0,030)}$. Первый вариант: $\Delta I_1 = 0$, $\Delta A_1 = \Delta B_1 = 0$. Второй вариант: $\Delta I_2 = 0$, $\Delta A_2 = \Delta B_2 = 0,030 / 1,с. 41 /$, $\Delta A_{2\Sigma} = \Delta B_{2\Sigma} = 0,030 + 0,5 TA_2 = 0,046$.

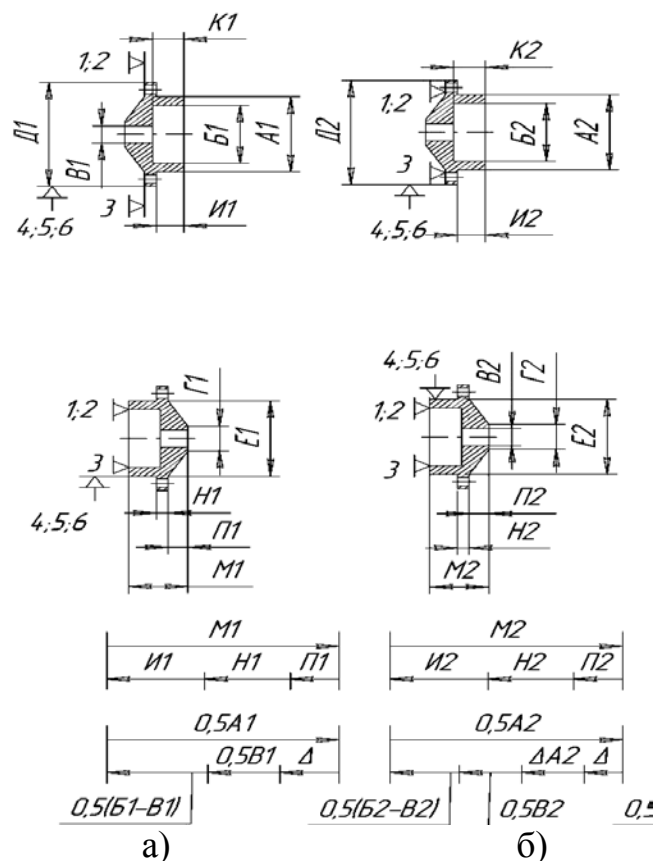


Рис. 2.3. Схемы обработки фланца и технологических размерных цепей:
а) – 1-й вариант; б) – 2-й вариант

Третий вариант: $\Delta I_3 = 0$, $\Delta A_3 = \Delta B_3 = 0,060$ в связи с увеличением

базирования о $A = 30E8$ на $\varnothing D = 60h12$. Суммарная погрешность от переустановки $\Delta A_{3\Sigma} = \Delta B_{3\Sigma} = 0,060 + 0,5 \times 0,300 = 0,210$. Первый вариант базирования наиболее точный. Варианты задания для расчета погрешностей базирования деталей типа фланцев. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале. Исходные размеры для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала представлены в табл. 3.

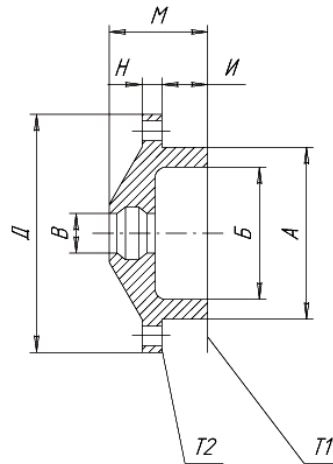


Рис. 2.4. Эскиз детали типа фланца

Таблица 4

Исходные размеры для расчета погрешностей базирования
деталей типа фланцев (рис. 2.4)

№ вар.	Ac8	БН9	Вс8	Дн9	Иh8	Мh10	Нh9
1	35	28	16	45	10	20	6
2	37	32	18	60	12	22	7
3	40	34	20	63	14	25	8
4	42	36	22	65	16	27	9
5	44	38	18	68	18	30	10
6	45	39	20	70	20	32	11
7	47	40	22	72	22	34	12
8	48	41	26	75	24	36	10
9	49	42	28	78	25	38	12
10	50	43	30	80	27	40	14
11	52	44	31	82	29	42	15
12	55	45	32	86	30	44	16
13	57	46	35	88	32	45	17
14	58	47	37	90	34	47	18
15	60	48	40	95	35	49	19

Предельные отклонения размеров для расчета погрешностей базирования

деталей типа фланцев определяются по нормативным таблицам представленных в [2, с. 78-115].

Выбор технологических баз, расчет погрешностей базирования корпусных деталей. При выборе баз корпусных деталей необходимо сформулировать основные задачи обработки и определить последовательность их решения. Эта задачи сводятся в основном к двум. Первая - обеспечение равномерного припуска обработки, решаемая на первых операциях. Вторая - установление требуемых линейных и угловых размерных связей обрабатываемых поверхностей относительно свободных, решаемая на финишной обработке. Рассмотрим задачи выбора баз и расчета погрешностей базирования на примере серийной обработки корпуса электродвигателя. Требуется обеспечить размер $A \pm \Delta A$, расстояние между осью цилиндрической поверхности диаметром $\varnothing D$ и плоскостью основания "С", параллельность между ними и симметричность крепежных отверстий $\varnothing d$ относительно этой оси; равномерность толщины полки Б (рис. 2.6). Из анализа размерных связей поверхностей [1, с. 156] выберем в качестве технологической базы для обработки большинства поверхностей поверхность "С" основания и два отверстия $\varnothing d$. В этом случае точность основного размера $A \pm \Delta A$, параллельность оси диаметра $\varnothing D$ и плоскости "С" будет зависеть только от погрешностей операции расточки. Для технологической операции фрезерования плоскости "С", расточки $\varnothing D$ и сверления $\varnothing d$ возможно несколько вариантов базирования. Первый вариант (рис. 2.5, а). В качестве установочной базы выбирается поверхность полок "П" (1; 2; 3); - направляющей базой выбирается плоскость симметрии корпуса по разметке линии (4; 5); - опорной базой – торец "Т" (6). Установка по плоскости симметрии может производиться по разметке либо в специальном приспособлении по диаметру $\varnothing D$. Вторым вариантом (рис. 2.5, б). В качестве установочной базы используется боковая поверхность "Е" корпуса (1; 2; 3); в качестве направляющей базы – поверхность торца "Т" (6). Указанная базировка реализуется в специальном приспособлении. Третьим вариантом (рис. 2.5, в). В качестве установочной базы используются боковые поверхности корпуса "Е" (1; 2; 3); в качестве направляющей базы - поверхность ребра корпуса: линия (4; 5); в качестве упорной базы - торец поверхности Т (6). Этот вариант реализуется при установке корпуса в тисках. При этом во всех вариантах последовательно выполняются три операции: фрезерование плоскости "С", расточка отверстия $\varnothing D$ и обработка торцов Т, сверление отверстий $\varnothing d$. Для определения погрешностей базирования составим технологические размерные цепи для выбранных вариантов базирования (рис. 2.5, а, б, в). Первый вариант базирования (рис. 2.5, а). Первая операция. Размер B_{01} получается кратчайшим путем, погрешность базирования $\Delta B_1 = 0$ (рис. 2.5, а). Номинальный размер $B_{01} = B_1 - П_1$. Погрешность этого размера $\Delta B_{01} \leq \Delta B_1 + \Delta П_1$. Погрешность размера B_{01} обуславливается лишь обработкой. Так как на первой операции

базирование осуществлялось в частности по $\varnothing D$, обеспечивается равномерный припуск по толщине стенки $T_{t1} = \text{const}$. Вторая операция. Погрешность базирования $\Delta A_1 = 0$. Номинальный размер $A_{01} = A_1 - \Pi_1$, погрешность $\Delta A_1 \leq \Delta A_1 + \Delta \Pi_1$. Погрешность размеров на второй операции обуславливается лишь обработкой: $\Delta D_1 \leq T D_1$; $\Delta A_1 \leq T A_1$. Погрешность отклонения от параллельности оси "О" и плоскости "С" - $\Delta // OC \leq T // OC$. Третья операция. Симметричность обработки отверстий $\varnothing d$ в связи с базированием на первой операции по $\varnothing D$ обуславливается лишь погрешностью обработки $B_{01} = B_1 - B_T$; $\Delta B_{01} \leq \Delta B_1 + \Delta B_T$. Погрешность базирования размера В $\Delta B_1 = 0$. Второй вариант базирования (рис. 2.5, б). Первая операция. Толщина пластика B_{02} получается более длинным путем (см. размерную цепь рис. 2.5, б). Номинальное значение размера B_{02} : $B_{02} = H_2 - (\Pi_2 + K_2 + n_2)$. Погрешность обработки размера B_{02} : $\Delta B_{02} \leq \Delta \Pi_2 + \Delta \Pi_2 + \Delta K_2 + \Delta n_2$.

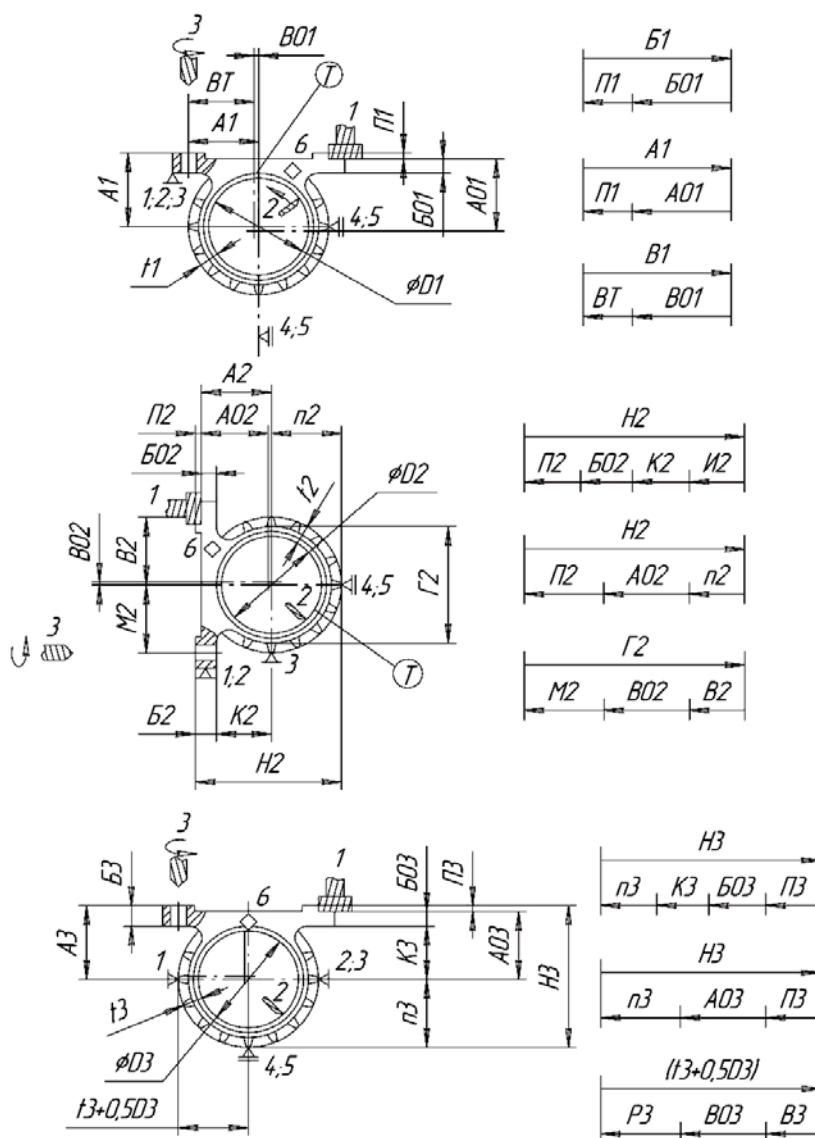


Рис. 2.5. Схемы обработки и технологических размерных цепей:
а) – 1-й вариант; б) – 2-й вариант; в) – 3-й вариант

Варианты задания для расчета погрешностей базирования корпусных деталей. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале. Исходные размеры для расчета погрешностей базирования корпуса электродвигателя представлены в табл. 5.

Таблица 5

Исходные размеры для расчета погрешностей базирования корпусных деталей (рис. 2.6)

№ вар.	Ah10	Hh10	Bh9	Bh9	Гh10	Eh10	Th10	DH8	dH8
1	50	104	6	40	52	80	12	80	6,5
2	56	116	7	45	60	90	15	90	6,5
3	63	128	7	50	65	100	15	100	7,0
4	71	156	9	56	85	112	20	130	7,0
5	80	173	10	63	93	125	20	146	10
6	90	194	11	70	104	140	25	158	10
7	100	217	12	80	117	160	25	184	12
8	112	242	12	95	130	190	30	200	12
9	132	283	13	108	151	216	30	242	12
10	160	329	16	127	169	254	35	268	15
11	160	360	18	133	200	266	35	330	15
12	180	380	20	140	210	290	40	340	19
13	200	425	25	159	225	318	40	370	19
14	225	440	28	178	247	356	45	404	19
15	250	527	30	203	277	406	50	454	24

Предельные отклонения размеров для расчета погрешностей базирования ступенчатого вала определяются по нормативным таблицам допусков в системе отверстия [2, с. 78-115]. Вторая операция. Номинальное значение размера A_{02} (2.5):

$$A_{02} = H_2 - (P_2 + n_2). \quad (2.5)$$

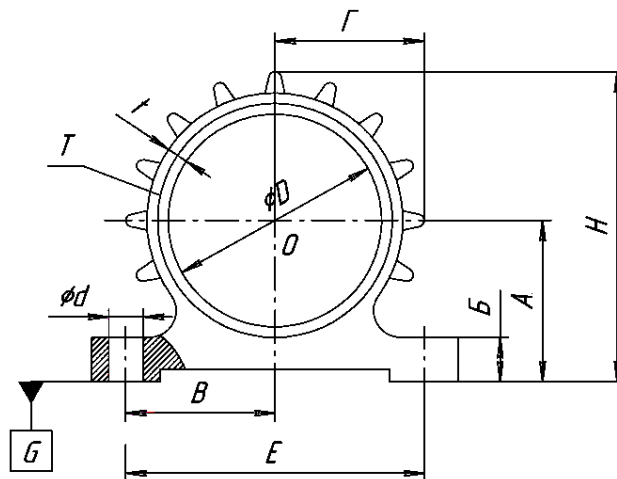


Рис. 2.6. Эскиз заготовки типа корпуса электродвигателя

Погрешность обработки этого размера $\Delta A_{02} \leq \Delta H_2 + \Delta \Pi_2 + \Delta n_2$. Очевидно, что $\Delta A_{02} > \Delta A_{01}$. Третья операция. Симметричность обработки отверстий $\varnothing d$ имеет более значительную погрешность и выражается зависимостью (2.6):

$$\Delta B_{01} \leq \Delta B_{02} \leq \Delta E_2 + \Delta M_2 + \Delta B_2. \quad (2.6)$$

Третий вариант базирования (рис. 2.5, в). Первая операция. Размер B_{03} получается исполнением большего количества размеров $B_{03} = H_3 - (\Pi_3 + K_3 + n_3)$, со значительной погрешностью (2.7):

$$\Delta B_{01} < \Delta B_{03} \leq \Delta H_3 + \Delta \Pi_3 + \Delta K_3 + \Delta n_3. \quad (2.7)$$

Вторая операция. Номинальное значение размера A_{03} запишется $A_{03} = H_3 - (\Pi_3 + n_3)$, погрешность этого размера (2.8):

$$\Delta A_{01} < \Delta A_{03} \leq \Delta H_3 + \Delta \Pi_3 + \Delta n_3. \quad (2.8)$$

Третья операция. Номинальный размер V_{03} (2.9):

$$V_{03} = (t_3 + 0,5D_3) - (P_3 + B_3), \quad (2.9)$$

Погрешность размера:

$$\Delta V_{01} < \Delta V_{03} \leq \Delta t_3 + \Delta D_3 + \Delta P_3 + \Delta B_3.$$

Анализ трех вариантов показывает, что первый вариант является наиболее точным и технологичным.

Рассмотрим пример расчета погрешностей базирования корпуса

электродвигателя 4А80В исполнения М100. Исходные данные [3, с. 538]: $A = 80 (+0,1)$; $H = 175 (-0,65)$; $E = 125 (\pm 0,15)$; $B = 0,5E$, $B = 10 (+0,1)$; $0 \varnothing d = 10 (+0,1)$; $\varnothing D = 130 (-0,019 -0,040)$; $t = 26 (\pm 0,1)$; $\Gamma = 93 (\pm 0,15)$; $\varnothing D = 186 (\pm 0,3)$ мм.

Первый вариант: $\Delta B_{01} \leq \Delta B_1 + \Delta \Pi_1$; здесь $\Delta \Pi_1 = 0$, поэтому $\Delta B_{01} \leq 0,1$; $\Delta A_{01} \leq \Delta A_1 = 0,2$; $\Delta B_{01} \leq 0,2$.

Второй вариант: $\Delta B_{02} \leq \Delta H_2 + \Delta \Pi_2 = 0,5$. Здесь $\Delta \Pi_2 = 0$, поэтому $\Delta A_{02} \leq \Delta H_2 + \Delta \Pi_2 + \Delta I_2 = 0,5 + 0,15 = 0,65$, $\Delta B_{02} \leq \Delta E_2 + \Delta M_2 + \Delta B_2 = 0,6 + 0,15 + 0,15 = 0,9$.

Третий вариант: $\Delta B_{03} \leq 0,5 + 0,4 = 0,9$; $\Delta A_{03} \leq 0,5 + 0,3 = 0,8$; $\Delta B_{03} \leq 0,2 + 0,03 + 0,05 + 0,15 = 0,43$.

Таким образом, из трех вариантов базирования наименьшую погрешность дает первый, наибольшую - третий.

Выбор технологических баз и расчет погрешностей базирования деталей типа станин. Если имеется возможность надежного крепления станины, не мешая доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям, то представляется необходимым на каждом из черновых и чистовых этапов обработку вести без переустановки. Если эти условия не выполняются, то выбирается общая технологическая база для большинства поверхностей, затем выбираются базы для создания комплекта общих баз. Первая операция: обработка базовых поверхностей. Одним из основных условий выбора технологические базы станин является обеспечение постоянства толщина припусков, литых направляющих, так как анизотропность физико-механических свойств литого чугуна по глубине направляющих может вызвать различную степень износа направляющих по их длине и потерю точности станка. Вторая операция. Погрешность базирования $\Delta A_1 = 0$. Номинальный размер $A_{01} = A_1 - \Pi_1$, погрешность $\Delta A_1 \leq \Delta A_1 + \Delta \Pi_1$. Погрешность размеров на второй операции обуславливается лишь обработкой: $\Delta D_1 \leq TD_1$; $\Delta A_1 \leq TA_1$ [1, с.91]. Вторая операция. Погрешность базирования $\Delta A_1 = 0$. Номинальный размер $A_{01} = A_1 - \Pi_1$, погрешность $\Delta A_1 \leq \Delta A_1 + \Delta \Pi_1$. Погрешность размеров на второй операции обуславливается лишь обработкой: $\Delta D_1 \leq TD_1$; $\Delta A_1 \leq TA_1$. Вторая операция. Погрешность базирования $\Delta A_1 = 0$. Номинальный размер $A_{01} = A_1 - \Pi_1$, погрешность $\Delta A_1 \leq \Delta A_1 + \Delta \Pi_1$. Погрешность размеров на второй операции обуславливается лишь обработкой: $\Delta D_1 \leq TD_1$; $\Delta A_1 \leq TA_1$. Поэтому на первой операции базирование заготовок целесообразно производить по литым поверхностям направляющих, затем после обработки нижней и боковых поверхностей станины, использовать их в качестве технологических баз.

Рассмотрим задачи выбора баз на примере боковой станины агрегатного станка (рис. 2.7). Необходимо обеспечить перпендикулярность направляющих "Н" к торцевой плоскости "Т". В качестве общей технологической базы выбрана плоскость основания "О" боковых платиков, которые обрабатываются в первую очередь. Затем возможны три варианта базирования (рис. 2.8, а, б, в). Первый вариант (рис. 2.8, а). Заготовка устанавливается на литые поверхности направляющих "Н". Первая операция. Фрезеруется установочная база -

поверхность "О" платиков в размер "С". Эта операция является общей для всех вариантов. Вторая операция. Заготовка устанавливается поверхностью "О" на многоцелевой станок с горизонтальным и вертикальным шпинделем. Обрабатываются направляющие "Н" в размер Б вертикальным шпинделем.

Третья операция. Обработка торца "Т" в размер М под прямым углом β относительно плоскости направляющих горизонтальным шпинделем. Второй вариант (рис. 2.8, б). Вторая операция. Установка заготовки поверхностью "О" на вертикально-фрезерный станок. Обработка направляющих "Н". Третья операция. Установка заготовки поверхностью "О" на фрезерно-расточной станок с горизонтальным шпинделем. Обработка торца "Т". Третий вариант. Первая и вторая операции аналогичны второму варианту. Третья операция. Установка заготовки поверхностью направляющих "Н" на фрезерно-расточной станок. Обработка торца "Т". Под обработкой может пониматься несколько переходов и операций. Например, фрезерование (черновое, получистовое, чистовое); шлифование (черновое, чистовое); вибронакатывание плоских направляющих. Однако принципиальная схема базирования остается прежней.

Составим технологические размерные цепи для выбранных вариантов базирования (рис. 2.7, а, б, в). Первый вариант (рис. 2.7, а). Первая операция. Номинальный размер $B_{01} = B_1 - П_{Б1}$. Погрешность базирования $\Delta B_{01} = 0$. Вторая операция. Номинальный размер $A_{01} = A_1 - П_{А1}$. Погрешность базирования для размера A_1 составит $\Delta A_{01} = T_{A_1} + T_{П_{А1}}$. Третья операция. Погрешности размеров М, Г и угла β обуславливается погрешностью станка, так как обработка ведется без переустановки. Погрешность базирования $\Delta \beta = 0$. Общая погрешность составит $\Delta \beta_{\Sigma} \leq T_{\beta_M} + T_{\beta_T}$ и будет обуславливаться влиянием погрешности изготовления направляющей и торцевой поверхности на угол β . Второй вариант (рис. 2.7, б). Погрешности базирования для первой и второй операции аналогична первому варианту. Третья операция. Погрешность базирования складывается из влияния погрешности базирования второй операции при обработке направляющих ΔA_{01} на погрешность угла $\Delta \beta_H$, собственно погрешности базирования $\Delta \beta_1$ от переустановки $\Delta \beta_2 = \Delta \beta_H + \Delta \beta_T$. Третий вариант (рис. 2.7, в): погрешность базирования включает погрешность последней установки заготовки $\Delta \beta_3 = \Delta \beta_T$. Наибольшая погрешность базирования возникает при втором варианте, наименьшая - при первом. Если нет многоцелевого станка с вертикальным и горизонтальным шпинделем, то следует принять базирование по третьему варианту.

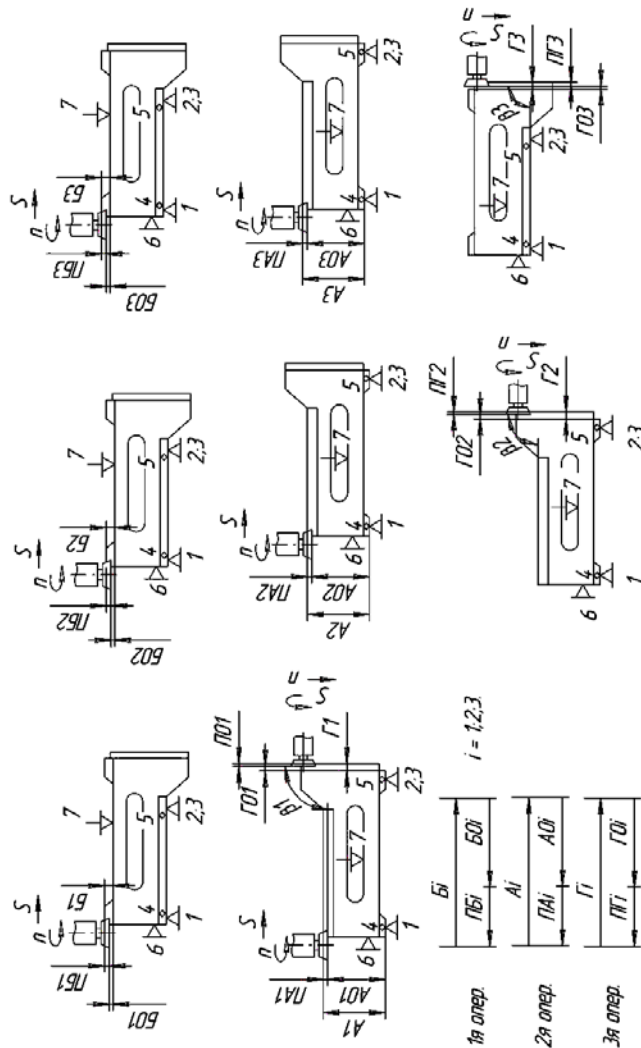


Рис. 2.7. Схема обработки станины и технологических размерных цепей:
 а) – первый вариант базирования; б) – второй вариант;
 в) – третий вариант базирования

Пример расчета погрешностей базирования. Примем следующие исходные данные: $A = 600h12$; $B = 80h12$; $C = 50h12$; $V = 70h12$; $M = 1000h10$; $K = 900h12$; степень точности на плоскость направляющих "Н" и торцов "Т" - пятая; степень точности на перпендикулярность поверхностей "Н" и "Т" - четвертая. Первый вариант. Погрешность базирования по размеру $A = 600$ составляет $\Delta A_1 \leq TA_1 = 0,700$ [2, с. 104]. Погрешность базирования на угловой размер $\Delta \beta_1 = 0$. Второй вариант. Допуск плоскостности поверхности "Н" на длине $K = 900$ для 5-й степени точности $T\Diamond = 16$ мкм [3, с. 381]. Допуск плоскостности поверхности "Т" при длине 600 составляет для пятой степени точности $T\Diamond = 12$ мкм [3, с. 381]. Допуск на перпендикулярность поверхностей "Н" и "Т" для четвертой степени точности $\Delta \beta_2 = 4''$ [3, с. 647]. Для второго установка аналогично найдем (для длины $A = 600$) $\Delta \beta_T = 5$. Тогда $\Delta \beta_2 = 4'' + 5'' = 9''$. Третий вариант. Погрешность базирования составляет $\Delta \beta_3 = \Delta \beta_T = 5''$.

Нормативные погрешности базирования при обработке в приспособлениях представлены в [3, с. 45-53] в размер Б вертикальным шпинделем; на станках без выверки в [3, с. 43].

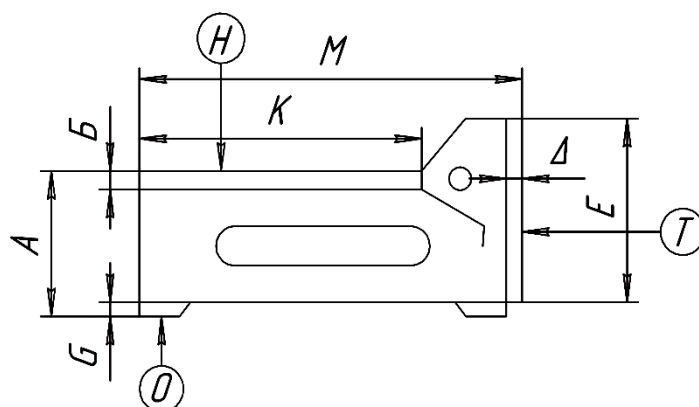


Рис. 2.8. Эскиз заготовки разъемной горизонтальной части станины вертикально-фрезерного станка

Варианты заданий для расчета погрешностей базирования деталей типа станин. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале. Варианты исходных размеров для расчета погрешностей базирования станины вертикально-фрезерного станка представлены в табл. 6, эскиз станины представлен на рис. 2.7.

Предельные отклонения размеров для расчета погрешностей базирования станины вертикально-фрезерного станка определяются по нормативным таблицам допусков в системе отверстия [2, с. 78-115].

Таблица 6

Исходные размеры для расчета погрешностей базирования станины вертикально-фрезерного станка (рис. 2.7)

№ вар.	А	Б	В	Г	М	К	Ст. точн.	
							//	⊥
1	500	80	45	60	900	850	4	3
2	550	95	50	70	1050	900	5	4
3	600	100	50	85	1100	1000	5	4
4	650	110	55	85	1450	1260	5	5
5	700	125	55	90	1500	1350	6	5
6	750	130	60	95	1750	1680	6	5
7	800	140	60	95	1850	1700	6	5
8	850	155	65	100	1900	1800	6	5
9	900	165	65	105	2700	1860	7	6
10	950	170	70	110	3000	1900	7	6

Продолж. табл. 6

11	1000	180	70	115	3100	2000	7	6
12	1100	195	80	120	3200	2150	7	7
13	1150	200	80	120	3350	2300	8	7
14	1200	215	100	125	3400	2400	8	7
15	1250	230	100	130	3500	2500	9	8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухочев Г. А. Технология машиностроения. Проблемно ориентированное обеспечение производственной технологичности конструкций и изделий: учеб. пособие / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, Е. Г. Смольяникова. Воронеж: ВГТУ, 2015. 168 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М., Машиностроение, 1985. Т.1. 656 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. М., Машиностроение, 1960. Т. 1. 537 с.
4. Сухочев Г. А. Технология машиностроения. Научно-технические технологии для повышения технологичности продукции многономенклатурного производства: учеб. пособие / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, Е. Г. Смольяникова. Воронеж: ВГТУ, 2013. 139 с.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин. Л.: Машиностроение, 1985. 496 с.
6. Технология машиностроения. / А.А. Гусев и др. М.: Машиностроение, 1986. 477 с.
7. Допуски и посадки: в 2 т. / под ред. В.Д. Мягкова М., Машиностроение, Т. 2. 1985. 565 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ВИДЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ (ДЕТАЛИ)..	13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	31

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология производства авиационных и ракетных двигателей» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей») очной формы обучения

Составитель:

Сухочев Геннадий Алексеевич

Отпечатано в авторской редакции

Подписано к изданию 2021

Объем данных 1551 КБ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14