

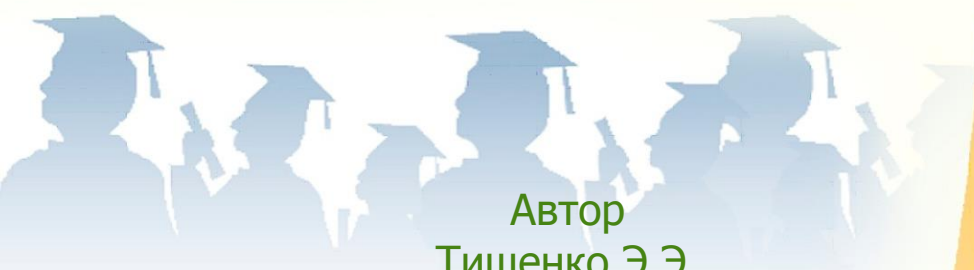


ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

**Практикум**  
по дисциплине

**«Основы технологии  
машиностроения»**



Автор  
Тищенко Э.Э.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Практикум предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления 15.03.01 – Машиностроение.

## Автор

к.т.н., доц. Тищенко Э.Э.



## Оглавление

<b>Практическое занятие №1 Анализ технологичности конструкции детали .....</b>	<b>4</b>
Порядок выполнения работы .....	8
<b>Практическое занятие №2. Анализ конструкции и размерного описания детали .....</b>	<b>10</b>
Порядок выполнения работы .....	10
<b>Практическое занятие №3 Выбор плана обработки поверхности .....</b>	<b>14</b>
Порядок выполнения работы .....	14
<b>Практическое занятие №4 Методика выбора технологической базы на первой операции .....</b>	<b>24</b>
Порядок выполнения работы .....	24
<b>Практическое занятие №5 Выбор и обоснование единой технологической базы .....</b>	<b>28</b>
Порядок выполнения работы .....	28

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

**Цель занятия:** Выполнить анализ технологичности конструкции детали (на примере детали типа тело вращения)

*Технологичность конструкции изделий* (ТКИ) рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, определяющих его приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83).

Из приведенного определения следует, что ТКИ понятие относительное. Технологичность одного и того же изделия в зависимости от типа того производства, где оно изготавливается и от конкретных производственных условий может быть различной.

*Все задачи обеспечения технологичности подразделяются на 5 групп:*

- 1) отработка конструкций изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при ТПП и в обоснованных случаях при изготовлении изделия;
- 2) количественная оценка технологичности конструкции изделия;
- 3) технологический контроль конструкторской документации;
- 4) подготовка и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений всех показателей технологичности;
- 5) совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации.

Основная задача обеспечения ТКИ заключается в достижении оптимальных трудовых, материальных и топливно-энергетических затрат на проектирование, подготовку производства, изготовление, монтаж, технологическое обслуживание и ремонт при обеспечении прочих заданных показателей качества изделия в принятых условиях проведения работ.

Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

Производственная ТКИ заключается в сокращении средств и времени на конструкторскую подготовку производства, техноло-

## Основы технологии машиностроения

гическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний, монтаж вне предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная ТКИ заключается в сокращении средств и времени на подготовку к использованию по назначению, технологическое и техническое обслуживание, текущий ремонт, утилизацию.

Ремонтная технологичность заключается в сокращении средств и времени на все виды ремонта.

Главные факторы, определяющие требования к ТКИ следующие:

- вид изделия, характеризующий конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к ТКИ;

- объем выпуска и тип производства, определяющие степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

По ГОСТ 14.201-83 обеспечение ТКИ является функцией подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, а также монтаж, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов – качественной и количественной.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основе опыта исполнителя.

К основным показателям количественной оценки относятся трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, материалоемкость и энергоемкость изделия.

Конструктивная и технологическая преемственность является одним из главных принципов наиболее целесообразной подготовки производства. Необходимо максимально использовать все лучшее, что создано в процессе научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических разработок, освоено в производственных условиях и всесторонне проверено в эксплуатации.

Конструкция детали должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к изготовлению, эксплуатации и ремонту с помощью наиболее производительных и экономичных методов. Ее следует отрабатывать на технологичность комплексно, учитывая

зависимость технологичности от следующих факторов: исходной заготовки, вида обработки, технологичности СЕ в которую эта деталь входит.

Конструкция детали должна быть простой по конфигурации, состоять из стандартных и унифицированных элементов или быть стандартной в целом. Необходимо предусматривать надежные технологической базы, обеспечивать необходимую жесткость. Конструкция должна быть такой, чтобы для ее изготовления можно было применять высокопроизводительные методы обработки.

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать решение следующих основных задач: снижение трудоемкости и себестоимости изготовления, снижение расхода материала и топливно-энергетических ресурсов.

Повышение технологичности конструкции изделия предусматривает проведение следующих мероприятий:

1) Создание конфигурации деталей и подбор их материалов позволяющих применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объем механической обработки.

2) Важным резервом повышения производительности обработки является изменение и упрощение конфигурации деталей с целью унификации режущего инструмента и создания более благоприятных условий его работы, а также для облегчения и уменьшения объема механической обработки.

3) Простановка размеров в чертежах с учетом требований механической обработки и сборки, позволяющая выполнить обработку по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках и обеспечивать совмещение конструкторских, измерительных и технологических баз

При простановке размеров на детали, имеющей как обработанные, так и необработанные поверхности, особенно важно учитывать последовательность образования отдельных поверхностей заготовок. Черные необработанные поверхности появляются на заготовке раньше обработанных, поэтому система всех необработанных поверхностей должна быть связана соответствующими размерами. При первой операции механической обработки одна из необработанных поверхностей используется в качестве черновой базы и от нее проставляется размер до обрабатываемой поверхности, которая в процессе дальнейших операций мех. обработки обычно является базирующей.

При обработке остальных поверхностей выдерживаются размеры от первой обработанной поверхности, обычно служащей технологической базой, или в случае смены технологических баз

от одной из ранее обработанных поверхностей, используемых в процессе данной операции в качестве технологической базы.

Следовательно, при проектировании детали необходимо связать размерами все необработанные поверхности, затем поставить размер между одной из необработанных поверхностей, используемой в качестве черновой базы, и обрабатываемой поверхностью, которая в дальнейшем будет служить ТБ, при обработке остальных поверхностей детали. Остальные размеры должны связать между собой обработанные поверхности.

Целесообразная последовательность операций обработки отдельных поверхностей должна учитываться не только при простановке размеров на детали, имеющей необработанные поверхности, но также должна приниматься во внимание и при проектировании деталей, участки которых значительно отличаются по точности и шероховатости, а следовательно, изготавливаются различными видами обработки.

4) Упрощение конфигурации отдельных деталей, предельно возможное расширение допусков на изготовление и снижение требований к шероховатости обрабатываемых поверхностей с целью уменьшения объема и облегчения мех. обработки.

5) Создание конфигурации деталей, позволяющей применение наиболее совершенных и производительных методов мех. обработки (многолезцовым, фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание, и вихревое нарезание резьбы,...).

6) Проведение нормализации и унификации деталей и СЕ, являющихся предпосылками типизации ТП, унификации режущего и мерительного инструмента, а также внедрения групповой обработки.

7) Если в конструкции изделия предусмотрены отверстия, необходимо учитывать следующее:

- по возможности они должны быть сквозными;
- производительная обработка отверстий сверлением в значительной степени определяется нормальными условиями врезания и выхода сверла;
- глухие отверстия с резьбой должны иметь канавки для выхода инструмента или в них должен быть предусмотрен сбег резьбы;
- следует избегать наклонного расположения осей отверстий.

8). Обрабатываемые плоскости не рекомендуется делать сплошными. Обрабатываемые плоскости следует располагать на одном уровне.

## Основы технологии машиностроения

9). Технологичность конструкции заготовок деталей должна иметь в виду не только максимальную рационализацию мех. обработки но и упрощение процессов изготовления самих заготовок

Из вышесказанного следует, что понятие технологичности конструкции по существу не может быть абсолютным, оно меняется вместе с развитием производства и технологии и для разных типов производства и даже для различных по характеру и уровню технологии предприятий, принадлежащих к одному типу производства (наличие парка станков с ЧПУ), это понятие не одинаково.

### Порядок выполнения работы

Для того, чтобы хотя бы поверхностно оценить ТКД необходимо дать ответы на следующие вопросы:

1) Оценить размеры, массу детали и их соотношение; масса оценивается с точки зрения необходимости применения грузоподъемных средств или наоборот.

2) Оценить обрабатываемость материала детали;

Твердые и хрупкие материалы имеют хорошую обрабатываемость, а мягкие и пластичные, вязкие материалы имеют низкую, плохую обрабатываемость.

3) Оценить наличие поверхностей, которые могут служить удобными технологическими базами.

В случае отсутствия ЕТБ применяется искусственная ТБ или ложные базы (поверхности, которые удаляются на последнем этапе обработки).

4) Проверить правильность постановки размеров, особенно связывающих обработанные поверхности с необработанными.

Существует правило: в каждом координатном направлении, по  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , все обрабатываемые размеры связываются только между собой. Не обрабатываемые тоже только между собой и между этими двумя системами размеров должен быть ТОЛЬКО ОДИН, связывающих их размер.

5) Оценить наличие поверхностей труднодоступных для обработки или контроля.

6) Оценить наличие и обоснованность точных поверхностей 9, 8, 7, 6 квалитет.

7) Оценить наличие и обоснованность чистых поверхностей  $R_a < 1,25$ .

8) Оценить наличие и обоснованность жестких требований к взаимному расположению поверхностей (технологических комплексов).



## Основы технологии машиностроения

9) Проверить, имеются ли элементы для выхода инструментов при обработке точных поверхностей (например, канавки).

10) Оценить наличие и обоснованность специальных требований к детали (по массе, герметичность).

11) Оценить наличие и обоснованность назначения испытаний.

Весь анализ конструкции и размерного описания детали оформляется в виде тексты

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И РАЗМЕРНОГО ОПИСАНИЯ ДЕТАЛИ

**Цели занятия:** приобретение навыков самостоятельного анализа конструкций и размерного описания деталей;

Для выполнения практической работы необходимо знать теорию базирования и уметь классифицировать поверхности детали по функциональному назначению.

### Порядок выполнения работы

**Шаг 1.** Выявление и описание служебного назначения (СН) детали. Для выполнения этой части работы необходимо, иметь чертеж сборочной единицы (СЕ), в которую рассматриваемая деталь входит. Делают заключение о принадлежности детали к группе кинематических звеньев или к группе опорных (базовых) деталей. Затем описывают функцию (или функции), которые эта деталь выполняет при работе СЕ. Если деталь представляет собой кинематическое звено, то нужно указать, какое движение она передает (трансформирует), от какой детали к какой, какова динамическая нагруженность детали, характер этой нагрузки (спокойная или меняющаяся, однонаправленная или переменная и т.д.), указать конструктивные элементы, воспринимающие и передающие движение и нагрузку (силу, момент). Если деталь относится к группе базовых, нужно указать, положение каких деталей в СЕ она обеспечивает, выделить среди них те, взаимное положение которых особенно важно для работы СЕ (механизма, машины), уяснить и описать причины, вызывающие особые требования к взаимному положению этих деталей. Результат анализа оформляется в виде текста.

**Шаг 2.** Выявление исполнительных поверхностей (ИП) детали и их размерного описания. ИП имеют детали - кинематические звенья, такие как шестерни, червяки, звездочки, шкивы и т.д. Этими поверхностями деталь передает (получает) движение и нагрузку. Например, у шестерни - это эвольвентные поверхности зубьев, у шкива - конические поверхности ручья и т.д. Для ИП необходимо уяснить и описать условия их работы - характер взаимодействия с поверхностями работающих с ними в паре деталей (характер нагрузки, наличие трения, скольжения или качения и т.д.). Анализируя имеющиеся на чертеже детали размеры и технические требования, необходимо выделить и выписать те

из них, которые определяют размеры ИП, особые требования к точности формы, к шероховатости, к физико-механическим свойствам поверхностного слоя материала (цементация, закалка, другие вида поверхностного упрочнения). Объяснить необходимость и целесообразность предъявленных требований к точности ИП, исходя из характера их работы. При этом по каждому показателю точности следует указать, как повлияет на работу детали в СЕ или на её долговечность невыполнение предъявленных чертежом требований. При анализе требований к точности ИП и характера их работы может быть обнаружена целесообразность задания некоторых дополнительных требований, отсутствующих на чертеже, но необходимых с точки зрения условий работы детали. В этом случае следует выдвинуть и обосновать предпочтения по внесению в чертеж дополнений.

**Шаг 3.** Выявление основной базы (ОБ) детали к её размерного описания. Каждая деталь имеет один и только один полный или неполный комплект поверхностей (осей, точек), которые в совокупности решают задачу определения положения анализируемой детали в СЕ. Для выявления этих поверхностей необходимо построить теоретическую схему базирования детали, распределив опорные точки по элементам детали, участвующим в базировании. Каждую поверхность, входящую в ОБ, следует отнести к соответствующим классификационным группам по числу лишаемых степеней свободы (установочная, направляющая и т.д.) и по конструктивному оформлению (явная, неявная). Необходимо обратить внимание и отметить наличие или отсутствие в схеме базирования неопределенности, выявить координатное направление, в котором имеет место неопределенность базирования, и определить, что ограничивает перемещение детали в пределах неопределенности базирования (обычно - это зазор в соединении этой детали с другой, которая её базирует).

Анализируя размеры и технические требования чертежа детали, выделить и выписать по каждой поверхности, входящей в ОБ, её размер и допуск на него, требования к точности формы, качеству поверхности. Затем необходимо выделить и выписать размеры и технические требования, определяющие взаимное положение поверхностей внутри комплекта ОБ (расстояния между поверхностями, их соосность, перпендикулярность, параллельность и т.п.).

В заключении следует объяснить необходимость и целесообразность имеющих на чертеже размеров и требований к тонкости поверхностей ОБ и их взаимного расположения.

При анализе размерного описания ОБ детали могут возникнуть сомнения в достаточности размеров и технических требований для реализации теоретической схемы базирования и обеспечения точности базирования детали в каком-либо координатном направлении или в целесообразности какого-либо из имеющихся на чертеже. В этом случае следует обосновать и дать предложение по внесению изменений в чертеже детали.

**Шаг 4.** Выявление вспомогательных баз детали (ВБ) и их размерного описания. Деталь может иметь один или несколько комплектов ВБ в зависимости от количества деталей, присоединяемых к анализируемой. Поэтому вначале нужно выделить такие присоединяемые детали и пронумеровать их. Для определений положения каждой присоединяемой детали анализируемая имеет полный или неполный комплект поверхностей, составляющих ВБ соответствующего номера (ВБ1, ВБ2, ..., ВБN).

Далее необходимо анализировать каждый комплект ВБ в отдельности. Методика этого анализа аналогична анализу ОБ, т.е. по каждому комплекту ВБ необходимо повторить действия, изложенные в шаге 3.

**Шаг 5.** Выявление свободных поверхностей (СП) детали и их размерного описания. Все оставшиеся вне рассмотрения после выполнения шагов 2-4 поверхности детали являются свободными, т.е.- ограничивающими материал, необходимый для связи в одно целое первые три группы поверхностей. Их следует все перечислить или пронумеровать.

Анализируя размеры и технические требования, следует выписать по каждой СП те, которые определяют её размера, точность и качество поверхности. Следует разделить СП на обрабатываемые и необрабатываемые (черные). Обычно требования по точности и качеству поверхности СП невысоки и одинаковы для всех или большинству из них. Поэтому их записывают одним пунктом в технических требованиях.

**Шаг 6.** Выявление размерных связей между комплектами поверхностей детали. На шагах 2-5 выявлены и выписаны все размеры чертежа, определяющие размеры каждой поверхности в отдельности размеры, определяющие взаимное расположение поверхностей внутри комплекта, выполняющего одно функциональное назначение. Для нормальной ее работы детали очень важно обеспечить и взаимное положение комплектов между собой или по отношению одному из них. Чаще всего положение всех поверхностей задается по отношению) к ОБ детали, реже - по отношению к одному из ВБ.

Поэтому по каждому комплекту ИП и ОБ следует выявить и выписать размеры и технические требования, определяющие его положение на детали относительно ОБ если какого-либо другого комплекта поверхностей. Здесь особое внимание следует обратить на достаточность поставленных на чертеже размеров и технических требований для однозначного определения положения комплекта поверхностей на детали. В случае появления сомнений в достаточности или правильности имевшихся на чертеже размеров и требований, следует высказать предложения по внесению изменений в чертеже детали.

По свободным поверхностям нужно выявить размеры, увязывающие их между собой. Особое внимание нужно уделить поиску размеров, определяющих положение СП необрабатываемых относительно обработанных поверхностей детали. Такие размеры нужно выявить во всех координатных направлениях. Их необходимо, знать, т.к. они и именно они могут существенно повлиять на выбор технологических баз на первой операции технологического процесса обработки детали.

**Шаг 7.** Проверочный. На этом шаге следует проверить, не осталось ли вне поля зрения какая-нибудь поверхность детали» Если таковая оказалась, то это означает, что какой-либо из шагов 2-6 выполнены не в полном объеме. Следует определить принадлежность оставшейся поверхности к одной из групп (ИП, ОБ, ВБ, СП), вернуться на соответствующий шаг и дополнить её.

Необходимо также проверить, не остался ли непроанализированным какой-нибудь размер или техническое требование чертежа. Если такое случилось, то это может означать, что какой-либо из этапов анализа выполнен не до конца или с ошибкой, либо на чертеже детали вся» избыточные размеры. Такие избыточные размеры оговариваются на чертеже как "размеры для справок". Если же такой оговорки нет, то следует обосновать предложение по изменению чертежа (снять избыточные размеры).

Весь анализ конструкции и размерного описания детали оформляется в виде текста в сопровождении необходимых схем и эскизов (теоретические схемы базирования, эскизы отдельных элементов детали с размерами, схемы простановки дополнительных размеров и т.д.).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 ВЫБОР ПЛАНА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

**Цель занятия:** Выполнить таблицу планов обработки отдельных поверхностей детали.

К выбору способов обработки поверхностей детали приступают после анализа:

- служебного назначения детали в машине, технических условий и требований, которым она должна отвечать;
- качества и точности поверхностей, требующих обработки;
- качества и точности исходной заготовки.

Исходные данные:

- чертеж детали и технические требования к ней;
- чертеж заготовки и технические требования к ней;
- тип производства;
- рекомендации, какое оборудование, исходя из типа производства или других условий должно быть взято за основу при изготовлении деталей.

### Порядок выполнения работы

Методически выбор способов обработки поверхностей целесообразно производить в следующей последовательности:

1. Пронумеровать все поверхности детали.
2. Провести анализ требований, предъявляемых к точности и качеству поверхностей готовой детали, и занести в таблицу сведения о точности исходной заготовки, о точности и шероховатости каждой обрабатываемой поверхности.
3. Исходя из данных о точности исходной заготовки и готовой детали, по каждой из поверхностей установить требуемую величину уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}},$$

где  $T_{\text{заг}}$  - точность заготовки;  $T_{\text{дет}}$  точность поверхности готовой детали.

4. Выбрать способ окончательной обработки поверхностей, обеспечивающий получение требуемой точности и шероховатости.

Для выбора способов окончательной обработки поверхности можно воспользоваться обобщенно таблицей этапов

обработки деталей (таблица 1) или использовать данные о точности обработки деталей на станках, приведенные в справочной литературе. Способ окончательной обработки выбираем таким образом, чтобы технологические возможности способа обработки обеспечивали получение требуемых параметров качества поверхности.

Зафиксировать выбранный способ окончательной обработки в сводной таблице способов обработки поверхностей.

5. Используя обобщенную таблицу этапов обработки (таблица 1), наметить план обработки поверхности, занеся в сводную таблицу сведения о достигаемой точности каждого из выбранных промежуточных способов обработки данной поверхности.

6. Исходя из точности, достигаемой каждым из выбранных способов обработки поверхности, определить величину уточнения, обеспечиваемую этими способами и найти их произведение

$$\varepsilon_K = \prod_1^m \varepsilon_{K_i} ,$$

где  $\varepsilon_i$  - уточнение, обеспечиваемое каждым способом обработки, при этом должно соблюдаться условие:

$$\varepsilon_K \leq \varepsilon ,$$

Таблица 1

Этапы обработки поверхностей

Этап	Наименование	Содержание	Реализация	Параметры качества поверхности		
				наруж. пов.	внутр. пов.	
				плоск. пов.	квал.	Rz (Ra), мкм
1	2	3	4	5	6	
Э0	Заготовительный	Получение заготовки	Прокатка, штамповка, литье	16-12	(>40)	

## Основы технологии машиностроения

Э1	Черновой	Съем напусков и основного объема припусков	Черновое <u>обтачивание</u> Сверление, рассверливание, черновое <u>зенкерование</u> , черновое <u>расточивание</u> Черновое фрезерование, обдирочное шлифование	14-12	(80)-6,3
Э2	Термический 1	Стабилизирующая термообработка для снятия внутренних напряжений	Отжиг, нормализация, улучшение - искусственное старение		
Э3	Получистовой 1	Уточнение и правка баз	Получистовое <u>обтачивание</u> Рассверливание, зенкерование, черновое протягивание (притирка <u>центровых отверстий</u> ) Получистовое фрезерование, черновое шлифование	13-10	(40)-1,6
Э4	Термический 2	Химико-термическая обработка	Цементация, азотирование и т.д.		
Э5	Получистовой 2	Назначается, если Э4=0; правка баз, съём припуска с поверхностей, не подлежащих хим.терм. обработке	Получистовое <u>обтачивание</u> Притирка центровых отверстий, получистовое растачивание	13-10	(40)-1,6
Э6	Термический 3	Упрочняющая термообработка	Закалка	-	-



Основы технологии машиностроения

Э7	Чистовой 1	Уточнение (правка баз, если Эб=0)	Чистовое <u>обтачивание, черновое шлифование</u> Черновое раз- вертывание, черновое шли- фование, протя- гивание (при- тирка центровых <u>отверстий</u> ) Чистовое фре- зерование, про- тягивание, шлифование	10- 8	6,3- 0,4
Э8	Чистовой 2	Уточнение	Тонкое <u>обтачи- вание, чистовое шлифование</u> Тонкое растачи- вание, чистовое шлифование, чистовое раз- вертывание <u>цен- тровых отвер- стий</u> Чистовое шлифование	8-6	1,6- 0,2
Э9	Доработочный	Обработка вто- ростепенных элементов и легкоповреж- даемых по- верхностей (резьб и т.д.)	Все методы ме- ханической об- работки		
Э10	Гальванический	Нанесение по- крытий	Цинкование, никелирование и др.	-	-

## Основы технологии машиностроения

Э11	Доводочный	Получение поверхностей особо высокой точности, снижение шероховатости	Тонкое шлифование, притирка, суперфиниш, обкатывание, <u>выглаживание</u> , <u>полирование</u> Тонкое шлифование, притирка, хонингование, раскатывание, <u>выглаживание</u> , <u>калибрование</u> , <u>полирование</u> Притирка, доводка	5-4	<0,1
Э12	Контрольный	Контроль качества	Измерение размеров, шероховатости	-	-

7. Повторить пп. 4-6 для каждой подлежащей обработке поверхности.

Примечание: при выборе способов обработки каждой из поверхностей детали следует найти такой способ и принять такое количество переходов, которые позволили бы наиболее экономично осуществить переход от заготовки к готовой детали и обеспечить получение требуемого уточнения. При этом желательно, чтобы все или возможно большее число поверхностей детали обрабатывались одним способом. Это позволит совместить наибольшее число переходов во времени, уменьшить количество операций, сократить трудоемкость, цикл и себестоимость обработки.

## Основы технологии машиностроения

 Таблица 2  
 Рекомендации для выбора методов обработки поверхностей

Исходные данные					Рекомендуемый метод обработки	Технологические возможности		Характеристика метода		
Точность	Вид поверхности	Необходимость координир. относит. др. размеров	Состояние материала	Тип производства		Координирование относительно др. поверхностей	Дополнительные сведения	Производительность	Стоимость инструмента	Возможность переноса на другие материалы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14-12 кв. (реализуется на этапе обработки ЭТ)	Нар. цил.	Независимо	Сырой	любой	Обтачивание	до 0,1-0,15	-	высок.	низк.	есть
	Отверстие	Независимо	Сырой	любой	Сверление	до 0,15-0,25	кондук.	средн.	низк.	нет
				м/с	Рассверливание <sup>2</sup>	то же	кондук.	средн.	низк.	нет
				с/с кс	Черновое зенкерование	до 0,1-0,15	кондук.	высок.	средн.	нет
				м/с	Растачивание	до 0,08-0,12	с напр.	шок.	низк.	есть
				м/с	Расфрезерование <sup>3</sup>	до 0,15	-	средн.	низк.	есть
	Плоскости	Независимо	Сырой	м/с	Строгание <sup>4</sup>	в пред, 12 кв.	-	низк.	низк.	есть
				любой	Фрезерование	то же	-	высок.	оч. высок.	есть
				к/с, м	Плоское протягивание	до 10 кв.	-	очень высок.	оч. высок.	есть

## Основы технологии машиностроения

				в спе.случ.	Плоское обдирочное шлифование	в пределах 12 кв.	-	высок.	низк.	есть
1.1-10 КВАЛИТЕТ	Отверстие	Независимо	Сырой	любой	Получистовое обтачивание	до 0,08-0,1	-	высок.	низк.	есть
				м/с	Рассверливание <sup>2</sup>	до 0,12-0,15	кондук.	средн.	низк.	нет
					Получист. растачивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть
				с/с, к/с, м	Чистовое зенкерование	до 0,07-0,1	кондук.	высок.	средн.	нет
				м/с, с/с	Получистовое расфрезерование <sup>1</sup>	до 0,1	-	средн.	низк.	есть
				к/с, м	Прошивка Протягивание	нет	шлиц. фасон.	очень высок.	очень высок.	нет
Плоскости	Независимо	Сырой	м/с	Строгание <sup>4</sup>	до 10 кв.	-	низк.	низк.	есть	
			любой	Получит. фрезерование	до 10 кв.	-	высок.	средн.	есть	
			к/с, м	Плоское протягивание	до 10 кв.	-	очень высок.	очень высок.	есть	
			в спе.случ.	Плоское шлифование	до 10 кв.	высок. чистота	средн.	низк.	есть	
КВАЛ	Нарц.цил.	Есть	Сырой	любой	Чистовое обтачивание	до 0,05	-	средн.	низк.	есть

## Основы технологии машиностроения

	Нет	Закал.	любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть	
		Сырой	любой	Чистовое обтачивание	до 0,05		средн.	низк.	есть	
			любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть	
	Закал.	любой	Шлифование	до 0,02-0,03	высок. чист.	средн.	низк.	есть		
	Отверстия	Есть	Сырой	м/с	Чистовое расточивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть
				с/с, к/с, м	Развертывание	до 0,05-0,06	кондуктулка	высок.	сред.	нет
			Закал.	любой	Внутреннее шлифование	до 0,05	высок. чистот.	низк.	низк.	есть
		Алмазное (зльбор) расточивание			до 0.05	высок. чистот.	низк.	низк.	есть	
		Нет	Сырой	м/с	Чистовое расточивание	до 0,05	с напр.	низк.	низк.	есть
				с/с, к/с, м	Развертывание	до 0,05-0,06	кондуктулка	высок.	сред.	нет
	к/с, м			Протягивание	нет	шлиц. отвёр.	высок.	очень высок.	нет	

## Основы технологии машиностроения

		Закал	любой	Внутреннее шлифование	до 0,05	высок. чистота	низк.	низк.	есть	
				Алмазное (эльбор) растачивание	до 0,05	высок. чистот.	низк.	низк.	есть	
	Плоскости	Независимо	Сырой	любой	Тонкое (бреющее) фрезерование	до 8 квалитета	высок. частот.	средн.	средн.	есть
				любой	Плоское шлифование	до 8 квалитета	высок. чистот.	низк.	низк.	есть

7-6 квалитет (Э8)	Нар. цил.	Есть	Сырой	любой	Тонкое обтачивание	есть		средн.	низк.	есть
			Закал	любой	Шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть
		Нет	Сырой	м/с	Тонкое обтачивание	есть	•	средн.	низк.	есть
				с/с, к/с, м	Шлифование	есть	-	низк.	низк.	есть
	Отверстия	Есть	Сырой	любой	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	НИЗК.	есть
				м/с	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	низк.	есть
		Нет	Сырой	любой	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	НИЗК.	есть
				м/с	Тонкое растачивание	есть	-	низк.	низк.	есть

## Основы технологии машиностроения

				с/с, к/с, м	Чистовое развер- тывание	не т	•	сред .	сре д.	не т
				к/с, м	Протяги- вание	не т	шли ц. отв ер.	вы- сок.	низ к.	не т
		Закал	лю- бой		Внутрен- нее шли- фование	ес ть	-	оче нь низ- кая	низ к.	ес ть
					Алмазное (эльбор) расточивание	ес ть		низк .	низ к.	ес ть
Плос- кости	Незави- симо	Незави- симо	лю- бой		Плоское шлифо- вание	ес ть	-	низк .	низ к.	ес ть

<sup>1</sup> - Самый распространенный метод получения отверстия в глухом материале

<sup>2</sup> - При отсутствии зенкера. Предпочтительнее зенкерование.

<sup>3</sup> - Так называемое планетарное фрезерование, т.е. движение вращающейся концевой фрезой внутри отверстия по кольцевой траектории. Используется на многоцелевых станках с системой ЧПУ типа Ф4.

<sup>4</sup> - Только при обработке длинных узких поверхностей (например, направляющих).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 МЕТОДИКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ НА ПЕРВОЙ ОПЕРАЦИИ

### Цели практического занятия:

- приобретение навыков по анализу вариантов базирования детали с целью обозначения наибольшей точности обработки, с помощью технологических размерных цепей;
- приобретение навыков и умений выбора технологической базы на первой операции при проектировании технологического процесса механической обработки деталей различных конструкций;
- закрепление навыков построения и решения технологической размерной цепи;

### Порядок выполнения работы

#### Исходные данные:

- чертеж детали и технические требования;
- чертеж заготовки;
- теоретическая схема базирования на единой технологической базе;
- маршрутный технологический процесс механической обработки детали;
- вид обработки на первой (или первых) операциях.

В качестве примера желательно брать детали, рассмотренные на предыдущих занятиях. Необходимо также обратить особое внимание студентов на связь практической работы с предыдущими, подчеркнуть и показать, как используются их результаты при выборе технологической базы на первой операции.

Выбор технологической базы на первой операции осуществляется в следующем порядке:

**Шаг 1.** Изучить задание, исходные данные, обратив особое внимание на служебное назначение детали, размерные связи между поверхностями.

**Шаг 2.** Выбор критерия оценки технологической базы на первой операций .

Необходимо определить, какой из двух критериев оценки выбрать:

- требуемая точность расположения необработанной поверхности относительно поверхностей, подлежащих обработке;
- равномерность припуска, снимаемого при обработке с поверхности (поверхностей).



**Шаг 3.** Определение технологического перехода, на котором формируется выбранный критерий.

Требуемое положение необработанной поверхности относительно подлежащей обработке обеспечивается на том технологическом переходе, где обрабатывается поверхность. Неравномерность припуска также проявляется только при обработке, интересующей нас поверхности на одном из технологических переходов. Таким образом, в любом случае несводимо отыскать в маршрутном технологическом процессе тот технологический переход, где формируется выбранный критерий.

**Шаг 4.** Описание условия формирования выбранного критерия размерной цепью и ее уравнениями.

После того, как определен технологический переход, на котором формируем выбранный критерий необходимо представить графически этот критерий и принять его за замыкающее звено. Составляющими звеньями размерной цепи будут являться размер заготовки, который получается после обработки ее на первой операции, и настроенный размер инструмента, из анализа размерной цепи определяется размер, с которым заготовка приходит с первой операции, на операцию где формируется выбранный нами критерий.

**Шаг 5.** Разработка схемы базирования на первой операции в соответствии с принципом единства баз.

Найденный на шаге 4 размер, который должен получиться в результате обработки на первой операции, необходимо нанести на эскиз первой операции маршрутного технологического процесса. И на основании этого выбрать технологическую базу на первой операции.

В случае совмещения конструкторской и технологической баз погрешность размера, найденного на шаге 4, будет минимальной, т.к. зависит только от погрешности обработки.

**Шаг 6.** Оценка технической, организационной и экономической целесообразности разработанной схемы.

Оценку целесообразности выбранной схемы проводить по следующим критериям:

- отвечает ли выбранная технологическая база на первой операции трем общим признакам: установочная база - поверхность с наибольшими габаритными - размерами; направляющая - поверхность наибольшей длины; опорная - поверхность с малыми размерами;

- сложность оснастки;

- сложность эксплуатации (конструкция оснастки должна

предусматривать возможность автоматизации).

При оценке возможны 2 случая:

1. Выбранная технологическая база соответствует всем требованиям. В этом случае необходимо перейти на шаг 2.

2. Выбранная технологическая база не соответствует выбранным критериям оценки. В этом случае целесообразно рассмотреть другие схемы базирования.

**Шаг 7.** Разработка других возможных схем базирования на первой операции с нарушением принципа единства баз.

Для нахождения решения достижения точности обработки деталей необходимо проанализировать различные схемы базирования детали путем выявления возникающих технологических размерных связей. Для этого следует найденный на шаге 4 размер, который должен получиться в результате обработки на пятой операции, нанести на эскиз первой операции технологического процесса при выбранной схеме базирования. То же самое необходимо проделать и для всех других возможных вариантов базирования детали на первой операции.

**Шаг 8.** Описание на базе теории размерных цепей условий формирования

на первой операции размера, выявленного на шаге 4, т.е. размера, получаемого на первой операции и оказывающего влияние на определенном этапе технологического процесса на выбранный критерий точности при различных схемах базирования.

С этой целью необходимо построить технологические размерные цепи для возможных вариантов базирования. Замыкающим звеном является размер, получаемый при обработке составляющими звеньями - размеры заготовки, оказывающие влияние на этот размер. Из анализа размерных цепей определяется размер (или размеры), с которыми заготовка приходит на первую операцию.

**Шаг 9.** Анализ условий получения в технологическом процессе заготовки размеров, выявленных на шаге 8, т.е. размеров, с которыми заготовка приходит на первую операцию.

Возможны два случая:

- размер заготовки не оказывает влияния на погрешность обработки на первой операции;

- размеры заготовки оказывают влияние на погрешность обработки на первой операции.

Шаг 10. Описание на базе теории размерных цепей условий формирования размеров, выявленных на шаге 8, в технологическом процессе получения заготовки.

Необходимо построить технологическую размерную цепь, в которой замыкающим звеном будет размер, выявленный на шаге 8, составляющими звеньями - размеры заготовки, оказывающие влияние на точность данного размера в процессе получения заготовки.

**Шаг 11.** Получение расчетных структурных формул погрешности выбранного на шаге 2 критерия, определенного путем рассмотрения различных схем базирования.

Необходимо проанализировать различные схемы базирования детали путем выявления технологического размера детали с использованием результатов шагов 4, 8, 10, 11 и схем базирования на первой операции, разработанных на шаге 5, 7, 9.

Приняв в качестве замыкающего звена размер критерия, определенного на шаге 11 выявить составляющие звенья всех технологических размерных цепей, т.е. найти межпереходные размеры и размеры заготовки, которые влияют на точность замыкающего звена.

**Шаг 12.** Расчет количественных значений критерия по формулам, полученным на шаге 11.

По таблицам экономической точности определить погрешность всех отставляющих звеньев (межпереходные размеры технологического процесса и размеры заготовки). Подставив в расчетные формулы, полученные на шаге 11, значения полей рассеяния, определить количественные значения погрешности критерия при различных вариантах базирования.

**Шаг 13.** Сравнение полученных значений критерия и выбор варианта базирования на первой операции, обеспечивающего заданную точность детали .

На основании анализа количественных значений критерия выбрать вариант базирования детали на первой операции, который позволит обеспечить заданную точность обработки с учетом технической, организационной и экономической целесообразности данной схемы базирования.

**Шаг 14.** Построение теоретической схемы базирования детали, нанесение опорных точек на поверхности, выбранных в качестве технологической базы .

Весь анализ по выбору технологической базы на первой операции оформляется в виде текста с необходимыми схемами и расчётами.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЕДИНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ

### Цели работы:

- приобретение навыков и умения выбора и обоснований технологических баз для различных по конструкции деталей;
- закрепление навыков и умения анализировать конструкцию детали и существующие в ней размерные связи с точки зрения поиска возможной единой технологической баз
- уяснение взаимных связей и взаимовлияния конструктивных особенностей детали и её технологических особенностей, проявившихся при выборе единой базы;

### Порядок выполнения работы

#### Исходные данные:

- чертеж детали;
- описание служебного назначения детали;
- технические требования на деталь;
- состав поверхностей на детали: исполнительные поверхности, основная база, вспомогательные базы, свободные поверхности;
- размерные связи между комплектами этих поверхностей (расстояния и относительные повороты).

Выбор единой технологической базы осуществляется в следующем порядке.

**Шаг 1.** Изучить условие задачи, исходные данные, обратив особое внимание на конструктивные особенности детали. Выяснить служебное назначение детали и классификацию всех поверхностей детали (Исполнительная поверхность, основная база, вспомогательная база, свободная поверхность).

**Шаг 2.** Оценить роль основной базы в координации других поверхностей "и комплектов поверхностей, для этого необходимо подсчитать количество (выписать) всех поверхностей и комплектов поверхностей координированных (связанных размерами) от основной базы.

**Шаг 3.** Оценить роль каждого комплекта вспомогательных баз в координации других поверхностей и комплектов поверхностей, для этого необходимо подсчитать количество поверхностей (размеров) координированных от каждой вспомогательной базы детали.

ПРИМЕЧАНИЕ. Результаты данного шага могут быть

также представлены графически, аналогично предыдущему шагу.

**Шаг 4.** Оценка возможности использования свободной поверхности в качестве единой технологической базы при обработке без переустановки детали. На данном шаге необходимо проанализировать конструкцию детали с точки зрения возможности обработки всех её поверхностей с необходимой точностью и шероховатостью с одной установки. Такая возможность появляется при обработке простых по конфигурации деталей типа "рычаг", "кронштейн" с небольшим количеством обрабатываемых, поверхностей, либо при обработке более сложных деталей на агрегатных станках, станках с ЧПУ или типа "обрабатывающий центр". Если такая возможность имеется, то в качестве единой технологической базы необходимо использовать свободные поверхности детали отвечающие трем основным признакам баз: установочная - должна быть наибольших габаритных размеров, направляющая - наибольшей протяженности, опорная - наименьших габаритных размеров.

**Шаг 5.** Если нет возможности обрабатывать данную деталь с одной установки, то на основании, полученных в пунктах 2, 3 результатов, выбрать комплект поверхностей, от которых координировано наибольшее количество других поверхностей (комплектов). Причем безразлично, является ли этот комплект основной или вспомогательной базами.

**Шаг 6.** Оценить возможность использования в качестве единой технологической базы комплекта поверхностей, от которых координировано наибольшее количество других поверхностей, с точки зрения трех основных признаков баз: установочная - наибольшие габаритные размеры, направляющая - наибольшей протяженности, опорная - наименьших габаритных размеров. Если данный комплект баз отвечает этим признакам, то их выбирают в качестве единой технологической базы.

**Шаг 7.** Если данный комплект баз не отвечает трем основным признакам баз, то оценивается возможность и целесообразность (с экономической и физической точек зрения) внесения изменения в конструкцию детали с целью придания рассматриваемому комплекту отсутствующих признаков (после внесения изменений комплект должен отвечать трем признакам баз).

Если изменения конструкции возможны и целесообразны, то этот комплект баз с конструктивными изменениями выбирают в качестве единой технологической базы.

ПРИМЕЧАНИЕ. После окончания обработки искусственно созданный элемент, обычно, удаляют.

Если внесение изменений в конструкцию деталей невозможно или нецелесообразно, то рассматриваемый комплект поверхностей не может служить единой технологической базой. В этом случае следует вернуться к пункту 5 и приступить к рассмотрению следующего комплекта поверхностей из числа оставшихся, по отношению к которому задано положение большего числа поверхностей, в последовательности пунктов 6 и 7. Такой возврат повторяется до тех пор, пока для какой либо очередного комплекта появится возможность перехода к пункту 9 из пунктов 6 или 12.

**Шаг 8.** Если при переборе всех комплектов в пункте 5 не оказалось комплектов баз пригодных для использования в качестве единой технологической базы, то в конструкцию детали необходимо внести изменения с целью создания искусственного комплекта единой технологической базы. На практике такими деталями, в большинстве случаев, являются детали типа "вал" или "труба". Для таких деталей целесообразно в качестве единой технологической базы использовать специальные искусственно созданные в конструкции базы в виде конических центровых отверстий или фасок.

**Шаг 9.** Составить список поверхностей принятых в качестве единой технологической базы.

**Шаг 10.** Рассортировать все поверхности детали на 2 группы по признаку соответствия условий их обработки, принципу совмещения баз при установке на выбранную единую технологическую базу.

**Шаг 11.** Составить список каждой классификационной группы поверхностей согласно результату выполнения предшествующего шага.

Весь материал по выбору единой технологической базы оформляется в виде текста в сопровождении необходимых схем, таблиц и эскизов (теоретические схемы базирования, схемы создания искусственных баз).