

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І.М. Пижов

Конспект лекцій

з дисципліни «Технологічні основи машинобудування»

Харків-2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лекция 1.....	3
1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	7
Лекция 2.....	7
Лекция 3.....	12
Лекция 4.....	17
2. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	20
Лекция 5.....	20
Лекция 6.....	29
Лекция 7.....	31
Лекция 8.....	37
3. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХОБРАБОТКЕ.....	45
Лекции 9, 10.....	45
Лекция 11.....	54
Лекция 12, 13.....	58
Лекция 14.....	64
4. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	67
Лекция 15.....	67
Лекция 16.....	71
Литература.....	77

## ВВЕДЕНИЕ

### ЛЕКЦИЯ 1

#### Рассматриваемые вопросы:

1. *Факторы, обусловившие зарождение технологии машиностроения, как отрасли науки.*
2. *Этапы создания машины.*
3. *Основная задача науки «Технологии машиностроения».*
4. *Этапы развития науки «Технологии машиностроения».*
5. *Вклад отечественных ученых в развитие науки «Технологии машиностроения».*

В жизни человека машина служит средством, с помощью которого выполняется тот или иной технологический процесс, дающий ему необходимые материальные или культурные блага. Таким образом, любая машина создается для осуществления определенного технологического процесса, в результате выполнения которого получается полезная для человека продукция.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при производстве освоенной продукции. В обоих случаях эти потребности могут быть удовлетворены только с помощью новых технологических процессов и новых машин, необходимых для их выполнения. Следовательно, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс, возможность осуществления которого, однако, зависит от уровня научного и технического развития человеческого общества. Машина может быть полезна лишь в том случае, если она обладает надлежащим качеством. Создавая машину, человек ставит перед собой следующие 2 задачи:

-сделать машину качественной и тем самым обеспечить экономию труда в получении производимой с помощью продукции;

-затратить меньшее количество труда в процессе создания и обеспечения качества самой машины.

Замысел новой машины возникает при разработке технологического процесса изготовления продукции, в производстве которой возникла потребность. Этот замысел выражается в виде формулировки служебного назначения машины, являющейся исходным документом в проектировании машины. Для изготовления спроектированной машины разрабатывают технологический процесс и на его основе создают производственный процесс, в результате осуществления которого получается машина, нужная для выполнения технологического процесса изготовления продукции и удовлетворения возникшей потребности.

Процесс создания машины от формулировки ее служебного назначения и до получения в готовом виде четко подразделяют на два этапа: проектирование и изготовление (рис. 1). Первый этап завершается разработкой конструкции машины и представлением ее в чертежах, второй – реализацией конструкции с помощью производственного процесса. Построение и осуществление второго этапа составляет основную задачу технологии машиностроения.

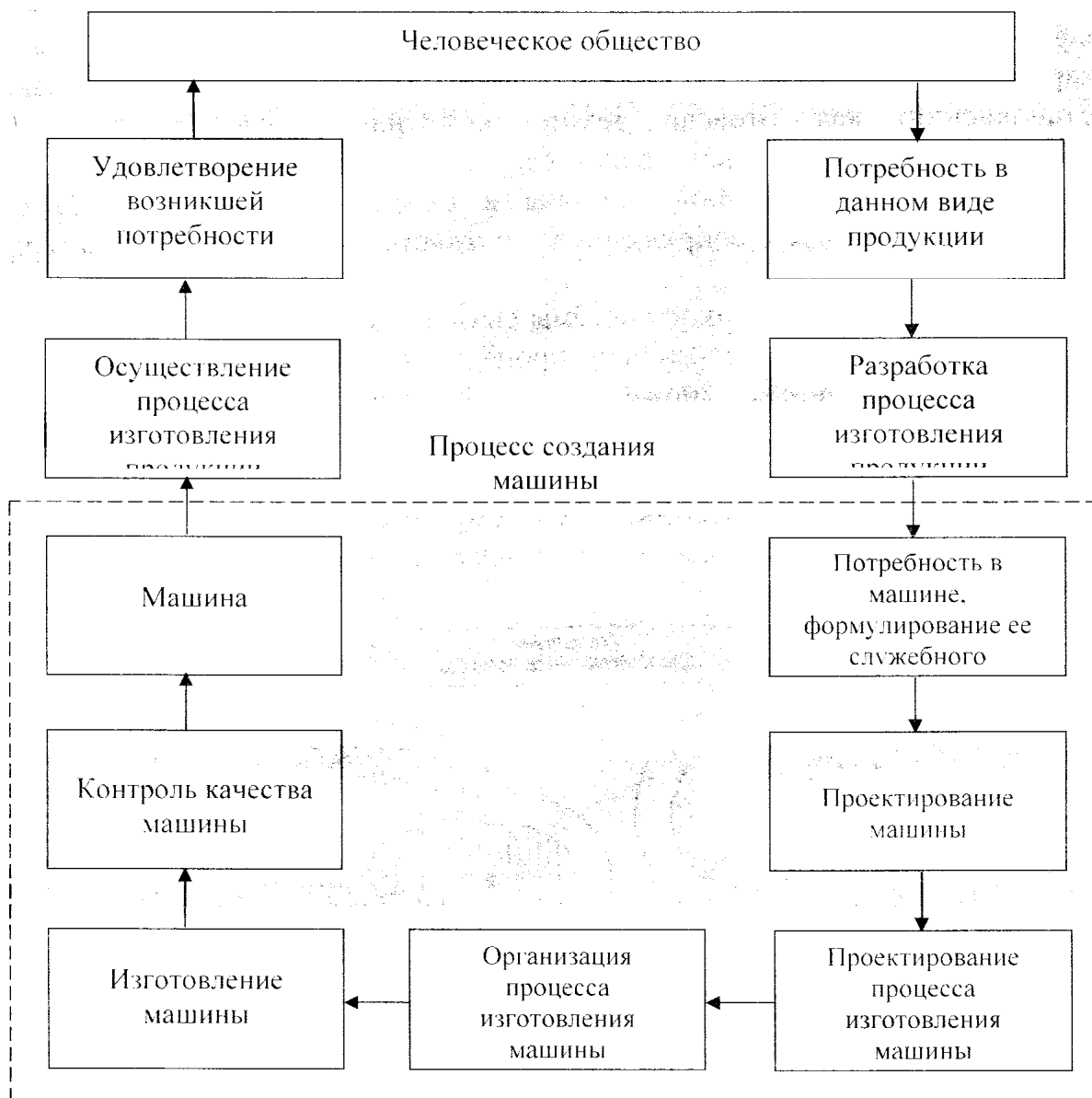


Рис. 1. Этапы создания машины.

Зарождение технологии машиностроения, как отрасли науки, необходимо отнести к периоду появления трудов, содержащих описание опыта производства машин. Накопленный опыт впервые был изложен профессором Московского университета И.А. Двигубским, выпустившим в 1807 г. книгу "Начальные основания технологии или краткое описание работ, на заводах и фабриках производимых". Дальнейшее описание опыта нашло отражение в трудах профессоров И.А. Тиме (1838–1920 гг.), А.П. Гавриленко (1861–1914 гг.) и др. С тех пор развитие технологии машиностроения шло в направлении обобщения опыта и выявления общих зависимостей и закономерностей.

Большой вклад в становление технологии машиностроения был сделан советскими учеными Б.С. Балакшиным, Н.А. Бородачевым, К.В. Вотиновым, Л.А. Глейзером, В.И. Дементьевым, М.Е. Егоровым, А.А. Зыковым, И.И. Ивашкевичем, А.И. Кашириным, В.М. Кованом, В.С. Корсаковым, А.А. Ма-

талиным, Э.А. Сателем, А.П. Соколовским, Д.В. Чарнко, А.Б. Яхиным и многими другими.

Современное представление технологии машиностроения сформировалось на основе трудов многих поколений отечественных и зарубежных ученых и работников промышленности, способствовавших ее становлению как отрасли технической науки, где изучают связи и закономерности в производственных процессах изготовления машин.

Конструкция любой машины в своей сущности является сложной системой двух видов сопряженных множеств связей: свойств материалов и размерных.

Для реализации такой системы связей в материале должен быть создан и осуществлен производственный процесс, представляющий собой другую систему сопряженных множеств связей: свойств материалов, размерных, информационных, временных и экономических. Таким образом, создание машины сводится к построению двух систем связей: конструкции машины – системы множеств двух видов связей, и производственного процесса ее изготовления – системы множеств пяти видов связей (рис. 2).

Рассматривая производственный процесс изготовления машины как проявление системы связей свойств материалов, размерных, информационных, временных и экономических, технология машиностроения исследует эти связи с целью решения задач обеспечения в процессе производства требуемого качества машины, наименьшей ее себестоимости и повышения производительности труда. Таково современное научное толкование содержания технологии машиностроения и задач решаемых ею.

***Технология машиностроения как наука призвана разработать теоретические основы обеспечения качества изделий (машин) требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и овеществленного труда, т.е. при наименьшей себестоимости.***

Технология машиностроения является прикладной наукой, вызванной к жизни потребностями промышленности. Она прошла в своем развитии через несколько этапов.

1. ***Предшествующий этап***, накапливаемый человечеством тысячелетиями.

2. ***Подготовительный этап***, начиная с появления первых токарных и сверлильных станков с ручным приводом в XII в. и кончая XVII столетием.

3. ***Накопительный этап*** (XVII - XIX вв.) характеризуется накоплением отечественного и зарубежного производственного опыта изготовления машин.

В конце XVIII - начале XIX вв. в технических журналах и брошюрах публикуются описания процессов обработки различных деталей, применяемого оборудования и инструментов. Накопленный опыт впервые был описан в 1807 г. проф. Московского университета И. В. Двигубским в книге «Начальные основы технологии, или краткое описание работ на заводах и фабриках».

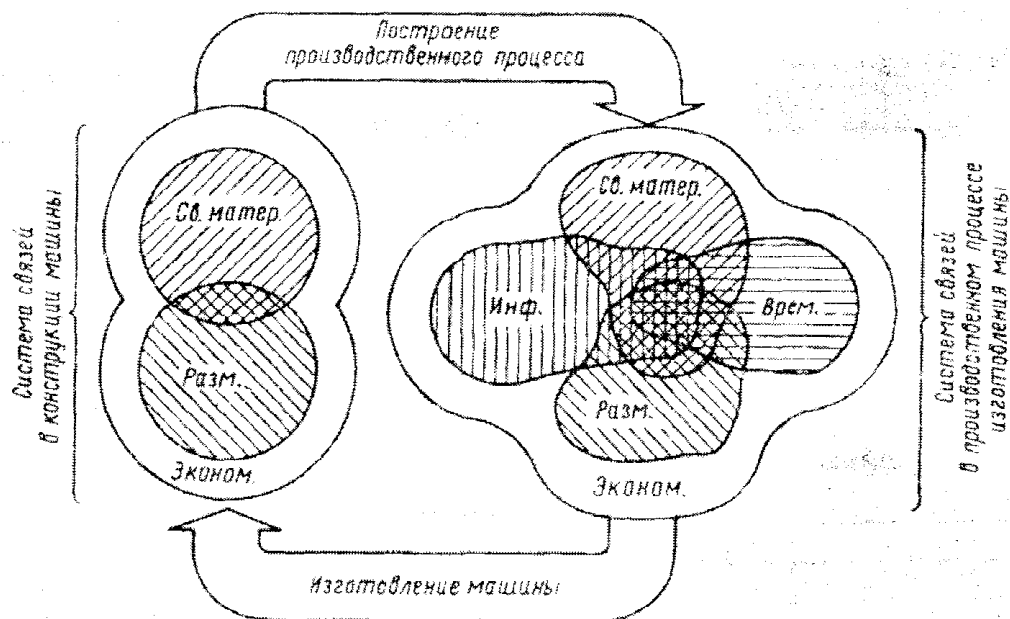


Рис. 2 Системы множеств связей, представляющих конструкцию машины и производственный процесс ее изготовления.

4. **Первый научный этап** (для России это 1880 - 1940 гг.) характеризуется обобщением и систематизацией производственного опыта и началом разработки общих научных принципов построения технологических процессов.

Это труды профессоров И. И. Тиме, А. П. Гавриленко, А. П. Соколовского, А. И. Каширина, В. М. Кована, А. И. Яхина. Как итог этих работ в 1940 г. вышло постановление Совета народных комиссаров СССР «О соблюдении технологической дисциплины на машиностроительных заводах». Это сыграло большую роль в повышении качества военной техники.

5. **Второй научный этап** (1941 - 1970 гг.) отличается разработкой новых технологических идей. Формируются теория точности обработки (профессора А. П. Соколовский, Б. С. Балакшин, В. М. Кован, И. М. Колесов, В. С. Корсаков), качества поверхности и его влияния на эксплуатационные свойства деталей машин (профессора П. Е. Дьяченко, М. А. Елизаветин, А. И. Исаев, А. М. Сулима, Э. В. Рыжов, А. М. Маталин, И. В. Крагельский, А. С. Проников, Э. А. Сатель), теория технологической наследственности (профессора А. М. Дальский, П. И. Ящерицын). Детально исследуются различные методы обработки: лезвийная (профессора Г. И. Грановский, Н. Н. Зорев, И. А. Коганов, Б. А. Кравченко, Т. И. Лоладзе, А. Д. Макаров, В. И. Подураев, А. И. Исаев, Н. И. Резников, П. Р. Родин, С. С. Силин, Н. В. Талантов и др.), абразивная (профессора А. В. Якимов, Д. В. Худобин, Е. Н. Маслов, С. А. Попов, М. Ф. Семко и др.), отделочно-упрочняющая обработка ППД (профессора П. Г. Алексеев, Е. Г. Коновалов, И. В. Кудрявцев, Д. Д. Папшев, Ю. Г. Проскуряков, А. А. Хворостухин, Ю. Г. Шнейдер, Д. Н. Юдин).

Разрабатываются групповая технология (проф. С. П. Митрофанов), адаптивное управление обработкой (профессора Б. С. Балакшин, Ю. М. Со-

ломенцев, Б. М. Базров), научные основы сборки (профессора М. П. Новиков, В. С. Корсаков).

Первым результатом этих исследований и формирования технологии машиностроения как науки явилась книга А. П. Соколовского «Научные основы технологии машиностроения» (1955 г.).

6. **Третий научный этап** (1970 - 2000 гг.) характеризуется широким использованием достижений фундаментальных наук и вычислительной техники (профессора В. И. Аверченков, Н. М. Капустин, В. П. Митрофанов, В. В. Павлов, Ю. М. Соломенцев, В. А. Тимирязев, В. Д. Цветков) в технологии машиностроения. Существенно повышается теоретический уровень технологии машиностроения (профессора Ю. П. Бабичев, Б. М. Базров, А. М. Барзов, В. Ф. Безъязычный, П. И. Белянин, В. И. Бутенко, А. С. Васильев, Л. А. Гик, О. А. Горленко, А. А. Гусев, А. М. Дальский, Д. Г. Евсеев, А. С. Зенкин, В. Б. Ильицкий, Л. И. Карпов, А. А. Колобов, С. А. Корчак, М. Г. Косов, З. И. Кремень, В. Н. Латышев, В. В. Микитянский, А. Н. Михайлов, Ю. К. Новоселов, Ю. Ф. Назаров, А. Н. Овсеенко, В. М. Оробинский, В. А. Остафьев, М. Е. Попов, А. А. Рыжкин, И. Н. Султан-Заде, В. М. Смелянский, В. К. Старков, Ю. С. Степанов, А. Г. Суслов, М. А. Тамаркин, А. Г. Схиртладзе, Н. Э. Тернюк, А. В. Тотай, А. П. Улашкин, В. П. Федоров, А. С. Ямников). Разрабатываются и тщательно исследуются электрофизический, плазменный, ионный, лазерный и комбинированные методы обработки (профессора В. А. Барвинок, С. А. Клименко, С. Н. Григорьев, А. Г. Григорьянц, А. И. Марков, В. С. Мухин, В. Ф. Коваленко, О. В. Панфилов, В. П. Смоленцев, В. С. Харченков и др.).

Результаты этих работ частично нашли отражение в т. III-3 «Технология изготовления деталей машин» энциклопедии «Машиностроение», выпущенной в издательстве «Машиностроение» в 2000 г.

В настоящее время формируется четвертый научный этап развития технологии машиностроения, заключающийся в объединении технологий проектирования, изготовления и эксплуатации машин и в разработке научных основ по системному созданию новых технологических методов обработки, в том числе и механо-физико-химических, позволяющих обеспечить необходимые эксплуатационные свойства деталей машин, а также в разработке модульного принципа построения технологических процессов. Становление промышленности привело к появлению науки о технологии машиностроения, которая стала ее движущей силой.

## **1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

### **ЛЕКЦИЯ 2**

**Рассматриваемые вопросы:**

*1. Изделие и его элементы.*

2. Основные принципы организации производственных процессов.
3. Техническая подготовка производства.

### **Изделие и его элементы**

**Изделием** в машиностроении (МШ) называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Это машина, ее элементы и даже отдельная деталь.

Основой понятия изделия в технологии машиностроения (ТМ) состоит в том, что под изделием понимают продукт конечной стадии данного МШ производства. В соответствии с ГОСТ 2.101.68 различают:

- изделия основного производства (то, что предприятие реализует на сторону);
- изделия вспомогательного производства (то, что производится для собственных нужд).

Данный стандарт определяет следующие виды изделий:

**Деталь**- изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, а также изделия, подвергнутые покрытию или изготовленные пайкой, сваркой, склейкой. Характерным признаком детали является отсутствие разъемных или неразъемных соединений. Как известно, детали имеют сопрягаемые и несопрягаемые (свободные) поверхности. Если эти поверхности служат для присоединения данной детали к др. деталям (например, шейка шпинделя- подшипник) – то это основные базы. Если же они служат для присоединения к ней др. деталей- то это вспомогательные базы (поверхность станины на которую опирается основная база передней бабки станка). Сопрягаемые поверхности, выполняющие рабочую функцию, называется функциональными (исполнительными, рабочими), например лопатка турбины, поверхность резьбы. Но могут быть и несопрягаемыми, например отражательная поверхность зеркала.

Деталь с базовыми поверхностями, выполняющими в сборочной единице (СБЕ) роль соединительного звена, обеспечивающего при сборке необходимое относительное положение др. деталей называется **базовой**.

**СБ единица**- изделие, составные части которого подлежат соединению между собой с применением СБ операций (навинчивание, напрессовка, клепка и т.д.).

**Конструкторская СБЕ**- единица, спроектированная лишь по функциональному принципу без учета особого значения условий независимой и самостоятельной сборки (механизм газораспределения, система топливопроводов двигателя).

**Конструкторско-технологическая СБЕ** - отвечает условию функционального назначения ее в изделии и условию самостоятельной независимой сборки (насос, клапан, вентиль, КП и т.д.). Характерным признаком СБ единицы с технологической точки зрения является возможность ее сборки обособленно от др. элементов изделия (технологическая СБ). Она может состоять из отдельных деталей или СБЕ (подузлов). При этом все вместе в совокупности образующие СБЕ должны иметь общее функциональное назначе-



ние и совместно устанавливаться на машину или иную СБЕ, т.е. СБЕ могут быть первого, второго и N-го порядка.

**Комплект** - два и более изделий не соединенных на предприятии – изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект запчастей, инструмента, измерительной аппаратуры и т.д.).

**Комплекс** - два и более специфицированных (состоящих из 2-х и более составных частей) изделия, не соединенных на предприятии – изготовителе СБ операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (АЛ, цех- автомат, станок с ЧПУ с управляющими панелями др.).

В технологической литературе употребляется термин «узел» под которым понимают СБЕ.

**Агрегат** - СБЕ обладающая взаимозаменяемостью и возможностью сборки отдельно от др. составных частей изделия и способностью выполнять определенную функцию в изделии или самостоятельно. Изделия, спроектированные по агрегатному принципу, имеют наилучшие ТЭ показатели.

#### **Производственный и технологический процессы**

Терминология определяется стандартом ЕСТД (ГОСТ 3.1109-82). Под **производственным** процессом понимается совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий, т.е. производственный процесс охватывает такие действия как получение и хранение материалов и полуфабрикатов, все стадии оформления деталей машин, СБЕ и машины в целом, технический контроль, упаковку готовой продукции.

Производственный процесс МШ предприятий обычно разделяется на техпроцессы:

- изготовления заготовок;
  - их обработки на МРС;
  - сборки СБЕ или машины в целом;
  - регулировки, обкатки и испытания;
- окраски, отделки, упаковки.

#### **Основные принципы организации производственных процессов**

От правильной организации производственного процесса зависят результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия, экономические показатели его работы: себестоимость продукции, прибыль и рентабельность производства. К основным принципам рациональной организации производственного процесса относятся:

**Специализация** - одна из форм разделения труда, заключающаяся в том, что предприятие в целом и его отдельные подразделения должны изготавливать продукцию ограниченной номенклатуры и осуществлять небольшое число производственных и технологических процессов. Сокращение номенклатуры изготавливаемой продукции на каждом рабочем месте, участке, в цехе и на заводе при специализации приводит к увеличению выпуска одноименной

продукции, к улучшению экономических показателей за счет использования специального и более производительного оборудования, повышения степени механизации и автоматизации всех процессов, приобретения рабочими навыков в работе, улучшения организации труда, организации поточного производства и т. д. Уменьшению номенклатуры выпускаемой продукции способствуют стандартизация, нормализация и унификация изделий и их составных частей. Соблюдение принципа специализации существенно влияет на другие принципы рациональной организации производственного процесса.

**Пропорциональность** - возможность выпуска заданного количества продукции в единицу времени во всех частях производственного процесса, достигаемое тем, что назначенное для выполнения отдельных процессов количество рабочих мест и оборудования пропорционально трудоемкости этих процессов. Повышение степени пропорциональности увеличивает непрерывность и параллельность технологических процессов.

Территория, необходимая для осуществления производственного процесса, называется **производственной площадью**. Календарное время, необходимое для осуществления периодически повторяющегося производственного процесса, называется **производственным циклом**. Часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства, называется **технологическим процессом**. При осуществлении технологического процесса происходит последовательное изменение формы, размеров, свойств материала или полуфабриката в целях получения изделия, соответствующего заданным техническим требованиям. Технологический процесс имеет свою структуру и осуществляется на рабочих местах. Часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица оборудования или часть конвейера, а также оснастка и предметы производства, называется **рабочим местом**. Современное производство изделий машиностроения немыслимо без средств производства. К ним относятся технологическое оборудование и оснастка. ГОСТ 3.1109-82 дает следующую трактовку этих понятий. **Технологическое оборудование** - это орудия производства, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них и источники энергии. Примером технологического оборудования являются литейные машины, прессы, станки, печи, гальванические ванны, моечные и сортировочные машины, испытательные стенды, разметочные плиты и т. д. **Технологическая оснастка** - это орудия производства, используемые совместно с технологическим оборудованием и добавляемые к ним для выполнения определенной части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий и мерительный инструмент, штампы, приспособления, пресс-формы, калибры, модели, литейные формы, стержневые ящики и т. д.

Запуск изделий в производство может осуществляться непрерывно (в течение длительного времени), периодически (партиями в течение определенного интервала времени) и разово (единичные экземпляры и партии).

Группа заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемая в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени, называется **производственной партией**. Она или ее часть, поступающая на рабочее место для выполнения технологической операции, называется **операционной партией**. Производственный запас заготовок или составных частей изделия, предназначенных для выполнения технологического процесса, называется **заделом**. Технологические процессы в массовом и крупносерийном производствах характеризуются **тактом** и **ритмом** выпуска.

**Такт выпуска** - это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения (мин):

$$\tau = 60 \Phi_{\text{д.}} / N_{\text{г.}} (\text{мин}),$$

где  $\Phi_{\text{д.}}$  - действительный годовой фонд времени работы оборудования (линии) при заданном количестве рабочих смен, час;  $N_{\text{г.}}$  - годовой объем выпуска изделия участка (линии), шт.

Продолжительности операций по всему потоку (технологической линии) должны быть равными или кратными, что позволяет производить обработку в течение определенного отрезка времени - такта без образования заделов. Интервал времени (такт), через который периодически производится выпуск изделия, равен:

Длительность такта - основа проектирования поточной линии, выбора потребного количества оборудования, схемы потока, синхронизации ТО и др. организационно технических мероприятий. Для ТО, у которых  $\tau \neq \tau$ , должно быть установлено дополнительное оборудование или предусмотрены промежуточные склады страховых запасов изделий.

$\Phi_{\text{д.}}$  меньше номинального (календарного) фонда времени  $\Phi_{\text{н.}}$  на величину потерь времени на ремонт оборудования:

$$\Phi_{\text{д.}} = \Phi_{\text{н.}} \cdot \eta,$$

где  $\eta = 0,96 - 0,98$ .

**Ритм выпуска** - это количество изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения, выпускаемое в единицу времени. Ритм выпуска - величина, обратная такту выпуска

**Непрерывность** - качество технологического процесса, заключающееся в том, что каждая следующая операция должна начинаться сразу по окончании предыдущей без перерывов во времени. При этом обеспечивается непрерывная работа оборудования и рабочих, отпадает необходимость в межоперационных заделах, упрощается проблема межоперационного транспорта, сокращается цикл производства.

**Параллельность** - одновременная обработка нескольких заготовок одних и тех же деталей на различных рабочих местах или различных заготовок на одних и тех же рабочих местах. Параллельность обработки или сборки сокращает длительность производственного цикла.

**Прямоточность** - прямолинейное и кратчайшее движение каждой детали или сборочной единицы по рабочим местам, участкам и цехам без возвратных и встречных перемещений. Прямоточность достигается расположением цехов, участков и рабочих мест по ходу технологического процесса.

**Автоматичность** - все технологические процессы и производственный процесс в целом выполняются машинами или механизмами под контролем человека. Повышение степени пропорциональности и прямоточности способствует автоматичности производственных процессов;

автоматичность повышает непрерывность и параллельность.

**Ритмичность** - все технологические процессы и производственный процесс в целом повторяются через строго установленные периоды времени. Наивысшая степень ритмичности достигается при соблюдении перечисленных принципов рациональной организации производственного процесса.

**Техническая подготовка производства.**

Включает в себя:

1. конструкторскую подготовку производства (разработка конструкции изделия, СБ чертежей, чертежей деталей, спецификаций и т.д. по стандартам ЕСКД);

2. технологическая подготовка производства (обеспечение технологичности конструкции изделия (ТКИ), проектирование и изготовление средств технологического оснащения, управления процессами ТПП и др.);

3. календарное планирование произв. процесса изготовления изделия в установленные сроки в необходимых объемах выпуска и затратах.

Трудоемкость ТПП  $\approx$  30-40% (мелкосерийное производство), 40-50% (серийное производство) и 50-60% (массовое производство) от всей трудоемкости технической ПП.

### **ЛЕКЦИЯ 3**

**Рассматриваемые вопросы:**

1. *Формулировка понятия «Технологический процесс» и его основных структурных составляющих:*

- технологическая операция;
- технологический переход;
- вспомогательный переход (рабочий прием);
- установ и позиция.
- операционный эскиз;
- Карты технологических наладок.

2. *Примеры технологических операций, установов, позиций и переходов.*

3. *Основные правила оформления технологической документации.*

### **Основные термины и определения ТП (ГОСТ 3.1109-82)**

Технологический процесс (ТП) и его структура. **Технологический процесс (ТП)** - часть произв. процесса, включающая в себя последовательное изменение размеров, формы, внешнего вида или внутренних свойств предме-

та производства и их контроль. ТП строятся по отдельным методам их выполнения:

- обработка резанием;
- обработка металлов давлением;
- физическая и электрохимическая обработка;
- термическая и химико-термическая обработка;
- контроль деталей или СБЕ;
- мойка и т.д.

**Технологическая операция (ТО)** – законченная часть ТП, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми изделиями, одним или несколькими рабочими. Она длится от момента получения детали на данном рабочем месте (МРС) до ее снятия со станка и включает в себя действия рабочего и оборудования, т.е. в масштабах ТП операция выделяется по оборудованию (станку). СБ операции имеют подразделения по 1-му отдельному СБ месту.

Интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции (независимо от числа одновременно изготавливаемых изделий) называется **циклом технологической операции**.

ТО является неделимой частью ТП в планово- организационном отношении и является основой производственного планирования. ТО состоит из отдельных технологических переходов, проходов, рабочих приемов и делится в целом на позиции и установки.

**Технологический переход (ТХП)** – законченная часть ТО, характеризующаяся постоянством применяемого режущего инструмента (одного или нескольких одновременно работающих), поверхностей, образуемых при обработке или соединяемых при сборке, и режимов обработки на МРС (**три признака ТХП**). Таким образом, ТХП это и одновременная обработка нескольких поверхностей комплектом инструментов (набор фрез, многорезцовая обработка), а также обработка криволинейных поверхностей одним инструментом, движущимся по заданной программе (обработка турбинной лопатки, фрезерование кулачков и др.).

В целях повышения производительности элементарные ТХП могут объединяться и во времени выполняться одновременно. Их принято называть **параллельными или совмещенными**. Если выполняемые ТХП следуют друг за другом, то это **последовательные переходы**.

**Проход (рабочий ход)** - часть ТХП во время которого снимается один слой материала. Деление на проходы необходимо в тех случаях, когда за один раз нельзя снять весь слой металла, подлежащего удалению на данном переходе.

**Элементарный переход** - часть ТХП, выполняемая одним инструментом над одним участком поверхности за один рабочий ход без изменения режима резания. Это понятие удобно использовать при проектировании ТП и расчете основного времени в случае обработки на станках с ЧПУ (т.к. меняется направление подачи, припуски и режимы резания). *Элементарный переход надо определять по длине участков с неизменным режимом резания.*

Все действия рабочего, совершаемые им в процессе ТО, делятся на отдельные рабочие приемы.

**Вспомогательный переход (рабочий прием)** - законченная часть ТО состоящая из действий человека или оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхности изделия, но необходимы для выполнения ТХП (установка заготовки, смена инструмента, пуск станка, переключение режимов резания, измерение детали и т.д.). **Техническое нормирование ТО производится на базе их деления на приемы.**

**Вспомогательный ход** - законченная часть ТХП, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, размеров и шероховатости поверхности, но необходимая для выполнения ТХП.

**Если изменяется хотя бы один элемент перехода (поверхность, режим резания, инструмент) - то это новый ТХП.**

**Установ** – часть ТО, выполняемая при неизменном базировании (закреплении) обрабатываемой заготовки или собираемого узла. Собираемый узел или обрабатываемая заготовка, находясь в приспособлении, могут менять свое положение в пространстве без раскрепления и перебазирования за счет транспортных механизмов станков или определенных механизмов приспособлений. В этом случае ТО будет состоять из нескольких **позиций** (при одном установе).

**Позиция** - часть ТО, выполняемая в каждом новом положении обрабатываемой заготовки или собираемого узла относительно рабочих органов станка при неизменном базировании и без раскрепления.

**Как установ, так и позиция, включают в себя один или несколько ТХП.**

**Примеры ТО, установка, позиции и перехода.**

Пример ТО.

1. Если при обработке ступенчатого вала установленного в центрах: вначале производят обработку одной его части, переустанавливают вал и производят обработку его другой части – **то это одна ТО**;

2. Если же вначале производят обработку одной его части всей партии валов, а затем другой части всей партии валов - **то это две ТО.**

Пример технологических переходов.

При обработке на токарном станке это одна ТО и три перехода (рис. 3).

Если же отверстие сверлится на сверлильном станке, а потом растачивается на токарном - **то это будут две ТО** с одним и двумя технологическими переходами соответственно. Пример позиции представлен на рис. 4.

ТП записывается в соответствующей документации в строгом соответствии с подразделением на ТО, установки, позиции и переходы в определенной фонетической форме. Он начинается с первой операции, которая отражает воздействие над заготовкой и заканчивается завершением обработки детали в данном производственном подразделении (например, участке). Если ТП мехобработки включает в себя ТО, выполняемые в др. производственных подразделениях, то подробная их разработка, а иногда и доведение до уровня

отдельного техпроцесса осуществляется специалистами соответствующего профиля (например, термообработка, электрофизикохимическая обработка и др.).

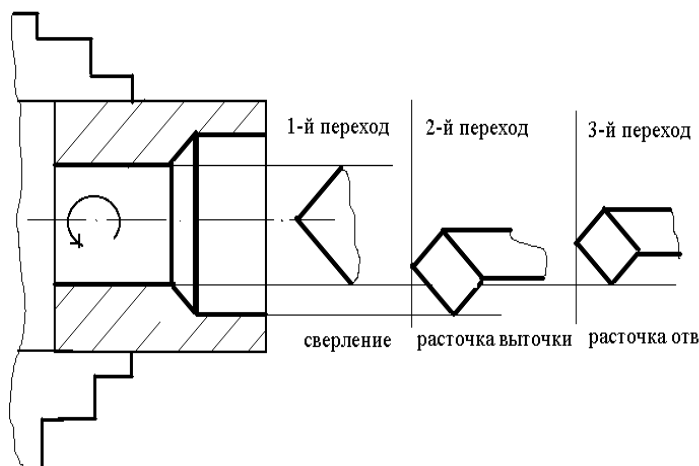


Рис.3. Пример технологического перехода.

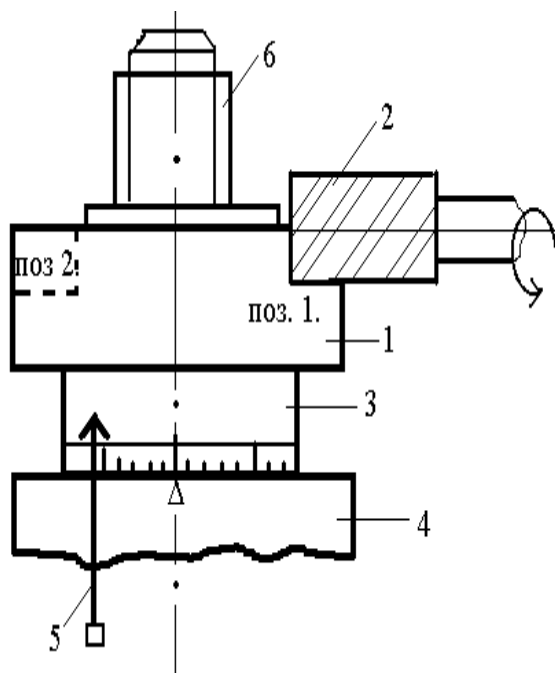


Рис.4. Пример позиции при неизменном установе  
1.- заготовка; 2.- фреза; 3.- поворотное устройство; 4.- основание; 5.- фиксатор; 6.- гайка.

Операциям и переходам в технолог. документации присваивают порядковые номера *арабскими цифрами*. Так как операций в ТП может быть большое кол-во, то запись рекомендуется делать двух - или трехзначным кодом. Например: 0.1, 0.5, 0.8...или 005, 010, 020...100 и т.д. Это сделано для того, чтобы при корректировке ТП не перенумеровывать каждый раз все его операции.

**Установы** обозначаются строчными буквами русского алфавита (А, Б, В...) причем с первой буквы для каждой новой ТО.

**Переходы** нумеруются арабскими цифрами, начиная с первого единым счетом для каждой операции.

**Позиции** рекомендуется обозначать малыми прописными буквами русского алфавита или римскими цифрами.

ТО формулируются кратко в форме прилагательного. За основу наименования ТО берется вид обработки или оборудования. ТО должны иметь индивидуальное неповторяющееся наименование с учетом их отличительных признаков. **Например:** *токарная универсальная, токарная - револьверная, токарная многошпиндельная, токарная - многорезцовая, токарная - гидроконтрольная, токарная правой (левой) части вала, горизонтально - фрезерная, вертикально - сверлильная и т.д.*

**Переходы** излагаются более подробно и обязательно с указанием обрабатываемой поверхности. Численные значения обработанной поверхности в переходе, как правило, не приводятся, а лишь четко указывается, что обрабатывается на данном переходе. Обрабатываемую поверхность можно задавать одним из трех способов:

Основной – каждой поверхности придают очередной порядковый номер и в переходе указывают: ***фрезеровать уступ 1, сверлить отверстие 15 и т.д.***

По характерному отличительному признаку поверхности: шлифовать сферу, нарезать резьбу и т.д.

В качестве названия поверхности принимают ее окончательное обозначение на чертеже. Тогда на промежуточных стадиях обработки пишут: «***сверлить отверстие под Ø16H8***», «***зенкеровать отв. под Ø16H8***» и т.д.

Переходы записываются в форме глагола повелительного наклонения (лаконично). Для более ясного и точного представления о способе обработки ТО сопровождаются операционными эскизами. Если ТО состоит из нескольких установов и позиций, то, как правило, операционные эскизы составляются отдельно для каждого установа и позиции. Кроме того в составе технологической документации могут быть карты технологических наладок.

**Операционный эскиз** – документ, который сопровождает ТО, предназначен для рабочего станочника и соответствует состоянию заготовки или собираемой СБЕ после завершения данной операции (позиции, установа). В нем содержится следующая информация:

- изображается обрабатываемая деталь с учетом ее действительного состояния после данной ТО (обрабатываемые поверхности выделяются красным цветом или линиями увеличенной толщины);

- схематически с использованием условных графических обозначений по ГОСТ 3.111-73. обозначаются элементы установки, базирования и закрепления заготовки на станке, т.е. способ передачи на заготовку крутящего момента (Мкр);

- указываются все размеры, обрабатываемых на данной ТО, установе, позиции поверхностей с указанием их точности и шероховатости;



- режущий инструмент, конструктивные элементы станка и приспособления на операционном эскизе, как правило, не показываются. Операционные эскизы помещают непосредственно на операционных картах или на специальных картах эскизов.

### ***Карты технологических наладок***

**Наладка** - подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению технологической операции. К наладке относят установку и регулировку приспособления или отдельных его сменных частей, переключение частот вращения шпинделя или подачи, настройку гитары сменных зубчатых Колес, регулировку температурного режима и т. д. Дополнительная регулировка технологического оборудования и оснастки для восстановления достигнутых при наладке значений параметров, называется **подналадкой**.

При сложной структуре ТО (например, многошпиндельной, многоинструментальной), что связано со сложностью наладки оборудования, проектируются карты технологических наладок, которые предназначены для рабочего- наладчика. Для многошпиндельной, многоинструментальной обработок карты наладок разрабатываются для каждой позиции и установка. Они выполняются на крупных форматах (А2, А1, А0) и должны содержать сведения, позволяющие наладчику:

- подобрать, необходимый для данной ТО режущий инструмент;
- установить на станке в требуемое положение приспособления и режущий инструмент;
- для станков, имеющих автоматический цикл движения инструментов, настроить его по циклограммам движения инструментов;
- установить по специальным таблицам требуемые режимы резания;
- проверить правильность наладки станка, пользуясь данными по точности и шероховатости обработки, приведенными на карте наладки.

**Проектирование карт технологических наладок** – довольно трудоемкий процесс, а поэтому используется преимущественно в массовом и крупносерийном производствах.

## **ЛЕКЦИЯ 4**

### **Рассматриваемые вопросы:**

1. *Виды технологических процессов.*
2. *Формы и методы организации технологических процессов.*
3. *Основные направления совершенствования производственных и технологических процессов.*

### ***Виды технологических процессов***

Вид технологического процесса определяется количеством изделий, которые он охватывает (одно изделие, группа однотипных или разнотипных изделий). Классификация технологических процессов в соответствии с ГОСТ 3.1109-82 и РДМУ 75-76 приведена на рисунке 5.

**Единичный** - применяется для изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

**Унифицированный** - применим для нескольких изделий. Унифицированные технологические процессы могут быть типовыми и групповыми.

**Типовой** - характерен единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками. Типовой технологический процесс разрабатывается на одну деталь, являющуюся типовым представителем группы.

**Групповой** - характеризует общность оборудования и технологической оснастки при выполнении отдельных операций или при полном изготовлении группы однородных (разнородных) деталей;

Единичные и унифицированные технологические процессы делятся на перспективные и рабочие.

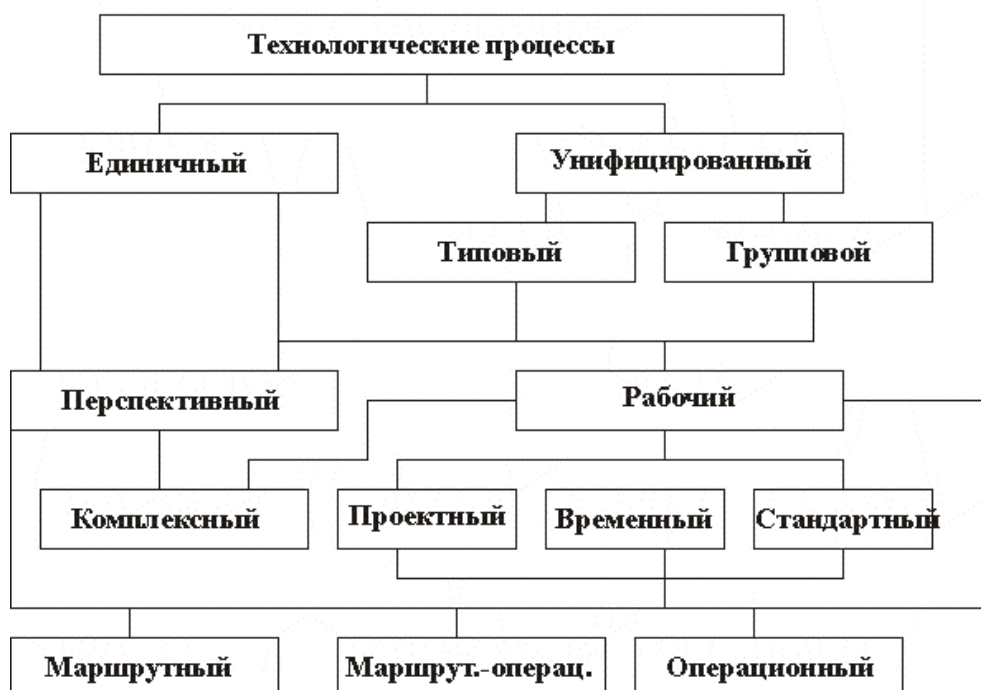


Рис. 5. Классификация технологических процессов по признакам

**Перспективный** - технологический процесс разрабатывается на перспективу как информационная основа для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства. Он рассчитан на более производительные и экономически эффективные средства технологического оснащения и изменение принципов организации производства.

**Рабочий** - применяется для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями рабочей технической документации. Рабочие технологические Процессы могут быть проектными, временными и стандартными.

**Проектный** - выполняют по предварительному проекту технологической документации.

**Временный** - применяют на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия необходимого оборудования или в связи с аварией до замены более современным.

**Стандартный** - устанавливает стандарт.

**Комплексный** - состоит из типовых технологических решений (операций).

По степени детализации технологические процессы делятся на маршрутные, операционные и маршрутно-операционные.

**Маршрутный** - выполняют по документации, в которой содержание операции излагается без указания переходов и режимов обработки.

**Операционный** – выполняют по документации, в которой содержание операции излагается с указанием переходов и режимов обработки.

**Маршрутно-операционный** выполняют по документации, в которой содержание части операций излагается без указания переходов и режимов обработки, а для наиболее ответственных операций указываются переходы и режимы обработки. Степень детализации ТП устанавливается отраслевыми стандартами и зависит от типа производства.

#### **Формы и методы организации технологических процессов**

Формы и методы организации технологических процессов зависят от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, количества изделий и направления их движения при изготовлении. Существуют две формы организации технологических процессов - групповая и поточная. Их основные признаки регламентированы ГОСТ 14.312-74.

**Групповая форма** - однородные конструктивно-технологические признаки изделий, единство средств технологического оснащения одной или нескольких технологических операций и специализация рабочих мест. Основа такой формы - группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам.

**Поточная форма** - специализация каждого рабочего места на выполнение определенной операции; согласованное и ритмичное выполнение всех операций технологического процесса на основе такта выпуска; размещение рабочих мест в последовательности, соответствующей технологическому процессу. Поточная форма в зависимости от номенклатуры одновременно обрабатываемых изделий может быть реализована в виде одно- или много-номенклатурной поточной линии.

#### **Основные направления совершенствования производственных и технологических процессов.**

Достижение высоких показателей в машиностроении базируется на учете и использовании основных направлений современной технологии и организации производства:

1. Совершенствование форм и методов организации технологических процессов на основе использования достижений науки и техники, научной организации труда, комплексной механизации и автоматизации.

2. Максимальное сокращение процессов обработки металлов резанием применением заготовок, приближающихся по форме, размерам и качеству поверхностей к готовым деталям. Такие заготовки повышают технико-экономическую эффективность за счет уменьшения расхода металла, снижения трудоемкости механической обработки и уменьшения потребности в станках и электроэнергии, металлорежущем инструменте, что снижает себестоимость изготовления изделий.

3. Применение для механической обработки высокопроизводительного технологического оборудования и технологической оснастки: агрегатных и многопозиционных станков; станков с числовым программным управлением; станков-роботов; новейших станков, оборудованных микропроцессорами; металлокерамического и алмазного инструмента; инструмента из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе нитрида бора; инструмента из обычных инструментальных материалов с различными износостойкими покрытиями; быстродействующих приспособлений и других технических новшеств, направленных на интенсификацию режимов обработки.

4. Изыскание средств и методов повышения точности форм и размеров деталей и качества их поверхностей с целью повышения надежности и долговечности изготавливаемой продукции.

5. Всемерное развитие и применение методов механической, термической, термомеханической, термохимической и других упрочняющих обработок, которые позволяют экономить металл за счет перевода деталей на облегченные сечения и увеличивают срок службы изготавливаемых деталей. Применение новых электрофизических и электрохимических и других методов обработки деталей особенно для труднообрабатываемых материалов.

При проектировании технологических процессов необходимо помнить о том, что максимальная эффективность производства обеспечивается разумным применением этих принципов в конкретных условиях, после соответствующих экономических обоснований.

## **2. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **ЛЕКЦИЯ 5.**

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Разработка технологических процессов - составная часть технологической подготовки производства.*
- 2. Технологический контроль конструкторской документации. Отработка конструкций изделий на технологичность.*
- 3. Исходные данные для разработки технологических процессов.*
- 4. Стадии и последовательность разработки технологических процессов.*
- 5. Особенности проектирования технологических процессов в различных типах производства.*
- 6. Порядок разработки, приемки и передачи в производство новых технологических процессов*

### ***Разработка технологических процессов - составная часть технологической подготовки производства***

ЕСТПП - установленная государственными стандартами система организации и управления технологической подготовкой производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ. Согласно ГОСТ 14.001-73 основное назначение ЕСТПП - установление системы организации и управления технологической подготовкой производства. Основные требования к технологической подготовке производства по функциям, задачам и применяемой документации регламентированы ГОСТ 14.002-73. Эти требования сводятся к тому, что технологическая подготовка производства (ТПП) должна обеспечить полную технологическую готовность предприятия производить изделия высшей категории качества в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, устанавливающими высокий технический уровень, минимальные трудовые и материальные затраты. Под полной технологической готовностью понимают наличие на предприятии полного комплекта технологической документации и средств технологического оснащения, обеспечивающих производство изделий. ТПП включает решение многих задач, которые могут быть сгруппированы по следующим основным функциям: обеспечение технологичности конструкции изделия; разработка технологических процессов; проектирование и изготовление средств технологического оснащения; организация и управление ТПП.

Центральное место в ЕСТПП занимает разработка технологических процессов, осуществляемая в масштабах страны, отрасли, предприятия. На общесоюзном уровне разрабатываются и стандартизируются типовые технологические процессы деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения, а также организуется общесоюзный фонд документации на типовые технологические процессы и централизованное обеспечение этой документацией отраслей промышленности. Разработку и стандартизацию типовых технологических процессов деталей и сборочных единиц отраслевого применения, организацию отраслевых фондов документации и централизованное обеспечение этой документацией предприятий осуществляет отрасль. Предприятия разрабатывают единичные и унифицированные рабочие технологические процессы, организуют заводские фонды документации и в рамках конкретного производства следят за применением как собственной, так и отраслевой и общесоюзной документации. Методики проектирования и использования технологических процессов также разрабатываются на уровнях: общесоюзном, отраслевом и предприятия.

#### ***Технологический контроль конструкторской документации***

Работа технолога начинается с технологического контроля чертежей, который согласно ГОСТ 2.121-73 должен быть направлен на соблюдение в разрабатываемых конструкциях изделий установленных технологических норм и требований; достижение в изделиях заданной технологичности; выяв-

ление наиболее рациональных способов изготовления изделий с учетом заданного объема выпуска.

Технологическому контролю подлежит конструкторская документация на изделия основного и вспомогательного производств. На чертежах общих видов и сборочных должны быть указаны: конструктивные зазоры; допуски на размеры, определяющие взаимное расположение деталей; особые требования к сборке соединений или монтажу. Рабочие чертежи деталей должны содержать все необходимые сведения - все проекции, разрезы и сечения, четко и однозначно объясняющие конфигурацию и возможные способы получения заготовок. На чертеже должны быть указаны: размеры с необходимыми допусками, шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения геометрических форм и взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать сведения о материале, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и т. п.

Предложения по изменению и исправлению, выявленные при технологическом контроле и связанные с нарушением действующих стандартов и руководящих материалов, обязательны для внесения в конструкторские документы. Предложения технического контроля, касающиеся различных аспектов изменения конструкции и направленные на улучшение показателей технологичности, вносятся в документацию только с согласия разработчика. Если при этом возникают разногласия, то они разрешаются техническим руководителем предприятия-разработчика. Исправления и изменения, необходимость в которых возникла при контроле, вносят в конструкторскую документацию в порядке, установленном ГОСТ 2.503-74.

### ***Отработка конструкций изделий на технологичность***

Одним из факторов, существенно влияющих на характер технологических процессов, является технологичность конструкции изделия и его составных частей. При конструировании изделий необходимо не только обеспечить эксплуатационные требования, но и требования по их наиболее экономичному изготовлению. Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, тем оно технологичнее. Поэтому проектированию технологического процесса предшествует отработка изделия на технологичность. Это обусловлено более глубокими знаниями технологом экономичных решений производства, конкретного оборудования и других факторов. Технологичная конструкция изделия должна предусматривать широкое использование унифицированных сборочных единиц, стандартизованных и нормализованных деталей и элементов деталей; минимальное количество деталей оригинальной, сложной конструкции и возможно большую повторяемость одноименных деталей, а также деталей стандартных и используемых из предшествующих конструкций. Конструкции изделия должны отвечать требованиям сборки и иметь удобные сборочные базы, минимум пригоночных работ, возможность параллельной сборки узлов и других сборочных единиц.

Виды и показатели технологичности конструкций приведены в ГОСТ 14.205-83, общие правила отработки конструкции изделия на технологичность - в ГОСТ 14.201-73, номенклатура показателей технологичности и пра-

вила их выбора - в ГОСТ 14.202-73, правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц - в ГОСТ 14.203-73 и конструкции деталей - в ГОСТ 14,204-73. Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественная и количественная. Качественная характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. Она характеризуется следующими показателями: хорошо-плохо, допустимо-недопустимо. Количественная оценка основывается на определении отношения достигнутых показателей к базовым. Значения показателей технологичности как базовых, так и достигнутых, должны определяться однозначно и находиться в пределах  $0 < K < 1$ . В ГОСТ 14.201-73 приведен типовой перечень показателей технологичности, из которого необходимо принимать минимальное, но достаточное количество показателей. Показатели технологичности должны служить инструментом общения между конструктором и технологом при совместной отработке конструкции на технологичность. Рекомендуется поэтапная отработка конструкции на технологичность выявление главных конструктивных элементов, влияющих на качество выполнения рабочих функций изделия в условиях эксплуатации; отработка на технологичность главных конструктивных элементов; отработка на технологичность вспомогательных конструктивных элементов.

Отработку конструкции на технологичность рекомендуется проводить в следующем порядке: подобрать и проанализировать исходные материалы, требующиеся для оценки технологичности; определить показатели технологичности базовой и предполагаемой к изготовлению конструкции; провести сравнительную оценку и расчет уровня технологичности; разработать мероприятия по улучшению показателей технологичности. После проведения анализа технологичности все предложения по изменению конструкции должны быть систематизированы в пояснительной записке. Ряд этих предложений после согласования с конструктором должен быть внесен в конструкцию изделия.

#### ***Исходные данные для разработки технологических процессов***

Технологические процессы разрабатывают при проектировании новых и реконструкции существующих производственных участков, цехов и заводов, а также при организации производства новых объектов на действующих заводах. Кроме того, корректировка существующих или разработка новых технологических процессов имеет место на действующих заводах при выпуске освоенной продукции, что вызывается непрерывными текущими конструктивными усовершенствованиями объектов производства и необходимостью систематического использования и внедрения в действующее производство новейших достижений науки и техники. В зависимости от условий количество исходных данных может колебаться. Минимальное количество исходных данных требуют технологические разработки, предназначенные для проектирования новых заводов. Обязательный минимум этих данных следующий:

программа выпуска изделий, расписанная по годам или другим календарным срокам; рабочие чертежи изделий; спецификации деталей по каждому изделию; описание конструкции изделий; технические условия на изготовление и сдачу изделий.

**Программа выпуска изделий** позволяет определить тип предполагаемого производства и установить целесообразное построение технологического процесса с проведением необходимых расчетов экономической эффективности оснастки и специального оборудования.

**Описания конструкций изделий** должны давать правильное и полное представление об их работе, функциях отдельных составных частей и их взаимодействии при эксплуатации. Описание конструкции изделия должно начинаться с формулировки его служебного назначения.

**Технические условия** на изготовление и сдачу изделий определяют требования, предъявляемые к изделию (машине) в целом, а также к его сборочным единицам и деталям. В зависимости от этих требований выбираются методы обработки деталей и способы обеспечения точности замыкающих звеньев размерных цепей. При проектировании технологических процессов для действующих или реконструируемых предприятий необходимо помимо вышеперечисленных располагать сведениями о наличии оборудования, площадях и других местных производственных условиях. При проектировании и корректировке технологических процессов механической обработки в действующем производстве возможности технолога могут оказаться еще более ограниченными, например заданным видом исходной заготовки, конкретным оборудованием, СОЖ и др.

#### **Стадии и последовательность разработки технологических процессов**

ГОСТ 14.102-73 предусматривает три стадии разработки технологических процессов: техническое задание, технический проект, рабочий проект.

**Техническое задание** устанавливает технические требования к технологической документации, степень ее детализации, исполнителей, источники финансирования. Здесь же проводятся ориентировочные расчеты технико-экономической эффективности проектных решений. Утвержденное техническое задание является основанием для разработки технического проекта. В техническом проекте разрабатывается проектный маршрутный технологический процесс и принимаются основные принципиальные технические и организационные решения. Технический проект после рассмотрения и утверждения служит основанием для более детальных разработок.

В **рабочем проекте** в зависимости от принятой степени детализации разрабатываются рабочие маршрутно-операционные или операционные технологические процессы. Исполнитель может самостоятельно устанавливать необходимость выполнения каждой стадии и отдельных работ на стадиях. В целях сокращения трудоемкости и длительности технологических разработок сопоставление и выбор оптимального варианта целесообразно производить на более ранних стадиях проектирования. Общие правила разработки технологических процессов оговорены ГОСТ 14.301-73.



Разработке технологических процессов предшествует входной контроль конструкторской документации, группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам, отработка их на технологичность, определение типа и организационной формы производства. В общем случае разработка единичных технологических процессов включает комплекс взаимосвязанных этапов, выполняемых в следующей последовательности: выбор заготовок и технологических баз; подбор типового технологического процесса и определение последовательности и содержания технологических операций; определение, выбор и заказ новых средств технологического оснащения контроля и испытания; назначение и расчет режимов обработки и нормирование процесса; определение профессий и квалификации исполнителей; организация производственных участков; выбор средств механизации и автоматизации элементов технологических процессов и внутрицеховых средств транспортирования; составление планировок производственных участков и разработка операций перемещения изделий и отходов; оформление рабочей документации на технологические процессы. Глубина проработки этапов зависит от типа производства и сложности изделия. Некоторые этапы могут совмещаться во времени.

#### ***Особенности проектирования технологических процессов в различных типах производства***

Изготовление деталей зависит от типа производства и принятой организационной формы работы. Различным типам производства свойственны различные методы обработки поверхностей деталей, различное технологическое оборудование, оснастка и структура операций. Все это находит отражение в разрабатываемой технологической документации. С увеличением программы растут степень детализации технологического процесса и глубина его разработки. Например, в единичном и мелкосерийном производствах намечается только маршрут обработки без детализации операций, который оформляют в виде маршрутного технологического процесса. При этом величины межоперационных припусков и размеров, а также режимы резания не указываются. Объем операций - максимально возможный. В условиях ограниченных технологических возможностей иногда ориентируются не на среднеэкономическую, а на достижимую точность обработки в расчете на высокую квалификацию рабочего. Исключение составляют турбо- и гидромашиностроение, где вследствие сложности работы и высокой стоимости обрабатываемых деталей детализация разработки технологических процессов значительна и соответствует серийному производству. Исключение также составляют технологические процессы обработки деталей на станках с ЧПУ, где степень детализации разработки документации достигает наиболее высокого уровня в расчете на низкую квалификацию рабочих и передачу всех функций управления обработкой управляющей программе.

В серийном производстве по каждой операции четко выделяют ***установы, позиции, переходы, припуски и режимы резания***. Технологический процесс оформляется в технологических картах, схемах, инструкциях, согласно которым изготавливаются детали и машины. Наиболее детальная разра-

ботка технологических процессов применяется в массовом производстве, где каждый элемент операции имеет большое значение и где незначительная ошибка технолога может привести к браку или увеличению себестоимости изготовления деталей. В этом случае при назначении методов обработки и оборудования ориентируются только на среднеэкономическую точность обработки, применяя наиболее прогрессивную технологическую оснастку и режущий инструмент. В непоточном производстве продолжительность отдельных технологических операций не имеет большого значения, главное - обеспечить высокий уровень загрузки технологического оборудования.

Характерная особенность поточного производства - ритмичность технологических операций, синхронность работы и краткий цикл изготовления деталей. Для обеспечения этих условий необходимо продолжительность операций довести до величин, равных или кратных такту. Следует отметить, что во многих учебниках и другой технической литературе довольно распространены ошибочные рекомендации относительно строгой синхронизации операций и высокого коэффициента загрузки оборудования в поточном производстве. Если синхронизация проводится до конца, то это приводит только к неоправданному увеличению себестоимости изготовления деталей. Требование строгой синхронизации базируется на ошибочном положении, что при неравномерности станкоемкостей на различных операциях невозможно достичь непрерывности движения обрабатываемых деталей в потоке. Практика показывает, что при разной станкоемкости операций выпуск обрабатываемых деталей на линии равномерен и соответствует такту работы станка с наибольшей станкоемкостью. Если в линии на одной из операций планируется использование протяжного станка при коэффициенте его загрузки 0,12, то этот станок можно было бы заменить менее производительным фрезерным, подняв при этом коэффициент загрузки до 0,88. Очевидно, при таком подходе синхронизация операций была бы обеспечена, но трудоемкость и станкоемкость значительно увеличились бы, что не соответствовало бы экономическому принципу проектирования технологических процессов. Поэтому синхронизация операций, как и высокий коэффициент загрузки оборудования поточной линии, желательны, если они способствуют снижению себестоимости изготовления детали и не ограничивают использование в линии высокопроизводительного современного оборудования.

Факторами, определяющими целесообразность разработки поточных технологических процессов, являются; величина производственной программы выпуска, средняя станкоемкость изготовления детали, количество станков на операцию и их загрузка. Минимально необходимый годовой выпуск деталей, при котором целесообразно проектировать поточное производство, определяется по формуле:

$$N_{\min} = 60 \cdot F_{\text{д}} \cdot m \cdot \eta \cdot (z - f) / \sum_{i=1}^z t_i,$$

где  $F_{\text{д}}$  - годовой фонд работы одного станка в одну смену, ч;  $m$  - число рабочих смен в сутках;  $\eta$  - средний коэффициент загрузки станков;  $t_i$  - трудоем-

кость  $i$ -й операции при обработке детали на универсальном станке, мин;  $z$  - количество основных операций (станков) на поточной линии;  $f$  - количество совмещенных операций.

Планируемый коэффициент загрузки станков для поточных линий следует принимать в пределах 0,75-0,9. Трудоемкость операций может быть определена по укрупненным нормативам, прикидочным расчетам или по нормам, действующим на базовом предприятии. Заданная программа выпуска ( $N_{Г.3}$ ) должна находиться в пределах:

$$N_{\min} \leq N_{Г.3} \leq 1,3 \cdot N_{\min}$$

При  $N_{Г.3} > 1,3 \cdot N_{\min}$  на многих неделимых операциях продолжительность обработки будет значительно больше величины такта. Это приведет к использованию на этих операциях параллельно работающих станков-дублеров. С увеличением их числа поточные линии превращаются в непоточные участки, которые имеют ряд недостатков, характерных для непоточного производства. Вследствие этого себестоимость изготовления деталей не уменьшается, а увеличивается. Синхронизация операций в поточном производстве может быть обеспечена следующими техническими и организационными способами: группируя переходы в операции или расчленяя сложные операции на более простые; изменяя режимы резания; применяя специальный комбинированный инструмент или несколько параллельно работающих инструментов; используя метод деления длины обработки; применяя высокопроизводительные приспособления (быстродействующие, многоместные); одновременно обрабатывая несколько деталей; применяя механизацию и автоматизацию станков (транспортирование, загрузка, контроль); используя специальные и специализированные агрегатные станки, станки с ЧПУ и др.; применяя параллельно работающие станки-дублеры или параллельные поточные линии. При выборе способов синхронизации операций следует тщательно проанализировать все возможные и остановиться на тех, которые в конкретных условиях производства обеспечат достижение цели при наименьших затратах.

### ***Порядок разработки, приемки и передачи в производство новых технологических процессов***

Общий порядок разработки, приемки и передачи в производство технологических процессов оговорен ГОСТ 14.003-74. Лица (стороны), принимающие участие в разработке и реализации технологической документации, могут выступать в роли заказчика, исполнителя и потребителя. Их функции могут выполнять министерства (ведомства) и подведомственные им организации и предприятия.

**Заказчиком** является лицо, по договору с которым или по принятой от него заявке разрабатывается технологический процесс. Заказчик предъявляет разработчику исходные требования к разработке; согласовывает техническое задание на разработку; принимает технологические процессы и определяет сферы их применения. Заказчик отвечает за технико-экономическую обоснованность исходных данных для разработки, за их соответствие (норм, показа-

телей и требований) современному уровню развития науки, техники и производства.

**Исполнитель (разработчик)** в соответствии с требованиями заказчика разрабатывает техническое задание, согласовывает его с заказчиком, потребителем и другими заинтересованными предприятиями (организациями), разрабатывает необходимую документацию, отвечает за комплектность, качество и сроки передачи документации заказчику и осуществляет авторский надзор при ее использовании.

**Потребитель** отвечает за обоснованность предъявляемых требований к выполняемой разработке, обеспечивает надлежащие условия ее применения, участвует в приемочных проверках, систематически информирует заказчика и исполнителя о результатах разработки.

Техническое задание, которое составляет исполнитель на основе заявки заказчика, является исходным документом для разработки технологического процесса. Утверждает техническое задание министерство (ведомство) по принадлежности исполнителя или установленные им организации. С целью определения соответствия разрабатываемого технологического процесса техническому заданию на различных стадиях его разработки проводят экспертизу, которая определяет: соответствие показателей точности, стабильности и надежности, установленных в технологической документации, требованиям технического задания и технико-экономическое обоснование показателей качества разрабатываемого технологического процесса; комплектность выполнения технологической документации в соответствии с требованиями технического задания; внедрение и соблюдение стандартов, распространяемых на данный вид технологических процессов и документации, в том числе стандартов ЕСТД; соответствие разрабатываемого технологического процесса требованиям безопасности и санитарно-гигиеническим нормам. По результатам экспертизы составляют экспертное заключение. Контроль качества разработанных технологических процессов единичного производства и их приемку осуществляют на этапах изготовления и испытания первых образцов изделий. В серийном и массовом производствах такой контроль осуществляют на этапах изготовления и испытания установочной и головной (контрольной) серии изделий. При испытании установочной серии изделий определяются подготовленность разработанного технологического процесса к выпуску изделий в объеме, установленном для данного этапа, и возможность применения этого процесса для изготовления головной (контрольной) серии изделий. При испытании головной (контрольной) серии изделий проверяются точность, стабильность и надежность полностью оснащенного технологического процесса; качество и надежность изделий, изготовленных с применением данного технологического процесса. Количество изделий установочной и головной (контрольной) серии, по результатам испытаний которых проверяется и принимается разработанный технологический процесс, порядок проведения соответствующих испытаний, количество испытываемых образцов должны соответствовать требованиям стандартов, технических условий или технической документации на изделие.

По результатам испытаний как установочной, так и головной серий приемочная комиссия составляет протоколы испытаний и на их основе - акт приемки результатов разработки. По всем законченным технологическим разработкам принимаются решения о сроках и объемах их освоения и внедрения в народное хозяйство. Передача предприятиями и организациями технологических разработок другим предприятиям и организациям и оказание им помощи в использовании передового опыта, включая передачу необходимой документации и проведение совместных работ, производится по типовому договору, утвержденному постановлением Государственного комитета кабинета Министров по науке и технике. Вопросы, касающиеся держателей подлинников технологических документов, оговорены ГОСТ 3.1112-77.

## **ЛЕКЦИЯ 6.**

### Рассматриваемые вопросы:

1. *Виды технологических операций.*
2. *принцип поэтапности ТП.*

### ***Виды технологических операций и принцип поэтапности ТП***

При проектировании ТП необходимо решать две основополагающие задачи:

**1. Установить общее количество операций (объем обработки) для каждой поверхности детали.**

Часто одна и та же поверхность заготовки обрабатывается многократно на одной или нескольких операциях. Количество операций (обработок одной и той же поверхности) зависит от таких факторов как:

- сложность формы поверхности;
- требуемая окончательная точность поверхности;
- требуемая окончательная шероховатость поверхности;
- размеры детали;
- наличие термической обработки;
- сложность оговоренных технических требований;

Чем сложнее форма, выше точность и ниже требуемая шероховатость, тем большее количество ТО назначается для ее обработки. В массовом и крупносерийном типах производств прибегают к постепенному (плавному) приближению к окончательной точности за счет введения большого количества ТО. В связи с многократной обработкой отдельных поверхностей ТО принято различать по видам.

***Черновая обдирочная*** – 1-я из нескольких по обработке данной поверхности. Здесь обычно снимается большой слой материала (припуск);

***Черновая операция*** – любая из нескольких аналогичных, если за ней следует более точная;

***Чистовая операция*** – следующая за черновой. Ее целью может быть как завершение обработки данной поверхности, так и подготовка ее к последующей, более точной ТО;

**Окончательная** - последняя операция по обработке поверхности, обеспечивающая точность и шероховатость, требуемые чертежом;

**Отделочная** – разновидность окончательной операции, которая применяется в тех случаях, когда к поверхности предъявляются особо высокие требования. В МШ имеются специфические отделочные операции (суперфиниширование, хонингование и др.).

## **2. Определить требуемое взаимное чередование установленных ТО в ТП**

Одним из критериев, устанавливающих требуемую последовательность ТО в ТП, является **принцип поэтапности ТП** который гласит, **что ни одна из грубых ТО не должна выполняться после более точной**, а операции, равноценные по точности, шероховатости, интенсивности процессов резания, величинам усилий зажима заготовки и усилий резания объединяются в один этап и следуют друг за другом. Тогда ТП в целом состоит как бы из этапов. **Этап ТП** – группа однородных, т.е. примерно одинаковых по точности, величине припуска, режимам резания операций, выполняемых непосредственно друг за другом. Данный этап включает обработку различных поверхностей и при этом для отдельных их них это окончательные операции, а для др. лишь черновые. Данная поверхность получит окончательную форму и размеры тем позже, чем большее количество операций предусмотрено для ее обработки.

Применение данного принципа позволяет получить требуемые точность и шероховатость обработки при высокой производительности.

Его необходимость объясняется следующим:

- в заготовке, подаваемой на мехобработку, имеются внутренние напряжения, но при этом она находится в равновесии этих напряжений. По мере снятия поверхностных слоев равновесие нарушается и деталь деформируется. Кроме того, она деформируется и под действием усилий резания и закрепления. И, если какую-то поверхность детали обработать окончательно, а затем приступить к более грубой обработке др. поверхности, то точность ранее обработанной поверхности может нарушиться. Лишь при плавном, равномерном вторжении во внутреннее равновесие заготовки удастся не искажать точность ранее полученных поверхностей;

- на черновых операциях используется более мощное оборудование, возникают большие усилия резания, используются большие усилия закрепления. Но на этой стадии обработки это не опасно. При чистовых операциях усилия резания не велики, а значит и усилия закрепления тоже могут быть значительно снижены;

- при наличии термообработки разделение ТП на этапы неизбежно.

**В ряде случаев ТП может не разделяться на этапы:**

- при обработке крупных и тяжелых заготовок в виду трудности их переустановки и высокой жесткости;

- при небольшом кол-ве ТО в ТП, если заготовка имеет высокую жесткость;

- при надежном снятии внутренних напряжений и при обработке ряда цветных материалов.

## ЛЕКЦИЯ 7.

### Рассматриваемые вопросы:

1. Понятия рабочего места, производственной и операционной партий.
2. Типы машиностроительных производства и их организационные формы работы.
3. Методы определения типа производства:
4. - табличный метод;
5. - метод, основанный на использовании коэффициента закрепления операций (Кз.о.);
6. - метод, основанный на использовании коэффициента серийности (Кс.).

### **Типы машиностроительных производств и их организационные формы работы**

В машиностроении различают три типа производства: **массовое, серийное и единичное.**

**Рабочее место** – элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование, часть конвейера, а также на ограниченное время оснастка и предметы труда (ГОСТ 14.004-83).

**Производственная партия** – группа заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени.

**Операционная партия (n)** – производственная партия или ее часть, поступающая на рабочее место для выполнения ТО.

$$n = N \cdot t / \Phi_y,$$

**N** – Количество деталей одного наименования и размера в годовом объеме выпуска изделий, шт.; **t** – необходимый запас заготовок на складе ( $t=2-3$  дня для крупных деталей, 5 дней для средних деталей и  $t=10-30$  дней для мелких деталей и инструментов);  **$\Phi_y$**  - число рабочих дней в году.

После выполнения технического нормирования:

$$n = K \cdot (\sum T_{п.з.} / \sum T_{шт.}),$$

где  $\sum T_{п.з.}$  - суммарное подгот. заключит. время на данную партию по всем операциям ТП;  $\sum T_{шт.}$  - суммарное штучное время на единицу изделия (детали) по всем операциям ТП; **K** – коэффициент, значение которого зависит от отношения  $T_{п.з.}$  ко времени работы оборудования (длительности цикла), в течении которого на нем будет обрабатываться данная партия деталей. Рекомендация:  $K=10$  (мелкосерийное производство),  $K=20$  (среднесерийное пр-во) и  $K=30$  (крупносерийное производство).

Вместо  $\sum T_{п.з.}$  и  $\sum T_{шт.}$  используют величины  $T_{п.з}$  и  $T_{шт.}$  для той операции, на которой их отношение **max**. Полученное значение **n** корректируют таким образом, чтобы оно было кратным годовому объему выпуска и

равно или кратно производственной партии. Допускается увеличивать его на 10-15% или уменьшать на 5-10%. Целесообразно его приравнять к сменной выработке. В ряде случаев  $n$  равняется количеству деталей в многоместном приспособлении, ванне и т.д.

Следует помнить, что увеличение  $n$  с одной стороны положительно (т.к. снижаются Тп.з., Тшт., увеличивается производительность, уменьшается себестоимость детали), а с другой отрицательно (т.к. увеличивается незавершенное производство, площади, занятые цеховыми и межоперационными складами заготовок и деталей, а также оборотные средства, уменьшается их оборачиваемость).

**1. Массовое производство.** Первая и главная его особенность состоит в том, что каждый станок на участке выполняет только одну закрепленную за ним ТО и для др. ТО не используется. Вследствие этого на участке массового производства в течение длительного времени обрабатывается только одна определенная деталь. Продукцией массового производства являются установленные, часто стандартные изделия широкого применения.

Массовое производство является поточным - станки на участке располагаются по ходу ТП, а детали при обработке от одного рабочего места к др. перемещаются кратчайшим путем. При этом характерны две организационные формы работы:

**-прямоточная** – детали со станка на станок передаются поштучно, но время выполнения отдельных ТО не везде равно или кратно такту. Вследствие этого у некоторых рабочих мест образуются заделы деталей и их движение происходит с перерывами. Транспортировка деталей производится с помощью склизов, рольгангов, транспортеров.

**-непрерывно поточная** - время выполнения отдельных операций на всех рабочих местах равно или кратно такту. Благодаря этому создается синхронизация операций и достигается единый такт работы поточной линии. Передача заготовок со станка на станок производится с помощью рольгангов, склизов, скатов, наклонных желобов (т.е. без тягового действия), а также с применением транспортных средств тягового действия периодически (по тактно) или непрерывно, Решающим фактором непрерывности потока является такт.

**Однономенклатурная поточная линия** - обработка изделия одного наименования по закрепленному технологическому процессу в течение длительного периода времени. В зависимости от количества одновременно обрабатываемых объектов одного наименования такая линия может быть однопоточной или многопоточной. **Однопоточная линия** - обработка на каждой операции одного объекта одного наименования. **Многопоточная линия** - одновременная обработка на каждой операции двух и более объектов одного наименования; выполнение операций дублируется для каждого объекта. **Многономенклатурная поточная линия** - последовательная обработка групп изделий двух и более наименований по типовому технологическому процессу. В зависимости от характера движения изделия по операциям поточные линии делятся на **прерывные и непрерывные**. Если обработка или



сборка производится с непрерывной передачей изделий от одного рабочего места к другому, то такт выпуска изделий с поточной линии равен такту работы. Если обработка или сборка производятся с периодической (прерывистой) подачей изделия, то такт выпуска равен такту работы плюс время передвижения изделия от одного рабочего места к другому.

Поточные линии, на которых детали изготавливаются поочередно, партиями, называются **переменно-поточными**. Они характерны для серийного производства, для обработки конструктивно близких деталей с соответствующими переналадками. Если на поточной линии все процессы автоматизированы, то поточная линия называется **автоматической**. В условиях единичного производства, где отсутствует специализация рабочих мест, оборудование расставляется по групповому принципу. В этом случае технологический процесс изготовления детали осуществляется на различных участках цеха. Конкретный станок, на котором обрабатывается заготовка в пределах каждого участка, определяется в цехе в зависимости от загрузки оборудования.

Это наиболее эффективная организационная форма работы в машиностроении.

В массовом производстве широко применяются специальные и специализированные станки, станочные и контрольные приспособления, режущий и мерительный инструменты, средства автоматизации и механизации производства, широко используются средства активного контроля размеров деталей в процессе обработки. ТП разрабатываются подробно и тщательно. На таком же уровне производятся расчеты режимов резания, технических норм времени, припусков на обработку и т.д. Применяются точные заготовки, квалификация рабочих станочников низкая, а рабочих наладчиков - высокая.

*Высшей формой организации поточного производства являются **автоматические линии**, на которых синхронизировано выполнение всех технологических и вспомогательных переходов и операции (перемещение, кантование, установка, закрепление и открепление заготовок).*

Массовое производство имеет самые высокие технико-экономические показатели и высокую эффективность в виду того, что имеются предпосылки для больших первоначальных затрат на подготовку производства. При выпуске большого количества изделий эти затраты довольно быстро окупаются.

**2. Серийное производство.** Характеризуется тем, что за каждым станком участка закреплено больше одной ТО. Детали выпускаются партиями, а изделия сериями. Последние подбираются однотипными, а детали схожими по таким показателям как габариты, конфигурация, материалы.

В зависимости от количества изделий в серии, трудоемкости их обработки, частоты повторяемости данной детали в течение года серийное производство делят на:

**-крупносерийное производство** - по своей характеристике приближается к массовому производству. Здесь за участком закрепляется относительно небольшое количество ТО;

**-среднесерийное производство** - занимает промежуточное положение;

**-мелкосерийное производство** - приближается к индивидуальному производству. Здесь частота смены различных партий изделий велика.

Подбирая изделия для серийного производства, стараются найти средства увеличения их количества за счет стандартизации, унификации и нормализации. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа потребные в более или менее требуемом кол-ве (например, МРС, насосы высокого давления, компрессоры, оборудование пищевой промышленности и т.д.) Т.к. после окончания обработки одной партии и при переходе на другую основная часть оборудования переналаживается, то применяются в основном специализированные станки и станки общего назначения. При этом в крупносерийном производстве находят применение и станки-автоматы.

Применение современных станков с ЧПУ и ОЦ позволяет реализовать автоматизацию и механизацию серийного производства. Приспособления в основном специализированные, т.е. такие, которые позволяют путем переналадки подготовить их к выпуску другой схожей детали. Для серийного производства характерны две организационные формы работы.

**Предметная** (иногда возможна даже в массовом производстве) - станки на участке располагаются в соответствии с характерным ТП изготовления закрепленных за ним деталей. При этом обычно группы станков располагаются в соответствии с этапами ТП: (обдирочных работ, чистовых работ, отделочных работ и т.д.).

Детали хранятся у станков или между ними на спецплощадках и партиями передаются к следующей группе станков.

Отдельные операции не закрепляются за конкретными станками. Время обработки на отдельных станках не согласовано, в результате чего неизбежны заделы.

**Поточно-серийная (переменно-поточная)** - станки располагаются в соответствии с ТП. За отдельными станками закрепляют несколько ТО обработки конкретных деталей. Один или несколько дней такая линия работает как поточная и выпускает лишь одну деталь. Перед началом выпуска очередной детали участок перенастраивается (станки, приспособления и т.д.). Проектируя заранее ТП на каждую из деталей, стараются согласовывать (синхронизировать) их по времени выполнения отдельных ТО. Технико-организационной основой возможности применения переменно-поточной формы является групповая технология и групповые наладки. Если в массовом производстве основная масса рабочих – станочников имеет невысокую квалификацию, то в серийном она значительно выше.

**3. Единичное (индивидуальное) производство.** Изделия изготавливаются единичными экземплярами разнообразными по конструкциям и размерам. Причем повторяемость их в течение года очень редка или отсутствует совсем. Оно характерно для тяжелого МШ, выпускающего крупные уникальные изделия (турбины, прокатные станы и др.). По единичному типу производства работают ремонтные и экспериментальные цеха. Здесь в основном применяют универсальное оборудование, приспособления и инструменты.

Технологические процессы имеют укрупненный (неподробный) характер. Многие вопросы решаются на месте мастером и рабочими-станочниками, имеющими высокую квалификацию. В инд. производстве применяют одну организационную форму работы - *по видам оборудования* (может использоваться и в мелкосерийном производстве). В этом случае участки в цехе создаются по видам работ, т.е. имеется участок токарных работ, фрезерных, шлифовальных и т.д.

**Единичное** производство, как правило, дает самую высокую стоимость изделия.

Более подробная характеристика типов производства и методы уточненных расчетов приведены в дисциплинах относящихся к организации и планированию предприятий.

Среднее значение уровней трудоемкости и себестоимости при увеличении серийности выпуска на одном предприятии однотипных машин средних размеров можно представить в следующем виде.

Если уровни трудоемкости и себестоимости определенных изделий в мелкосерийном производстве принять за 100%, то в крупносерийном они составят соответственно 25 и 50%, а в массовом – 8 и 25%.

Структура затрат труда при разной серийности производства приведена в таблице 1.

Таблица 1

Структура затрат труда при разной серийности производства

Серийность	Доля живого труда, %	Доля овеществленного труда, %
Мелкосерийное	80	20
Серийное	60	40
Крупносерийное	40	60
Массовое	20	80

Приведенные данные являются средними, поэтому их нельзя принимать в качестве исходных при конкретном проектировании. Они иллюстрируют лишь общий характер тенденций в снижении трудоемкости и себестоимости изготовления изделий, а также в изменениях относительного уровня живого и овеществленного труда, при развитии специализации предприятий.

Тип производства может быть определен несколькими способами:

**1.** На начальных стадиях проектирования (когда для расчетных методов недостаточно исходных данных) укрупненно по таблице в зависимости от количества и веса изделий, количества машин в серии (табл. 2). Полученные результаты при этом в дальнейшем подлежат уточнению.

**2.** с помощью коэффициента закрепления операций **Кз.о.**

Он представляет собой отношение числа всех различных ТО (**О**), подлежащих выполнению в течение планового периода, равного одному месяцу, к числу рабочих мест (**Р**) т.е. станков на которых они выполняются.

Таблица 2. К определению типа производства

Тип производства	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год, шт.		
	тяжелых (св. 100 кг)	средних (1–100 кг)	мелких (до 10 кг)
Единичное	до 5	до 10	до 100

Мелкосерийное	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Среднесерийное	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Крупносерийное	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Массовое	св. 1000	св. 5000	св. 50000

### Кз.о.=О/Р.

Это основная характеристика типа прои7з-ва (ГОСТ 3.1121-84).

$$Kz.o. = [\sum(Cp_i \cdot m_{odi}) \cdot m_{di}] / \sum Cp_i,$$

где  $Cp_i$  – число раб. мест (станков) одного наименования;  $m_{di}$  - Количество наименований (типоразмеров) обрабатываемых деталей в месяц;  $m_{odi}$  - Количество операций, закрепленных за одним раб. местом (станком) при обработке деталей одного наименования (типоразмера). Ниже приводятся значения  $Kz.o.$ , соответствующие различным типам производств:

$Kz.o. \leq 1$  – массовое производство;

$1 < Kz.o. \leq 10$  – крупносерийное производство;

$10 < Kz.o. \leq 20$  – среднесерийное производство;

$20 < Kz.o. \leq 40$  – мелкосерийное производство;

**Пример.** На участке 22 станка различных типов. В течение месяца обрабатывается 12 типоразмеров деталей ( $m_{d1}=m_{d2}=\dots=m_{d12}$ ) при следующем количестве закрепленных за станками операций  $m_{od}$ :

$$C_{p.ток.} = 6; m_{od.ток.} = 2;$$

$$C_{p.св.} = 2; m_{od.св.} = 1;$$

$$C_{p.фр.} = 4; m_{od.фр.} = 2;$$

$$C_{p.зуб.} = 5; m_{od.зуб.} = 1;$$

$$C_{p.пр.} = 1; m_{od.пр.} = 1;$$

$$C_{p.шл.} = 4; m_{od.шл.} = 3.$$

Тогда:

$$Kz.o. = [(6 \times 2 + 2 \times 1 + 4 \times 2 + 5 \times 1 + 1 \times 1 + 4 \times 3)] / (6 + 2 + 4 + 5 + 1 + 4) = 12 \times 40 / 22 = 21,9.$$

Как видим это мелкосерийное производство.

**3.** В курсовом и дипломном проектировании при известной программе выпуска изделий  $N_g$ , когда имеется базовый (заводской) ТП, тип производства можно определять с помощью коэффициента серийности  $K_c$ :

$$K_c = \tau / T_{um.c.p.},$$

где  $T_{um.c.p.} = \sum T_{um.i} / n$  ( $n$ - общее число ТО в базовом ТП). Численные значения  $K_c$ , соответствующие различным типам производства, такие же, как и для  $Kz.o.$

**Пример.** На участке механической обработки изготавливается крышка редуктора. Годовая программа выпуска изделий  $N_g = 6000$  шт. Штучное время по операциям техпроцесса приведена в таблице 3.

Такт работы поточной линии будет равен:

Таблица 3. К расчету количества оборудования

№ опер.	Наименование операции	$T_{um}$ , мин	$n_p$	$n_\phi$	$K_3$
---------	-----------------------	----------------	-------	----------	-------

005	Продольно-фрезерная	15,7	0,4	1	0,40
010	Продольно-фрезерная	10,5	0,3	1	0,30
015	Радиально-сверлильная	34,9	0,89	1	0,89
020	Шлифовальная	40,8	1,25	2	0,60
025	Шлифовальная	76,5	1,96	2	0,98
Итого:		$\sum T_{шт.} = 178,40$	4,8	7	$K_{з.ср.} = 0,68$

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_D}{N_G} = \frac{60 \cdot 4015}{6000} = 40,15 \text{ мин.}$$

Рассчитываем коэффициент серийности:

$$K_c = \frac{T_{шт.ср.} \cdot N_G}{60 \cdot \Phi_D} = \frac{178,40 \cdot 6000}{60 \cdot 4015} = 4,44.$$

Следовательно, тип производства крупносерийный.

Следует иметь в виду, что на одном и том же предприятии могут существовать различные типы производств (и даже в одном и том же цехе). Например, в тяжелом МШ (единичное производство), мелкие детали, требующиеся в больших количествах, могут производиться серийно. Если хотят охарактеризовать в целом тип производства для цеха, завода, то это делают на основании подавляющего количества ТП.

**Выбор формы организации** осуществляется на начальном этапе проектирования, служит основой для подбора оборудования, определения его количества и загрузки и определяется, в основном, типом производства, т.е. зависит от объема выпуска и номенклатуры обрабатываемых деталей.

## ЛЕКЦИЯ 8.

Рассматриваемые вопросы:

1. Принцип дифференциации ТО.
2. Принцип концентрации ТО.
3. Примеры реализации принципа концентрации ТО применительно к обработке наружных цилиндрических поверхностей на много-резцовых и гидрокопировальных станках.
4. Рекомендации по выполнению раздела бакалаврского проекта.

### **Принципы дифференциации и концентрации ТО.**

Их широко используют при проектировании ТП и отдельных ТО.

**Принцип дифференциации ТО** состоит в том, что ТП расчленяется на элементарные (простые) ТО, время выполнения которых примерно равно или кратно такту. Пределом дифференциации является разделение ТП на такое количество ТО, когда каждая ТО состоит лишь из одного ТХП (рис. 6).

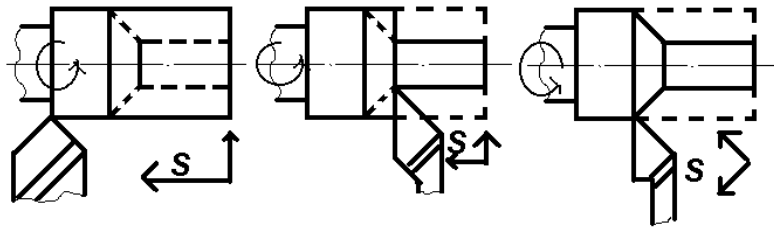


Рис. 6. Пример реализации принципа дифференциации ТО

**Принцип концентрации ТО** состоит в объединении большого количества обработки (переходов) в одну сложную ТО. При этом весь ТП состоит из минимального количества ТО. Пределом концентрации является сосредоточение всего объема обработки в одной ТО. Критерием оценки степени концентрации ТО является количество содержащихся в ней переходов - чем больше ТХП, тем выше уровень концентрации. Концентрация имеет две разновидности.

**Последовательная**, когда ТХП следуют друг за другом (рис. 7).

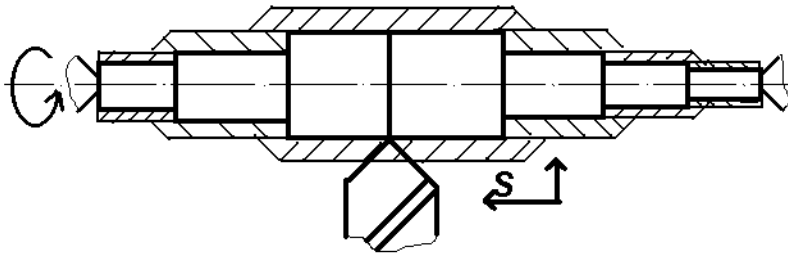


Рис. 7. Пример реализации принципа последовательной концентрации ТО

В данном случае ТО операция содержит 14 переходов при обработке 6-ти ступеней вала:

Установ А - восемь переходов (продольное точение 4-х шеек, подрезание 3-х уступов, обработка фаски).

Установ Б - шесть переходов (продольное точение 3-х шеек, подрезание 2-х торцов, обработка фаски). Т.е. это одна операция с двумя установками.

**Параллельная**, когда отдельные переходы выполняются в масштабе времени одновременно (рис. 8);

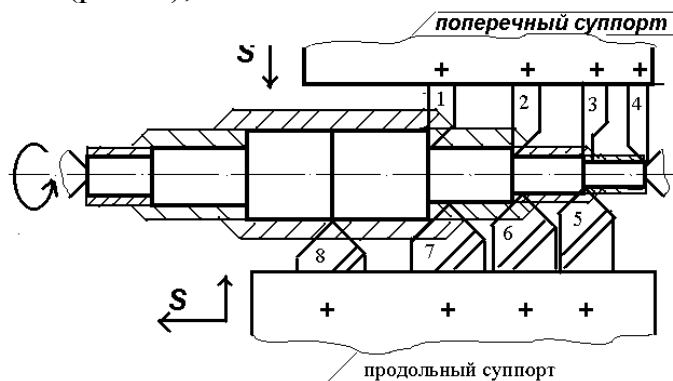


Рис. 8. Пример реализации принципа параллельной концентрации ТО

Резцы №№ 1, 2 и 3 - подрезные; № 4 - фасочный; №№ 5, 6, 7, и 8 - проходные.

***С увеличением степени дифференциации (расчленения) ТО:***

- снижаются требования к квалификации рабочего;
- упрощается наладка станков;
- создаются реальные предпосылки для применения наивыгоднейшего режима резания;
- создаются предпосылки для синхронизации ТО и создания непрерывно-поточной организационной формы работы;
- уменьшается такт выпуска изделий, а, следовательно, возрастает производительность работы участка.

***С увеличением уровня концентрации ТО:***

- уменьшается количество установов для всего ТП;
- уменьшается потребное количество приспособлений;
- сокращается длительность производственного цикла, меньше заделы и пролеживание деталей;
- упрощается планирование и учет производства (по операциям).

В данном случае при обработке правой части вала в работе участвуют восемь резцов (рис. 8), а при обработке левой - шесть резцов (на одну ступень меньше).

В одном и том же ТП отдельные ТО могут иметь различную степень концентрации и дифференциации ТО. Параллельная концентрация характерна для массового производства, но требует технических предпосылок, т.е. соответствующего оборудования. По принципу параллельной концентрации работают токарные многорезцовые п/а, многопозиционные станки. В то же время для массового производства характерно применение принципа дифференциации, что позволяет увеличить выпуск изделий и оптимизировать поточное производство.

В индивидуальном производстве в основном применяют принцип последовательной концентрации. Иногда принцип концентрации применяют в целевом порядке для выполнения определенных технических требований. Например, на 1-й операции без переустановки обрабатывают несколько поверхностей, которые должны быть точно расположены друг относительно друга.

Обтачивание валов и других деталей (тел вращения) обычно разделяется на две операции: черновое (предварительное) и чистовое (окончательное) обтачивание. При черновом обтачивании снимают большую часть припуска; обработка производится с большой глубиной резания и большой подачей. При обработке большого количества деталей (в серийном и массовом производстве) черновое обтачивание производится на самостоятельном станке, более мощном, чем станок для чистового обтачивания.

Черновое (предварительное) обтачивание вала, имеющего несколько ступеней и изготовленного из проката, можно выполнять по различным схемам обработки. На рис. 9 представлены три схемы обтачивания ступенчатого

вала (цифрами обозначены порядковые номера переходов, буквами - ступени вала).

При обтачивании по схеме а каждую ступень вала обтачивают, начиная с торца, и таким образом всю обработку вала производят за три прохода: за 1-й проход обтачивают ступени А, Б и В, за 2-й проход - ступени А и Б и за 3-й проход - ступень А.

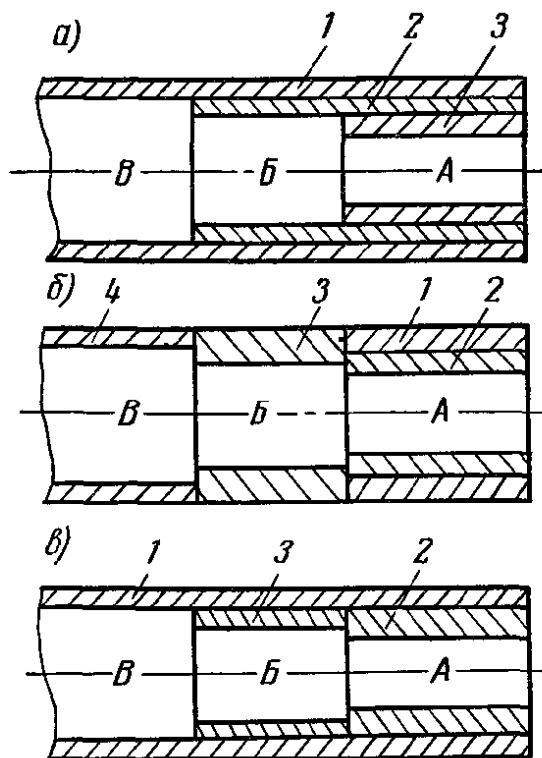


Рис. 9. Три схемы обтачивания ступенчатого вала

При обтачивании по схеме б каждую ступень вала обтачивают отдельно: ступень А вследствие большой глубины резания обтачивается за два прохода (1-й и 2-й); ступень Б - за один проход (3-й) и ступень В - за один проход (4-й).

Комбинированная схема обработки в предусматривает обтачивание ступени В за 1-й проход, начиная с торца, ступень А обтачивается за 2-й проход и ступень Б - за 3-й проход.

На выбор той или иной схемы влияют величина припусков на отдельных ступенях вала и соотношение размеров ступеней: диаметра и длины. Схема, обеспечивающая наименьшее время обработки, наиболее выгодна.

При чистовом обтачивании порядок обработки ступеней вала зависит также от заданных баз, допускаемой величины погрешностей в размерах отдельных ступеней и методов измерения длин. При обтачивании вала со значительной разницей в диаметрах первой (более толстой) стороны и концевой (более тонкой) следует стремиться как можно меньше ослаблять вал при обработке, т. е. начинать обтачивание со ступени наибольшего диаметра, ступень наименьшего диаметра часто бывает целесообразно обрабатывать последней.



## *Особенности обработки наружных цилиндрических поверхностей на многорезцовых станках*

Принцип концентрации операций при токарной обработке осуществляется при обтачивании одновременно нескольких поверхностей вращения несколькими инструментами - резцами - на многорезцовых станках. Такие станки-полуавтоматы широко применяются в серийном и массовом производстве. На таких станках имеется два суппорта - продольный (обычно передний) и поперечный (задний). Группа резцов, устанавливаемая в продольном суппорте, служит для обработки цилиндрических ступеней и фасок. Передний суппорт, имеет продольное (а также и поперечное) движение. При наличии копирных линеек может настраиваться на обработку несложных конических и фасонных поверхностей. Поперечный суппорт служит для обработки торцов, канавок, фасок, а также фасонных поверхностей коротких цилиндрических ступеней с помощью фасонных резцов.

Многоместные суппорты могут быть оснащены большим количеством резцов, достигающим до 20. Многорезцовые станки с большим расстоянием между центрами имеют два передних и два задних суппорта.

Движение суппортов автоматизировано; закончив обработку, суппорты возвращаются в исходное положение автоматически. Останавливается станок также автоматически, рабочий только устанавливает и снимает заготовки и пускает станок.

Среднеэкономическая точность IT12, а при чистовой обработке (для ранее обточенных валов) IT11.

Базирование деталей может производиться в патроне консольно, на цилиндрических гладких и разжимных оправках (для деталей класса «втулки» и деталей, имеющих внутренне цилиндрическое отверстие).

На многорезцовых станках в результате сокращения основного и вспомогательного времени достигается значительное снижение трудоемкости и станкоемкости обработки.

Отечественные заводы выпускают токарные многорезцовые полуавтоматы моделей 1721 и 1731, позволяющие обрабатывать детали соответственно диаметром 200 и 320 мм, длиной 828 и 870 мм, и ряд других моделей (при установке обрабатываемых деталей над станиной соответственно 490 и 585 мм).

На рис. 10 изображены схемы обтачивания вала на однорезцовом (рис. 10, а) и многорезцовом (рис. 10 б) токарных станках.

В первом случае длина пути суппорта с резцом равна, во втором - резцы двигаются одновременно, каждый на своем участке, и длина пути суппорта и каждого резца равна  $\frac{l}{3}$ , так как на суппорте установлено 3 резца.

$$\text{Основное время в первом случае } t_{o1} = \frac{l}{s \cdot n}; \text{ во втором случае } t_{o2} = \frac{l}{3s \cdot n}.$$

Здесь  $l$  - длина обрабатываемой поверхности в мм;  $n$  - число оборотов шпинделя в мин;  $s$  - подача в мм/об.

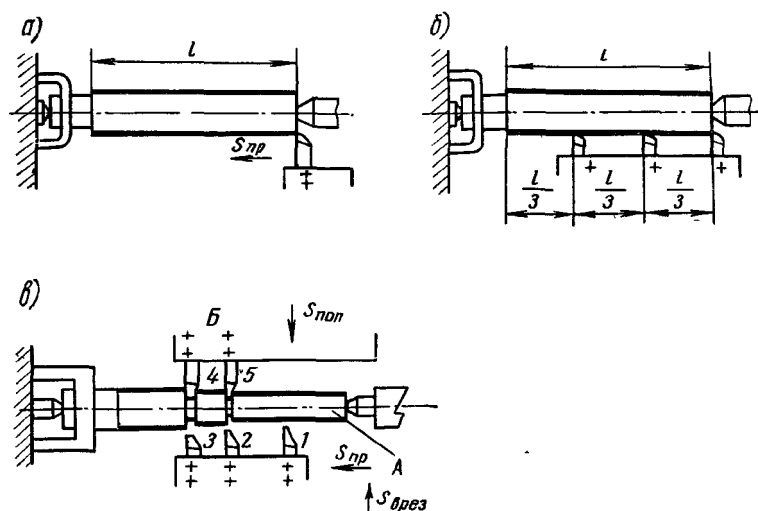


Рис. 10. Схемы обтачивания вала

Еще большая экономия времени получается при обработке на много-резцовых станках ступенчатых валов, так как одновременно с обтачиванием всех ступеней производится их подрезание или протачивание канавок с помощью заднего суппорта. Настройка резцов производится так, чтобы обработка всех участков вала заканчивалась одновременно. На рис. 10 в резцы 1 и 2 обрабатывают ступень вала А, резец 3 - ступень Б; резцы 4 и 5 протачивают канавки; все резцы заканчивают обработку одновременно. В этом случае основное время уменьшается по сравнению с работой на универсальном токарном станке благодаря сокращению длины пути резцов и их одновременной работе. Вспомогательное время сокращается вследствие того, что исключается необходимость смены резцов, поворотов резцедержателя и добавочных перемещений суппорта. Основное время подсчитывается по резцу, который обтачивает наиболее длинную поверхность.

Многорезцовое обтачивание можно выполнять тремя различными способами.

Первый способ - обтачивание с продольной подачей (рис. 11 а). В этом случае каждый резец установлен на определенный диаметр. По мере продольного движения суппорта резцы последовательно вступают в работу. Длины отдельных ступеней вала, которые надо получить при обтачивании, определяются взаимным расположением резцов. По схеме рис. 11 а, а резец 1 совершает путь, равный сумме длин участков:  $l_1 + l_2 + l_3 = L$ , резец 2 - путь, равный  $l_2 + l_3$  и резец 3 - путь, равный  $l_3$ .

Второй способ - обтачивание с врезанием и последующей продольной подачей (рис. 11, б). При этом способе резцы 1, 2 и 3, расположенные, как в предыдущем примере, начинают обработку заготовки одновременно в различных точках, а не с конца вала последовательно один за другим, как при первом способе. Вначале суппорт перемещается в поперечном направлении (от специального копира или линейки), резцы врезаются на требуемую глубину, и затем суппорт движется в продольном направлении. Каждая ступень

вала ( $l_1, l_2, l_3$ ) обрабатывается одним резцом, вследствие чего суппорт передвигается на длину наиболее длинной ступени  $l_1$ . Этот способ применим при условии, что весь припуск может быть снят каждым резцом за один проход.

Разновидность этого способа показана на рис. 11 в. Здесь для сокращения длины прохода суппорта длинная ступень  $l_1$  обрабатывается двумя и более резцами (в других подобных случаях применяют и более двух резцов). Если длина каждой ступени примерно кратна длине наиболее короткой ступени, то длина пути каждого резца равна длине этой наиболее короткой ступени.

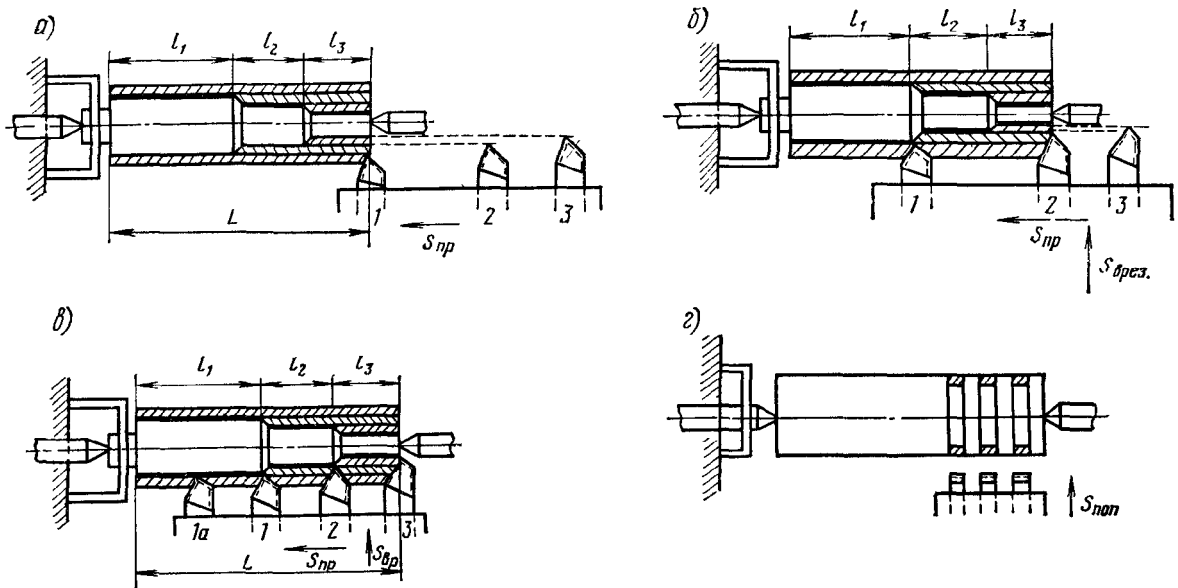


Рис. 11. Способы многолезцового обтачивания

По схеме рис. 11 в каждый резец совершает путь, равный длине  $l_2 = l_3 = \frac{l_1}{2}$ .

Третий способ - обтачивание поперечной подачей (рис. 11 г). При этом методе каждый резец обтачивает данную ступень путем поперечной подачи ( $S_{поп}$ ), причем ширина каждого резца соответствует ширине обрабатываемой ступени. Этот метод имеет ограниченное применение; он может быть использован при обработке коротких цилиндрических, конических и фасонных шеек валов.

Резцы устанавливают по специально обточенной заготовке или по специальному шаблону. Настройка станка занимает сравнительно немного времени.

$$T_n = 5 \text{ мин} \cdot n_{\text{резцов}} + 10 \text{ мин} .$$

Так как время обработки одной заготовки на многолезцовом станке значительно меньше, чем на обычном токарном, то партию в 5-10 заготовок уже выгодно обтачивать на многолезцовом станке.

Такие станки могут настраиваться и работать по одному из 3-х способов:

- а) метод деления припуска (рис. 12 а);
- б) метод деления длины (рис. 12 б);
- в) комбинированный метод.

В случае деления припуска (рис. 12 а) резцы последовательно вступают в работу, путь суппорта равен суммарной длине всех ступеней.

В случае деления длины (рис. 12 б) резцы продольного суппорта вступают в работу одновременно или почти одновременно. При этом на ступенях большой протяженности могут работать два или более резцов. Обычным для такого метода является цикл косого врезания ( $\Theta=30^\circ$ ). Однако при необходимости может быть и прямое врезание ( $\Theta=90^\circ$ ).

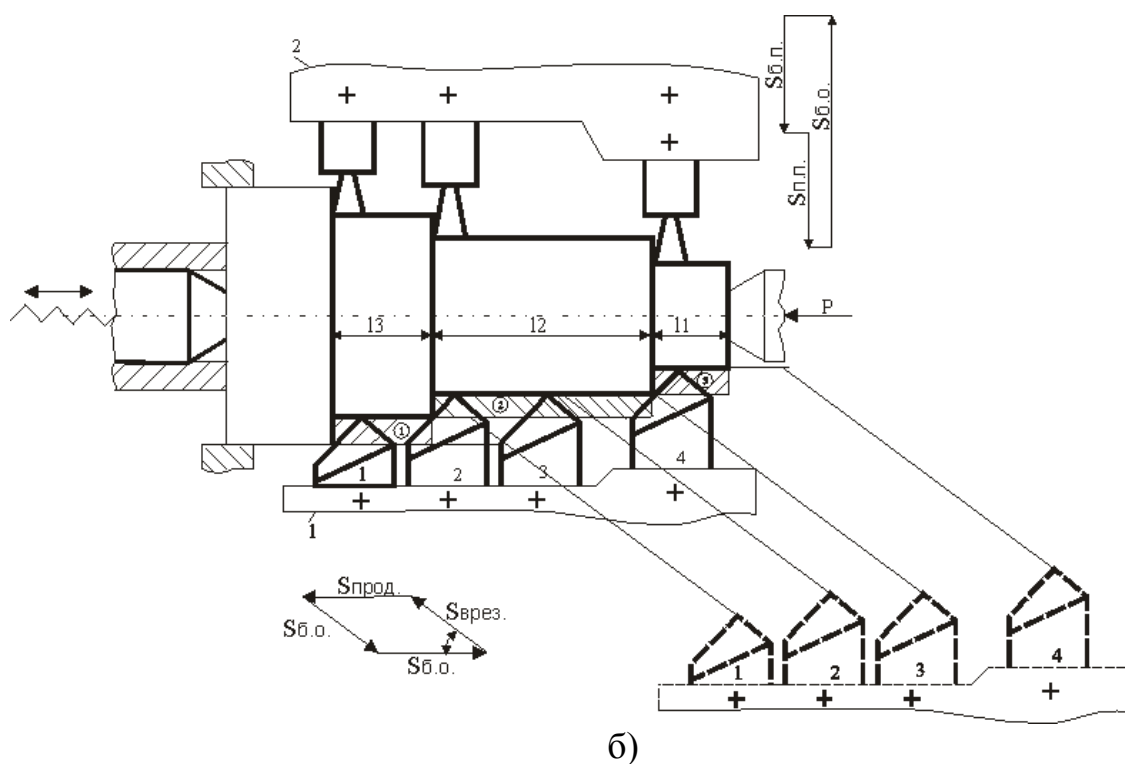
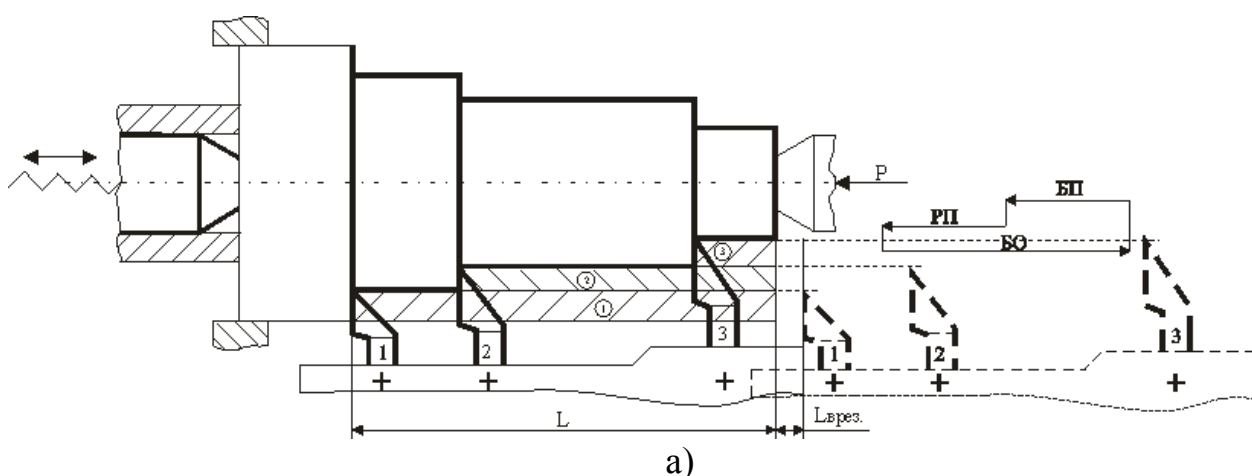


Рис. 12. Способы обработки ступеней вала

1. - продольный (передний) суппорт; 2 - поперечный (задний) суппорт

В случае использования комбинированного метода имеют место элементы первых двух, т.е. некоторые ступени обрабатываются за счет деления длины, а другие за счет деления припуска (где они велики).

Метод деления длины можно применять только тогда, когда припуск для каждого резца на ступенях вала будет незначительным, т.е. чаще всего в случае использования штампованных или литых заготовок, форма которых приближается к форме готовой детали. Расстановка резцов при настройке производится таким образом, чтобы обработка всех ступеней заканчивалась одновременно.

### **3. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХОБРАБОТКЕ** **ЛЕКЦИИ 9, 10**

Рассматриваемые вопросы:

1. *Понятия процесса базирования.*
2. *Конструктивная и технологические базы.*
3. *Особенности базирования деталей и решаемые задачи.*
4. *Условие полного исключения подвижности твердого тела.*
5. *Характерные детали, применительно к которым рассматриваются правила базирования.*
6. *Базирование призматических деталей.*
7. *Базирование цилиндрических деталей (валов).*
8. *Базирование цилиндрических деталей (дисков).*
9. *Выбор баз. Основные принципы базирования.*

Процесс базирования применительно к мехобработке и сборке понимается как процесс определения положения в пространстве одних изделий по отношению к другим.

Нельзя путать понятия базирование с закреплением.

Так базирование деталей при мехобработке сводится к приданию им определенного положения относительно станка или траектории движения режущего инструмента (до закрепления заготовки).

*Базирующей поверхностью называются поверхности деталей, используемые для ориентации обрабатываемой поверхности при изготовлении детали или для ориентации ее при сборке в изделии.*

Базы принято классифицировать в зависимости от их служебного назначения.

Конструктивные базы (КБ): совокупность поверхностей, линий или точек деталей по отношению к которым определяется на чертеже расположение др. изделий или же, расположение других поверхностей и геометрических элементов данной детали. В качестве КБ используются как материальные поверхности (плоскости, поверхности тел вращения), так и условные геометрические элементы (осевые линии, биссектрисы углов, оси симметрии и др.). Для технологов эти базы являются исходными известными величинами. Они определяются по чертежам изделий или по ТУ на них.

Технологические базы. Делятся на три вида: установочные (ТУБ), измерительные (ТИБ) и сборочные (ТСБ).

*ТУБ* - совокупность поверхностей, линий, точек деталей по отношению к которым ориентируются др. поверхности, обрабатываемые на данной операции, т.е. *ТУБ ориентируют обрабатываемую заготовку по отношению к траектории движения режущего инструмента.*

Они выбираются и назначаются технологом. От правильности их выбора зависит трудоемкость ТП, возможность получения заданной точности, а также сложность и себестоимость приспособлений.

*ТИБ* - совокупность поверхностей, линий, точек от которых производится отсчет выполняемых при данной обработке размеров или же получения размеров при сборке изделий, либо при контрольных операциях (проверка правильности взаимного расположения поверхностей или элементов изделия). Измерительные базы также назначаются технологом. *Они могут совпадать или не совпадать с конструктивными базами.*

*ТСБ* – совокупность поверхностей деталей или СБ единиц ,которые ориентируют их в собираемой или работающей машине по отношению к другим деталям или же по отношению к машине в целом. *Особенностью ТСБ является то, что это всегда реальные материальные поверхности.*

#### ***Особенности базирования деталей***

При установке заготовок в приспособлении решаются **две различные задачи:** ориентировка в пространстве, осуществляемая непосредственно базированием, и создание неподвижности заготовки, достигаемое приложением к ней усилия зажима.

Несмотря на различие этих задач, они решаются одинаковыми методами - посредством наложения определенных ограничений (связей) на возможные перемещения заготовки в пространстве.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы. Это достигается наложением связей. *Нарушение законов базирования приводит ко многим негативным последствиям (травматизму, появлению брака из-за нестабильности размеров и разрушения детали, усложнение и удорожание станочных приспособлений и др.).*

Правила базирования рассматриваются применительно к характерным деталям:

1. базирование призматических деталей;
2. базирование цилиндрических деталей (валов);
3. базирование цилиндрических деталей (дисков);
4. базирование длинных конических деталей;
5. базирование коротких конических деталей;
6. базирование по сфере.

#### ***1. Базирование призматических деталей***

Для определения его положения (рис. 13) вводят три координатные связи (плоскость YOX) -№1, 2, 3, которые лишают тело 3-х степеней свободы

(перемещение по оси OZ , вращение вокруг осей Y,X.); две координатные связи в плоскости YOZ, которые лишают заготовку 2-х степеней свободы (перемещение по оси X и вращение вокруг оси Z.; одну координатную связь в плоскости XOZ , которая лишает заготовку 1-ой степени свободы ( перемещение вдоль оси Z ). Таким образом, формула базирования имеет вид:

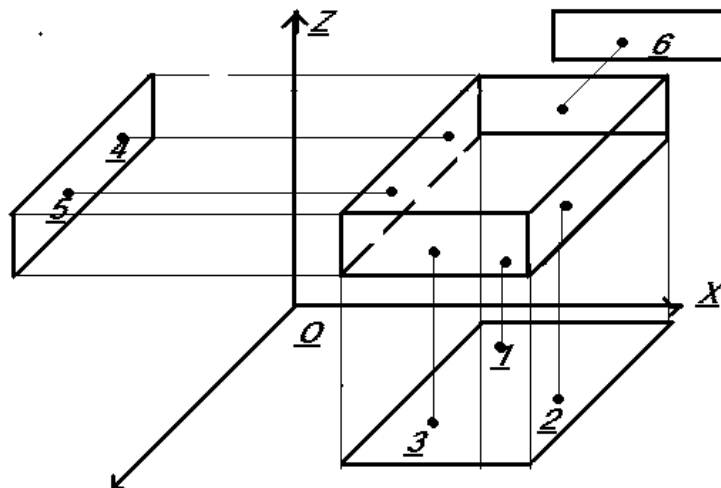


Рис.13. К базированию призматических деталей

$$3 + 2 + 1 = 6.$$

Здесь 3 - главная ТУБ; 2- направляющая ТУБ; 1- упорная ТУБ.

Материальная реализация данной теоретической схемы базирования в металле на приспособлении заключается в том, что взамен координатных связей на них устанавливаются опорные элементы (например, шаровая опора, реализующая точечный контакт, представленная на рис. 14).

На практике базирование по гл. ТУБ может осуществляться (рис. 15) не по 3-м точкам, а по плоскости (при хорошей плоскостности после качественной обработки поверхности), а по направляющей ТУБ – по линии. Для обеспечения неотрывности заготовки применяется силовое замыкание.



Рис. 14. Реализация точечного контакта Рис. 15. Базирование по плоскости

## 2. Базирование длинных цилиндрических деталей (валов)

Установка заготовки по длинной цилиндрической поверхности ( $L/d \geq 1$ ) лишает ее 4-х степеней свободы, упор в торец- одной степени свободы,

конструктивный элемент (например паз, отверстие под штифт и т.д.) одной степени свободы (рис.4). Формула базирования имеет при этом вид:

$$4 + 1 + 1 = 6.$$

Здесь 4 – двойная направляющая (центрирующая) база; 1 и 1 – упорная база и конструктивный элемент соответственно.

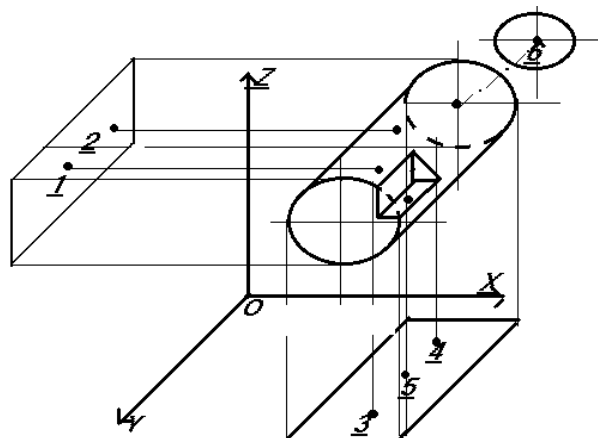


Рис. 16. К базированию длинных цилиндрических деталей

Очень часто такие детали при обработке устанавливают в призмах (рис. 17 а). Если вал имеет грубо обработанную поверхность, то лучше использовать призму со сферическими наконечниками (рис. 17 б). *Типы фиксаторов (штифтов и т.д.) приводятся в литературе. Для неотрывности баз применяется силовое замыкание.*

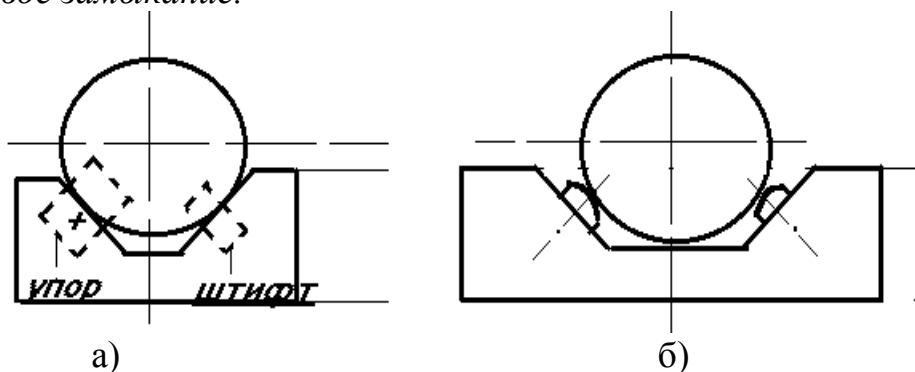


Рис. 17. Базирование валов в призмах

Для внутренних (рис. 18 а) и наружных (рис. 18 б) тел вращения широко применяют цилиндрические оправки и втулки.

*Если цилиндрическая поверхность качественно обработана, то допускается базирование по всему охватываемому или охватывающему контуру (оправка, втулка, рис. 18).*

### 3. Базирование коротких цилиндрических деталей (дисков)

Диск это деталь типа тела вращения, у которого отношение  $L/d < 1$ .

*Особенность – в качестве главной ТУБ принимается (как правило) торец заготовки, как имеющий максимальный диаметр (рис. 19). При этом на заготовку накладывается три связи (плоскость ZOХ). Короткая цилиндриче-*



ская поверхность (плоскости ZOY, YOX) – две связи и одна связь – конструктивный элемент.

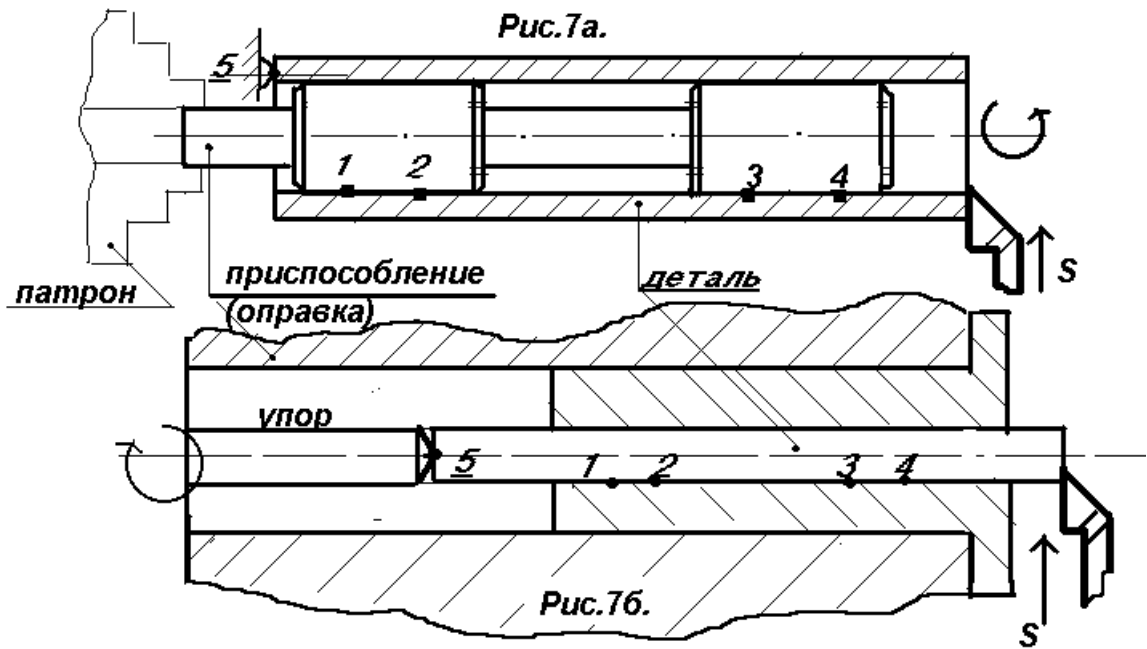


Рис. 18. Пример использования для базирования цилиндрических оправок и втулок

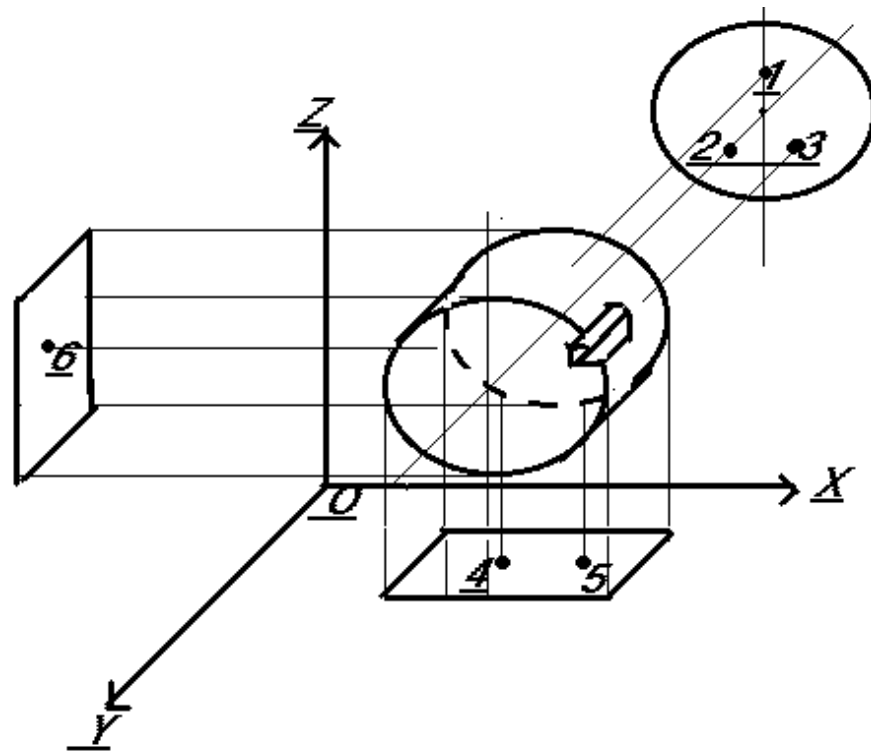


Рис. 19. К базированию дисков

Формула базирования имеет вид:

$$3 + 2 + 1 = 6.$$

Здесь 3-главная (установочная) ТУБ; 2-центрирующая (двойная упорная) ТУБ; 3-упорная ТУБ (конструктивный элемент).

Детали типа дисков часто базируются в коротких призмах и трехкулачковых самоцентрирующихся патронах (рис. 20).

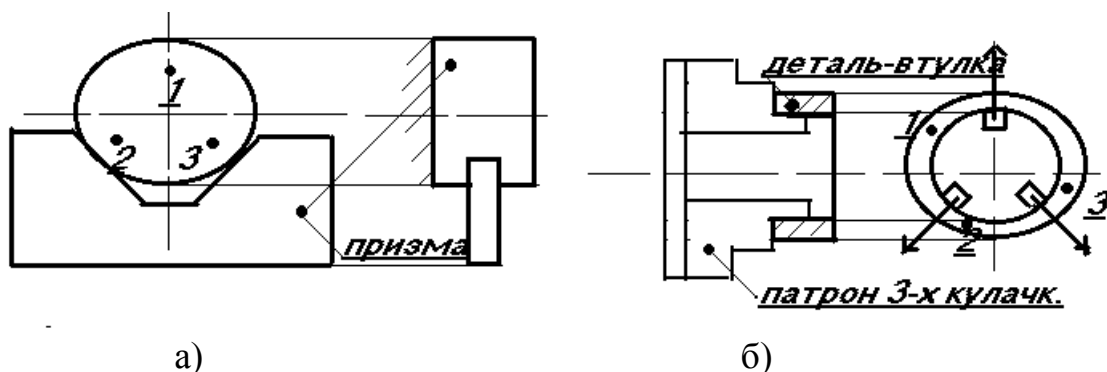


Рис. 20. Базирование дисков в короткой призме и трехкулачковом самоцентрирующемся патроне

#### 4. Базирование длинных конических деталей

Длинным называется конус, у которого  $L / d \geq 1$ .

Согласно рис. 21 погрешность базирования  $\varepsilon_b = \Delta L$ . При  $\alpha_1 > \alpha_2$   $\Delta L_2 < \Delta L_1$ .

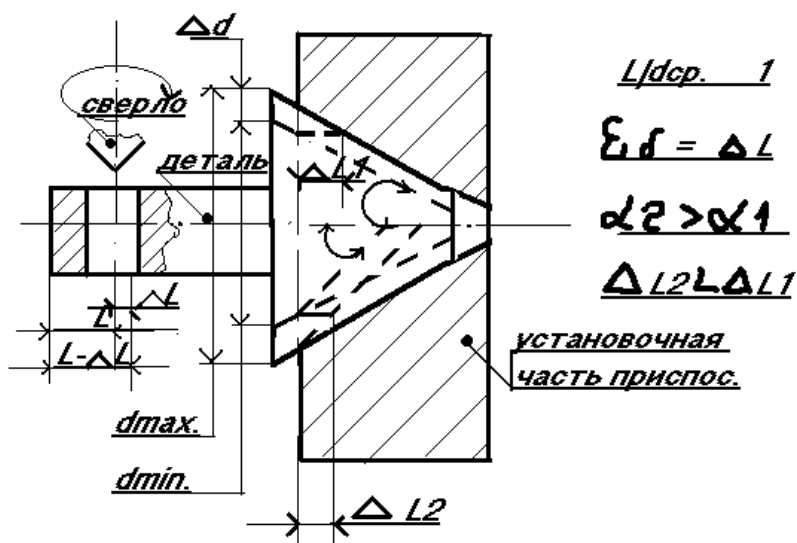


Рис. 21. Базирование длинных конических деталей

Определение угла поворота производится так же, как и для др. тел вращения. Координаты 1 и 2 определяют положение конуса относительно плоскости YOX, 3,4 – относительно плоскости ZOY и 5 – относительно плоскости ZOХ. При материальной реализации данной схемы применяют два варианта исполнения конструкции приспособлений в соответствии с двумя формулами базирования.

Схема 1.  $4 + 1 + 1 = 6$ .

В этом случае коническая поверхность является двойной направляющей базой и имеется автономная упорная база, в качестве которой применяется

торец тела или уступ. При этом деталь базируется, как правило, в косой (конической) призме (рис. 22 а).

Схема 2.  $5 + 1 = 6$ .

Здесь коническая поверхность с учетом свойства сходимости конусов принимается в качестве двойной направляющей базы и упорной одновременно (рис. 22 б.).

В этом случае установочный элемент приспособления, который контактирует с конической поверхностью, выполняется жестким (в осевом направлении) и сама коническая поверхность детали выполняет функцию осевого базирования. Этот способ конструктивно более простой и дешевый, однако точность осевого размера определяется величиной рассеивания размеров конической детали по диаметру и углу. С уменьшением  $\alpha$  и увеличением  $d$  погрешность растет. Примеры базирования конической детали в косой призме и с помощью инструментального конуса приведены на рис. 22.

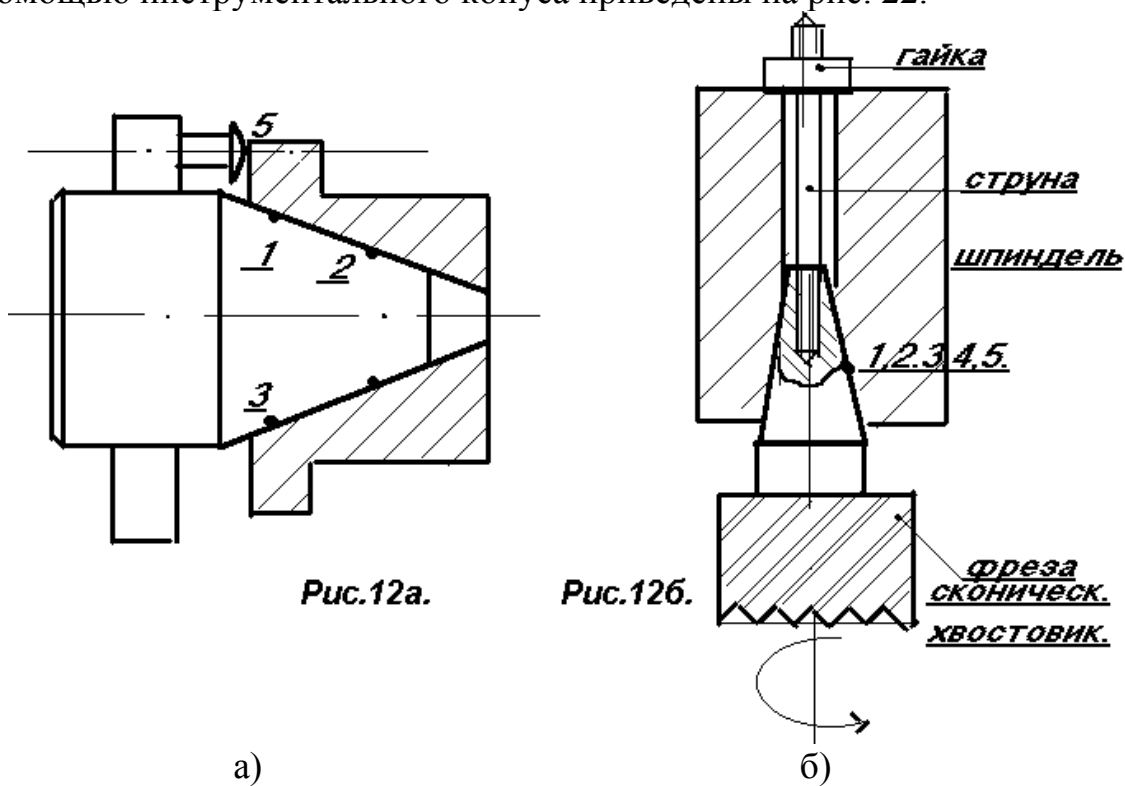


Рис. 22. Базирование в косой призме и с использованием свойства сходимости конусов.

### 1. Базирование коротких конических деталей

Коротким называется конус у которого  $L / d \sin \alpha < 1$ .

При базировании таких заготовок может применяться как комплексная схема с использованием в качестве ТУБ торца, и короткой конической поверхности, конструктивного элемента, так и базирование *поэлементное* с использованием лишь конических поверхностей.

При комплексной схеме конические шайбы устанавливают в узкой призме и на три точки по торцу, который является в данном случае главной ТУБ.

Для определения положения в круговом направлении может использоваться конструктивный элемент (фиксатор). При этом реализуется формула базирования (рис. 23)

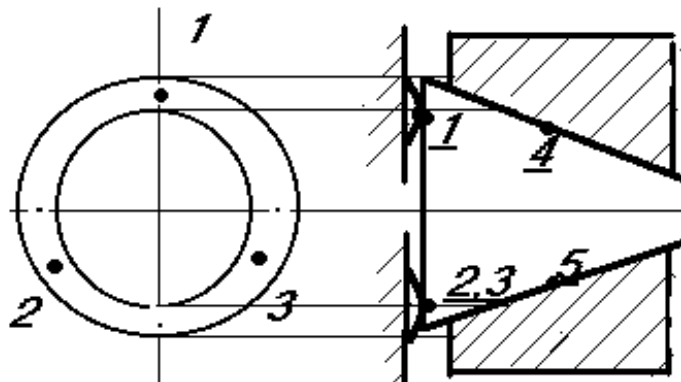


Рис. 23. К базированию коротких конических деталей

Формула базирования при этом имеет вид:

$$\boxed{3 + 2 + 1 = 6}$$

**Примечание:** короткий конус не может выполнять функцию базирования, а только функцию центрирования, а в некоторых случаях дополнительно и функцию упорной базы (например, левый жесткий центр токарного или круглошлифовального станка). При этом правый центр выполняет только центрирующую функцию.

Характерным видом базирования по коротким коническим поверхностям является базирование в стандартных центровых отверстиях (круглошлифовальные, токарные и др. станки, рис. 24). Формула базирования имеет при этом вид:

$$3 + 2 + 1 = 6.$$

Недостатком такого вида базирования является то, что при левом жестком центре невозможно получать точные линейные (осевые) размеры в виду невысокой точности базирующих центровых отверстий.

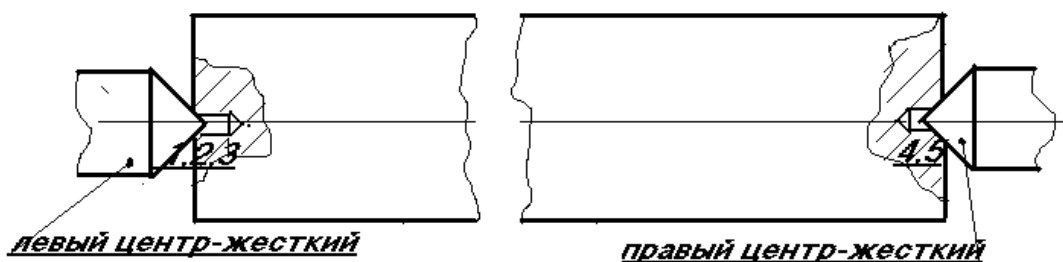


Рис. 24. Базирование вала в центрах

В случае, когда коническая поверхность лишается 2-х степеней свободы, а осевое базирование осуществляется за счет самостоятельного упора, точность осевых размеров не зависит от погрешности изготовления центровых отверстий (случай, когда левый центр плавающий, т.е. нежесткий, например, подпружиненный).

Согласно ГОСТ 14034-74 существуют несколько типов центровых отверстий. Основными и наиболее распространенными из них являются: **Тип А** (с одним углом  $\alpha = 60^\circ$ , рис. 25 а.), который применяется в изделиях после обработки которых нет необходимости в центровых отверстиях или в изделиях после термообработки до высокой твердости, что гарантирует их сохранность. **Тип В** (с двойным углом  $\alpha_1 = 60^\circ$  и  $\alpha_2 = 120^\circ$ , рис. 25 б) – применяется в случае если центровые отверстия в дальнейшем на детали используются как база, либо сохраняются в готовых изделиях.

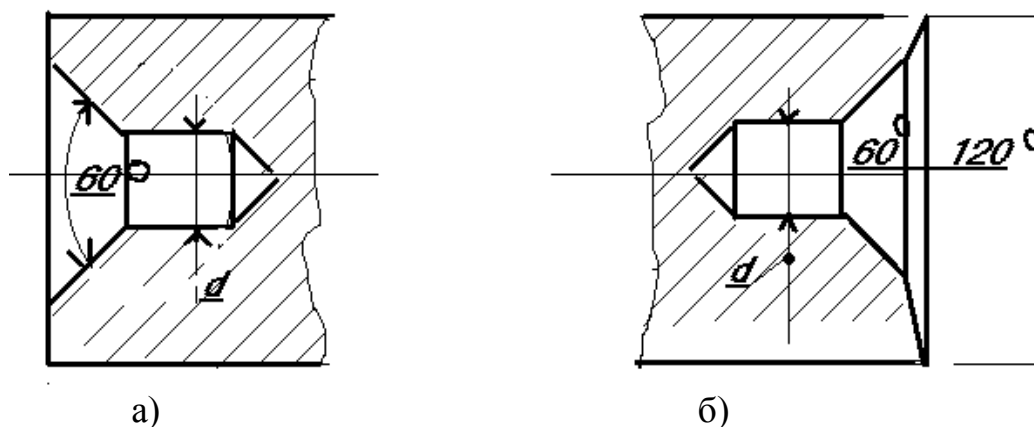


Рис. 25 Основные виды центровых отверстий.

### 6. Особенности базирования деталей по сфере.

При базировании по сфере зачастую применяются специальные призмы базовые поверхности, которых представляют собой конические отверстия. При этом в зависимости от требований (количества обеспечиваемых размеров) одна призма может быть жесткой, а другая подвижной или обе подвижные (самоцентрирующие) как показано на рисунке 26.

Здесь при обработке отверстия  $d$  в шаре требуется выдержать размер  $a$  и обеспечить прохождение оси отверстия через точку  $O$ , являющуюся центром шара.

В данном случае необходимо наложить на заготовку три связи, т.е. определить ее положение в направлении координатных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Что касается оставшихся трех степеней свободы – вращения вокруг координатных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , то в процессе базирования они остаются и лишаются после приложения усилия зажима.

Эскиз детали

Схема базирования

Практическая реализация

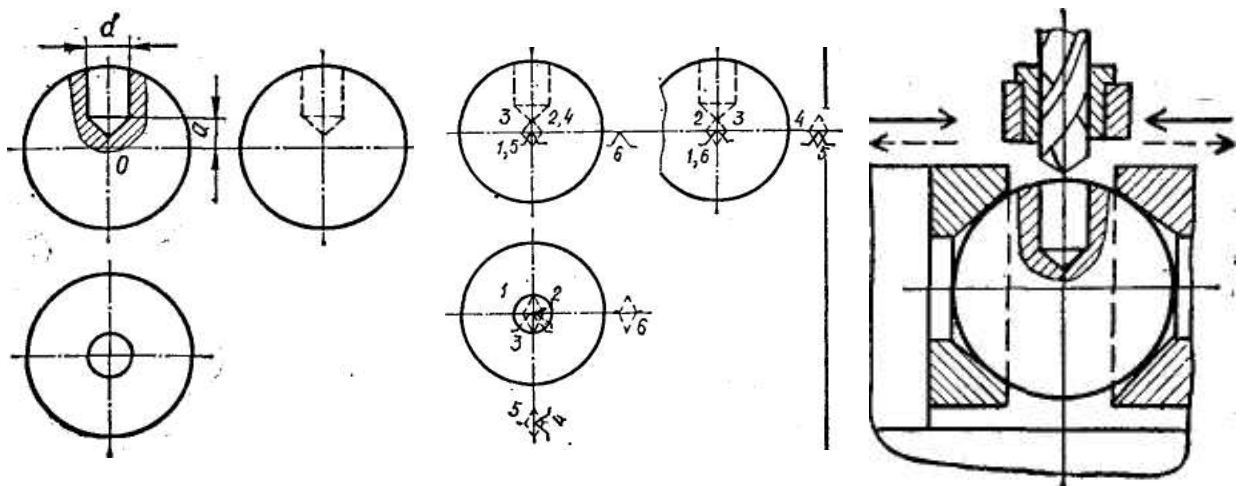


Рис. 26. Особенности базирования по сфере

### ЛЕКЦИЯ 11.

Рассматриваемые вопросы:

1. Комбинированные схемы базирования.
2. Количество баз, необходимых для базирования.
3. Обозначение баз в технологической документации.
4. Скрытые (условные) базы и их обозначение.
5. Виды технологических установочных баз.
6. Установка заготовок в приспособлениях.

#### **Комбинированные схемы базирования**

Наряду с классическими (комплексными) схемами базирования перечисленных ранее деталей применяются и комбинированные схемы, где при базировании конкретной детали используются отдельные элементы различных схем.

В этом случае необходимо осуществлять контроль соблюдения условия лишения заготовки 6-ти степеней свободы (рис. 27).

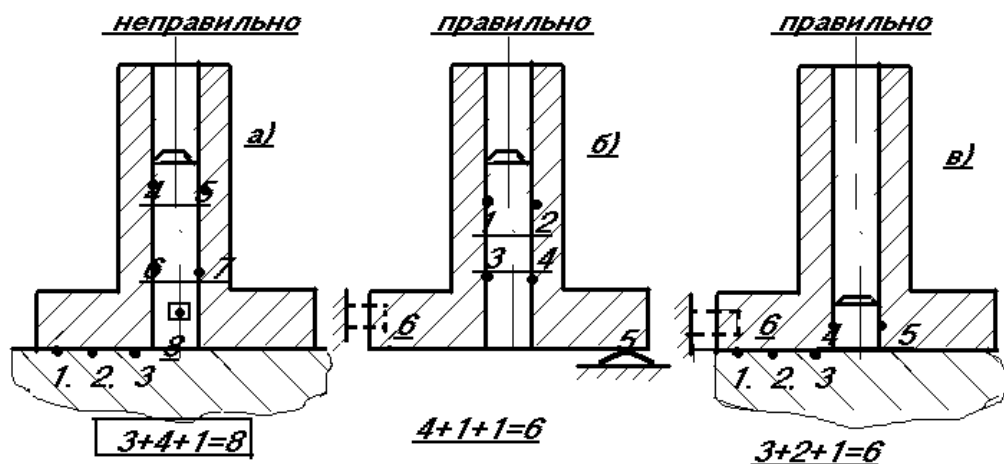


Рис. 27. Примеры комбинированных схем базирования

**Количество баз, необходимых для базирования и их обозначение в технологической документации.**

Необходимо иметь в виду, что полная ориентация детали в пространстве необходима только в неподвижных соединениях сборочной единицы, а подвижные должны иметь определенное количество степеней свободы. Например, шпиндель станка (одна степень свободы), шарик в ПШК (четыре степени свободы – вращение вокруг трех осей и перемещение по касательной к беговой дорожке). При проектировании технологической операции на операционном эскизе изображается так называемая «теоретическая схема базирования детали», которая представляет собой схему расположения на технологических базах заготовки идеальных опорных и условных точек, символизирующих позиционные связи заготовки с принятой системой координат (опорные поверхности приспособлений, координатные плоскости станка). При этом на контурных линиях поверхностей заготовки, принятых в качестве ТУБ, проставляются условные обозначения идеальных точек контакта заготовки и приспособления, которые лишают ее требуемого числа степеней свободы

Обозначения (условные) даны в ГОСТ 21495-76 и их размеры приведены на рис. 28.

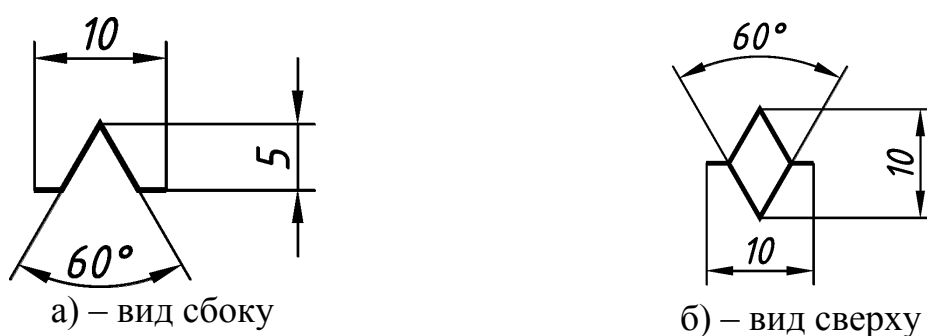


Рис. 28. Условные обозначения опор (ГОСТ 21495-76) и их размеры

На скрытых базах (осевые линии, плоскости симметрии и т.д.) наносятся аналогичные обозначения условных точек, символизирующих позиционные связи заготовок с принятой системой координат. В случае необходимости, когда направление и место зажимного усилия принципиально важно (тонкостенные втулки и т.д.), они указываются на теоретической схеме базирования.

**При обработке деталей зачастую достаточно 3-х, 4-х, 5-ти связей с сохранением 3-х, 2-х и одной степеней свободы. В этом случае применяют упрощенную схему базирования.**

**Пример №1:** Например, при обработке плоскости, когда выдерживается один координатный размер «а», достаточно 3-х степеней свободы (рис. 29 а – установочная база «А»).

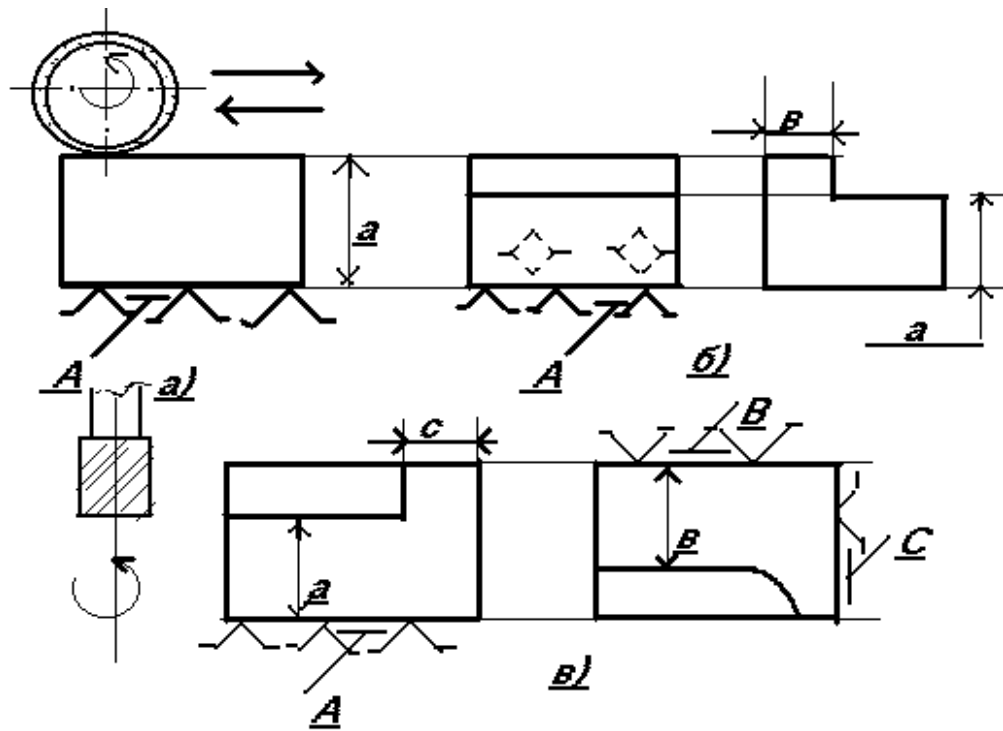


Рис. 29. Особенности базирования деталей

Если же выдерживаются два размера «а» и «в» (рис. 29 б), то дополнительно необходима направляющая база «В».

При выдерживании 3-х размеров «а», «б» и «с» (рис. 29 в) - надо использовать весь комплект из 3-х баз (А, В, С).

Пример №2: При обработке цилиндрических поверхностей во многих случаях нет необходимости в 3-х базах (рис. 30).

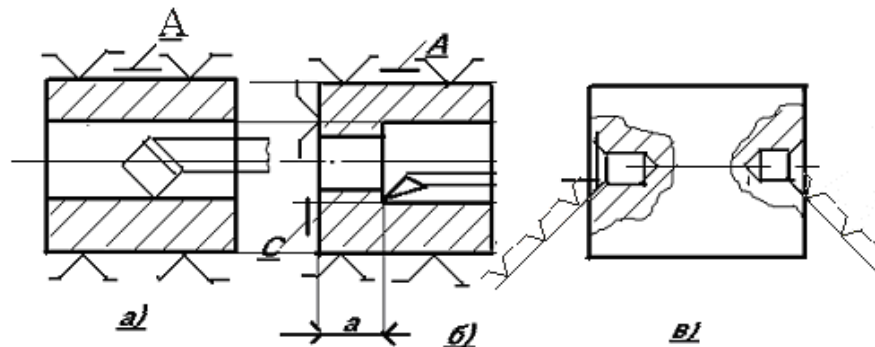


Рис. 30. Упрощенные схемы базирования цилиндрических поверхностей

Следует иметь в виду, что при обработке в центрах хомутик (поводок) лишь передает вращение на деталь, но не является шестой опорной точкой.

**Скрытые (условные) базы.**

В большинстве случаев сборки и мехобработки определенность положения детали в собираемом узле или обрабатываемой заготовке в приспособлении, т.е. их базирование, осуществляется непосредственно контактом их базовых опорных поверхностей с соответствующими поверхностями других деталей узла или приспособления.



Однако во многих случаях проектирования бывает удобно определять на чертежах взаимное расположение отдельных деталей в узлах и поверхностей заготовок в приспособлениях не по их поверхностям, а по некоторым воображаемым плоскостям, линиям и точкам, которые называются **условными или скрытыми базами** (ГОСТ 21496-76). Это взаимное расположение зубчатых колес, или отверстий (между осями); между призматическими направляющими МРС (расстояние между биссектрисами углов призм) и др.

Это позволяет исключить из расчетов неизбежные погрешности реальных поверхностей (иначе они могут снизить точность базирования и обработки). Зачастую к скрытым базам прибегают в случаях обработки ответственных (точных) деталей. Теоретическая схема базирования служит определенной инструкцией – заданием для конструктора приспособлений по созданию их целесообразных конструкций (рис. 31, 32).

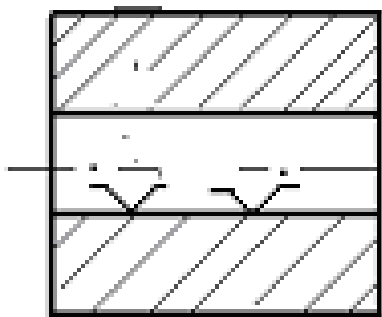


Рис. 31. ТУБ - материальная поверхность отверстия ( $\epsilon_b = S_{\max}$ )

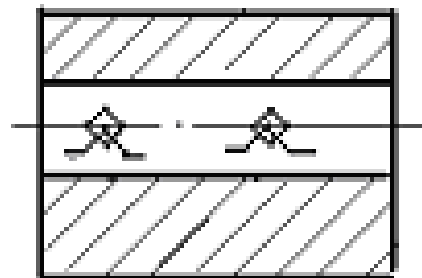


Рис. 32. Скрытая (условная) ТУБ (ось отверстия) ( $\epsilon_b = 0$ )

***Здесь в первом случае ТУБ – материальная поверхность отверстия, а во втором скрытая база – ось отверстия.***

И если в первом случае неизбежны зазоры ( $\epsilon_b = S_{\max}$ ), то во втором это должно быть исключено за счет создания беззазорной посадки (разжимная или конусная оправки, цилиндрическая оправка с прессовой посадкой и др.). Как видно, в этом случае (как и в большинстве случаев) базирование в конечном счете осуществляется по материальным поверхностям (например поверхность отверстия), которые обеспечивают правильное расположение на станках самих скрытых баз. Однако указание этих баз на теоретической схеме базирования способствует созданию необходимых конструкций приспособлений.

При регулировке и сборке узлов и мехобработке с выверкой положения заготовки на станке базирование может осуществляться и по самим условным базам, которые материализуются с помощью специальных устройств (см. ниже «настроечные базы»).

### ***Установка заготовок в приспособлениях***

Процесс установки состоит из базирования и закрепления. Для точной обработки необходимо правильно расположить заготовку относительно траектории движения режущего инструмента, обеспечить постоянство контакта баз с опорными точками и полную неподвижность заготовки относительно приспособления.

Первая задача решается технологом при создании теоретической схемы базирования. При проектировании приспособления конструктор по оснастке обязан предусмотреть создание и расположение опор для базирования в точном соответствии с теоретической схемой, заданной технологом.

При оформлении рабочей технологической документации (операционные карты) с целью упрощения и сокращения работы технолога рекомендуется вместо теоретических схем базирования наносить на операционные эскизы условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств согласно ГОСТ 5.1107-81, которые материализуют в реальных приспособлениях идеальные опорные точки. При этом в необходимых условиях на операционных эскизах для обозначения базовых поверхностей допускается использовать знак « $\nabla$ ».

Для упрощения эскиза отдельное изображение несколько одноименных опор, расположенных на одной базирующей поверхности (вид сбоку), может быть заменено одним символом с указанием справа от него количества одноименных опор  $\nabla 2$ ,  $\nabla 3$ ,  $\nabla 4$ ,  $\nabla 5$  или  $\nabla 2$ ;  $\nabla 3$ ;  $\nabla 4$ ;  $\nabla 5$ . Обозначения сверху наносятся отдельно в соответствии с принятым их размещением.

**Вторая задача** (обеспечение контакта и полной неподвижности) решается созданием необходимых зажимных устройств. В отличие от базирования заготовки, когда на нее накладывается различное число связей, при закреплении она должна быть лишена всех шести степеней свободы. Это осуществляется за счет использования фрикционных связей различных источников силы (механической, гидравлической, пневматической, магнитных, вакуумных и т.д.).

## ЛЕКЦИИ 12, 13

### Рассматриваемые вопросы:

1. Основные ТУБ;
2. Контактные ТУБ;
3. Настрочные ТУБ;
4. Проверочные ТУБ;
5. Искусственные (вспомогательные) ТУБ;
6. Первичные (черновые) ТУБ.

ТУБ могут представлять собой плоские, прямолинейные, конические и др. поверхности, причем как обработанные, так и черные. В качестве ТУБ используются разметочные линии и точки, нанесенные на материальные поверхности заготовки для выверки положения последних относительно устройств станка, определяющих траекторию движения режущего инструмента. Учитывая особенности применения ТУБ, используемых при мехобработке, их в целом можно разделить на:

- основные ТУБ;
- контактные ТУБ;
- настрочные ТУБ;

- проверочные ТУБ;
- искусственные (вспомогательные) ТУБ;
- первичные ТУБ.

**ТУБ называется основной** в том случае, если она имеет существенное значение для работы данной детали или данной СБЕ в машине. Обычно это наблюдается в тех случаях, когда ТУБ в тоже время является и сборочной или важной (главной) конструктивной базой.

**Контактные базы.** Контактными называются базы, непосредственно соприкасающиеся с соответствующими установочными поверхностями приспособлений или станка.

При обработке заготовки по методу автоматического получения размеров требуемая точность сравнительно легко можно получить посредством настройки станка относительно контактных ТУБ заготовки или соприкасающихся с ними опорных поверхностей приспособлений. Смена заготовок при этом не влияет на получаемые размеры. Эти базы широко применяются в крупносерийном производстве. Контактные базы часто используются при сборке (сборка валов с ПШК, соединение салазок суппортов с направляющими станины и др.).

**Настроечные базы.** Для осуществления настройки станка относительно определенных поверхностей заготовки необходимо, чтобы эти поверхности занимали на станке при смене заготовки неизменное положение относительно упоров станка, определяющих конечное положение режущего инструмента. К таким поверхностям относятся опорные поверхности заготовки (опорные технологические базы). Такими же поверхностями являются поверхности, образуемые на заготовке при данном установе и связанные с другими обрабатываемыми поверхностями непосредственными размерами (рис. 33.).

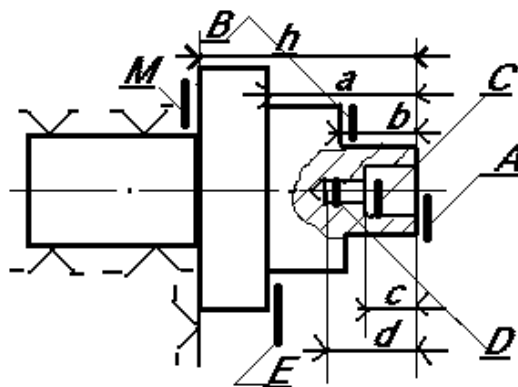


Рис. 33. Пример использования настроечной базы

Так, например, при обработке на револьверном станке заготовка опирается поверхностью М на соответствующий упор зажимного устройства станка. Эта поверхность, являясь опорной ТУБ для обработки торца А (размер  $h$ ), не является таковой для др. поверхностей Е, В, С, Д (размеры  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ). Положение этих поверхностей определяется поверхностью А (при настройке

станка). Эта поверхность обрабатывается при том же установе, что и В, С, Д, Е и является для них *настроечной технологической базой* (НТБ).

**Н.Т.Б.** – поверхность заготовки, по отношению к которым ориентируются обрабатываемые поверхности, связанная с ними непосредственными размерами и образуемая при одном установе с рассматриваемыми поверхностями заготовки. НТБ связана непосредственными размерами с опорной ТУБ. Заготовка может иметь несколько настроечных баз одного направления размеров, что затрудняет настройку станка. Однако это создает возможность непосредственной простановки размеров между поверхностями, взаиморасположение которых важно для изделия. Т.е. расширяются возможности простановки размеров на чертежах т.к. их можно устанавливать не только от опорных, но и от измерительных баз, которые можно использовать в качестве **НТБ**.

Кроме того, использование НТБ способствует упрощению конструкции приспособления, концентрации операций ТП и сокращению общего числа операций, дают возможность промера заготовок непосредственно на станке. Это компенсирует в крупносерийном производстве усложнение наладки станка.

Особенно ярко преимущества НТБ проявляются при использовании многолезцовых станков и станков автоматов, станков с копировальными устройствами, станков с ЧПУ и ОЦ, которые требуют создания сложных концентрированных операций, а также при многопозиционной обработке.

Кроме того, известно, что при установке заготовки на опорную поверхность всегда возникают погрешности закрепления, что увеличивает общую погрешность обработки размеров, проставленных от этой базы. При использовании НТБ - эти погрешности исключаются.

**Проверочные технологические базы** (ПТБ). Представляют собой поверхности, линии, точки заготовки или детали, по отношению к которым производится выверка положения заготовки на станки или установка режущего инструмента, а также выверка положения других деталей или СБЕ при сборке изделий. Широко применяются в серийном и единичном производстве и при сборке точных соединений, когда изготовление сложных приспособлений и дополнительная точная обработка контактных баз нерентабельны, а увеличение потерь времени на выверку заготовки незначительно по сравнению с общим временем обработки заготовки.

**Примеры:** 1. Расточка эксцентричных отверстий в изготовленных литых заготовках (токарь выверяет заготовку в 4-х кулачковом патроне (планшайбе) по еще не обработанному отверстию, добиваясь его концентричности с осью вращения детали). В противном случае возможен брак (неубранная чернота) из-за большой неравномерности припуска. Завышение припуска также нерационально т.к. приводит к росту себестоимости изделий.

Примечание: разметочные риски и керны, по отношению к которым ориентируется режущий инструмент - тоже являются ПТБ.

2. Необходима расточка отверстия, ось которого должна быть строго параллельна основанию. При установке заготовки она выверяется на расточ-

ном станке по точным ватерпасам (прибор для проверки горизонтальности и измерения небольших углов наклона, употребляемый в строительных, плотничных работах, а также линия по борту, до которой судно погружается в воду при нормальной осадке. Происходит от голландского «[waterpas](#)» — сложение [water](#) (вода) и [pas](#) (измерить). Плоскость А является проверочной ТУБ (рис. 34). При этом под плоскость В подкладываются специальные клины (т.е «В» - опорная базовая поверхность). Таким образом, точность и качество опорной базы в данном случае не оказывает особого влияния на точность обработки детали. Метод не требует применения сложных приспособлений (как метод опорных баз).

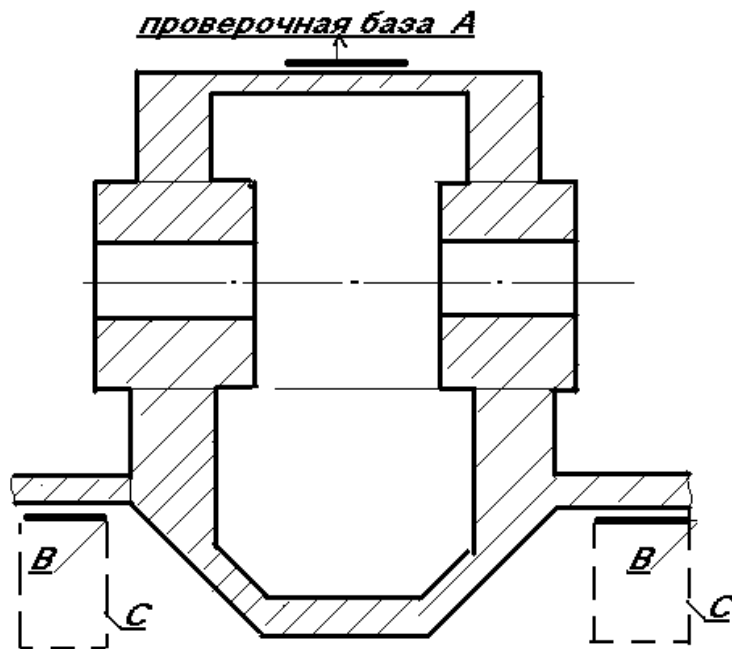


Рис. 34. Пример использования проверочной базы

3. Использование условной (скрытой) базы в качестве проверочной на примере обработки резьбы объектива (рис. 35).

Объектив по резьбе ввертывается в корпус микроскопа и центрируется по отношению к оптической оси объектива 1 помещенного в оправу 2 и центрируемого в ней плоскостью А. В этом узле конструктивными базами являются оптическая ось объектива 1 и ось центрирующей резьбы оправы 2. Перед нарезанием резьбы объектив 1 помещается в оправу 2 и закрепляется упором 3. Оправа 2 зажимается в специальном устройстве 4 токарного станка. Устройство может перемещаться в двух взаимно параллельных плоскостях.

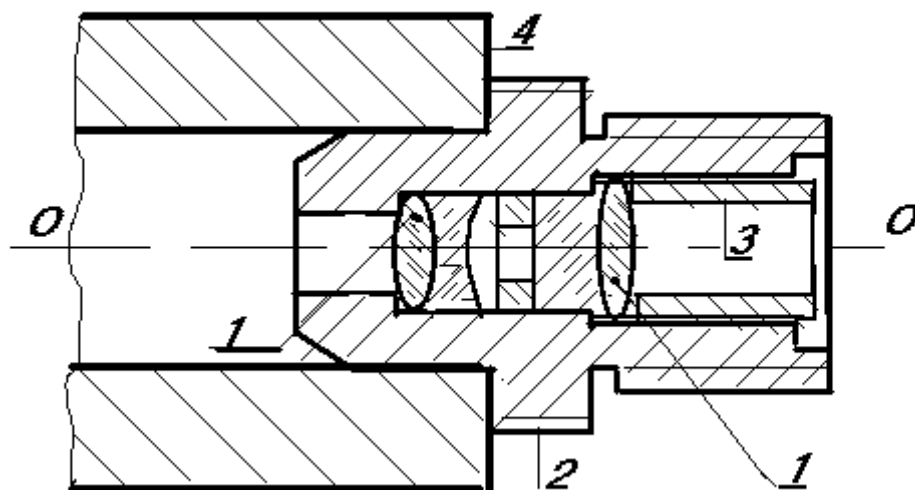


Рис. 35. Использование условной (скрытой) базы в качестве проверочной

Шпиндель приводят во вращение, а на объектив направляется луч света вдоль оси. При наличии эксцентриситета оптической оси световая точка описывает на поверхности объектива заметную окружность. Путем перемещений заготовки добиваются устранения биения и производят нарезание резьбы. Здесь оптическая ось – ПТБ (скрытая). Наружная поверхность оправы **В** не является базирующей, а служит только для закрепления. Процесс использования ПТБ получает все более широкое распространение в связи с развитием электроники, что позволяет ускорить и автоматизировать процесс выверки. Скрытая база материализуется с помощью отвесов, ватерпасов, оптических коллиматоров и др.

**Вспомогательная или искусственная технологическая база (ИТБ).** Называется такая ТУБ, которая не играет существенной роли в исполнении служебного назначения готового изделия (детали, СБЕ). К этим базам прибегают в случае, если конфигурация заготовки не дает возможности выбрать ТУБ, позволяющую удобно, устойчиво и надежно ориентировать и закреплять заготовку в приспособлении или на станке. К ИТБ относятся также базы, которые в целях повышения точности базирования, предварительно обрабатывают точнее, нежели предусмотрено чертежом.

**Пример:** центровые отверстия, которые не являются конструктивно необходимыми (не предусмотрены чертежом), следует отнести к ИТБ. Кроме того, если отдельные поверхности (приливы, бобышки) входят в общее число базирующих поверхностей и на них вместе с другими базами размещаются шесть опорных точек – то это ИТБ (например, на деталях сферической или др. сложной формы). В дальнейшем они могут быть оставлены на детали или удалены за ненадобностью.

Т.к. образование ИТБ связано с дополнительной обработкой (трудоемкостью), то к ним прибегают в основном в 2-х случаях:

-для выполнения принципа постоянства баз (см. ниже). Это, например, центровые отверстия базирование по которым используется примерно на 80-90 % операциях для деталей типа ступенчатых валов;

-в тех случаях, когда на деталях отсутствуют поверхности, удовлетворяющие основным требованиям ТУБ.

Если же все шесть точек расположены на др. поверхностях, а точки на бобышке являются избыточными – то это не ИТБ, т.к. она не базирует, а только служит *дополнительной опорой*, например, при недостаточной жесткости заготовки.

**Первичные (черновые) ТУБ.** Это такие базы, которые используются на первых этапах (в самом начале) мехобработки. Таким образом, следует иметь в виду, что первичные ТУБ - всегда необработанные поверхности.

У литых, кованных и некоторых др. заготовок это очень некачественная поверхность. Поэтому базирование на первичные базы нестабильно и должно использоваться только один раз. Исключение составляют случаи особо точных заготовок, полученных литьем под давлением, точным прессованием, калиброванием, а также случаи обработки заготовок в приспособлениях-спутниках.

Выбор первичных ТУБ непосредственно связан с вопросом о том, какую поверхность детали обрабатывать первой. Первой поверхностью обычно обрабатывают ту, которая в дальнейшем станет базой, повторяемой на основной совокупности операций, т.е. удовлетворяет требованию принципа постоянства баз (см. ниже).

**Пример:** При фрезеровании шатуна по плоскостям А, В, С, Д в качестве черновых используются боковые поверхности, которые базируют в самоцентрирующих зажимах. Этим обеспечивается равномерность снятия припуска с торцов головок шатуна (рис. 36).

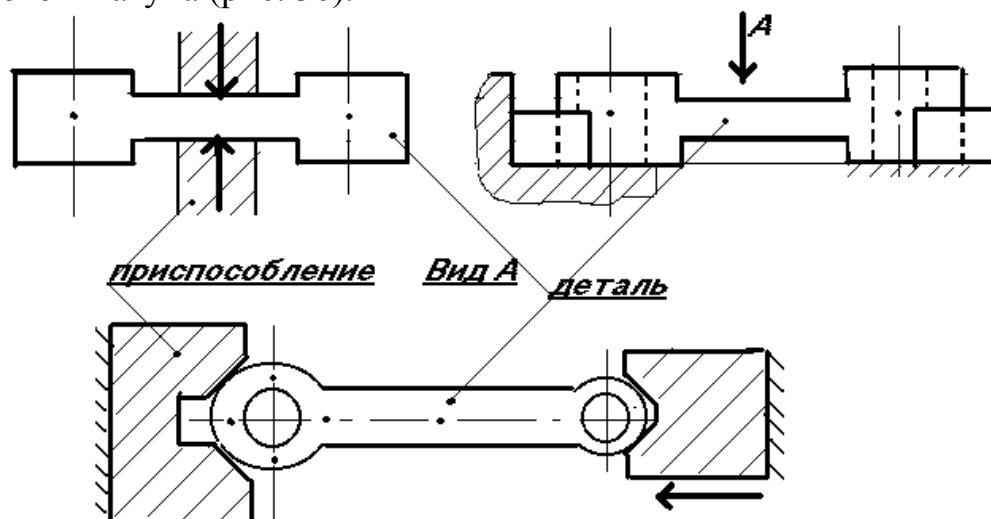


Рис 36. Особенности базирования шатуна при обработке

Для центрирования головок при их расточке используют черновые базы – наружные контурные поверхности головок, закрепляемых в призмах и чистовые торцы. Созданные с помощью черновых баз обработанные поверхно-

сти шатуна (отверстия и торцы) используются в дальнейшем в качестве ТУБ на большинстве ТО (65 из 106 ТО обработки шатуна).

Если с одной из обрабатываемых поверхностей желательно снять минимальный припуск, то ее целесообразно использовать в качестве черновой (первичной) базы на первой операции. Например, для сохранения износостойкого слоя на поверхности направляющих станков и т.д. Для обеспечения равномерности распределения припусков внутренних поверхностей (отв., внутренние поверхности и др.) их рекомендуется использовать в качестве черновых ТУБ.

#### ***Дополнительные требования к первичной ТУБ:***

- она должна быть одной из необрабатываемых поверхностей детали;
- если деталь обрабатывается кругом, то в качестве первичной базы принимают такую поверхность, которая имеет наименьший объем обработки (минимальный припуск);
- выбирая первичную базу, следует отдать предпочтение такой поверхности, на которой будет наименьшее количество дефектов в результате обработки. Вторично осуществлять установку заготовки по первичной базе не допускается и в дальнейшем она базируется по обработанным поверхностям:

### **ЛЕКЦИЯ 14.**

#### **Рассматриваемые вопросы:**

- *дополнительные опорные поверхности (ДОП):*
- *подводимые ДОП;*
- *регулируемые ДОП;*
- *самоустанавливающиеся ДОП.*

*Основные принципы базирования заготовок:*

- *принцип постоянства баз;*
- *принцип совмещения баз.*

#### ***Дополнительные опорные поверхности***

Несут на себе дополнительные опорные точки (сверх шести теоретически необходимых). Заготовка при этом становится статистически неопределимой и точность ее снижается.

*Дополнительные опорные поверхности могут быть естественными (получены в процессе обработки заготовки в соответствии с требованиями чертежа) или искусственными, созданными на заготовке специально для ее установки и закрепления (специальные приливы и бобышки, дополнительные центровые отверстия, выточки под люнеты и др.).*

Пример. Обработка длинного вала на токарном станке. Закрепление в патроне с упором в торец лишает его 5-ти степеней свободы, что вполне достаточно. Однако для предотвращения прогиба вала его дополнительно поддерживают задним центром (еще плюс две опорные точки). И если при этом ось центровых отверстий не совпадает с осью вращения шпинделя – то вал будет дополнительно искривляться. После окончания обработки (после отвода центра) ось вала под действием упругих деформаций вернется в исходное положение и его точность нарушится. Вследствие этого рекомендуется ис-



пользовать в качестве дополнительных опор всевозможные подвижные и регулируемые опоры (механические и автоматические подпоры). Если же это невозможно - необходимо обеспечить высокую точность расположения дополнительной опорной поверхности по отношению к базам, на которых расположены необходимые 6-ть точек.

Следует иметь в виду, что использование ИТБ и ДОП обычно повышает общую трудоемкость обработки и часто приводит к дополнительному расходу материала.

Существует три типа ДОП (рис. 37):

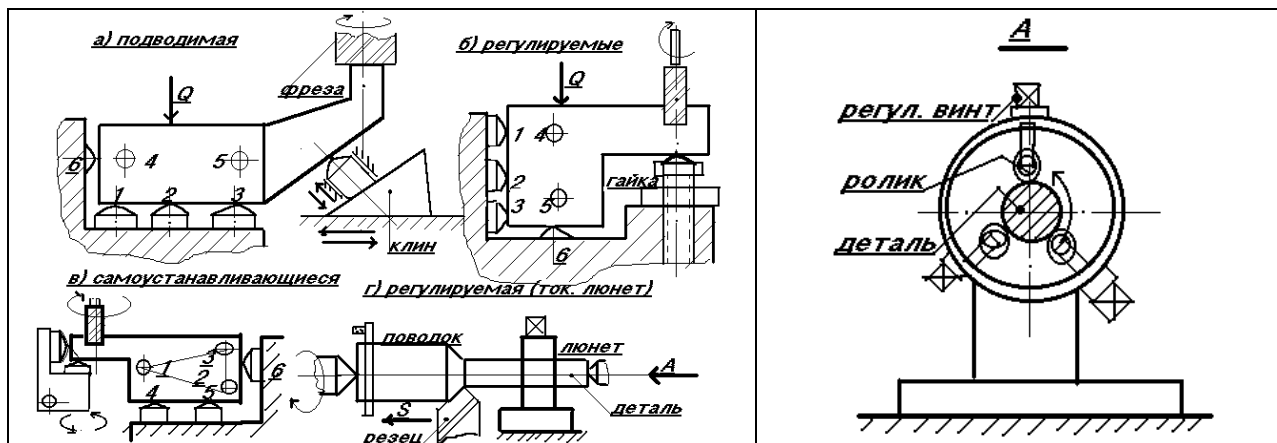


Рис. 37. Дополнительные опорные поверхности

*а) – подводимые; б) – регулируемые; в) – самоустанавливающиеся.*

**(а)** - при каждой новой установке вводятся в соприкосновение с обрабатываемой деталью вручную или посредством механизмов.

**(б)** - настраиваются на партию деталей и работают до тех пор, пока не произойдет существенного изменения размеров детали.

**(в)** - самостоятельно могут блокировать поддерживающие точки в нескольких направлениях, либо за счет самоустановки ограничивать количество лишаемых степеней свободы.

### **Основные принципы базирования заготовок**

**1. Принцип постоянства баз.** Наибольшая точность обработки может быть достигнута в том случае, когда весь процесс обработки ведется от одной базы, при одной установке. Т.к при каждой новой установке и смене баз вносится ошибка во взаимное расположение поверхностей (нужен перерасчет). Однако в большинстве случаев невозможно полностью обработать деталь на одном станке при одном установе. И тогда в целях достижения максимальной точности необходимо все дальнейшие операции на данном и др. станках стремиться производить по одним и тем же базам. Принцип постоянства баз состоит в том, что для выполнения ряда последовательных операций стремятся использовать одну и ту же базу. Каждый переход от одной базы к другой увеличивает накопленные погрешности.

**2. Принцип совмещения баз.** При выборе ТУБ в процессе проектирования ТП следует стремиться к использованию в качестве ТУБ такие поверхности, которые являются конструктивными, сборочными или измерительными

базами. Т.е принцип совмещения баз состоит в принятии такой ТУБ, которая объединяет в себе функции иных важных поверхностей, являющихся измерительными, сборочными или конструктивными базами.

При совмещении баз обработка заготовки осуществляется по размерам, проставленным на рабочих чертежах, с использованием всего поля допуска на размер. В противном случае технолог вынужден производить замену размеров более удобными для обработки, которые проставляются непосредственно от ТУБ. При этом происходит удлинение размерной цепи и поля допусков на исходные размеры, проставленные от конструктивных баз, распределяются между введенными промежуточными размерами, т.е. ужесточаются. Это ведет к удорожанию детали.

**Пример.** На горизонтально- фрезерном станке производится обработка паза (рис. 38) в размер  $10^{(+0,36)}$ . Размер задан конструктором от конструктивной базы **A**, а в качестве ТУБ удобно использовать в данном случае базу **B**. Т.е. имеет место несовпадения конструктивной и технологической баз. В этом случае при обработке будет выполняться настроечный размер **C**, который должен быть рассчитан с использованием теории размерных цепей и выполнение которого автоматически позволит обеспечить нахождение размера ( $a=10$ ) в заданных конструктором пределах.

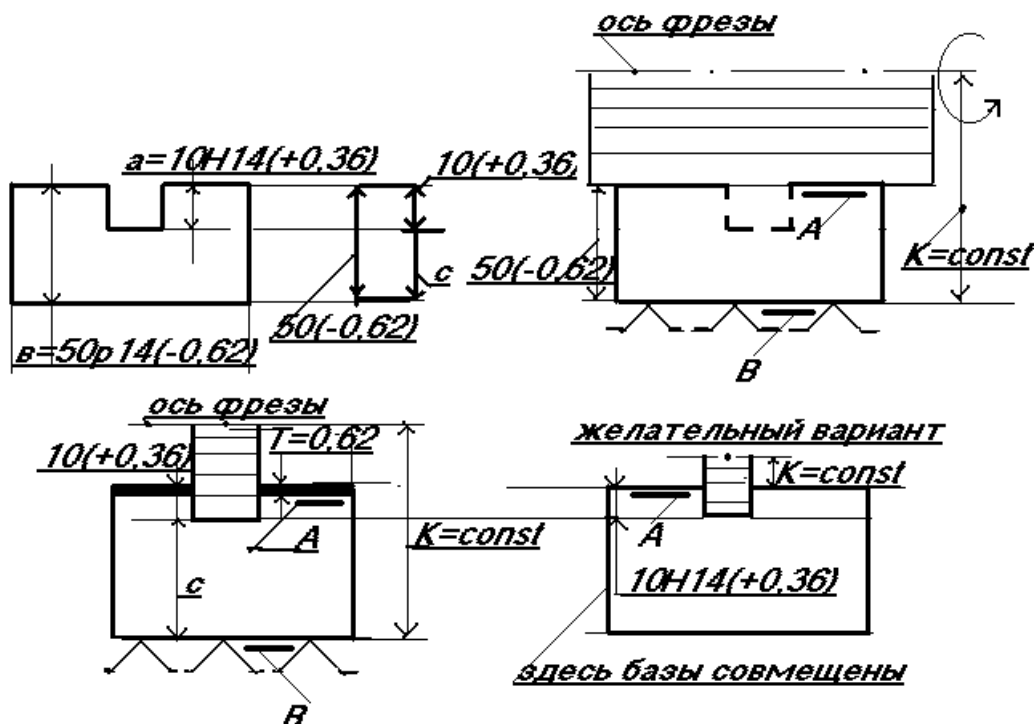


Рис. 38. К принципу совмещения баз

Из теории размерных цепей имеем:

$$T_a = T_b + T_c.$$

$$\text{Тогда } T_c = T_a - T_b = 0,36 - 0,62 = - 0,36 \text{ мм.}$$

Т.к. допуск отрицателен, то надо уменьшить допуск на размер  $T_b$  ( $T_a$  уменьшать нельзя). Примем  $50 \text{ h}11 = 50_{(-0,16)}$ . Тогда  $T_c = 0,2$  мм. Используя метод **max – min** имеем:

$$ES_a = ES_b - EI_c \rightarrow 0,36 = 0 - EI_c \rightarrow EI_c = - 0,36 \text{ мм.}$$

$$E_{Ia} = E_{Ib} - E_{Sc} \rightarrow 0 = 0,16 - E_{Sc} \rightarrow E_{Sc} = - 0,16 \text{ мм.}$$

Это значит, что  $C = 40b \cdot 11^{-0,16}_{-0,36}$ . Как видим точность этого размера должна быть значительно выше, чем заданного на чертеже с одной стороны и чем у размера  $10^{(+0,36)}$ , а, следовательно, выдерживать его будет значительно труднее.

*Примечание:* если на второй операции в качестве ТУБ использовать поверхность **A**, то обработка значительно упрощается (рис. 38, *желательный вариант*). Однако следует иметь в виду, что при этом может существенно усложниться конструкция приспособления.

### **Рекомендации по выбору ТУБ**

В зависимости от выбранной ТУБ в спроектированном ТП будет меняться метод обработки, конструкция приспособления, точность, сложность измерений и т.д. Поэтому выбор баз производят исходя из:

- выбранные базы должны позволять удобную установку и снятие заготовок на станке с минимальной затратой времени и сил рабочего;
- размеры и форма базовых поверхностей должны быть таковы, чтобы можно было достигнуть надежной устойчивости заготовки и простоту закрепления;
- выбирая базу необходимо ориентироваться в схеме приспособления, предусматривая его максимальную простоту;
- необходимо соблюдать принцип постоянства баз. Если же в процессе обработки все же возникает необходимость изменить базу, то в качестве новой базы выбирают такую обработанную поверхность, которая во – первых связана с прежней базой наиболее точными размерами и во – вторых играет в служебном назначении машины существенную роль.

## **4. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

### **ЛЕКЦИЯ 15.**

#### Рассматриваемые вопросы:

1. *Понятие припуска на обработку.*
2. *Виды припусков на обработку.*
3. *Состав минимального припуска на обработку*

Под припуском понимают слой материала, который снимается с поверхности детали (заготовки) при мехобработке. Размеры первичной заготовки отличаются от размеров готовой детали на величину припусков, т.е. поверхности, не подлежащие обработке, припусков не имеют.

#### **Основные понятия и определения**

**Общий припуск ( $Z_0$ )** - слой материала, который необходимо удалить с заготовки на всех стадиях обработки для получения окончательно обработанной поверхности в соответствии с требованиями чертежа.

$$Z_0 = \sum Z_{ном};$$

$$Z_0 = D_{исх.заг.} - D_{дет.} \text{ (для вала);}$$

$$Z_0 = D_{дет.} - D_{исх.заг.} \text{ (для отверстия).}$$

**Операционный припуск**-слой материала, удаляемый при выполнении данной операции.

**Припуск на сторону** – слой материала, снимаемый при резании на данной поверхности.

**Припуск на размер (диаметр)**- сумма 2-х припусков, снимаемых на противоположных сторонах детали, объединенных указанным размером.

**Симметричный припуск** - рассматривается только применительно на размер или диаметр и представляет собой сумму слоев материала, снимаемых одновременно. Припуск всегда рассматривается по нормали к обрабатываемой поверхности.

**Применительно к текущей стадии обработки различают также минимальный ( $Z_{в\ min}$ ), максимальный ( $Z_{в\ max}$ ) и номинальный ( $Z_{в\ ном}$ ) припуски.**

В теории припусков принимают следующие обозначения:

в (i) – выполняемая стадия обработки; а (i-1) - предшествующая стадия обработки или состояние детали.

**$Z_{в\ min}$**  – исходная величина при расчете припусков и операционных размеров, представляющая собой наименьший слой материала, снимаемый при данной обработке и удовлетворяющий условию получения качественной поверхности без следов черноты с удалением дефектных слоев.

**$Z_{в\ min} = a_{min-в\ max}$  (для вала).**

**$Z_{в\ min} = в_{min-а\ max}$  (для отверстия).**

**$Z_{в\ max}$**  - наибольший слой материала (припуска), который может сниматься на ряде заготовок при обработке с учетом рассеивания их размеров на стадиях (а) и (в). Т.е. максимальный припуск будет сниматься с поверхности в случае, когда предшествующая стадия (для валов) выполнена по **max**, а текущая стадия – по **min** размеру:

**$Z_{в\ max} = Z_{в\ min} + T_a + T_в; Z_{в\ max} = a_{max} - в_{min}$ .**

Здесь  $T_a$  и  $T_в$  – допуски на предшествующей и текущей стадиях обработки соответственно.

**$Z_{в\ ном}$**  – применяется в теории расчета припусков как расчетная категория, облегчающая процесс расчета операционных размеров на каждой стадии обработки.

По своей сути только номинальные припуски замыкаются в цепи общего припуска. Они дают представление о среднем припуске и располагаются между смежными идентичными размерами последовательно выполняемых стадий обработки. Так для размеров типа валов  **$Z_{в\ ном}$**  располагаются между **max**, а для отв. - между **min**. Размерами.

**Технико-экономическое значение припусков**

Правильный расчет припусков имеет чрезвычайно большое значение в практике обработки деталей машин, т.к. с их завышением снижается коэффициент использования материалов, заготовка более тяжелая и материалоемкая, а это означает, что возрастает трудоемкость процессов мехобработки (требуется большее количество станков, рабочих, расход электроэнергии выше и т. д.).

В результате этого отдельная деталь или изделие в целом становится дороже. Если припуск занижен, то может появляться брак в виде некачественной обработки на отдельных стадиях. Операционные припуски на каждую поверхность должны удовлетворять 2-м условиям:

- они должны быть наименее возможными, что увеличивает эффективность производства;

- они должны быть достаточными для получения детали с требуемой точностью, шероховатостью и с гарантированным удалением дефектных поверхностных слоев и участков, не захватываемых режущим инструментом.

#### **Состав min. припуска на обработку**

$$Z_{в \min} = f(R_{za}, T_a, r_a, \epsilon_b).$$

Подробнее рассмотрим составляющие минимального припуска.

1. **R<sub>za</sub>** – глубина микронеровностей поверхности, полученная в результате предшествующей обработки. Она включается в соответствующий припуск (**Z<sub>в min</sub>**) и определяется по справочным материалам и стандартам на шероховатость поверхности (ГОСТ 2789-73) в зависимости от величины шероховатости или вида получения исходной заготовки (штамповка, литье и т.д.).

2. **T<sub>a</sub>** – глубина дефектного слоя, представляющая собой слои, насыщенные литейным песком, слои с измененной дефектной структурой, имеющие прижоги, микротрещины, обезуглероженные слои материала, слои, имеющие недопустимую величину наклепа.

Численные значения **T<sub>a</sub>** были определены экспериментальным путем советскими учеными (школа проф. Соколовского, а затем проф. Кована). При некоторых видах обработки **T<sub>a</sub>** отсутствует в составе **Z<sub>в min</sub>** (например при чистовых стадиях обработки, когда дефектные слои были удалены ранее, при обработке чугуна на получистовых стадиях, после цементации и др.).

*Следует иметь в виду, что после термической обработки **T<sub>a</sub> = 0**, однако при этом следует учитывать пространственную погрешность, вызванную короблением детали.*

3. **r<sub>a</sub>** - пространственные отклонения поверхности заготовки, образованные на предшествующей стадии обработки. Сюда относятся такие дефекты как отклонения формы (от плоскостности, овальность, конусообразность, бочкообразность), а также отклонения от взаимного расположения поверхностей (искривление, отклонение от соосности и др.).

Геометрическая погрешность формы детали образуется, как правило, лишь в 2-х случаях: на стадии получения исходной заготовки и при термической обработке, когда возможно коробление и искривление детали;

В процессе остальных стадий обработки детали пространственные отклонения (**r<sub>a</sub>**) постепенно снижаются. При этом после каждой последующей стадии обработки уменьшаются по закону: **r<sub>в</sub> = r<sub>a</sub> • k**. Здесь **k = 0,04 – 0,06** – коэффициент технологической наследственности за счет отжима детали (уменьшается с каждой стадией обработки: **k=0,06, 0,05** и т.д.).

*Таким образом, через 2-3 стадии обработки эта погрешность стремится к нулю.*

При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения, плоскостей, которые пересекаются плоскостями разреза штампов и прессформ, величина  $\rho_a$  определяется по выражению:

$$\rho_a = \rho_{\text{экс.}} + \rho_{\text{к.}} = \sqrt{(\rho^2_{\text{экс.}} + \rho^2_{\text{к.}})}$$

Аналогично при обработке плоскости, которая пересекается плоскостью разреза штампа или прессформы:

$$\rho_a = \rho_{\text{см}} + \rho_{\text{к}} = \sqrt{(\rho^2_{\text{см}} + \rho^2_{\text{к}})}$$

**Элементарные погрешности ( $\rho$ )** определяются по справочной литературе или по стандартам на соответствующий вид заготовки, а коробление по формуле:

$$\rho_{\text{к}} = L \cdot k = (L/2 \cdot k),$$

где  $L$  - длина поверхности на которой снимается припуск;  $k$  - коэффициент, зависящий от условий (метода получения заготовки или термообработки).

Следует иметь в виду, что составляющие, входящие в формулу для определения пространственной погрешности, устанавливаются в каждом конкретном случае в зависимости от типа детали (заготовки), способа базирования и др.

Например, при обработке деталей с установкой в центрах необходимо учитывать в качестве геометрической погрешности пространственную погрешность, сводящуюся к погрешности зацентровки, т.е. смещению оси обрабатываемых центровочных гнезд относительно оси детали. Эта величина складывается из двух составляющих:

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{(\rho^2_{\text{у}} + \rho^2_{\text{н}})},$$

где  $\rho^2_{\text{у}}$  - погрешности при базировании заготовки;  $\rho^2_{\text{н}}$  - погрешность настройки станка.

В свою очередь установлено, что:

$$\rho^2_{\text{у}} = 0,25 Td; \rho^2_{\text{н}} = 0,25 \text{ мм.}$$

Тогда:  $\rho_{\text{ц}} = \sqrt{((0,25 \cdot Td)^2 + (0,25))^2} = 0,25 \sqrt{(Td^2 + 1)}$ ,  
где  $Td$  – допуск на базовый диаметр заготовки.

На последующих стадиях обработки  $\rho_{\text{в}} = k \cdot \rho_a = (0,04 - 0,06) \rho_a$ .

В некоторых случаях пространственные отклонения не включают в состав  $Z_{\text{в min}}$ . Это относится к обработке, когда инструмент самоустанавливается по обрабатываемой поверхности (развертывание плавающими развертками, хонингование и т.д.), либо заготовка базируется самим режущим инструментом (например, протягивание, бесцентровое шлифование и др.).

4.  $\epsilon_{\text{ув}}$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе. В партии обрабатываемых заготовок в результате рассеивания их размеров, неодинаковой силы зажатия, износа установочных поверхностей приспособлений и т.д. наблюдается неодинаковость положения заготовок относительно их номинального положения или, другими словами, относительно траектории движения режущего инструмента. Это и есть  $\epsilon_{\text{ув}}$ , которая и учитывается в составе  $Z_{\text{в min}}$ . Она, в свою очередь, определяется по зависимости:

$$\epsilon_{\text{ув}} = \sqrt{(\epsilon^2_{\text{б}} + \epsilon^2_{\text{з}} + \epsilon^2_{\text{пр}})},$$

где  $\epsilon^2_{\text{б}}$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3^2$  - погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр.}^2$  - погрешность приспособления.

Состав минимального припуска на обработку (частные формулы).

а) - при односторонней асимметричной обработке плоских поверхностей:

$$Z_{в\ min.} = (Rz_a + Ta) + (\rho_a + \varepsilon_{yв});$$

б) - при симметричной обработке плоских поверхностей:

$$2Z_{bmin} = 2[(Rz_a + Ta) + (\rho_a + \varepsilon_{yв})];$$

в) - при обработке наружных или внутренних тел вращения или криволинейных поверхностей:

$$2Z_{bmin} = 2[(Rz_a + Ta) + \sqrt{(\rho_a^2 + \varepsilon_{yв}^2)}];$$

г) обработка (чистовая) плоских поверхностей чугуновых деталей:

$$Z_{bmin} = Rz_a + (\rho_a + \varepsilon_{yв});$$

д) при обработке плавающими развертками:

$$2Z_{bmin} = (Rz_a + Ta).$$

При использовании метода индивидуального получения размеров путем пробных ходов и промеров  $\varepsilon_{yв}$  отсутствует, а вместо нее фигурирует погрешность выверки положения детали на выполняемом переходе. При симметричной обработке припуск обычно рассматривают как *удвоенную величину*.

## ЛЕКЦИЯ 16.

### Рассматриваемые вопросы:

1. Методы определения припусков.
2. Техничко-экономическое значение припусков
3. Примеры расчета припусков на обработку.
4. Особенности расчета номинальных припусков.

### *Методы определения припусков.*

В практике ТМ применяют в основном два метода:

**1. Опытно – статистический.** Он может выполняться 2-мя способами:

а) - в виде определения операционных припусков на каждую стадию обработки;

При этом в некоторой технической литературе отсутствует припуск на черновой (первый) проход. Для его нахождения существует зависимость:

$$Z_1 = Z_0 - (Z_2 + Z_3 + Z_4 + \dots),$$

где  $Z_0$  – общий припуск на обработку, установленный при проектировании заготовки;

$Z_1, Z_2$  и т.д. – промежуточные припуски на 1-й, 2-й и т.д. переходы.

б) - путем определения общего припуска на весь комплекс обработки данной поверхности с последующим распределением на операционные припуски.

Определение операционных припусков методом «1а» дает более точные результаты по сравнению с методом «1б».

Поэтому таким методом определяют припуски при наличии партий обрабатываемых заготовок.

В случае применения метода «1б» припуск комплексный разбивается на операционные в соответствии с количеством стадий обработки:

2-х операционная обработка:  $Z_{1н} = 0,7 Z_{н\text{ общ.}}$ ;  $Z_{2н} = 0,3 Z_{н\text{ общ.}}$

3-х операционная обработка:  $Z_{1н} = (0,5-0,6) Z_{н\text{ общ.}}$ ;  $Z_{2н} = (0,2-0,3) Z_{н\text{ общ.}}$ ;

$Z_{н3} = (0,15-0,2) Z_{н\text{ общ.}}$

В случае 4-х операционной обработки рекомендуется следующее распределение припусков: 72,5%; 19,5%; 6,5%; 1,5%.

**2. Расчетно – аналитический** – дает самые точные результаты. В литературе его часто называют методом Кована – Соколовского. Только он учитывает все конкретные условия обработки. В свое время переход на него от метода «1» на ряде автомобильных заводов позволило снизить припуски на обработку  $\approx$  на 40% и брак, который имел место по причине занижения припусков. Однако способ несколько трудоемок и поэтому рекомендуется для использования в массовом и крупносерийном производстве или во всех случаях, когда ввиду отсутствия опытных данных нельзя воспользоваться методом «1». Его используют также при обработке дорогих, крупногабаритных деталей.

Следует иметь в виду, что глубина резания определяется исходя из величины **Zв max**:

$$t = Z_{в\text{ max}} / i,$$

где **i** – число проходов.

Схемы расположения припусков, допусков и межоперационных размеров приведены на рисунках 39 и 40.

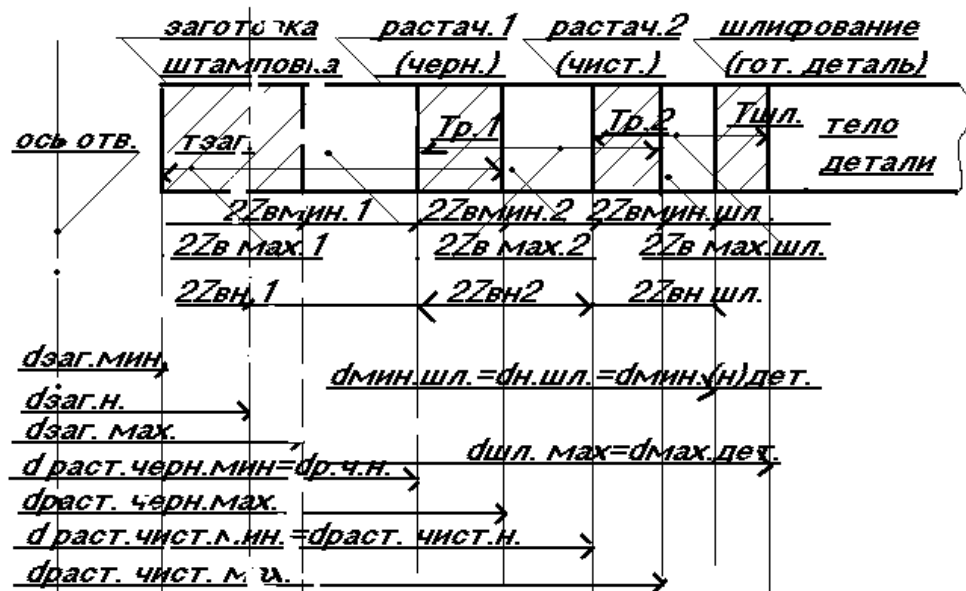


Рис. 39. Схема расположения припусков, допусков и межоперационных размеров при обработке отверстия.

**Последовательность расчета припусков. Исходные данные для их определения. Расчет операционных размеров.**





Рис. 40. Схема расположения припусков при обработке вала.

Для заготовок (поковок, отливок, проката) номинальные размеры определяются в соответствии с особенностями получения самих заготовок (т.е. от технологии получения заготовок). Например, у штамповок типа валов  $e_s = 2/3 T_d$ , а  $e_i = 1/3 T_d$  (большая часть в сторону износа штампа), а для отверстий, как правило, наоборот. Для отливок всех видов обычно  $e_i = e_s$ .

**Исходные данные.** Перед тем как приступить к расчету припусков необходимо:

1. Составить маршрутный техпроцесс обработки детали.
2. Выбрать установочные технологические базы.
3. Подобрать нормализованные конструкции и установить типы и характер работы специальных приспособлений.
4. Выбрать способ получения заготовки.
5. Установить методы обработки (выполнения технологических операций) и назначить точность и шероховатость при их выполнении.

Расчет припусков производится отдельно для каждой поверхности при асимметричной обработке ( $Z_{bmin}$ ) и параллельно для 2-х поверхностей при симметричной обработке ( $2Z_{bmin}$ ).

**Последовательность расчета.**

1. Применительно к получению данного размера детали записываются стадии обработки с указанием их точности и шероховатости.
2. При расчетно - аналитическом методе  $Z_{bmin}$  определяется по формуле (для каждого перехода).

$$Z_{bmin} = f(Rza, T_a, p_a, \epsilon_{ув}).$$

Расчеты припусков можно вести как с первой стадии обработки, так и с последней.

Однако более целесообразно начинать расчет с черновых операций.

3. Рассчитываются **Zном.** для каждой стадии обработки;

$$Z_{\text{ном.}} = Z_{\text{bmin}} + T_{\text{d}_a}$$

4. Для каждой стадии обработки последовательно рассчитывают **Zв max**:

$$Z_{\text{в max}} = Z_{\text{bmin}} + T_{\text{d}_a} + T_{\text{дв.}}$$

5. Рассчитываются предельные межоперационные размеры для каждой стадии обработки.

**Внимание:** при расчете припусков на каждой стадии обработки производят округление полученных размеров. Правильное округление сводится к оставлению такого количества знаков после запятой - сколько их содержит допуск на данный размер. При этом это следует делать не по обычным правилам округления, а только в сторону увеличения (например:  $53,158 \approx 53,16$ ;  $53,153 \approx 53,14$ ).

6. Определяются номинальные размеры для каждой из стадий обработки при условии, что для них допуски следует задавать в системе основного вала (для охватываемых поверхностей) или основного отверстия (для охватывающих поверхностей). Исключение могут составлять только допуски заготовки или готовой детали т.к. первые зависят от способа получения заготовки, а вторые заданы чертежом.

Для заготовок, полученных прокатом, рассчитанные размеры необходимо согласовать с рядами стандарта на прокат.

При использовании опытно – статистического метода расчета припусков **Zbmin** не рассчитываются, а берутся из таблиц, приведенных в справочной технической литературе.

Если там даны **Zвном.**, то **Zbmin** не определяются вообще. Завершается расчет составлением сводных (итоговых) таблиц припусков и операционных размеров и построением эскиза заготовки.

**Примечание:** Особенности расчета номинальных припусков. В случае, когда детали имеет внесистемное поле допуска необходимо иметь в виду, что формула для расчета **2Zв.н.** видоизменяется (рис. 41.) с учетом того фактора, что номинальные припуски должны находиться между номинальными размерами.

**Общая схема построения полей допусков, припусков и межоперационных размеров при обработке наружных поверхностей при асимметричном расположении припуска.**

Последовательность обработки 1 (рис. 42):

- черновая обработка левого торца (база – поверхность 1);
- черновая обработка правого торца (база – поверхность 2);
- чистовая обработка левого торца (база – поверхность 3);
- чистовая обработка правого торца (база – поверхность 4);

$$Z_{\text{о.ном.лев.}} = \sum Z_{\text{вмин.лев.}} + T_{\text{черн.пр.}} + E_{\text{Iзаг.}}$$

$$Z_{\text{о.ном.пр.}} = \sum Z_{\text{вмин.пр.}} + T_{\text{черн.лев.}}$$

Последовательность обработки 2 (рис. 43):

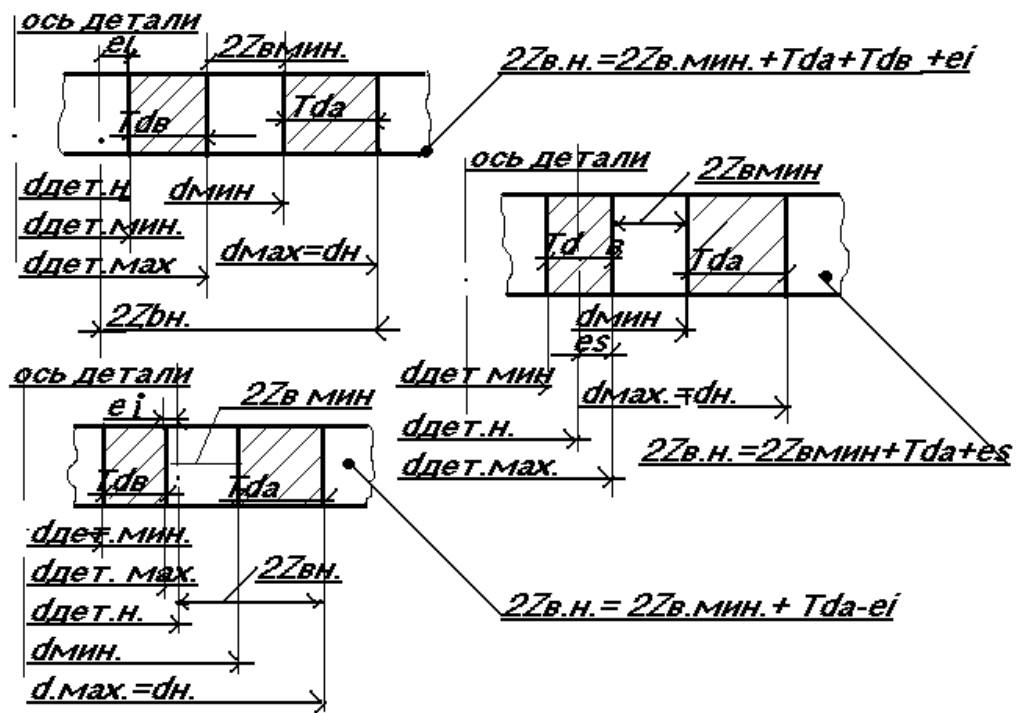


Рис. 41. К особенностям расчета номинальных припусков.

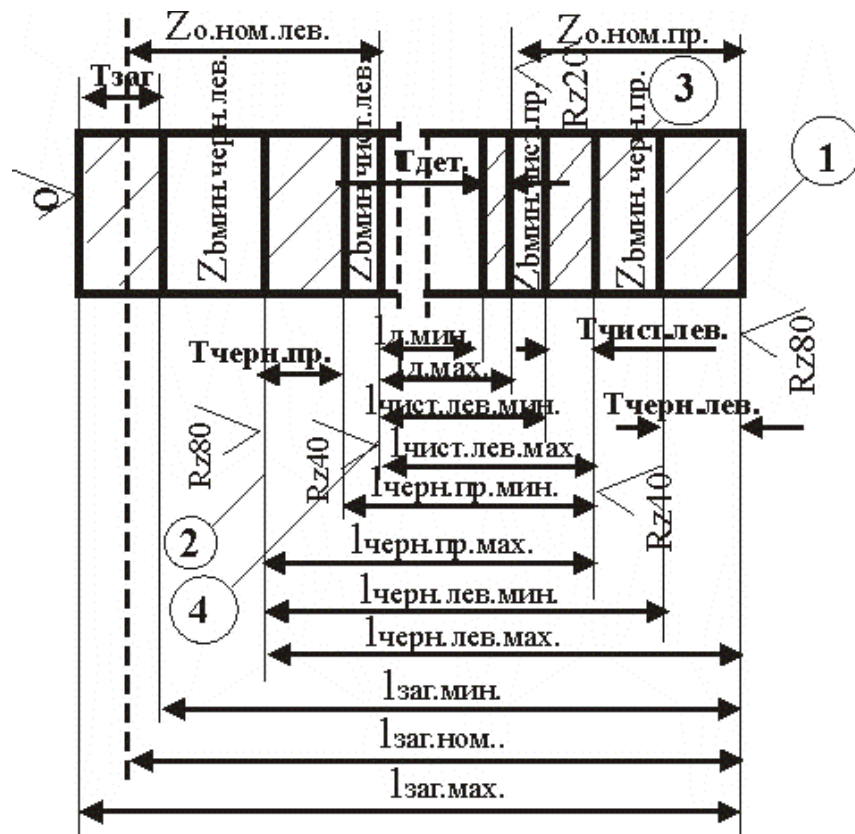


Рис. 42. К расчету асимметричных припусков.

- черновая и чистовая обработка левого торца (база – поверхность 1);
  - черновая и чистовая обработка правого торца (база – поверхность 2);
- $$Z_{о.ном.лев.} = \sum Z_{вмин.лев.} + T_{черн.лев.} + E l_{заг.},$$
- $$Z_{о.ном.пр.} = \sum Z_{вмин.пр.} + T_{черн.пр.} + T_{чист.лев.}$$

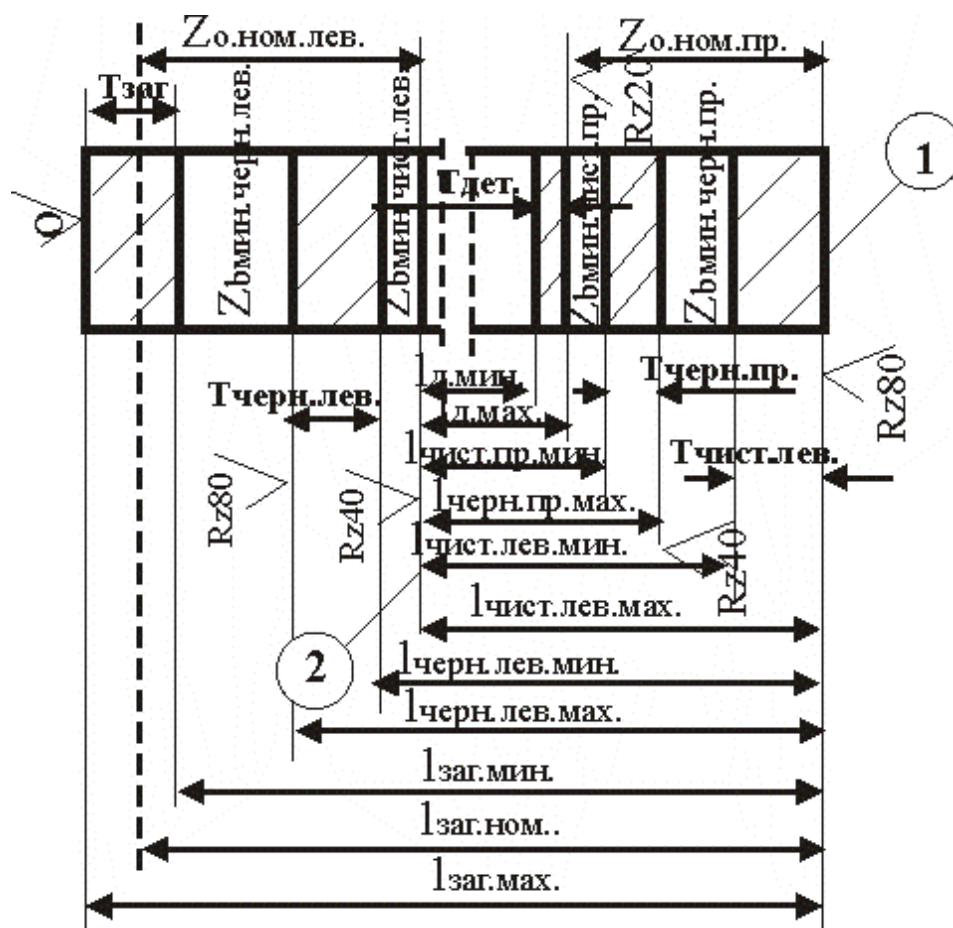


Рис. 43. К расчету асимметричных припусков

Поскольку термообработка детали влияет на расчет припусков, приведем укрупненные сведения о ней.

**Нормализация** - термообработка стали, заключающаяся в ее нагреве до 750- 950<sup>0</sup>С, выдержке и последующему охлаждению на воздухе. При этом улучшается обрабатываемость стали резанием, а также повышаются механические свойства. В некоторых случаях нормализация предшествует закалке.

**Закалка** - вид термообработки материалов (нагрев и быстрое охлаждение) после которого он находится в так называемом неравномерном состоянии. При этом в ее структуре образуется мартенсит, характеризующийся высокой твердостью.

**Отжиг** - вид термообработки, заключающийся в нагреве металла или сплава, структура которого находится в неустойчивом состоянии в результате предшествующих термообработок, выдержке при температуре нагрева и последующем медленном охлаждении для получения структур, близких к равновесному состоянию. Цель- улучшение обрабатываемости, повышение пластичности, уменьшение остаточных напряжений и др.

**Изотермический отжиг** - нагрев стали или чугуна до аустенитного состояния, выдержка при такой температуре, охлаждение до T=600- 700<sup>0</sup>С, новой выдержке до окончательного распада аустенита и охлаждение до комнатной температуры.

**Возврат** - процесс частичного восстановления структурного совершенства и свойств деформированного металла (сплава) при их нагреве ниже температур рекристаллизации. Различают два вида возврата: отдых и полигонизацию. Применяют возврат для повышения пластичности наклепанных материалов и термостабильности структуры и свойств.

**Отдых** - начальная стадия возврата.

**Полигонизация** - вторая стадия возврата металлов : нагрев металла после больших деформаций.

**Старение** – изменение строения и свойств металлов и сплавов, протекающие либо самостоятельно в процессе длительной выдержки при комнатной температуре (естественное старение), либо при нагреве (искусственное старение). Старение обычно приводит к росту прочности и твердости металла при одновременном уменьшении пластичности и ударной вязкости. Иногда отрицательно влияет на свойства металла (например, деформационное старение), поэтому надо применять меры по его ослаблению. Применяется при изготовлении металлических деталей, которые не должны менять форму и размеры в процессе эксплуатации (станины станков, детали мерительных приборов и т.д.). Иногда для повышения прочности и жаропрочности металлических сплавов.

**Отпуск** - вид термообработки, осуществляемый после закалки, и представляющий собой нагрев до некоторой температуры с последующим охлаждением (на воздухе или в воде). Термин применим главным образом к стали. Отпуск цветных металлов называется старением. Сталь в результате закалки не только приобретает твердость, но и хрупкость. Чтобы уменьшить хрупкость и повысить пластичность стали ее подвергают многократному отпуску. Высокий отпуск (при  $T=450-650^{\circ}\text{C}$ ) называют улучшением. Выбор режима отпуска определяется требуемым соотношением прочности и пластичности.

**Азотирование** - (азотация, нитрирование)- диффузионное насыщение азотом поверхностного слоя (0,2-0,8мм) стальных и титановых изделий. Азотирование стали производят в среде аммиака, а также в расплаве солей на основе и цианита (жидкостное азотирование). Повышает твердость, износостойкость, коррозионную стойкость (на воздухе и в воде), сопротивление усталости. Применяется для деталей, работающих при  $T=500-600^{\circ}\text{C}$  (гильзы цилиндров ДВС, коленвалы и др.).

**Цементация** - химикотермическая обработка металлических изделий (в основном стальных) диффузионным насыщением поверхностных слоев углеродом при  $T=900-950^{\circ}\text{C}$ . Цель - повышение твердости, износостойкости и усталостной прочности. Цементацию проводят в смесях газов (газовая цементация), в ваннах с расплавленными солями (жидкая цементация), в электролите (электролизная цементация). Оптимальное содержание углерода в цементированном слое  $\approx 0,8-0,9\%$ .

Литература:

1. Маталин А.А. Технология машиностроения. Л., Машиностроение, 1986;

2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М., Машиностроение, 1969;
3. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. М., ВШ, 1976;
4. Корсаков В.С. Основы технологии машиностроения. М., Высшая школа, 1973.
5. Руденко А. П. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач. Под общ. ред. В.М. Плескача. – К.: Высшая школа, 1991. – 247 с.
6. Руденко А. П. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие / А. П. Руденко. – Киев: Вища школа (Головне изд-во), 1985. - 255 с.
7. Авраменко В.Е. и др. Основы технологии машиностроения Конспект лекций / Сост. В. Е. Авраменко, А. А. Городилов, Е. Г. Зеленкова, А. С. Курзаков, Я. Ю. Пикалов, В. Б. Ясинский. - Красноярск: СФУ, 2007. - 328с.
8. Учебное пособие (Расчет припусков и межпереходных размеров; Проектирование технологических процессов сборки; Базирование и базы в машиностроении) / Сост. В. Е. Авраменко, В. В. Терсков. Е. Г. Зеленкова, Н. С. Индаков - Красноярск: СФУ, 2007.
- 9 Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656с.
- 10 Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.