

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

*Чистяк В. Г.*

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА  
курса “Системы технологий”**

**Конспект лекций  
Часть 1**

Харьков, ХГЭУ, 2003

ББК 30.6я7  
Ч–68  
УДК 6(042.4)

Рецензент – канд. техн. наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского “ХАИ” *Дьяченко Ю. В.*

Утверждено на заседании кафедры техники и технологии.  
Протокол №8 от 20.02.2003 г.

**Чистяк В. Г.**

Ч–68 Техника и технология производства курса “Системы технологий”. Конспект лекций. Часть 1. – Харьков: Изд. ХГЭУ, 2003. – 108 с. (Русск. яз.)

Изложены лекции разделов “Общие принципы создания технологий” и “Основы технологии машиностроения”, которые являются частью курса “Системы технологий”.

Рассмотрены сущность и принципы создания новых перспективных технологий и технологических систем, их роль в производстве, в экономическом и социальном развитии общества. Раскрыты вопросы технологий машиностроения, связанные с основами методики проектирования эффективных технологических процессов.

Рекомендовано для студентов экономических специальностей.

Викладено лекції розділів “Загальні принципи створення технологій” і “Основи технологій машинобудування”, що є частиною курсу “Системи технологій”.

Розглянуто сутність і принципи створення нових перспективних технологій і розвитку суспільства. Розкрито питання технологій машинобудування, пов'язані з основами методики проектування ефективних технологічних процесів.

Рекомендовано для студентів економічних спеціальностей.

**ББК 30.6я7**

© Харьковский государственный  
экономический университет

© Чистяк В. Г.  
2003

## ВВЕДЕНИЕ

Обычно под *производством* понимают процессы создания чего-либо материального или духовного для удовлетворения потребностей. На протяжении тысячелетий бесчисленное множество поколений, шаг за шагом подчиняя и осваивая силы природы, совершенствовали эти процессы и орудия. История развития человечества прошла путь, начиная от прямого взаимодействия человека с окружающей средой до его участия в функционировании сложных взаимосвязанных технологических систем на основе средств вычислительной техники, реализующих не только принятие решений, но и искусственный интеллект.

В таких системах определяющее место занимают техника и технология как взаимодополняющие понятия, имеющие общее в их назначении и в происхождении (от греческого *techne*- искусство, мастерство, ремесло, умение). Причем эти понятия рассматриваются в самом широком смысле, так как техника и технология – это своеобразная третья (после природы и общества) сфера, с которой сталкивается в жизни и в деятельности человек.

Понятие “*техника*”, например, является одним из самых древних и широко распространено сегодня. Исторически трансформируясь, современное содержание понятия техники, включает не только совокупность средств, воздействующих на предметы труда, но и все материальные условия, необходимые для того чтобы процесс производства совершался, а также совокупность его результатов. Таким образом, назначение техники усматривается в облегчении или устранении физического труда, облегчении умственного труда, в повышении производительности и эффективности производства, в улучшении условий жизнедеятельности, расширении возможностей общественной деятельности человека.

В общем случае понятие “*технология*”, применяясь в науке, промышленности, искусстве и других областях человеческой деятельности, и имеет ряд смысловых нагрузок. Это понятие означает, прежде всего, интеллектуальную переработку технически значимых качеств и

способностей. Общим для технологий всех видов есть то, что они являются продуктом умственной деятельности человека. В сущности, это культурное понятие, определяющее его место в природе, создает новые средства познания, активно вмешивается в естественные процессы. Такое развитие определяет мировоззрение и само понимание современного человека и характеризуется как *технологическая культура*.

Современное производство, организуемое в целях создания товарной продукции (изделий), охватывает как сами процессы преобразований, так и связанные с ними технологические системы. Рассматривая понятие “технология” непосредственно связанным с представлением о процессе создания (преобразования) или производства чего-либо согласно с поставленной целью удовлетворения потребностей, в него вкладывают, в первую очередь, научный смысл. Технология – это понятие научное, отражающее выявление закономерностей в целях определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов. Однако на практике под понятием “технология” часто подразумевают:

- совокупность приемов и способов получения и обработки сырья, материалов, полуфабрикатов;

- операции, связанные с добычей, обработкой, переработкой, изготовлением, транспортированием, сборкой, сохранением и т.п.;

- описание указанных процессов в виде технологической документации (техпроцессов, регламента, технологических карт, рецептов, инструкций, графиков и т.п.);

- приемы и способы получения и обработки информации в технической, экономической, политической, бытовой деятельности человека;

- совокупность целенаправленных инструментальных действий, физических, химических или биологических процессов и средств их осуществления, организованных для достижения поставленной цели.

Неоценимо значение технологий, так как им принадлежит определяющая роль в обеспечении качества и конкурентоспособности продукции, они являются важнейшим фактором в развитии общества. Прове-

дение глубоких качественных преобразований в экономике возможно лишь на базе современных технологий, когда нововведения становятся неременным условием. Поэтому для условий современного рынка характерно применение технологий, использующих фундаментальные исследования и последние научно-технические достижения в процессах производства продукции, а также поддержка политики инновационной активности. Это способствует наращиванию темпов технологического развития общества на основе наукоемких, ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий.

Последнее время происходит пересмотр стратегии научно-технического развития. Отношения к технологии, как к началу начал современной научно-технической революции в производстве и в социальной сфере, должны характеризоваться комплексностью и ориентацией на конечный результат. Причем ориентирование должно быть не на производство массовой продукции, а на производство мелких серий большой и разнообразной номенклатуры товаров и услуг высокого качества, приспособленных к запросам конкретного потребителя, с гарантией своевременности поставок и т.п. Такой подход приводит к фундаментальным изменениям: созданию новых типов технологий, ускорению их обновляемости, совершенствованию в управлении и в структуре производства, организации небольших предприятий, способных лучшим образом адаптироваться на запросы покупателей.

В таких условиях определяющую и ответственную роль призван сыграть современный менеджмент. На менеджмент любого предприятия и организации оказывают влияние множество факторов, но наиболее значимыми были и будут люди и технология. Поэтому основная задача менеджмента организовать постоянно совершенствующуюся эффективную производственную систему, объединяющую эти два фактора. Преследуя главную цель – повышение эффективности производства и увеличение прибыли – современные менеджеры – специалисты с инновационным мышлением и поведением – должны исходить из позиций технологической культуры.

# РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

## Тема 1. Перспективные технологии – важнейший фактор экономического и социального развития общества

### Общие сведения о технологиях

Понятие «технология», как это следует из сказанного ранее, непосредственно связано с представлением о процессах создания или производства чего-либо в соответствии с поставленной целью обеспечения потребности.

В результате действия технологии осуществляется качественное изменение или превращение объекта, что обрабатывается, путем придания ему иных, ранее не имеющих качеств (формы, состава, состояния).

Объектами технологий (*операндами*) являются материалы, вещества, энергия, природные (в том числе биологические) объекты, информация, пространство, время, части вселенной.

Вообще различают технологии базовые (базисные) и частичные (прикладные). *Базовая технология* – это принципиальные правила или приемы применения объективных законов природы для решения поставленной практической цели превращения объектов материального мира.

*Частичные технологии* – это реализация базовых на основе конкретных приемов и технических решений.

*Технология*, как прикладная наука, анализирует и выявляет физические, химические, механические и информационные закономерности с целью использования их для создания наиболее эффективных процессов производства новой продукции, улучшения ее качества, свойств, экономии ресурсов, улучшения природосбережения и экологии.

В зависимости от отрасли использования базовых технологий, ориентированных на родственные объекты превращения и проявления

в виде конкретного продукта, их можно классифицировать по сферам применения, например, по отраслям производства. Так, предметом *технологии машиностроения* есть учение об изготовлении машин в соответствии с потребностями потребителя (уровень качества, количество, срок поставки).

В природе также наблюдается множество процессов, которые без вмешательства человека приводят к качественному изменению объектов. И как только человек своим вмешательством замедляет или ускоряет такие процессы в целях получения заранее запланированного результата, то это уже не стихийный процесс, а технология. В широком спектре деятельности человека такой целью есть продукт технологии в виде материальных объектов, энергии, информации, общественно-политических результатов.

### **Научно-технический прогресс – основа повышения эффективности производства**

Уровень совершенства или прогрессивности применяемых технологий определяется базовой технологией, положенной в основу, и технологическими средствами их реализаций, которые зависят от общего научно-технического потенциала страны.

Уровень технологии, также как и оценка любого объекта или процесса, является относительным критерием. Он связан с социально-экономическими потребностями общества, состоянием науки и техники в данный момент в пределах среды общения, то есть связан с состоянием и доступностью информации о предмете оценки.

Технологии по уровню различают:

*примитивные* – на основе простейших орудий;

*простые последовательные* – с использованием простых механизмов, приспособлений с ручными приводами;

*машинные* (рутинные, индустриальные) – на основе станков, машин с внешними источниками энергии или их преобразователями;

*высокие*, называемые «наукоемкими», «прецизионными», «ультрапрецизионными», «тонкими», «нанотехнологиями» и т.п. в зависимости от тех признаков технологического процесса или свойств изделия, которые считают определяющими.

Высокие технологии – это нетрадиционные технологии, обладающие признаками:

наукоемкость (новейшие достижения, результаты фундаментальных исследований);

системность (взаимосвязь элементов технологических систем);

оптимизирующее моделирование;

высокоэффективность рабочего процесса;

компьютерная рабочая среда, автоматизирующая все этапы и реализации;

устойчивость;

надежность;

гарантированность качества;

рациональность природопользования;

экологичность.

Уровень технологии оценивается:

а) производительностью производимых изделий при одинаковых их свойствах;

б) качественными свойствами изделий при одинаковой их производительности;

в) получением нового материала или эффекта.

Уровень совершенствования техники (в широком смысле этого понятия) зависит от физических или иных принципов, используемых для получения требуемого результата. Эти принципы определяются фундаментальными знаниями, то есть состоянием науки.

Итак, если новые знания способствуют появлению техники более высокого уровня, то имеет место *научно-технический прогресс (НТП)*.

Представим схему удовлетворения социально-экономических потребностей, отражающую уровни развития технологий (рис.1).



Очевидно, что технологии более высоких уровней требуют существенных достижений в области фундаментальных и прикладных наук при значительном повышении затрат.

Простые, а тем более, примитивные технологии, обуславливают наименьшие затраты. Потребности удовлетворяются за счет «тиражирования» известных технологий. Это не приводит и не может привести к повышению производительности производства. Такая экономика получила названия *экстенсивной*.

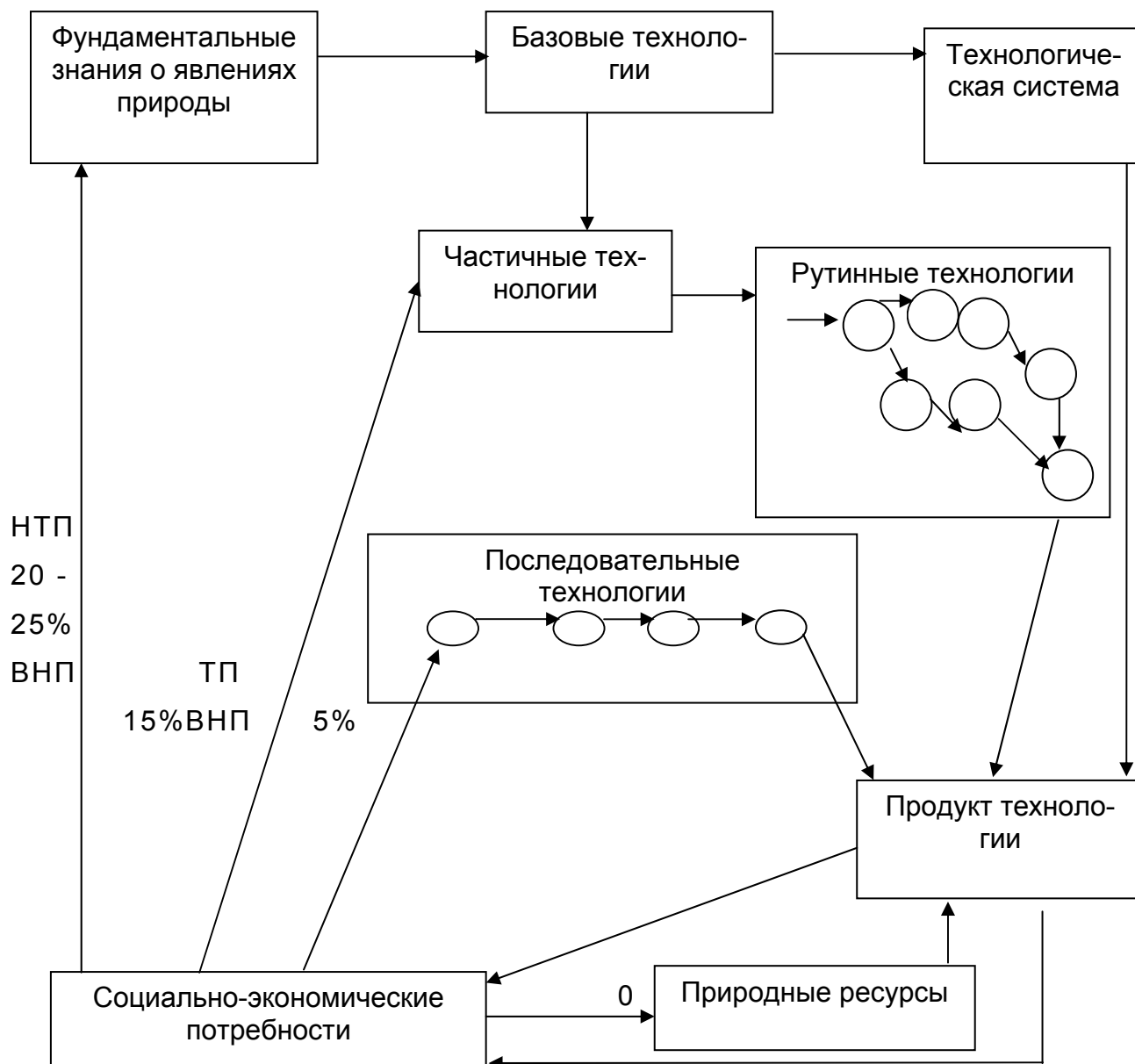


Рис. 1. **Схема удовлетворения социально-экономических потребностей**

Усовершенствование известных базовых технологий и создание новых конструкций техники на известных физических принципах позволяет поднять производительность труда в 1,2 ... 1,5 раза. При этом затраты составят 10 ... 15% валового национального продукта (ВНП). Такой путь соответствует развитию на основе *технического прогресса* (ТП). Это связано с чрезмерным расходом ресурсов в условиях роста их стоимости, что вступает в противоречие с повышающими затратами на удовлетворение социально-экономических потребностей общества.

Для существенных изменений необходимо использовать технологии более высокого уровня на основе фундаментальных знаний. Полученный в этом случае продукт есть результатом НТП. Но для этого необходимы затраты не менее 20 ... 25% ВНП.

Таким образом, основой реализации НТП есть инвестиционная целевая политика государства. Для сохранения передовых экономических рубежей, создания высокого жизненного уровня необходимо принять НТП как решающий путь и решить проблему увеличения ВНП, используемого на накопление.

### **Особенности социального и экономического развития современной цивилизации**

Можно отметить три стадии развития индустриальных цивилизаций.

*Первая стадия* характеризуется переходом от примитивных и простейших до технологий на основе машин с внешним источником энергии (машинные или индустриальные технологии). Охватывает период от промышленной революции 18 ст. и до конца 30-х годов 20 ст.

Для этой стадии характерно накопление капитала, расширение объема производства при постоянном снижении затрат и цен.

*Вторая стадия* – период 1950 – 1970 гг. определялась послевоенной научно-технической революцией (НТР), которая создала необходимость и возможность совершенствования орудий производства, повышения их качества при интенсивной реализации значительных проектов, увеличение объема производства и, как следствие, материаль-

ных благ. В этот период строятся атомные станции, осваивается мировой океан, создаются новые виды транспорта (в том числе и реактивного), создается электронно-вычислительная техника, формируются принципы биотехнологий и генной инженерии. Такие достижения способствуют формированию больших технологических систем. Тенденция снижения цен заменилась на их ускоренное увеличение из-за увеличения затрат на фундаментальные исследования, подорожания оборудования, увеличения стоимости рабочих мест, гонки вооружений, сокращения цикла обновления товаров. Обострялась проблема сбыта товаров. Интенсификация производства, основанного на затратных технологиях, колоссальные масштабы объемов обострили проблему дефицита природных и энергетических ресурсов. Следствием этого в 70-х годах стали глобальные кризисы (энергетический, сырьевой, продовольственный). Эти кризисы охватили мировое хозяйство. Резко снизилась производительность труда. Ускорились (особенно в странах свободного рынка) процессы инфляции и спада производства. В странах с плановой экономикой (социалистические страны) в 70-х годах на первых порах от этого частично удавалось избавиться за счет концентрации управления затратами ресурсов, темпы роста ВВП снизились до критических.

Таким образом, возможности индустриального развития путем усовершенствования традиционных технологий были полностью исчерпаны. В основу этих двух стадий заложен один и тот же принцип – более высокий результат функционирования достигается наращиванием экономического потенциала, то есть за счет дополнительных производственных фондов и трудовых ресурсов. Такой затратный (экстенсивный) путь в экономике ведет к сокращению темпов роста ВВП, к нарушению баланса в природопользовании, то есть ставит вопрос о существовании человечества вообще.

*Третья стадия* характеризуется принципиальными изменениями в формировании технологий, обеспечивающими ускоренное обновление продукции, повышение ее качества и последовательное снижение

затрат на производство. Такая ситуация в развитии продуктивных сил отвечает современной фазе НТР.

Масштабы производства, прогресс в развитии техники требуют новых условий природопользования. Становится необходимым создание природных комплексов как продолжительных структурных элементов технологических систем, так как потенциал самовосстановления систем недостаточен.

В условиях глобальной цивилизации уравновешенное природопользование становится наивысшим уровнем технологической культуры. Это означает, что общество должно отказаться от безрассудной эксплуатации природных ресурсов и создать для этого страховой фонд (~5% ВНП). Это единственный путь решения проблемы сохранения человечеством своей среды обитания (проживания).

Особенностью современного периода есть также изменения в характеристике человеческого фактора. В цивилизованном обществе резко возросла плата за труд, повысились встречные требования качественных характеристик труда и квалификации исполнителя, к его ответственности, инициативности, надежности. В современных условиях реализация социальных программ и обеспечение полноценной жизненной среды возможны только на основе перехода к новой ступени индустриализации (реиндустриализации). Для решения этих проблем накопление средств возможно несколькими путями:

- экономия всех видов ресурсов,
- интенсификация труда за счет повышения заинтересованности в результатах (фермерство, частная собственность, аренда и т.п.);
- использование внутренних кредитов национального банка;
- использование средств коммерческих банков и структур.

### **Направления развития технологий на современном этапе**

Современной и более прогрессивной считается такая технология, которая обеспечивает более качественный продукт при меньших удельных затратах на него ресурсов. Основные направления и особен-

ности развития современных технологий определяются факторами: жесткими требованиями к качеству продукции технологии; частой сменной продукцией; экономией всех видов ресурсов; обеспечением уравновешенного природопользования; ростом человеческого фактора; возможностями новой техники.

Общие черты (направления развития) современных технологий следующие: малооперационность, малоотходность и безотходность, совмещение (соединение) технологий с микроэлектроникой, наукоемкость, формирование технологических систем

*1. Малооперационность.* Характеризуется созданием технологий по кратчайшему пути. Чем ближе каждая частичная технология к базовой, тем меньше рабочих мест. Переход к одноступенчатым процессам возможен благодаря объединению нескольких операций в одну, или объединение их во времени выполнения без изменения содержания и назначения процесса.

*2. Малоотходность и безотходность* – особо важная черта современных технологий. Экономия всех видов ресурсов, уменьшение их части в продукте производства имеют исключительное значение для обеспечения экономической независимости отдельных предприятий, отрасли, государства. Малоотходными технологиями в настоящее время считаются технологии с отходами менее 10%, безотходными – 1,5%

*3. Совмещение (соединение) технологий с микроэлектроникой.* Это технологические системы (комплексы) с системами автоматического управления (САУ) на основе микропроцессоров, обеспечивающие новое качество: гибкие производственные системы (ГПС), гибкие интегрированные системы (ГИС), гибкие автоматизированные системы (ГАС), а также модули ГПМ и комплексы ГПК.

Системы «технология-электроника» увеличивают глубину и оперативность управления, гибкость технологической системы, создает возможность управления в ходе процесса.

*4. Наукоемкость*, определяющая и повышающая качество продукции, является необходимой предпосылкой НТП – основы повышения эффективности производства.

Углубленное изучение объективных законов природы, фундаментальные исследования, базовые и частичные технологии требуют больших затрат. Вследствие этого наукоемкость новых технологий значительно растет, и новые научные исследования, новые технологии становятся возможными только для стран с высоким научно-техническим потенциалом.

5. *Формирование технологических систем*, представляющих собой комплексы, объединяющие различные процессы и средства для их реализации и обеспечивающие достижение общей цели – получение требуемого продукта (или эффекта) в жестких рамках внешних условий. Такие развитые технологические системы охватывают не только отдельные предприятия, а целые отрасли, промышленные районы страны, экономические зоны. Например, *технопарк* – это компактно расположенный комплекс, включающий в себя научные учреждения, высшие учебные заведения и предприятия промышленности, а также информационные, выставочные комплексы, службы сервиса. Функционирование технопарка основано на коммерциализации научно-технической деятельности и ускорении продвижений в сферу материального производства. Наивысшим проявлением интеграционной тенденции является *технополис*.

## **Тема 2. Технологические системы современного производства**

### **Понятие “технологическая система”**

Следствием НТП является интенсификация всех сфер производства и формирование высоко эффективных технологических систем на основе новой техники. Целью создания таких систем является выпуск продукции требуемого качества при минимальных затратах ресурсов в кратчайшие сроки.

Технологическая система конкретного производства определяется прогрессивной комплексной технологией, объединяющей в единое целое основные и вспомогательные работы, реализуемые единой сово-

купностью машин, средства управления обслуживающих и зависимых производств.

Такие системы не изолированы, они включают также людей, участвующих в процессе, взаимодействуют с окружающей средой (гео-, био-, атмосферой) и другими внешними системами.

В условиях минимального времени на создание и выпуск конкурентоспособной продукции проектирование и организация производства должны быть подчинены системно-целевому подходу, то есть решение главной задачи должно обеспечиваться взаимосвязанной структурой производства – *технологической системой*.

Система – это упорядоченная совокупность взаимосвязанных соответствующих отношениям элементов, предназначенных для решения общей цели. Отношение между элементами определяется целью, то есть результатом действия системы в виде объекта (предмета), энергии, информации, изменения их состояния. Цель отражает желаемое состояние объекта, к формированию которого следует стремиться. Состояние можно представить, если известно, что делается с каждым элементом системы. Существует конечное множество элементов системы и множество отношений между ними. Это представляет структуру системы, которая обозначает ее функционирование.

Структурные элементы, входящие в систему, также могут быть системами. Поэтому понятия “система” и “элементы системы” относительны. Например, понятия “окружение”, “внешняя среда” содержат все, что не включено в рассматриваемую систему и имеет хотя бы один выход.

Для характеристики отношений «среда – система» используют понятие “вход”, отражающее действие или состояние объекта.

“Вход” характеризует отношение системы с окружением (также может быть действием или состоянием).

“Выходы” системы могут быть “входами” в ее элементы.

В технологической системе, связанной с материальными объектами, входом может быть то, что обрабатывается в системе, а выходом – что получено в результате функционирования.

В общем случае особенностью технологической системы является наличие структурных элементов в виде независимых подсистем и элементов, представляющих собой продукты этих систем.

Изменения качества в процессе прохождения обработки от одного структурного элемента к другому называется *процессом превращения*.

В технологических системах в качестве структурных частей применяются *технические системы* – оборудование, приспособления, комплексы и др.

### Последовательность превращений как форма технологического процесса

*Превращение* – это переход объекта из одного состояния в другое с помощью действий на основе химических, физических, биологических и информационных явлений и законов.

Превращаемый объект называется *операндом*.

Средства, которыми реализуется превращение, – *операторами*.

Содержание превращений можно представить в виде технологической цепи в направлении хода процесса (в направлении вектора изменения свойств). Модель превращений можно представить как набор операторов (рис. 2), которые преобразуют входную величину на выходную (конечную).

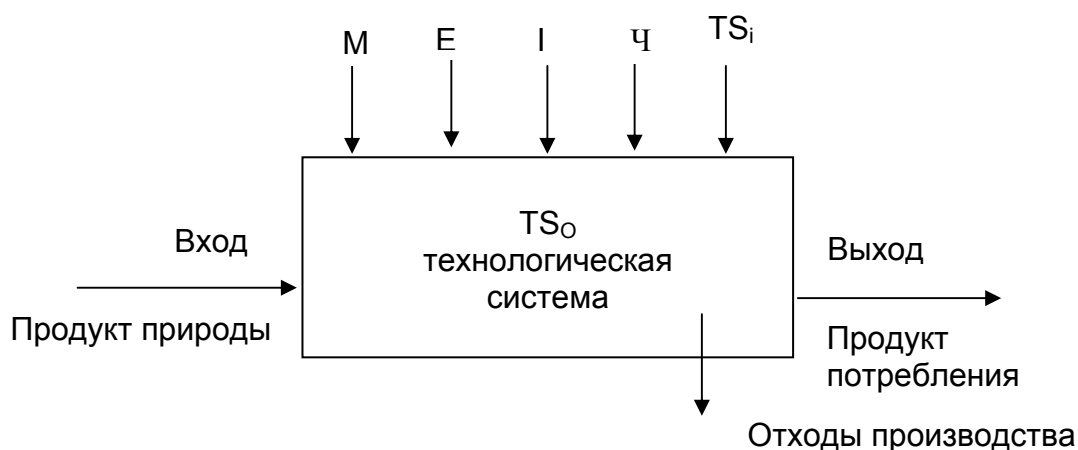


Рис. 2. Модель превращений



В приведенной модели превращений показаны операторы: Е – источник энергии, I – источник информации, Ч – оператор (человек), М – материал,  $TS_i$  – технологические системы.

Технологическая система как оператор системы преобразований представляет собой подмножество технических систем, которые выполняют необходимые преобразования.

Процессы, которые происходят при изготовлении деталей машин, содержат в себе преобразования: формы, свойств в массе и на поверхности деталей, состояния, положения объекта.

Эти изменения (преобразования) можно реализовать на основе базовых преобразований способами:

снятия (или наращивания дополнительного) слоя материала;  
преобразования операнда без изменения его объема.

Преобразования могут быть реализованы использованием способов (базовых технологий) и средств для их реализации (частичные технологии). Например изменения формы: механическим способом – снятием материала (резанием); физическим – оплавлением, эрозией, испарением; химическим – “травлением”. Эти способы реализуются на конкретном технологическом оборудовании: на токарных, фрезерных и др. металлорежущих станках; на электроэрозионных и др. станках и установках. Частичных технологий может быть множество.

### **Модель технологического процесса**

Для удовлетворения потребностей человека продуктами технологий (материального, энергетического, информационного или биологического видов) необходимо изменить существующее состояние операнда на желаемое. Это достигается путем инструментальных превращений в *технологических процессах*, как правило, с участием человека.

Модель технологического процесса строится на отношениях преобразований, которые происходят в технологической системе. Для этого, как минимум, нужно знать:

что (кто) является операндом;

какое его начальное, промежуточное и конечное состояние;  
с помощью каких преобразований (базовых технологий) достигаются совместные преобразования;

какими действиями реализуются частичные преобразования (материального, энергетического, информационного типа) в заданных условиях;  
какие операторы используются для этих целей.

Так как технология всегда конкретна, то содержание преобразований определяется состоянием операнда и условиями, в которых преобразования происходят.

В технологических системах преобразования осуществляются с помощью техники, поэтому базовым преобразованиям должны соответствовать принципиальные пути изменения свойств операнда (без указания конкретных способов приобретения этих свойств).

Например, заготовка для детали как операнд может иметь объем:  
превышающий объем детали;  
равный объему детали;  
меньший объема детали.

Каждому из таких начальных состояний заготовки будет соответствовать базовая технология получения требуемой формы детали:

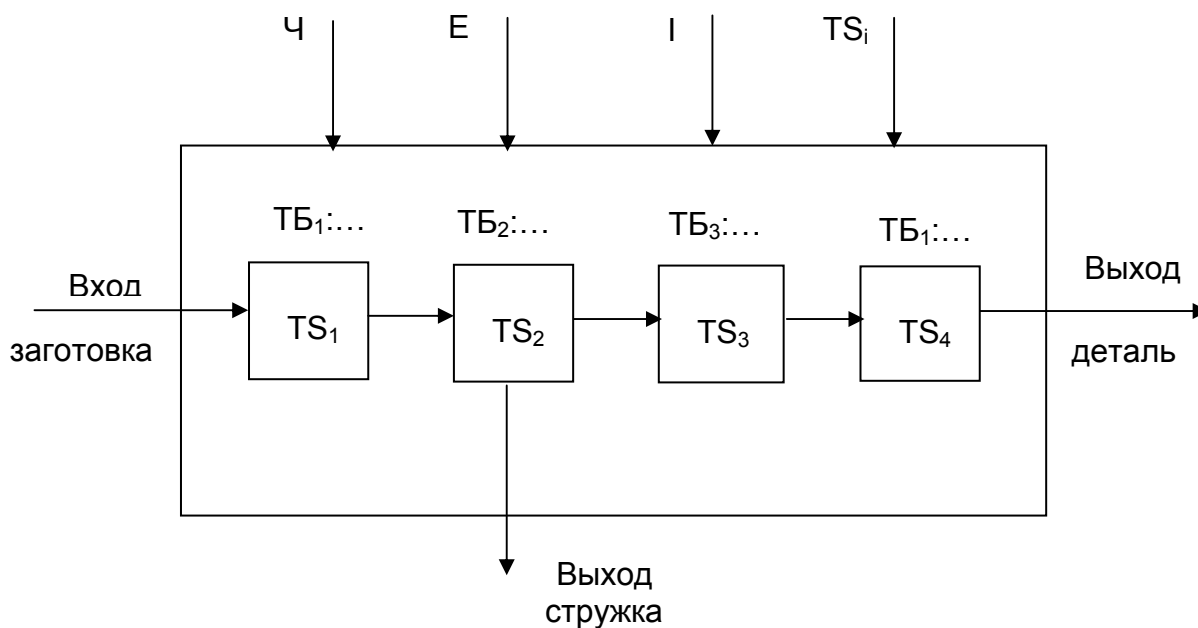
снятием излишнего слоя материала (резанием, травлением, оплавлением, эрозией и др.);

пластическим деформированием (ковкой, штамповкой, прокаткой и др.);

нанесением поверхностного слоя материала (наплавлением или напылением).

В соответствии с заданной геометрической формой детали, которая должна быть получена как совокупность конечных свойств или состояния операнда, определяются частичные преобразования и соответствующие им способы. Так, например для обработки детали, представляющей собой тело вращения (вал, втулка, диск и т.п.), может быть предложено точение (токарная обработка), если деталь содержит плоские поверхности (пазы, лыски) – фрезерование и т.п.

В последовательности частичных преобразований форм может быть перерыв для выполнения другого базового преобразования, связанного, например, с изменением состояния обрабатываемого материала. Например, термическая обработка после черновой механической обработки перед отделочными операциями (перед чистовым шлифованием). Таким образом, структурную модель технологического процесса изготовления детали можно представить в виде (рис. 3).



**Рис.3. Модель технологического процесса изготовления детали**

Операторы – технические системы (средства, которыми осуществляются преобразования):

TS<sub>1</sub> – транспортная система (тележка, транспортер, конвейер и т.п.);

TS<sub>2</sub> – обрабатывающая система – оборудование (токарный или иной станок);

TS<sub>3</sub> – система контроля (измерения);

TS<sub>4</sub> – транспортная система (стеллаж для деталей и т.п.).

Базовые технологии:

TB<sub>1</sub> – изменение положения заготовки – транспортирование;

ТБ<sub>2</sub> – изменение формы снятием слоя материала, например точением;

ТБ<sub>3</sub> – определение значения информации о фактическом состоянии геометрических размеров окончательным измерением.

Частичные технологии (действия), например:

ТБ<sub>1</sub>:

ТБ<sub>11</sub> – взять заготовку;

ТБ<sub>12</sub> – установить, закрепить в приспособлении станка;

ТБ<sub>13</sub> – снять.

ТБ<sub>2</sub>:

ТБ<sub>21</sub> – включить станок;

ТБ<sub>22</sub> – включить привод главного движения.

**Общие принципы разработки конкретного технологического процесса:**

1. Базовая технология определяется операндами, состояние которых необходимо изменить.

2. Описание состояния операнда должно быть достаточным для определения условий превращений. Последовательные входы и выходы техпроцесса для одной базовой технологии – однородными, так как рассматривается изменение состояния одного и того же операнда.

3. Выход формируется с тех изменяемых свойств, которые поступают на вход.

4. Перечень операндов должен быть полным, включая псевдооперанды (мнимые операнды): энергия, информация, материалы и т.п.

5. Технологический процесс охватывает операции с операторами по всем базовым и частичным превращениям (для учета вспомогательных операций).

6. Модель процесса может содержать сопутствующие побочные процессы, выполняемые внешними подсистемами (снабжение, транспортирование, управление процессом, наладка, ремонт станков и др.)

7. Необходимо учитывать условия расположения процесса в пространстве и во времени, обуславливается состояние параметров места

выполнения процесса (давление, температура, скорость, мощность и т.п.).

8. Степень детализации входных превращений (описание процесса) должно быть одинаковой (если в библиотеке данных отсутствуют стандартные описания).

9. Контроль и определение степени соответствия полученного процесса осуществляется по тестам (анализом вопросов):

все ли свойства операнда учтены;

достаточно ли операций для формирования этих свойств;

возможна ли замена операций другими;

целесообразно ли разделение или объединение операций?

10. Текстовые описания должны отражать степень детализации процесса. При этом используется глагол, означающий действие, и объект превращения.

Например: включить станок, точить поверхность, измерить диаметр 20 мм и т.п.

### **Тема 3. Основы создания ресурсосберегающих и безотходных технологий**

#### **Значение материальных ресурсов в жизнедеятельности человека**

Для производства требуемого продукта необходимо взаимодействие трех составных частей: рабочей силы, предметов труда (сырье, материалы, полуфабрикаты, комплектующие, энергоресурсы, информация и др.) и средств труда (оборудование, промышленные сооружения, машины и др.).

Комплекс рабочей силы, предметов и средств труда представляют производственные ресурсы, без которых производственный процесс не совершается. В свою очередь, различают материальные, сырьевые, энергетические ресурсы и ресурсы рабочей силы. В общем случае материальные ресурсы представляют собой комплекс вещевых элемен-

тов, энергии, информации, предназначенных для обработки в процессе производства с помощью орудий труда. Они состоят из материалов, полученных непосредственно из внешней среды, а также материалов, прошедших предварительную обработку (сырье и сырьевые материалы).

*Сырье* – это предметы труда, на добычу и производство которых затрачен труд. В процессе переработки они изменяют натуральную форму, получают новые качественные свойства. Традиционно это результаты работы сырьедобывающих отраслей.

*Материалы* – это предметы труда, прошедшие переработку в обрабатывающих отраслях (чугун, титановые, алюминиевые сплавы, бензин и др.). Природные продукты, которые могут использоваться в производстве, создают природные ресурсы (вода, воздух, земля, минералы и др.).

Отсутствие или ограниченное наличие какого-нибудь из перечисленных ресурсов создает общенациональную или даже глобальную проблему, связанную с экономической независимостью государства и нации.

Решение экономических, социальных и политических проблем, задач общества, условий и перспектив его развития находятся в прямой зависимости от состояния и объема использования имеющихся материальных ресурсов (потенциала).

Проблему дефицита материальных ресурсов решить невозможно без риска утратить национальные государственные приоритеты.

Современная стадия развития цивилизации характеризуется ростом объема выпуска продукции при снижении затрат, что определяет необходимость повышения эффективности использования ресурсов на основе ресурсосберегающих и безотходных технологий.

Повышение эффективности производства может проявляться в росте национальной прибыли на единицу сопутствующих затрат. Национальная прибыль (НП) – это разность между ВВП и затратами на его производство, транспортирование, складирование, хранение, оборот. Повышение НП свидетельствует об улучшении использования национального богатства страны. В структуре НП: вновь образованные цен-

ности (чистая продукция) – 10.....30%; материалы и сырье ~ 30%; энергия всех видов – до 20%; затраты на оборудование – до 20%. Ситуация осложняется тем, что увеличиваются масштабы использования традиционных видов сырья, полезных ископаемых, энергоресурсов, которые восстанавливаются в течение продолжительного времени. Так, например, для Украины критичными в использовании являются запасы нефти – до 2020 г., олова, меди, цинка, вольфрама – до 2050 г., никеля, молибдена – до 2070 г. Эти обстоятельства ставят человечество перед необходимостью решения двух проблем.

1. Поиск технологий, исключающих или уменьшающих потребность в этих ресурсах.

2. Создание природовосстанавливающих технологий.

Нарушение хозяйственно-технологических связей между регионами бывшего СССР обострили ресурсные и экологические проблемы. Это привело к увеличению срока выхода из экологического, энергетического, сырьевого кризиса приблизительно в 2 – 3 раза.

Такая ситуация для Украины ставит особо актуальные задачи, связанные с рациональным использованием ресурсов в режиме их жесткой экономии и сохранения.

### **Оценка использования материальных ресурсов**

Качество использования затраченных труда, средств, материалов и др. видов ресурсов оценивается по величине достигнутого эффекта. Для соотношения полезности использования данного вида ресурса в различных отраслях, технологических процессах или изделиях применяется понятие *эффективности* ресурса.

Для этого определяется значение достигнутого эффекта на единицу затрат ресурса, то есть:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}}{P_i}. \quad (1)$$

Для расчета эффективности и ее отдельных составляющих пользуются дифференцированными показателями: трудо-, материало-, фондо-, капиталоемкостью производственного продукта или полученного эффекта.

*Трудоемкость* – это величина затрат живого труда на единицу национальной прибыли, чистой товарной продукции или продукции в натуральном выражении. Например, время, затраченное рабочим на изготовление детали, сборку узла (мин/шт.).

*Материалоемкость* – количество материала, затраченное на единицу продукции. Материальность отражает эффективность использования затраченных предметов труда (основных и вспомогательных материалов, сырья, топлива, энергии).

*Энергоемкость* продукции рассчитывается как отношение сопутствующих годовых затрат топливно-энергетических ресурсов (пересчитываются в тонны условного топлива) к объему производства, национальной прибыли страны или валовой продукции отрасли предприятия.

*Фондоемкость* характеризует эффективность использования производственных фондов (основных и оборотных), рассчитывают как отношение их величин за отчетный период к объему производства. Обратная величина называется *фондоотдачей*, которая представляет отношение части стоимости (прибыли) к гривне, доллару. Эти показатели отражают организационное и экономическое состояние предприятия или отрасли.

*Капиталоемкость* продукции – это отношение объема капитала, который вложено в производство, к приросту объема продукции, вызванного этим вложением. Обратное значение – *капиталоотдача*.

Использование дифференцированных показателей позволяет оценить состояние по данному виду ресурса и наметить пути совершенствования техники и технологии. Например, снижение материалоемкости национальной прибыли Украины на 5÷6% эквивалентно экономии 3 млн. тонн стали, уменьшение энергоемкости на 8% - приблизительно 40 млн. тонн условного топлива. Таким образом, чем ниже трудоемкость и материалоемкость, выше производительность труда и



больше выпуск продукции на единицу ресурса, тем эффективнее производство, отдельная машина или конкретная технология.

### **Основные пути ресурсосбережения в промышленности**

Ресурсосбережение как система мер, направленных на абсолютное и относительное уменьшение затрат ресурсов, должно охватывать весь жизненный цикл изделия. Анализ баланса ресурсов в системах производства, связанного с ним потребителя и источника поступления (окружающая среда) показывает, что для сохранения равновесия во внешней среде масса затрат ресурса должна обновляться за счет отходов, что поступают со сферы производства и от потребителя. Это обеспечивает уравновешенное природопользование.

Сокращения затрат ресурсов можно достичь:

Уменьшением потребления, например, за счет увеличения долговечности (качества) изделия;

Снижением размеров отходов благодаря техническим и технологическим решениям;

Увеличением возраста вторичных ресурсов;

Уменьшением массы изделий за счет совершенствования конструкции.

Условия минимальных затрат ресурсов устанавливают следующие пути ресурсосбережения в промышленности:

обеспечение экономии всех видов ресурсов на этапе выбора проектных решений, учитывающих условия производства, эксплуатации, обслуживания, ремонта и т. д. Противоречие требований определяет выбор обобщающих критериев оптимизации или минимум затрат остродефицитного ресурса в вещевом выражении;

использование комплексных и безотходных технологий;

введение в оборот вторичных ресурсов, как основного, так и вспомогательного производств;

повышение эффективности использования традиционных материалов (за счет рациональности конструкции и более целесообразного использования их качеств при производстве);

создание новых материалов – заменителей;

использование систем нормирования затрат ресурсов.

Практикой проектирования и изготовления изделий установлены эффективные методы и меры снижения затрат (например ЕСТПП, ГОСТ14.201-83):

увеличение серийности за счет стандартизации, унификации, конструктивного подобия, ограничения номенклатуры решений;

использование конструктивной наследственности (освоенных, проверенных конструктивных решений);

применение стандартной технологической оснастки, оптимального уровня автоматизации и механизации производства;

использование решений, обеспечивающих уменьшение затрат времени при эксплуатации и ремонте.

Для снижения материалоемкости предусматривается:

использование рационального сортамента и марок материалов, рациональных способов получения заготовок, методов и режимов управления деталей;

использование прогрессивных решений, позволяющих повысить ресурс изделий;

использование мало – и безотходных технологических процессов;

разработка рациональной компоновки изделий, сокращающие затраты материалов при монтаже;

использование научно обоснованных запасов прочности, новых методов вычислений, расчетов и испытаний изделий.

Таким образом, уже на уровне стандартов предусматривается необходимый комплекс решений для обеспечения ресурсосбережения на стадии проектирования. Рационально спроектированная конструкция машины оптимизированной по критерию максимального эффекта на единицу затраченных ресурсов.

Главными проектными и производственными решениями с точки зрения экономии ресурсов являются те, которые обеспечивают повышение показателей качества, расширение многофункциональности использования, повышение долговечности сроков межремонтных периодов, ремонтпригодности продукции. Основным источником экономии ресурсов, которую дает повышение качества промышленной продукции, является снижение потребностей в оборудовании и машинах, сокращение простоев техники, уменьшение объема материальных затрат на производство и эксплуатацию, ремонт, транспортирование, сохранение и т.п. Улучшение качества позволяет на конечной стадии более высокопроизводительное изделие большей надежности и меньшей массы.

Для снижения затрат энергоресурсов большое значение имеет освоение энергосберегающих технологий, т.е. создание систем, которые обеспечивают уменьшение энергоемкости выпускаемой продукции.

Наиболее привлекательными можно считать два направления решения проблем ресурсосбережения.

1. Развитие регенерационного производства для повторного использования отходов. Например, производство бумаги из вторсырья сохраняет 75 - 95% энергии по сравнению с прямым производством. В мире из вторичного сырья (промышленных и бытовых отходов) производится 45% бумаги, 50% никеля и серебра, 40% меди и стали, 45% свинца, 20% алюминия. Отходы становятся существенной частью национальных ресурсов.

Реальной может стать ситуация, когда отходы станут одним из главных источников сырья материалов, а природные ресурсы будут играть роль резервного источника.

2. Разработка новых и усовершенствование существующих конструкционных материалов. Это направление более весомо, чем расширение поиска полезных ископаемых. Особое значение приобретают композиционные и керамические материалы, пластмассы; применение технологий нанесения специальных покрытий с управляемыми свойствами.

Таким образом, решение проблем ресурсосбережения должно быть тесно связано с уравновешенным, сбалансированным природопользованием.

### **Основные факторы и направления экономии ресурсов**

Высокая стоимость материальных ресурсов и ограниченные возможности их обновления определяют одно из главных направлений – всестороннюю экономию и рациональное использование ресурсов.

Основной путь экономии материалов, сырья, топлива (материальных ресурсов) состоит в разработке и использовании ресурсосберегающих техники и технологии.

К основным факторам экономии относят:

повышение надежности и долговечности машин для уменьшения их общей массы и затрат ресурсов для создания дублеров;

улучшение потребительских свойств продукции;

ускорение оборота ресурсов за счет уменьшения складских запасов, незавершенного производства;

замену традиционных материалов на более эффективные, обеспечивающие уменьшение массы машины, а также улучшение использования традиционных материалов;

усовершенствование существующих и использование малоотходных и ресурсосберегающих технологий для уменьшения фактических затрат материальных ресурсов;

использование прогрессивных норм затрат ресурсов.

### **Место технологий в ресурсосбережении и инженерные методы экономии ресурсов**

Использование принципиально новых технологических процессов и средств труда, являющихся результатом НТП, уменьшает удельные затраты ресурсов и ускоряет переоснащение всего процесса производства на основе создания технологических систем. Такие системы объ-

единяют в единый комплекс машины, построенные по принципам автоматизации и непрерывности процессов, а также применение электроники, то есть создаются гибкие переналаживаемые производства и технологические модули.

Концепцией развития технологии является создание малооперационных технологически замкнутых процессов, обеспечивающих комплексное использование сырья, материалов и охрану внешней среды при интенсификации производства на основе достижений мирового НТП.

Медленные темпы снижения затрат ресурсов, например в машиностроении, объясняется преобладанием стружкообразующих обрабатывающих процессов и оборудования. Величина характерного при этом  $K_{им}$  зависит от вида обрабатываемой заготовки (для проката – 0,65, штамповки – 0,53, точного литья – 0,85), то есть от комплекса технологий, применяемых в технологической системе.

Более перспективными с точки зрения ресурсосбережения являются технологии, вытесняющие механическую обработку резанием, или уменьшающие ее объем, повышающие  $K_{им}$ . Примером может быть давление с применением прокатных вальцованных станков, холодное и горячее выдавливание, холодная высадка, высадка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), импульсная штамповка, а также раскатка, накатывание, упрочнение изменение сварных и сварно-сборных конструкций, наплавление, нанесение покрытий с управляемыми свойствами при сочетании с обработкой на станках с ЧПУ и др. НТП в области литья, например, литье в оболочковые формы и пленочно-вакуумные за счет высокой точности и качества обеспечивает экономию 200 – 300 кг металла на каждую тонну пригодного литья. Использование одной тонны отливок по выплавляемым моделям, сохраняет две тонны металлопроката, до 120 кВт электроэнергии, снижает капиталоемкость и трудоемкость изготовления деталей.

Любой продукт технологии реализует свои функции благодаря израсходованным на его создание материальным и топливно-энергетическим ресурсам, и после завершения жизненного цикла практически не восстанавливает взятое из природы, то есть нарушает ее

равновесное состояние. Поэтому особое значение для обеспечения ресурсосбережения имеет инженерный проект – рациональное конструирование, которое должно базироваться на следующих принципах:

улучшение технико-экономических параметров и характеристик изделия по назначению;

использование прогрессивных технологий и материалов;

применение прогрессивных методов и средств конструирования;

обеспечение технологичности конструкции изделия.

### **Основные принципы создания новых технологий**

На любой стадии развития основой будут НТП на базе новых технологий, а также сформулированные целостные технологические системы, объединяющие производство и управление различных уровней.

*Общие принципы создания новых технологий следующие:*

количество операций для создания продукта должно быть минимальным при одновременном условии их концентрации на одном рабочем месте;

одноступенчатый переход от начального состояния (сырье, полуфабрикат, заготовка) к продукту;

размеры заготовок должны максимально приближаться к размерам детали, а детали к конечному изделию (монолитность);

принятый процесс превращения энергии или вещества не должен сопровождаться дополнительным подводом энергии или технологический процесс должен осуществляться без внешних источников энергии;

предпочтение следует давать процессам, выделяющим энергию, которую можно утилизировать для других процессов;

все частичные процессы по месту, времени и выполнению необходимо объединить в один комплексный процесс с соответствующим оборудованием;

затраты на технологическую подготовку производства, технологические средства не должны превышать критические по объему и времени;

процессы должны обеспечивать уравновешенное или природозащитное пользование.

Таким образом, в идеальном ресурсосберегающем процессе: все операции выполняются автоматически на одном рабочем месте; действия реализуются за счет внутренней энергии с утилизацией ее остатков;

управление процессом обеспечивается саморегулированием; одноступенчатый переход от начального состояния (сырье, полуфабрикат) к конечному продукту;

масса конечного продукта соответствует начальному.

## **РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

### **Тема 4. Основные понятия и определения технологии машиностроения.**

#### **Изделие и его элементы**

*Изделие* – любой законченный объект производства, изготавливаемый на предприятии (или подлежащий изготовлению).

*Изделия машиностроения* – различные машины или их элементы (механизмы). *Технология машиностроения* – это наука о производстве машин в определенном количестве, определенного качества в соответствующие сроки с минимальными трудовыми и материальными затратами.

*Машина* – механизм (сочетание механизмов), осуществляющий целесообразное движение для преобразования энергии или производства работ (преобразование материалов, информации).

В зависимости от характера выполняемых работ различают:

*машины-генераторы*, которые преобразуют механическую в другой вид энергии (например, в электрическую – динамо-машина, сжатого воздуха – компрессоры);

*машины-двигатели* (энергетические машины), преобразующие тепловую, электрическую или иную энергию в механическую работу – электродвигатели, паровые, гидравлические и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания;

*машины-орудия* (технологические машины) – машины, служащие для выполнения технологических операций обработки материалов, изготовления изделий (прессовое оборудование, токарные и металлорежущие станки, автоматические линии и др.);

*транспортирующие машины* – машины для перемещения грузов;

*управляющие* – машины или система, служащие для управления агрегатами (или другими машинами) взаимосвязанными между собой и с ЭВМ.

Изделия в зависимости от их назначения делят на изделия основного и вспомогательного производства. К изделиям *основного производства* относятся изделия, предназначенные для внешней реализации; *вспомогательного производства* – для собственных нужд предприятия-изготовителя.

Установлены следующие виды изделий (ГОСТ 2.101.-68): детали, сборочные единицы (узлы), комплексы, комплекты.

*Деталь* – изделие или часть его, изготавливаемая из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Деталь, участвующая в сборке, содержит сопрягаемые (контактируемые с поверхностями других деталей) и несопрягаемые (свободные) поверхности.

*Базовые детали* – это детали с сопрягаемыми поверхностями, которые обеспечивают при сборке относительное положение других деталей.

*Сборочная единица* – изделие (или его часть), составные части которого подлежат соединению, то есть сборке свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т.п.

С технологической точки зрения сборочная единица собирается отдельно, независимо от других элементов, и в дальнейшем в процессе сборки выступает как одно целое.



Структуру изделия можно упрощенно представить в виде схемы сборочных элементов (рис. 4). Сборочные единицы, входящие непосредственно в изделие, называются *сборочными единицами 1-го порядка*. Сборочные единицы, которые входят в сборочные единицы 1-го порядка, называются *сборочными единицами 2-го порядка* и т.д. Отдельные детали, например, крепежные элементы (винты, болты, гайки, шайбы, шпильки и т.п.) могут входить в сборочные единицы любого порядка или непосредственно в изделие.

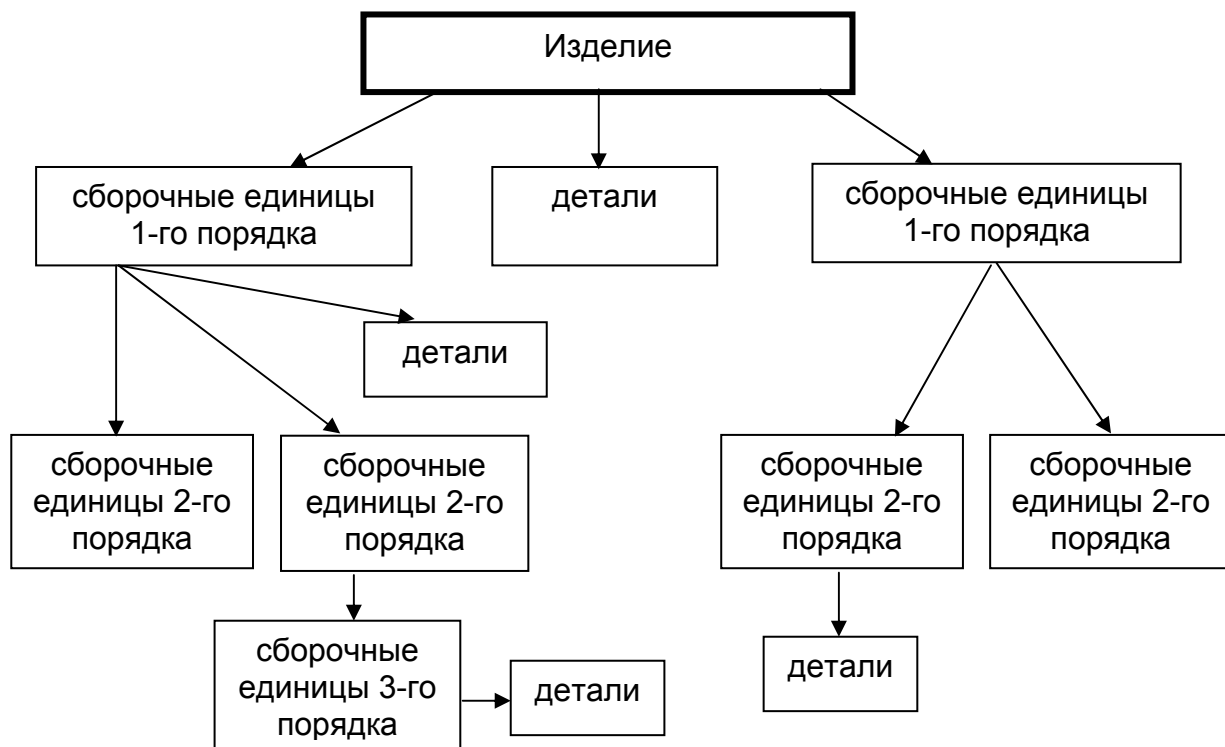


Рис. 4. Структура изделия

Различают конструктивные, технологические и конструктивно-технологические сборочные единицы.

*Конструктивные сборочные единицы* проектируются по функциональному признаку без учета особенностей самостоятельности сборки.

*Технологические сборочные единицы* – это сборочные единицы, которые могут быть собраны самостоятельно из составных частей изделий, а выполнять функциональное назначение только совместно с другими частями изделия.

*Конструктивно-технологические сборочные единицы* представляют собой наилучший вариант конструкции изделия. Они проектируются по функциональному признаку и вместе с тем допускают самостоятельность сборки. Примеры: вентили, коробка передач.

Изделия, состоящие из конструктивно-технологических сборочных единиц, называются *блочными* или *агрегатными*.

*Агрегат* – сборочная единица, способная выполнять в изделии самостоятельно определенную функцию, допускающая возможность независимой, самостоятельной сборки и обладающая полной взаимозаменяемостью.

Объектами производства машиностроительных предприятий могут быть комплексы и комплекты. *Комплексы* включают в себя 2 и более изделий, не соединенных на заводе-изготовителе сборочными операциями, но выполняющие общие взаимосвязанные эксплуатационные функции. В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, входят детали и сборочные единицы, выполняющие вспомогательные функции. *Комплекты* включают два и более изделий, также не соединенные на заводе-изготовителе, представлены набором изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. *Комплектующие изделия* – это изделия, изготавливаемые на предприятии-поставщике и применяемые как составляющая часть выпускаемого изделия.

## **Производственный и технологический процессы**

*Производственный процесс* – это совокупность взаимосвязанных действий человека и оборудования, направленных на превращение исходных сырья, материалов, полуфабрикатов в готовое изделие, соответствующее определенному служебному назначению.

В производственный процесс входят основной и вспомогательный процессы.

*Основные процессы* – это те процессы, которые непосредственно связаны с изготовлением деталей и со сборкой изделий.

*Вспомогательные процессы* – это процессы, обеспечивающие возможность изготовления продукции.

Производственный процесс включает маркетинговые исследования, заключение договоров поставок, подготовку средств производства, организацию и обслуживание рабочих мест, получение, хранение полуфабрикатов, стадии изготовления деталей, процессы сборки изделия, транспортировку заготовок (деталей, изделий), операции хранения и др.

*Технологический процесс* – это часть производственного процесса, связанная с последовательным изменением формы, размеров, свойств, внешнего вида предметов производства и их контролем.

Технологический процесс имеет свою структуру, осуществляется на рабочих местах с применением средств производства.

*Рабочим местом* называют часть производственной площади, на которой располагаются исполнитель работы с единицей обслуживаемого технологического оборудования и оснащением.

Технологическое оборудование и оснащение образуют средства машиностроительного производства.

*Технологическое оборудование* – это орудия производства, средства воздействия на материалы или заготовки и источники энергии, обеспечивающие выполнение определенной части технологического процесса (металлорежущие станки, термические печи, литейные машины и др.).

*Технологическая оснастка* – это орудия производства, используемые вместе с технологическим оборудованием и прилагаемые к нему для выполнения определенной части технологического процесса (режущий, измерительный инструмент, штампы, приспособления, литейные формы и др.).

### **Классификация технологических процессов**

Вид технологического процесса определяется количеством изделий, охватываемых процессом. Это может быть одно изделие, группа

однотипных или разнотипных деталей. Технологические процессы классифицируются по нескольким признакам.

По степени унификации:

*единичный технологический процесс* – это процесс изготовления одного изделия определенного наименования и типоразмера. Применяется для изготовления оригинальных изделий без общих конструктивных и технологических признаков с ранее изготавливаемыми на предприятии;

*унифицированный технологический процесс* относится к обработке группы общих по конструктивно-технологическим признакам деталей. Унифицированные технологические процессы бывают типовые и групповые;

*типовой технологический процесс* – это процесс обработки группы деталей с общими конструктивными и технологическими признаками. Характеризуется общностью содержания и последовательностью большинства операций;

*групповой технологический процесс* – это процесс обработки группы деталей с различными конструктивными, но с общими технологическими признаками. Он представляет собой совокупность технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута обработки определенной группы изделий. *Специализированное рабочее место* – это рабочее место, предназначенное для изготовления одной или нескольких деталей при общей наладке в течение длительного времени.

По уровню достижений науки и техники:

*перспективный технологический процесс* – это процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники;

*рабочий технологический процесс* – это процесс, выполняемый по рабочей конструкторской и технологической документации для изготовления конкретного изделия.

По стадии разработки, состоянию ТПП и стандартизации:

*проектный технологический процесс* – это процесс, выполняемый по предварительному проекту технологической документации до постановки на производство;

*временный технологический процесс* – это процесс, применяемый на предприятии в течение ограниченного времени (до замены более совершенным). Он применяется из-за отсутствия необходимого оборудования или других производственных условиях;

*стандартный технологический процесс* – это процесс, который устанавливается стандартом.

По содержанию операций:

*комплексный технологический процесс* – это процесс, в состав которого входят основные операции и операции перемещения, контроля, очистки, мойки и т.д.

### **Структура технологического процесса**

Технологические процессы определяются методами их выполнения: процессы механической обработки, литья, термообработки, сборки, сварки, штамповки и др.

Процесс обработки резанием, включает следующие элементы: операции, переходы, ходы, установовы, позиции, приемы. Основой технологического процесса является операция.

*Технологическая операция* – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция представляет собой согласованные действия рабочего и оборудования, может выполняться на одном оборудовании или комплексе (автоматической линии). Операции служат основой для определения трудоемкости обработки, количества единиц оборудования, производственных площадей, материально-технического обеспечения. Технологический процесс включает основные (технологические) и вспомогательные операции. Технологическая операция состоит из переходов (технологических и вспомогательных) и ходов (рабочих и вспомогательных). *Технологический переход* – это законченная часть операции, выполняемая одним или несколькими режущими инструментами по обработке одной или нескольких поверхностей. *Вспомогательный переход* – это законченная часть операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования,

не связанных с изменением свойств, форм, размеров, внешнего вида (смена режущего инструмента, установка-закрепление заготовки, наладка).

Операция может состоять из одного или нескольких переходов, которые выполняются параллельно, последовательно или параллельно – последовательно.

*Ход рабочий* – это законченная часть перехода, связанная с однократным перемещением режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности. *Вспомогательный (холостой) ход* – это часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и необходимая для обеспечения рабочего хода. Установы и позиции имеют место при обработке, сопровождаемой изменением положения обрабатываемой заготовки. *Установ* – это часть операции, выполняемая при неизменном закреплении заготовки. *Позиция* – это фиксированное положение заготовки относительно режущего инструмента или неподвижных частей станка. *Прием* – это законченное целенаправленное действие (или их совокупность) рабочего при выполнении операции (перехода): закрепление заготовки, режущего инструмента и т.п.

## Типы производств

Производство в соответствии с ГОСТом 14.004–83 подразделяется на 3 типа: единичное, серийное, массовое.

Такое условное деление обуславливается производственной программой выпуска изделий, их характером, широтой номенклатуры, регулярностью, техническими и экономическими условиями.

*Единичным* называется такое производство, при котором изделия изготавливают единичными экземплярами, разнообразными по конструкции и размерам, то есть широкой номенклатуры. Такое производство характеризуется большой гибкостью, так как содержит парк универсального оборудования, позволяющего изготовить широкую номенклатуру изделий, применяется универсальный режущий инструмент,

стандартные приспособления. Применяется единичное производство в тяжелом, транспортном, энергетическом, металлургическом машиностроении, судостроении, химической промышленности. Характерна сравнительно высокая себестоимость изделий.

*Серийное* производство характеризуется тем, что изделия изготавливаются сериями (количество машин) или партиями (количество деталей), запускаемых в производство одновременно. Применяются универсальные и специальные станки. В зависимости от количества изделий в серии, производство условно подразделяется на три подтипа (табл. 1).

Таблица 1

### Подтипы серийного производства

Тип производства	Количество изделий (машин) в серии		
	крупные	средние	малые
Мелкосерийное	от 2 до 5	от 6 до 25	от 10 до 50
Среднесерийное	от 6 до 25	от 26 до 150	от 51 до 300
Крупносерийное	свыше 26	свыше 151	свыше 300

*Мелкосерийное* производство приближается к единичному по технологическим признакам (универсальное оборудование, режущий, измерительный, вспомогательный инструмент).

*Крупносерийное* приближено к массовому производству, с достаточно широким применением, наряду с универсальным, специального оборудования, оснастки режущего и измерительного инструмента, агрегатные станки.

В серийном производстве производится более 80% машин (машины легкой, пищевой, деревообрабатывающей, инструментальной промышленности, станкостроение). Оно наиболее распространенное.

*Массовое* производство – это производство, при котором ограниченная номенклатура изделий выпускаются непрерывно в течение длительного времени. Характерным признаком является наличие большого числа узкоспециализированных рабочих мест, на которых выполняется только одна операция (производство автомобилей, тракторов, велоси-

педов, электродвигателей, швейных машин и др.). В массовом производстве обработка осуществляется на специальном оборудовании, на агрегатных станках, автоматах, полуавтоматах, на автоматических линиях, применяется специальный режущий инструмент, в том числе средства активного и автоматического контроля, специальные приспособления.

По ГОСТ 3.1119–83 для определения типа производства пользуются *коэффициентом закрепления операций* (табл. 2):

$$K_{з.о.} = O/P, \quad (2)$$

где O – число операций;

P – число рабочих мест.

Таблица 2

### **Значение $K_{з.о.}$ для различных типов производства**

Производство	$K_{з.о.}$
Массовое	1
Крупносерийное	от 1 до 10
Среднесерийное	от 10 до 20
Мелкосерийное	от 20 до 40
Единичное	свыше 40

## **Тема 5. Качество продукции машиностроения**

### **Общие сведения о качестве продукции и ее оценка**

В современных условиях мировой рынок выдвигает жесткие требования к качеству поступающей на него продукции. Последовательная интеграция государств в мировое экономическое сообщество требует целенаправленной политики по созданию государственной системы стандартизации, метрологии, сертификации и управления качеством.



О важности качества говорит уже тот факт, что ООН с 1990 года 9 ноября введен и отмечается «День качества».

Оценка качества – сфера деятельности *квалиметрии* – науки, основанной на совокупности методов и средств количественной оценки качества. Квалиметрия неразрывно связана со стандартизацией и метрологией.

Важная роль принадлежит *метрологии* – науке об измерениях (теория, единицы, эталоны, образцовые средства измерения).

Продукция обладает высоким качеством, если она соответствует требованиям *стандартов* (нормативно-технических документов). Соответствие стандартам подтверждается *сертификацией*.

В условиях рыночной экономики сертификация реально влияет на качество товаров, поскольку сертифицированная продукция лучше реализуется. С 1993 года в целях защиты прав потребителя в Украине действует Система сертификации продукции (УкрСЕПРО).

Для обеспечения качества продукции в международной практике применяются стандарты серии ISO 9000 (изданные в 1987 году, они совершенствовались и переиздавались).

На Украине эти стандарты получили статус национальных с обозначением ДСТУ ISO – 9000 – 96 – ДСТУ ISO – 9004 – 95.

Качество продукции является важнейшим критерием развития национальной экономики государства. Системное управление качеством в современных условиях является основным способом создания конкурентоспособной продукции.

*Качество* – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенным потребностям в соответствии со своим назначением.

Качество машин характеризуется рядом показателей, которые можно разделить на три группы.

1. *Технический уровень*, определяющий степень совершенства машины: мощность, КПД, производительность, экономичность, точность работы и др. Технический уровень зависит не только от конструкции, но и от технологии изготовления.

2. *Производственно-технологические показатели*, характеризующие технологичность конструкции (использование материалов, трудоемкость и др.).

3. *Эксплуатационные показатели*:

функциональность – способность реализовать показатели назначения;

надежность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность);

эстетичность (дизайн, товарный вид изделия);

эргономичность и экологичность, отражающие взаимодействия системы «человек – машина – среда»;

безопасность;

транспортабельность (приспособленность к транспортированию);

патентоспособность (правовая обеспеченность авторства).

Качество выпускаемой продукции обеспечивается исследованиями рынка, оптимизацией проектирования, передовой технологией и ее строгим соблюдением, применением компьютерных интегрированных технологий, автоматизацией и механизацией производства, качеством сырья и материалов, надежностью, технической эстетикой, технологичностью и ремонтпригодностью, технико-экономической эффективностью, патентной чистотой, качеством оборудования и технологической оснастки, технической подготовкой производства, научной организацией труда, метрологическим обеспечением и др.

### **Качество детали и его показатели**

Качество изделий (машин) обеспечивается соответствующими требованиями к качеству составляющих его деталей. Под *качеством детали* подразумевают точность размеров, отклонение от формы, взаимное расположение, состояние обработанных поверхностей.

Важной составляющей качества является *точность* – степень соответствия производимых изделий установленному эталону (соответствие требованиям чертежа). Точность понятие комплексное. Она обеспечивается на всех этапах технологического процесса.

Различают достижимую и экономическую точность.

*Достижимой точностью* называется такая точность, которую можно достичь данным методом, высококвалифицированным рабочим, на высокоточном оборудовании, высококачественным инструментом без ограничения времени обработки.

Под *экономической точностью* понимают точность, которая достигается при минимальной себестоимости на обычном оборудовании, рабочим соответствующей квалификации в нормальных производственных условиях.

При увеличении точности увеличивается себестоимость. Более высокая точность достигается применением трудоемких отделочных методов обработки, выполняемых высококвалифицированными рабочими, сложностью техпроцессов, дороговизной уникального оборудования и оснастки. Так, средняя экономическая точность чистового точения – IT9-IT10, чистового шлифования – IT7-IT8.

Под *точностью формы поверхности* понимают степень ее соответствия геометрически правильной форме (плоскостность, линейность, цилиндричность, круглость).

К погрешностям *взаимного расположения поверхностей* относят: несоосность, несимметричность, неперпендикулярность, биение (торцевое, радиальное), непараллельность.

Предельные отклонения (допуски) формы поверхности и взаимного расположения поверхностей указываются условными знаками на рабочих чертежах или оговариваются в тексте технических условий.

Качество обработанных поверхностей деталей характеризуется волнистостью, шероховатостью, состоянием поверхностного слоя (его упрочнением, остаточными напряжениями).

*Волнистость* – это совокупность регулярно повторяющихся выступов и впадин с отношением шага  $L$  к высоте  $H$  большим 40.

*Шероховатость* – совокупность неровностей с малым шагом ( $L/H < 40$ ), образующих рельеф поверхностей.

Устанавливаются параметры шероховатости:  $R_z$ ,  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ ,  $t_p$ . (рис. 5).

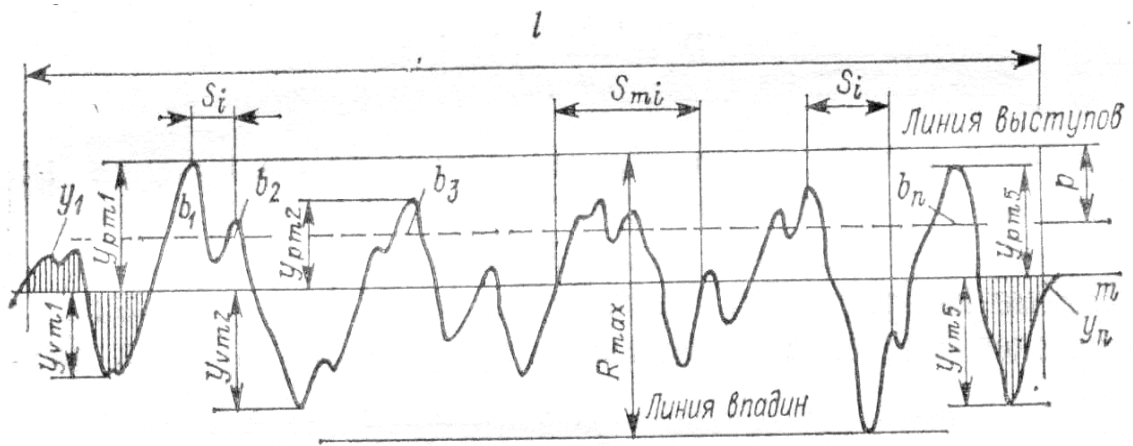


Рис. 5. Профилограмма поверхности для определения параметров шероховатости

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля шероховатости:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{N} \quad \text{или} \quad R_a = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} (y_i) dx. \quad (3)$$

$R_z$  – средняя высота неровностей по 10-ти точкам:

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 h; max. \quad (4)$$

$S_m$  – средний шаг неровности по средней линии:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_n. \quad (5)$$

$S$  – средний шаг неровности по вершинам выступов:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i. \quad (6)$$

$t_p$  – относительная опорная длина профиля;

$R_{\max}$  – максимальная высота неровностей (профиля) – расстояние между линиями выступов и впадин.

Параметры шероховатости назначаются конструктором, исходя из эксплуатационных требований к детали. Существуют нормативы на шероховатость в зависимости от точности соответствующих размеров поверхностей и от назначения.

На чертежах шероховатость обозначается знаками и параметрами (чаще всего  $R_z$  и  $R_a$ ):

Оценка параметров шероховатости может осуществляться прямым или косвенным методами.

*Косвенный метод* определения шероховатости поверхности заключается в визуальном сравнении шероховатости поверхности детали с поверхностью эталонного аттестованного образца.

*Методы прямого* контроля реализуются щуповыми или оптическими приборами.

Важные эксплуатационные характеристики деталей определяются качеством поверхностного слоя. Так, например, значительная шероховатость трущихся поверхностей приводит к интенсивному начальному износу, увеличению зазора трущейся пары, повышенному тепловыделению, удалению окисной пленки. С другой стороны, уменьшение высоты неровностей ниже оптимальных значений приводит к резкому износу из-за молекулярного сцепления и выдавливания смазки. В большинстве случаев поверхностное упрочнение (наклеп) способствует повышению износостойкости, как в условиях трения со смазкой, так и при сухом трении. Поверхностные остаточные напряжения в основном снижают коррозионную стойкость, но вместе с тем остаточное напряжение сжатия повышает усталостную прочность.

Кроме шероховатости поверхности, на ее качество существенное влияние оказывает *состояние поверхностного слоя*. Под действием силы резания происходят пластические деформации, которые вызывают упрочнение (наклеп). Оценка упрочнения поверхностного слоя можно производить измерениями микротвердости и определением ее интенсивности по глубине.

*Твердость* – это способность материала сопротивляться внедрению в него специального наконечника (индентора). Методы определения твердости: по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу и др.

*Интенсивность микротвердости* определяется выражением:

$$h = \frac{H - H_0}{H_0} 100\% , \quad (7)$$

где  $H_0$  – твердость исходного материала;

$H$  – твердость после наклепа.

С целью повышения износостойкости поверхностей деталей, работающих при знакопеременных нагрузках, в машиностроении применяются технологические методы поверхностного упрочнения (выглаживание, обкатка, обработка дробью).

При получении заготовок в их поверхностном слое образуются остаточные внутренние напряжения. *Остаточное напряжение* – это напряжение, которое существует в поверхностном слое без приложения внешних нагрузок. В заготовках они уравниваются в полном объеме. Для исключения деформации заготовок в процессе и после механической обработки применяются специальные методы, например: старение (искусственное, естественное).

### **Единая система допусков и посадок**

Для того чтобы деталь отвечала своему функциональному назначению, размеры ее поверхностей должны быть выполнены с достаточной точностью.

*Размер* – это числовое значение линейной величины в определенных единицах измерения. Размеры бывают номинальные, предельные, действительные.

*Номинальный* – это размер, который служит отсчетом предельных отклонений ( $D, L$  – отверстие;  $d, l$  – вал).

*Предельные размеры:* наибольший –  $D_{\max}, d_{\max}$ ,  
наименьший –  $D_{\min}, d_{\min}$ .

*Действительный* – это размер, который определяется непосредственно измерением с определенной точностью.

*Предельные отклонения* ( $ES, es$  – верхние;  $EI, ei$  – нижние) могут быть отрицательными, положительными или равными нулю.

*Допуск* – это разность между наибольшими и наименьшими предельными размерами или модуль разности предельных отклонений.

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = [es - ei]. \quad (8)$$

Допуск – всегда положительная величина

*Поле допуска* называют поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями, определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поля допуска проводят нулевую линию, которая определяет номинальный размер (рис. 6).

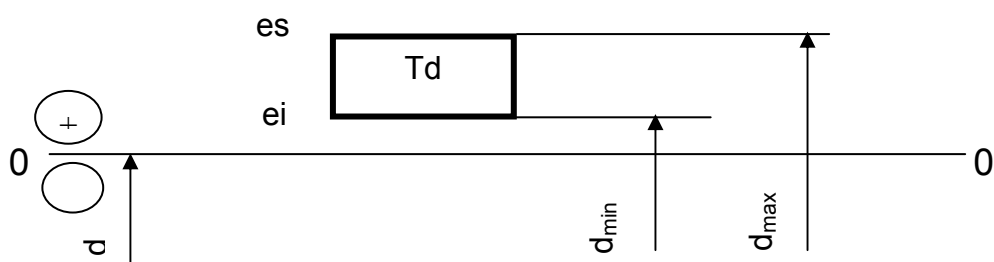


Рис. 6. Схема расположения поля допуска вала

То из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), что расположено ближе к нулевой линии, называют *основным* (ЕСДП – ГОСТ 25346-82 и др.). Основные отклонения определяют положение поля допуска относительно нулевой линии. Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита: заглавными – для отверстий, прописными – для валов. Буквенные обозначения основных отклонений образуют ряды, их по 27 для валов и отверстий.

Для нормирования требуемых уровней точности ЕСДП предусматривает квалитеты (0,1;0,1...17). По мере увеличения порядкового номера квалитета допуск увеличивается, а точность уменьшается.

*Квалитет* – совокупность допусков, характеризующих постоянство относительной точности, то есть допуски в пределах квалитета зависят только от номинальных размеров, а для каждого номинального размера допуск зависит от квалитета. Таким образом, величина допуска зависит от номинального размера и квалитета.

Согласно требованиям ЕСДП на чертежах все размеры указываются с предельными отклонениями.

Условное обозначение поля допуска состоит из обозначения основного отклонения и квалитета: валы – h6, d11, отверстия – H6, D8

Детали, участвующие в сборке, содержит сопрягающиеся и несопрягающиеся (свободные) поверхности. Две или несколько подвижно или неподвижно соединенных детали называются *сопрягаемыми*, а поверхности, по которым соединяются детали – *сопрягаемыми поверхностями*. Различают сопрягаемые поверхности: охватываемые и охватывающие.

*Вал* – это термин, применяемый для наружных охватываемых поверхностей. *Основной вал* – вал, у которого верхнее предельное отклонение  $es=0$  (обозначается h).

*Отверстие* – термин, применяемый для внутренних охватывающих поверхностей. *Основное отверстие* – отверстие, у которого нижнее предельное отклонение  $EI=0$  (обозначается H).

Поля допусков основных валов и отверстий располагаются «в тело».

*Посадкой* называется характер соединения деталей, определяющийся зазором или натягом. Различают зазоры и натяги: максимальные, минимальные и средние. Например, максимальный зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei. \quad (9)$$

Минимальный зазор:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es. \quad (10)$$



Средний зазор:

$$S_{cp} = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}. \quad (11)$$

*Посадка с зазором* – это такая посадка, когда при сопряжении двух сопрягаемых деталей образуется зазор.

*Посадка с натягом* – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении.

*Переходная посадка* – посадка, при которой из партии сопрягаемых деталей могут образовываться как зазоры, так и натяги.

Для всех типов посадок допуск посадки численно равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TS = S_{max} - S_{min}; \quad TN = N_{max} - N_{min}. \quad (12)$$

$$TS(TN) = TD + Td. \quad (13)$$

*Посадкой в системе отверстия* называется такая посадка, в которой различные зазоры и натяги обеспечиваются за счет различных валов с основным отверстием. На рис. 7 показан пример схемы полей допусков для таких посадок.

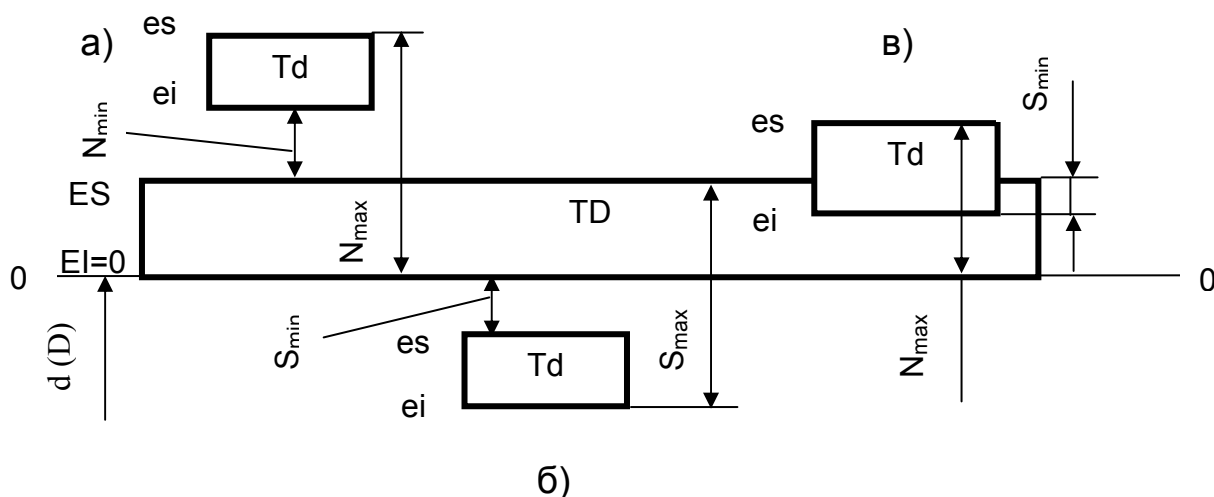


Рис. 7. Схема полей допусков посадок в системе отверстия: а) с натягом; б) с зазором; в) переходная

*Посадка в системе вала* – посадка, в которой различные зазоры и натяги получают соединение различных отверстий с основным валом. Предпочтение в машиностроении отдается посадкам в системе отверстия, так как процесс получения отверстий более трудоемок.

Условное обозначение посадки состоит из обозначения полей допусков отверстия и вала, которые записываются в виде дроби: в числителе – для отверстия, в знаменателе – для вала, например:

$40 \frac{H7}{g6}$  - посадка в системе отверстия;  $40 \frac{E8}{h7}$  - посадка в системе вала.

### **Предельные калибры для контроля гладких соединений**

При изготовлении деталей их действительные размеры по различным причинам могут выходить за пределы поля допуска. Годность детали по заданному размеру устанавливают либо путем измерения, либо путем контроля указанного размера.

Измерения (определение действительного размера) производятся в условиях единичного, мелкосерийного производства с помощью универсальных измерительных инструментов (штангенциркуль, штангенглубиномер), микрометрических инструментов. Контроль проверяемого размера производится с целью определения его годности или негодности без установления действительного размера в массовом и крупносерийном производстве. Контроль деталей от IT6...IT17 осуществляется предельными калибрами.

*Калибр* – это бесшкальный измерительный инструмент, предназначенный для контроля размеров, формы, взаимного расположения поверхностей деталей. Так как размер поверхности ограничен двумя предельными размерами, например для отверстия ( $D_{max}$  и  $D_{min}$ ), то для контроля нужно иметь два калибра: один из которых контролирует размер по наибольшему предельному размеру, а другой – по наименьшему. Поэтому такие калибры называют *предельными*.

*Проходной размер* – тот из двух предельных размеров, который соответствует большему количеству материала в изделии, то есть для

вала –  $d_{\max}$ , для отверстия –  $D_{\min}$ . Проходные предельные размеры контролируются проходными (ПР) калибрами.

Для контроля отверстий в изделиях применяются гладкие калибры–пробки, для контроля валов – калибры–скобы (редко кольца).

Расчет калибров сводится к определению исполнительных размеров их проходной (ПР) и непроходной (НЕ) частей. Для скоб проставляют наименьшие предельные размеры с положительным отклонением, для пробок – наибольший с отрицательным отклонением, то есть в «тело» калибра, что обеспечивает большую вероятность получения годных калибров. При расчетах используются соответствующие схемы расположения полей допусков калибров.

Так, например, для контролирующей отверстие калибр-пробки (рис. 8) исполнительные размеры:

$$\text{проходной ПР} = (\text{ПР}_{\max})_{-H} = (D_{\min} + Z + H/2)_{-H}; \quad (14)$$

$$\text{непроходной НЕ} = (D_{\max} + H/2)_{-H}. \quad (15)$$

На схеме обозначены:

$H$  – допуски на изготовление калибров (пробок и скоб);

$U$  – допуск на выход размера изношенной пробки за проходной предел отверстия;

$z$  – отклонение середины поля допуска калибра.

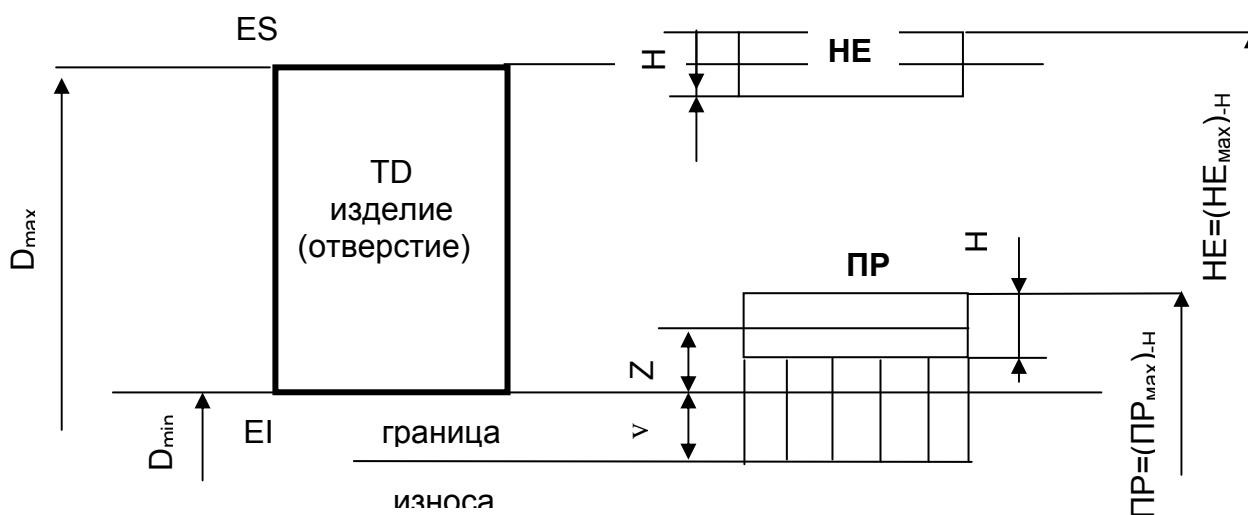


Рис. 8. Схема расположения полей допусков для контроля отверстия

## Тема 6. Точность обработки деталей машин

### Виды погрешностей и методы их расчета

Точность размеров поверхностей изделий, их формы, взаимного расположения, обеспечиваемая различными технологическими методами, служит основой для проектирования технологических процессов механической обработки. В этой связи анализ погрешностей (как меры точности), их расчет и классификация являются важнейшими вопросами технологии машиностроения. Точность изделия является важнейшей характеристикой его качества, так как повышение точности способствует повышению долговечности изделия, повышает надежность и конкурентоспособность.

При изготовлении заготовок, при механической обработке, контроле, сборке возникают различного рода погрешности, как отклонения параметров от требуемых.

В зависимости от причин их вызывающих погрешности можно разделить на следующие виды: систематические (постоянные и изменяемые закономерно) и случайные.

*Систематические постоянные* погрешности не изменяются при обработке заготовок в одной партии. Они возникают под воздействием постоянно действующих факторов (погрешности оборудования, оснастки, управляющих программ станков с ЧПУ).

*Систематические закономерно* изменяющиеся (функциональные) погрешности могут быть непрерывные и периодически повторяющиеся.

*Случайные погрешности* возникают в результате действия большого числа факторов не связанных между собой, их величину заранее определить невозможно.

Расчет погрешностей может осуществляться одним из методов:

*Расчетно-аналитический* метод применяется при изготовлении уникальных и точных изделий в условиях единичного и серийного про-

изводства. При этом расчеты сопровождаются применением эмпирических и аналитических формул.

*Вероятностно-статистический* – применяется при изготовлении большой партии и позволяет без раскрытия сущности процессов или явлений произвести оценки погрешностей (первичных и суммарных).

*Расчетно-статистический*, при котором часть первичных погрешностей определяется расчетно-аналитическим методом, а часть статистическим методом.

При различных методах механической обработки получаемые рассеяния размеров подчиняются некоторым математическим законам: нормального распределения (закон Гаусса), равной вероятности, равнобедренного треугольника (закон Симпсона), эксцентриситета (закон Релея) и др.

Закону Гаусса подчиняются погрешности деталей, полученные при обработке на настроенных станках, при квалитетах точности IT8 и грубее. Применение этого закона связано с тем, что суммарная погрешность формируется при одновременном воздействии многих первичных погрешностей, зависящих от станка, инструмента, приспособления, состояния заготовки (метода ее получения) и т.п. Уравнение кривой нормального распределения имеет вид:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_i - L_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (16)$$

где  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (L_i - L_{cp})^2 m_i}. \quad (17)$$

$L_{cp}$ . - среднее арифметическое значение действительных размеров заготовки данной партии:

$$L_{cp} = \frac{1}{n} \sum L_i \times m_i, \quad (18)$$

где  $L_i$  – действительный размер;

$m_i$  – число заготовок данного интервала размеров (частота);

$n$  – число заготовок в партии;

$e$  – основание натурального логарифма.

В качестве приближенной меры точности может служить поле рассеяния размеров  $\omega$ , которое можно принять по полигону измерений ( $L_{\max}-L_{\min}$ ). Кривая нормального распределения имеет симметричный характер с максимальным значением ординаты в точке соответствующей среднему арифметическому значению действительного размера (рис. 9 а).

В точках, удаленных на  $\pm 3\sigma$ , кривая асимптотически приближается к оси абсцисс. На практике принято, что площадь, заключенная между кривой и осью абсцисс и ограниченная полем рассеяния  $\omega = 6\sigma$ , приблизительно равна 1 (погрешностью 0,27%). Чем меньше  $\sigma$ , тем меньше поле рассеяния и кривая вытянута вверх (рис. 9 б).

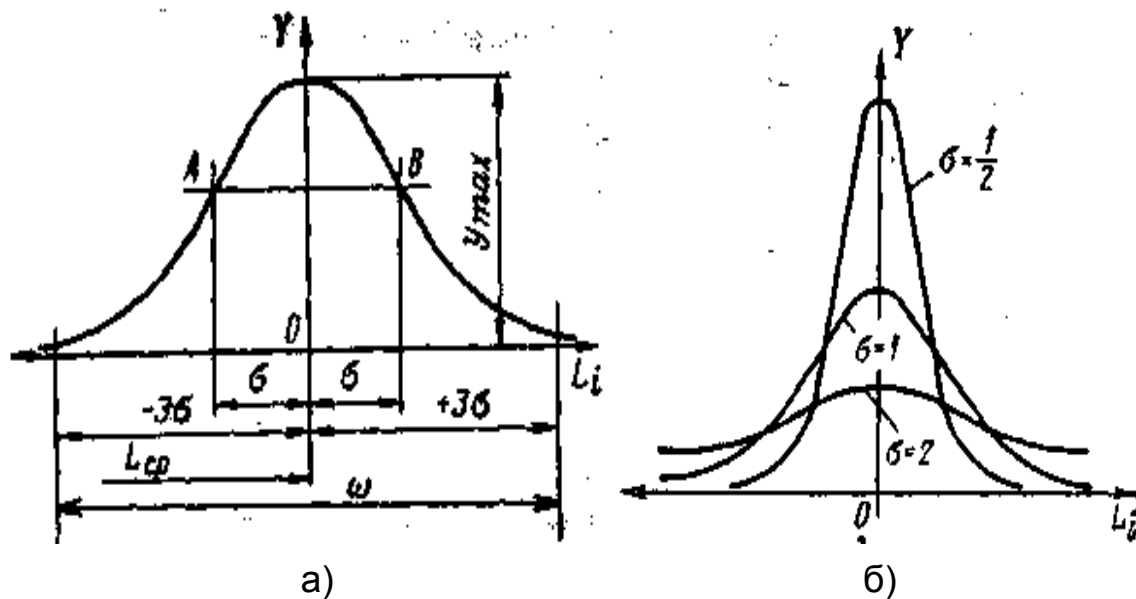
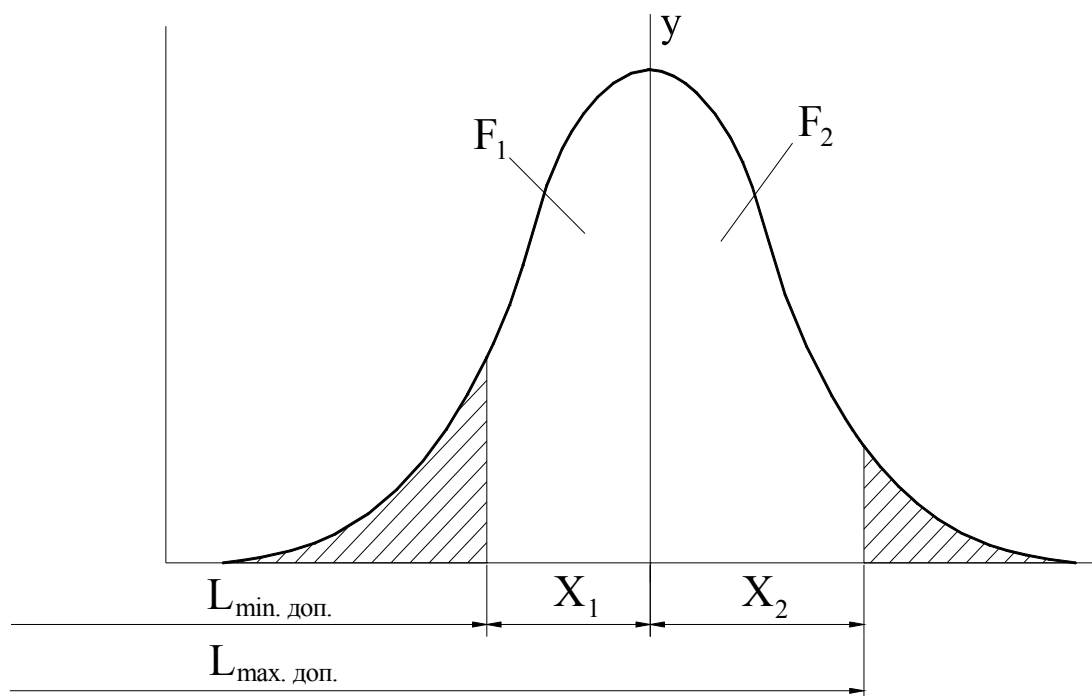


Рис. 9. Кривые нормального распределения

Расчет вероятности получения годной детали и брака при механической обработке, в случае, когда рассеяние действительных разме-

ров подчиняется закону нормального распределения, производится следующим образом (рис.10):



**Рис.10. К расчету вероятности получения годных деталей и брака**

Если поле рассеяния определяется допуском Т (размерами  $X_1$  и  $X_2$  от центра группирования), то вероятность получения годных деталей будет определяться отношением суммы площадей  $F_1 + F_2$  к площади, заключенной кривой:

$$F_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{X_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (19)$$

$$F_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{X_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (20)$$

Эти интегралы удобно представить в виде нормированной функции Лапласа:

$$F_1 = \Phi(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_1} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (21)$$

$$F_2 = \Phi(t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (22)$$

Вероятность получения годной детали определяется суммой площадей  $W=F_1+F_2$ , а брака –  $Q=1 - W$ .

### **Влияние технологических факторов на погрешность механической обработки**

Суммарная погрешность механической обработки является следствием влияния технологических факторов, каждый из которых вызывает отдельные погрешности. Суммарная погрешность оказывает влияние на технологические допуски, то есть допуски на размеры по выполняемым переходам. Суммарную погрешность можно представить как алгебраическую сумму следующих факторов:

$$\Delta_{\Sigma} = \varepsilon_y + \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{н.с.}} + \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{т}} + \Delta_{\text{у}} + \Delta_{\text{к}} + \Delta_{\text{исп}} + \Delta_{\text{ост}}, \quad (23)$$

где  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки на станке;

$\Delta_{\text{ст}}$  – погрешность станка (связанные с неточностью станка);

$\Delta_{\text{н.с.}}$  – погрешность настройки станка;

$\Delta_{\text{и}}$  – погрешность инструмента;

$\Delta_{\text{т}}$  – погрешности тепловые;

$\Delta_{\text{у}}$  – погрешности упругие;

$\Delta_{\text{к}}$  – погрешности контроля (связанные с измерением);

$\Delta_{\text{исп}}$  – погрешности, вызванные исполнителем;

$\Delta_{\text{ост}}$  – неучтенные выше погрешности.



Погрешность установки детали на станке определяется рядом факторов:

$\varepsilon_6$  – погрешностью базирования;

$\varepsilon_{пр}$  – погрешностью и износом приспособления;

$\varepsilon_3$  – погрешностью закрепления;

$\varepsilon_y$  можно определить как векторную сумму:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{пр.}^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (24)$$

При проектировании технологических процессов величина погрешности может быть определена в зависимости от схемы базирования, точности отдельных элементов приспособления, от деформации, вызванной силами резания и силами зажима и т.д. При нерациональном выборе схем базирования и приспособлений эти погрешности могут достигать до 20% ... 30% суммарной погрешности.

*Погрешности, связанные с неточностью станка.* Неточность станка в его нерабочем (ненагруженном) состоянии называют геометрической неточностью. *Геометрические погрешности* – это те погрешности, которые связаны с неточностью взаимного расположения и закрепления узлов станка или его рабочих органов, что проявляется в основном при сборке. Проверка геометрической неточности осуществляется при ненагруженном станке или при перемещении его исполнительных органов вручную. Допускаемые геометрические неточности регламентируются соответственно нормами и стандартами.

По геометрической неточности станки классифицируются:

станки нормальной точности – Н;

станки повышенной точности – П;

станки высокой точности – В;

станки особо высокой точности – А;

особо точные станки (мастер-станки) – С.

Погрешности более высокоточных станков значительно уменьшаются, а их стоимость (трудоемкость изготовления) резко возрастает (табл. 3). Для сравнения соотношения к станкам нормальной точности.

**Сравнительная таблица погрешности и стоимости станков**

Станки	Погрешность, %	Трудоемкость, %
Н	100	100
П	60	140
В	40	200
А	25	280
С	16	480

Погрешность геометрической точности станков полностью или частично переносится на обрабатываемые заготовки в виде систематических погрешностей формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей. Эти погрешности поддаются анализу и расчету.

*Погрешности настройки станка.* Эти погрешности вызваны износом инструмента и необходимостью периодической его смены или установки (переустановки) на необходимый размер. Задача настройки (поднастройки) сводится к правильности установки режущего инструмента, обеспечивающей выполнение размера обрабатываемой поверхности в пределах допуска. Достичь определенную точность можно по одному из 2-х методов:

метод пробных ходов и промеров;

метод автоматической настройки на размер (по эталонам, с помощью специальных средств).

*Погрешности, связанные с неточностью режущего инструмента и его износом.* Неточность режущего инструмента частично или полностью копируется на обрабатываемой поверхности. Особенно это касается фасонных резцов, фрез, резьбо-, зубонарезного инструмента. Эти погрешности являются систематическими постоянными погрешностями. Для уменьшения таких погрешностей применяются повышенные требования к точности изготовления инструмента и к его заточке.

В большой степени на точность обработки заготовок оказывают влияние погрешности, связанные с износом инструмента. Износ инструмента при работе на настроенных станках приводит к погрешности (изменению) настроенных размеров обрабатываемых поверхностей детали.

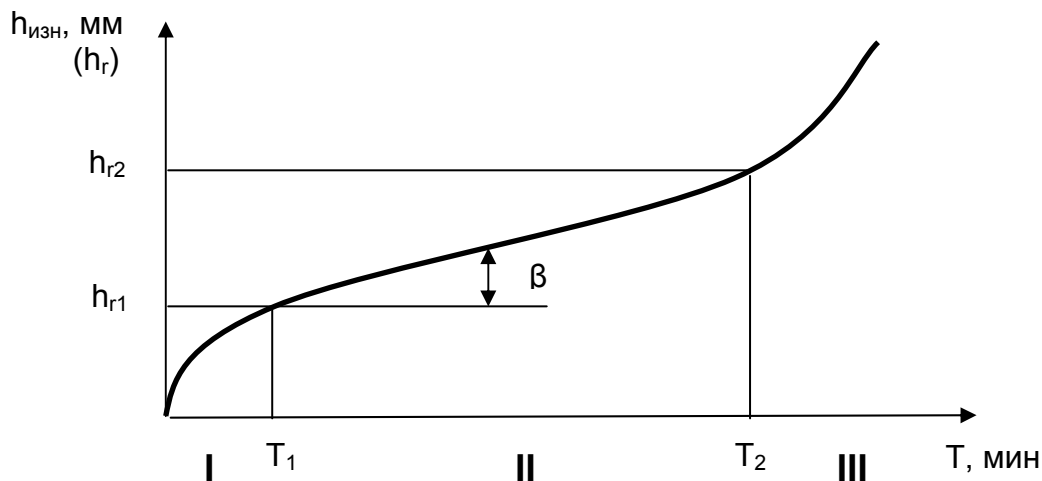


Рис. 11. Зависимость износа инструмента от времени его работы

Если представить закономерность износа функцией (рис. 11), то интенсивность износа  $U_0$  будет определяться следующим выражением:

$$U_0 = \frac{h_{r2} - h_{r1}}{T_1 - T_2} = \operatorname{tg} \beta, \quad (25)$$

где  $h_{r1}, h_{r2}$  - величины износа инструмента соответственно на моменты времени  $T_1, T_2$  его работы.

По величине  $U_0$  можно прогнозировать продолжительность (период стойкости) работы инструмента, обеспечивающую размеры в поле допуска, то есть с заданной точностью.

*Погрешность, вызванная тепловыми деформациями.* В процессе механической обработки источниками образования тепла в технологической системе СПИД являются тепловые явления, сопровождающие

процесс резания, трение подвижных органов и узлов станка и внешние источники.

На погрешности обработки влияют тепловые деформации станка, заготовки и инструмента.

Наибольший нагрев получают узлы и детали станка, расположенные вблизи электродвигателей, электроприводов, быстроходных органов. В результате этого нарушается форма станины, положение основных узлов (шпиндельной и задней бабки, суппорта). Одним из основных источников теплообразования является шпиндельная бабка. Колебания температуры 10 – 50°С вызывает нарушение параллельности оси шпинделя направляющих станины, что приводит к возрастанию радиального и торцевого биения шпинделя, к погрешностям форм обрабатываемых поверхностей и размеров.

При обработке более 50% тепла поглощает заготовка. Нагреваясь, она вызывает искажение размеров и формы. Особенно характерно для тех деталей, у которых длина в 10 и более раз превышает поперечные размеры.

Режущий инструмент вносит погрешности обработки за счет температурного удлинения на 30 - 50 мкм. Применение СОЖ в 3...3,5 раза позволяет уменьшить удлинение, следовательно, повысить точность. В меньшей степени тепловые деформации проявляются при работе многолезвийными инструментами (протяжками, фрезами, развертками).

*Погрешности, связанные с упругими деформациями технологической системы.* Технологическую систему СПИД рассматривают как замкнутый силовой, упругий контур. Возникающая в процессе резания сила вызывает упругие отжатия элементов систем. Нестабильность силы резания из-за неравномерности припуска заготовки, неоднородности механических свойств материала, особенностей конструкции способствует неравномерности упругих перемещений, следовательно, отклонению от правильности форм обрабатываемых поверхностей и размеров этих поверхностей.

Способность системы сопротивляться действию внешних сил называется *жесткостью* ( $j$ ). Численно жесткость элемента технологиче-

ской системы определяется отношением силы резания ( $P_y$ ) к величине перемещения ( $y$ ) данного элемента в направлении действия силы:

$$j = \frac{P_y}{y}, \text{ Н/мм.} \quad (26)$$

*Податливость* – величина обратная жесткости.

Существует несколько методов определения жесткости металло-режущих станков или их отдельных узлов: статический, производственный, расчетный.

*Статический метод* реализуется на неработающем станке. С помощью специальной вал-оправки нагружают узлы станка, измеряя динамометром силу и перемещение узлов индикаторами. Испытания сопровождаются построением графиков «нагрузка – перемещение».

Более точным методом, полнее отражающим процесс работы станка, является *производственный (динамический) метод*. Этот метод основан на том, что при обработке заготовки с неравномерным припуском (глубиной резания) ее форма копируется на обработанной поверхности. Степень копирования тем больше, чем меньше жесткость технологической системы, то есть чем больше величина отжатия, которая зависит от глубины и скорости резания, подачи и свойств обрабатываемого материала.

*Расчетный метод* предполагает расчет жесткости каждого элемента станка и определение суммарного баланса жесткости.

На упругую деформацию технологической системы влияет не только жесткость станка, но и жесткость приспособления, инструмента и заготовки. В наименьшей степени влияет жесткость инструмента (за исключением расточных резцов). Деформации заготовки ( $y$ ) зависят от способа её закрепления (заготовка рассматривается как балка, установленная на опорах и нагруженная радиальной силой  $P_y$ ).

При закреплении заготовки типа вал консольно деформация равна:

$$y = \frac{P_y \times l^3}{3E \times I}. \quad (27)$$

При закреплении в центрах:

$$y = \frac{P_y \times l^3}{48E \times I}. \quad (28)$$

При закреплении заготовки в патроне с поддержанием ее центром:

$$y = \frac{P_y \times l^3}{100E \times I}, \quad (29)$$

где  $l$  – вылет (длина) заготовки;

$E \times I$  – жесткость ( $E$  – модуль упругости первого рода,  $I$  – момент инерции сечения заготовки).

## **Тема 7. Основы базирования и приспособления, применяемые в производстве**

### **Понятие о базах и базировании**

Для нормального функционирования машин входящие в них детали и узлы должны занимать определенное взаимное расположение. Это достигается соответствующим расположением и формой сопрягаемых поверхностей деталей.

При обработке деталей на станках заготовка должна также быть правильно ориентирована относительно траектории движения исполнительных органов, обеспечивающих формообразующие движения.

*Базирование* – это придание заготовке определенного положения в пространстве относительно технологической системы.

*Базы* – поверхности заготовки, ориентирующие ее при установке на станке.

В технологии машиностроения различают базы: проектные, конструкторские, измерительные, технологические.

*Проектные базы* – базы, выбранные при проектировании и предназначенные для определения расчетного положения деталей относительно друг друга.

*Конструкторские* – базы, используемые для определения положения деталей в узле, изделия.

*Измерительные* – предназначенные для измерения базы, относительно которых производятся измерения. Если измерительными базами являются реальные поверхности, то метод измерения является активным, прямым методом измерения или контроля, если измерительной базой является ось, линия или точка, то измерения (контроль) производятся с помощью специальных, чаще всего оптических средств, а также оправок, штифтов (косвенный метод контроля).

*Технологические базы* – поверхности, определяющие положение заготовки в процессе обработки. По месту положения технологические базы в маршруте обработки различают: черновые, промежуточные и окончательные. *Черновые технологические базы* – это поверхности заготовки, которые применяются на первых операциях, при первом установе, когда нет обработанных поверхностей. Они используются однократно и служат для получения промежуточных и окончательных баз. Повторное их использование при обработке не допускается.

Технологические базы делятся на основные и искусственные. *Основные базы* – поверхности, принадлежащие детали и используемые для определения ее положения в изделии. *Искусственные базы* – специально созданные поверхности, используемые только при обработке и при необходимости устраняемые на последующей (или на последней) операции. Примером искусственных баз могут быть центровые отверстия, применяемые при обработке валов. Если в годовой детали центровые отверстия не допускаются, то они удаляются на последней операции.

При установке заготовки в приспособлении для выполнения технологической операции должно обеспечиваться ориентирование, осуществляемое базированием, и неподвижность, достигаемая закреплением заготовки. В этой связи к технологическим базам предъявляются требования:

обеспечивать надежное закрепление заготовки в приспособлении;

обеспечивать неизменность положения заготовки в процессе обработки;

быть прочными и жесткими, чтобы исключить деформации под действием сил резания и сил зажима;

располагаться таким образом, чтобы непосредственно воспринимать силу резания и силу зажима;

располагаться как можно ближе к обрабатываемой поверхности.

Правильное ориентирование заготовки в приспособлении обеспечивается установочными элементами, лишаящими заготовку 6-ти степеней свободы (3-х вращений относительно осей и 3-х перемещений вдоль осей). Это *правило 6-ти точек*. Точки должны быть расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 12).

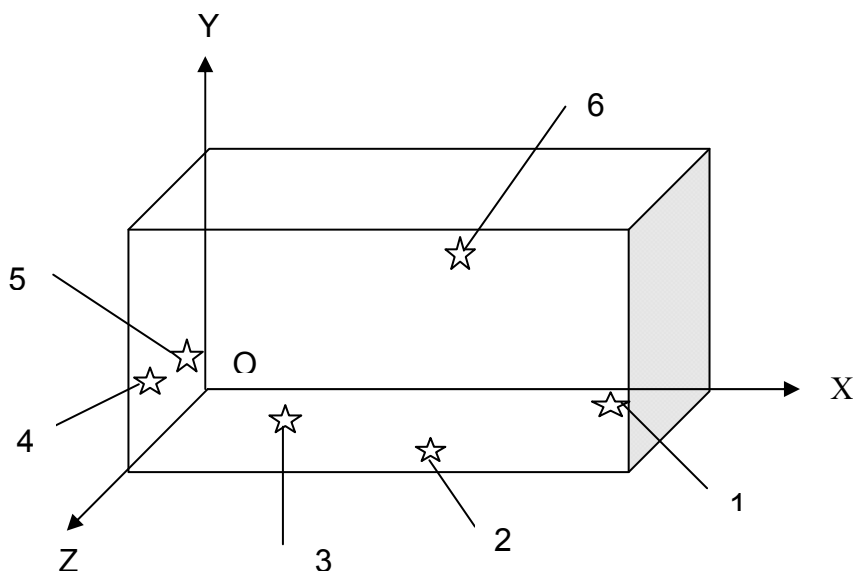


Рис. 12. Ориентирование заготовки в пространстве

Опорные элементы (точки) 1, 2 и 3 определяют положение заготовки в плоскости  $xoz$  и лишают 3-х степеней свободы: перемещение относительно оси  $oy$ , вращение относительно  $oz$ , вращение относительно  $ox$ .

База, лишаящая заготовку 3-х степеней свободы заготовки, называется *установочной*.



Опорные элементы 4 и 5 находятся в плоскости  $zoy$  и определяют положение заготовки относительно этой плоскости и лишают 2-х степеней свободы: вращение относительно оси  $oy$ , перемещение относительно оси  $ox$ . Такая база называется *направляющей*.

Опорный элемент 6 лишает перемещения вдоль оси  $oz$  (то есть лишает одной степени свободы), эта база называется *упорной базой*.

При назначении баз пользуются принципами постоянства и совмещения баз.

*Принцип совмещения* (единства) заключается в том, что в качестве технологических баз используются те поверхности заготовки, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами, а также являются базами при сборке.

При совмещении технологических баз с конструкторскими и измерительными обработка осуществляется по размерам, представленным на чертежах с использованием всего поля допуска на размер.

При несовпадении баз увеличивается размерная цепь, что приводит к ужесточению допусков, а, следовательно, к снижению производительности, трудоемкости и резкому повышению себестоимости.

Например, при обработке паза глубиной **A** (рис. 13) заготовка, высотой **B**, устанавливается в приспособлении на нижнюю поверхность 1 (технологическая база). При этом режущий инструмент (фреза) настроен на станке на размер **C**. Размер **A** плоскости паза 3 определяется относительно плоскости 2, являющейся конструкторской и измерительной базой.

Несовпадение измерительной 2 и технологической 1 баз – нарушение принципа совмещения баз.

На настроенном станке размер **C=Const**, поэтому **A=B-C**, что требует повышения точности выполнения размера **B**.

*Принцип постоянства* баз заключается в том, что при разработке технологических процессов необходимо стремиться, чтобы при различных видах обработки использовались одни и те же поверхности в качестве технологических баз.

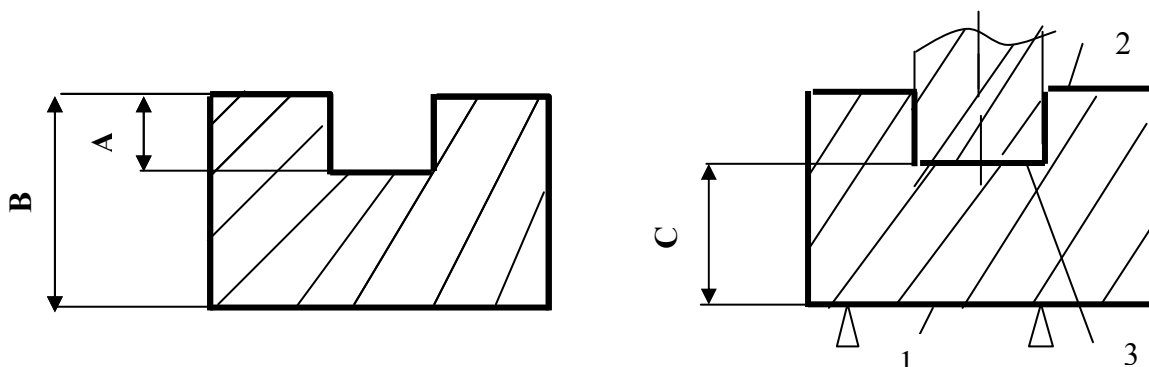


Рис. 13. **Обработка при не соблюдении принципа совмещения баз**

Принцип постоянства баз соблюдается при использовании искусственных баз и при обработке на обрабатывающих центрах (многоцелевых станках).

### **Основные рекомендации при выборе технологических баз**

1. Базы выбираются для каждой (конкретной) операции. При этом разрабатываются схемы базирования и сравниваются варианты их реализации.

2. Базовые поверхности должны иметь простую форму и достаточную протяженность. Это прощает конструкцию приспособления и повышает надежность базирования и закрепления.

3. Поверхности должны обеспечивать однозначность базирования.

4. Выбор черновых баз должен обеспечивать равномерность распределения припусков при обработке.

5. Стремиться в качестве черновых баз выбирать те поверхности, которые в готовой детали должны оставаться не обработанными (в целях обеспечения правильного взаимного расположения обрабатываемых поверхностей относительно необработанных).

6. Базовые поверхности после первой операции (черновые базы) должны быть заменены (нецелесообразно, а иногда и недопустимо использовать черновые базы на последующих операциях).

7. На всех последующих операциях необходимо придерживаться принципов совмещения технологических, конструкционных и измерительных баз, а также принципа постоянства баз.

8. Базы должны обеспечивать возможность обработки с одной установки максимальное количество поверхностей (особенно для станков с ЧПУ и обрабатывающих центров).

Эти рекомендации не являются правилами безупречного их выполнения. Некоторые пункты этих рекомендаций даже входят в противоречие и одновременно их реализовать не возможно. Поэтому этот этап, как и другие, носит творческий характер, требует анализа возможных вариантов, их преимуществ и недостатков.

### **Краткие сведения о приспособлениях**

*Приспособления* – это средства технического оснащения, предназначенные для установки заготовок (или инструмента) на технологическом оборудовании, дополняющие и расширяющие его возможности.

Приспособления классифицируются по целевому назначению и по специализации.

*По целевому назначению:*

станочные, предназначенные для установки заготовок на станках (токарные, фрезерные, сверлильные и др.);

станочные, предназначенные для установки обрабатывающих инструментов;

сборочные, предназначенные для обеспечения правильного взаимного положения деталей и сборочных единиц при сборке;

контрольные, предназначенные для проверки точности заготовок, деталей и т.п.;

транспортные, обеспечивающие перемещение, транспортирование, кантование изделий, оснастки и т.п.

*По специализации (универсальности):*

универсальные (безналадочные и наладочные);

специализированные (безналадочные и наладочные);

специальные (сборно-разборные, универсально-сборные, неразборные);

Структура приспособления содержит следующие элементы: установочные, зажимные, направляющие, силовые приводы, вспомогательные, корпусные.

1. *Установочные элементы* – опоры, обеспечивающие ориентирование заготовки в пространстве (базирование). В качестве установочных элементов используются при базировании:

по плоским поверхностям – точечные опоры (сферические, плоские, рифленные), опорные пластины;

по наружным цилиндрическим поверхностям – призмы, втулки, полувтулки, цанги, кулачки самоцентрирующих патронов;

по внутренним поверхностям – оправки, пальцы, сухари, кулачки разжимных устройств;

по центровым гнездам и фаскам отверстий – центры (неподвижные, вращающиеся, плавающие).

2. *Зажимные элементы* – это элементы, предназначенные для надежного контакта базовых поверхностей заготовки с установочными элементами и предотвращения ее смещения при обработке (винтовые, клиновые, рычажные, эксцентриковые, цанговые и др.).

3. *Направляющие элементы* – применяются для направления инструмента (сверл, зенкеров, разверток, дорнов, борштанг и др.) в виде кондукторных втулок. Такие элементы обеспечивают также правильное положение обрабатываемых поверхностей, кинематику перемещения режущего инструмента (например, копиры).

4. *Силовые приводы* – устройства, обеспечивающие силовое воздействие для закрепления заготовки. Они должны обладать быстродействием, стабильностью усилия, простотой и безопасностью эксплуатации. В производстве находят применение пневматические, вакуумные, гидравлические, электромагнитные, магнитные, электромеханические, центробежно-инерционные, комбинированные и другие типы силовых приводов.

5. *Вспомогательные элементы* – это элементы, обеспечивающие расширение технологических возможностей приспособлений (повышение быстродействия, удобство в эксплуатации и обслуживании и

др.). К таким элементам относятся: поворотные и делительные устройства, фиксаторы, выталкиватели, прижимы, тормозные устройства и др.

6. *Корпусные элементы* объединяют все элементы приспособления в единое целое. Целесообразно применение стандартизованных и нормализованных элементов корпусов приспособлений.

Приспособления проектируются на конкретную операцию. При этом придерживаются следующей последовательности:

1. Вычерчивается в тонких линиях контур заготовки в достаточном количестве проекций. Принимается решение об одно- или многоместности (многопозиционности) приспособления.

2. Создается теоретическая схема базирования (схема расположения опорных точек, отражающая правило 6 точек).

3. Последовательно, в соответствии со схемами базирования относительно контуров заготовки вычерчиваются установочные элементы, затем зажимные устройства, направляющие и вспомогательные элементы во всех проекциях.

4. Все элементы приспособления объединяются в контур корпуса.

5. Выбирается и вычерчивается силовой привод.

6. Производятся расчеты на точность согласно теории размерных цепей.

7. Выполняется силовой расчет (сил резания и зажима).

8. Выполняется прочностной расчет элементов конструкции.

9. Проставляются посадочные, присоединительные, габаритные размеры на сборочном чертеже.

## **Понятие о технологических размерных цепях**

### **Виды и структура размерных цепей**

Взаимное положение деталей в узле (в сборочной единице), а также расположение отдельных поверхностей в детали, определяется линейными или угловыми размерами. Эти размеры устанавливают рас-

стояние между соответствующими поверхностями деталей или осями отдельных деталей и образуют замкнутые размерные цепи.

*Размерной цепью* называют совокупность расположенных по замкнутому контуру размеров, определяющих взаимное расположение поверхностей одной детали или нескольких деталей в сборочной единице.

Размерные цепи бывают конструкторские и технологические. *Конструкторская размерная цепь* определяет расстояние между поверхностями деталей или их осями в изделии. *Технологическая размерная цепь* определяет расстояние поверхностей деталей в процессе изготовления, сборки или в процессе настройки станка на размер.

По взаимному расположению размерных цепей они делятся на: линейные; плоские; пространственные.

*Линейные размерные цепи* – это цепи, в которых размеры можно спроектировать без их искажения на линию либо на несколько параллельных линий. *Плоские размерные цепи* – цепи, размеры которых непараллельны, но лежат в плоскости или нескольких параллельных плоскостях. *Пространственные размерные цепи* – цепи, размеры которых непараллельны и лежат в непараллельных плоскостях.

Размеры, входящие в размерную цепь называются *звеньями*. Различают звенья составляющие и замыкающие. *Замыкающее звено* – это размер, который получается последним в процессе обработки детали или в процессе сборки узла. Его точность и величина зависит от точности и величины составляющих звеньев. Замыкающее звено сборочной единицы, которое определяет функционирование узла, называют *функциональным* или *исходным* (зазоры, натяги, величина изделия).

Составляющие звенья обозначают:  $A_1, A_2, \dots, A_n \dots A_{m-1}; B_1, \dots, B_n \dots B_{m-1}$ .

Замыкающие (или исходные) –  $A_0, B_0$ .

Составляющие звенья бывают увеличивающие и уменьшающие. *Увеличивающие* – это звенья, с увеличением которых замыкающее звено увеличивается. Обозначаются:  $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{B}_1$ .

*Уменьшающие* – такие звенья, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается. Обозначаются:  $\overleftarrow{A}_3, \overleftarrow{A}_4, \overleftarrow{B}_2$ .

Расчет и анализ размерных цепей позволяют установить количественную связь между размерами деталей, уточнить допуски взаимосвязанных размеров, определить наиболее рентабельный вид взаимозаменяемости, добиться правильной расстановки размеров на чертеже, определить операционные допуски и пересчитать технологические размеры.

Расчет размерных цепей является обязательным этапом конструирования. Он позволяет повысить качество, снизить трудоемкость изготовления. Сущность расчета сводится к установлению допусков звеньев размерной цепи, исходя из требований конструкций и технологий.

На практике решаются 2 задачи:

*прямая* (проектная), согласно которой по заданным параметрам исходного звена рассчитываются номинальные размеры, допуски, предельные размеры составляющих звеньев;

*обратная* (проверочная) – по заданным параметрам составляющих звеньев определяют параметры замыкающего звена.

В зависимости от поставленной задачи технологические цепи могут рассчитываться следующими способами:

на минимум – максимум (при полной взаимозаменяемости);

вероятностный способ;

метод групповой взаимозаменяемости (при селективной сборке);

метод, учитывающий возможности подгонки и подборки деталей при сборке.

### **Расчет размерных цепей по методу полной взаимозаменяемости**

Этот метод обеспечивает требуемую точность замыкающего звена при отсутствии дополнительных работ над составляющими звеньями (изменение размеров, подгонки, подбора, выбора). При сборке деталей, изготовленных по принципу полной взаимозаменяемости, расчет размерных цепей осуществляется по минимуму – максимуму, при котором учитываются только предельные размеры составляющих звеньев и са-

мые неблагоприятные их сочетания. Расчет на минимум – максимум начинается с построения размерных цепей (рис. 14).

Уравнение размерной цепи, выражающее зависимость номинального размера замыкающего звена  $A_0$  от номинальных размеров составляющих звеньев, имеет вид:

$$A_0 = (A_2 + A_3) - (A_1 + A_4). \quad (30)$$

В общем виде:

$$A_0 = \sum_1^n A_i - \sum_{n+1}^{m-1} A_i. \quad (31)$$

где  $m$  – общее число звеньев с учетом исходного (замыкающего) звена;  
 $n$  – количество увеличивающих звеньев.

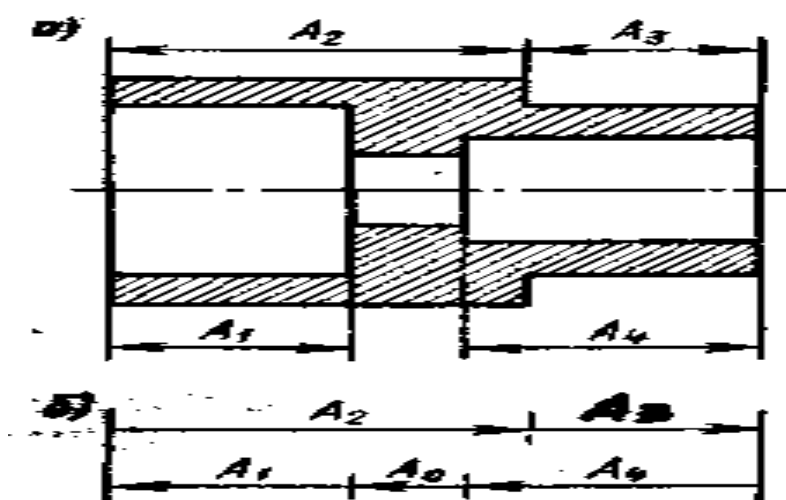


Рис. 14. Построение размерной цепи

Величина допуска замыкающего звена равна сумме допусков всех составляющих звеньев размерной цепи:

$$TA_0 = \sum_1^{m-1} TA_i. \quad (32)$$



Верхнее предельное отклонение замыкающего звена равно разности сумм верхних отклонений увеличивающих звеньев и нижних отклонений уменьшающих звеньев:

$$ESA_0 = \sum_1^n \overrightarrow{ESA_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \overleftarrow{EIA_i}. \quad (33)$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена равно разности сумм нижних отклонений увеличивающих и верхних отклонений уменьшающих звеньев:

$$EIA_0 = \sum_1^n \overleftarrow{EIA_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \overrightarrow{ESA_i}. \quad (34)$$

Координата середины поля допуска определяется:

$$E_c A_0 = ESA_0 - \frac{TA_0}{2}. \quad (35)$$

При решении прямой задачи в целях ускорения расчетов размерных цепей метод минимума – максимума предусматривает назначение экономически достижимых допусков на все составляющие звенья, за исключением одного – регулирующего звена, величина которого определяется:

$$TA_p = TA_0 - \sum_1^{m-2} TA_i. \quad (36)$$

В качестве регулирующего звена выбирается любое из составляющих звеньев цепи. С технологической точки зрения удобнее принимать то из звеньев, которое наиболее доступно при изготовлении и не вызывает затруднений при измерении.

Предельные отклонения всех звеньев размерной цепи обычно назначают как для основных валов  $h$  или основных отверстий  $H$ . То есть допуски назначаются «в тело». Если поверхность не относится ни к валам, ни к отверстиям, то допуск назначается симметричным.

## **Тема 9. Проектирование заготовок**

Трудоемкость и себестоимость механической обработки тем меньше, чем больше форма заготовки приближается к форме готовой детали, чем выше точность размеров заготовок. В ряде случаев метод получения заготовки может исключить механическую обработку некоторых поверхностей. Вместе с тем точные методы и способы получения заготовок, как правило, значительно дороже обычных.

Существуют следующие методы получения заготовок: литье, ковка и штамповка, прокат, комбинированный метод, порошковая металлургия.

Выбор метода и способа получения заготовки зависит от ее конфигурации, материала, программы выпуска, производственных условий и определяется экономическим анализом.

### **Припуски для механической обработки**

Проектирование заготовки предполагает ее конструирование – разработку чертежа с формой, размерами с допусками, что возможно только после установления припусков.

*Припуском* называется слой материала, удаляемый в виде стружки при механической обработке исходной заготовки в целях придания ей требуемых форм, точности размеров, правильности расположения и качества поверхностей готовой детали.

Различают припуски промежуточные и общие. *Промежуточным припуском* называется слой материала, снимаемый при выполнении данного технологического перехода. Суммарный по переходам припуск – *операционный*. *Общий припуск* рассматривается как сумма промежу-

точных (операционных) припусков по всему технологическому маршруту обработки.

Припуски по расположению на поверхностях заготовки могут быть симметричными и асимметричными.

*Симметричные припуски* – слой материала, располагаемый симметрично относительно оси заготовки (для тел вращения), либо с двух противоположных сторон обрабатываемых одновременно. *Асимметричные (односторонние)* – слой материала различной величины на противоположных, обрабатываемых последовательно поверхностях либо с одной стороны.

Припуски также различают: минимальные  $Z_{min}$ , максимальные  $Z_{max}$ , номинальные  $Z_H$ .

*Минимальный припуск  $Z_{min}$*  – это минимальный слой материала, который может быть удален с заготовки на выполняемом  $i$ -ом переходе. *Максимальный  $Z_{max}$*  – слой материала, который может быть удален с заготовки и включающий минимальный припуск и допуски на выполняемом и предшествующем переходах. *Номинальный припуск  $Z_H$*  – это номинальный слой материала, учитывающий минимальное значение припуска и допуск предшествующего перехода.

Установление оптимальных припусков имеет важное технико-экономическое значение. Завышенные припуски требуют введения дополнительных переходов, увеличения трудоёмкости механической обработки, привлечения дополнительных единиц оборудования, технологической оснастки, энергозатрат.

При заниженных припусках не устраняются дефекты предшествующих переходов (глубина дефектного слоя, шероховатости и искажения форм поверхности), повышаются требования к точности заготовок, повышается вероятность брака.

Существует 2 метода определения припусков:

*опытно-статистический*, который основывается на определении припусков по таблицам, нормативным материалам, полученным на основе статистических данных ведущих предприятий. Это метод не

учитывает конкретных условий производства, схем базирования, закрепления деталей, следовательно, является завышенным;

*расчетно-аналитический*, который основывается на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки, расчете промежуточных припусков с учетом устранения дефектов предшествующих переходов, погрешностей установки детали на выполняемом переходе и на последующем суммировании указанных припусков.

*Расчетно – аналитический метод определения припусков* предложен профессором Кованом В.М. Согласно этому методу расчет ведется по минимальному припуску с учетом следующих факторов:

1. *Средняя высота неровностей  $(R_z)_{i-1}$*  поверхности на предшествующем переходе.

2. *Глубина дефектного слоя  $h_{i-1}$*  предшествующего перехода.

3. *Суммарные пространственные отклонения  $\Delta_{\Sigma i-1}$*  обрабатываемой поверхности предшествующего перехода относительно базовой поверхности заготовки (несоосность, непараллельность торцевых поверхностей относительно оси заготовки).

4. *Погрешность установки  $\varepsilon_i$* , возникающая на выполняемом переходе.

Предполагается, что на каждом выполняемом переходе обработки такие дефекты предшествующих переходов как  $(R_z)_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$  и  $\Delta_{\Sigma i-1}$  будут устранены полностью или частично (в зависимости от конкретных условий). Погрешности установки  $\varepsilon_i$  устаряются на выполняемом переходе.

Суммарные пространственные отклонения поверхностей и погрешности установки представляют собой векторы и определяются по правилу сложения векторов.

При обработке, например, тел вращения (осесимметричных деталей) величина минимального симметричного припуска определяется выражением:

$$2Z_{min} = 2 \left[ (R_z + n)_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{\Sigma})^2_{i-1} + \varepsilon_i^2} \right]. \quad (37)$$

Имеются и другие частные расчетные формулы для определения одно- и двухсторонних минимальных припусков при конкретных условиях обработки.

Составляющие элементы этих формул определяют из соответствующих нормативных данных, приведенных в справочниках.

При проектировании маршрута обработки поверхностей в целях достижения требуемой точности, правильности формы, качества поверхностей детали определяется количество технологических переходов. Каждый переход характеризуется среднеэкономическим значением точности, регламентируется последовательность переходов.

Теоретической основой определения межоперационных допусков и припусков является коэффициент уточнения.

Коэффициент уточнения данной поверхности:

$$K_n = \frac{T_3}{T_\partial}, \quad (38)$$

где  $T_3$  – допуск заготовки;

$T_\partial$  – допуск готовой детали.

Коэффициент уточнения на переходе:

$$K_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}, \quad (39)$$

где  $T_{i-1}$  – допуск для предшествующего перехода.

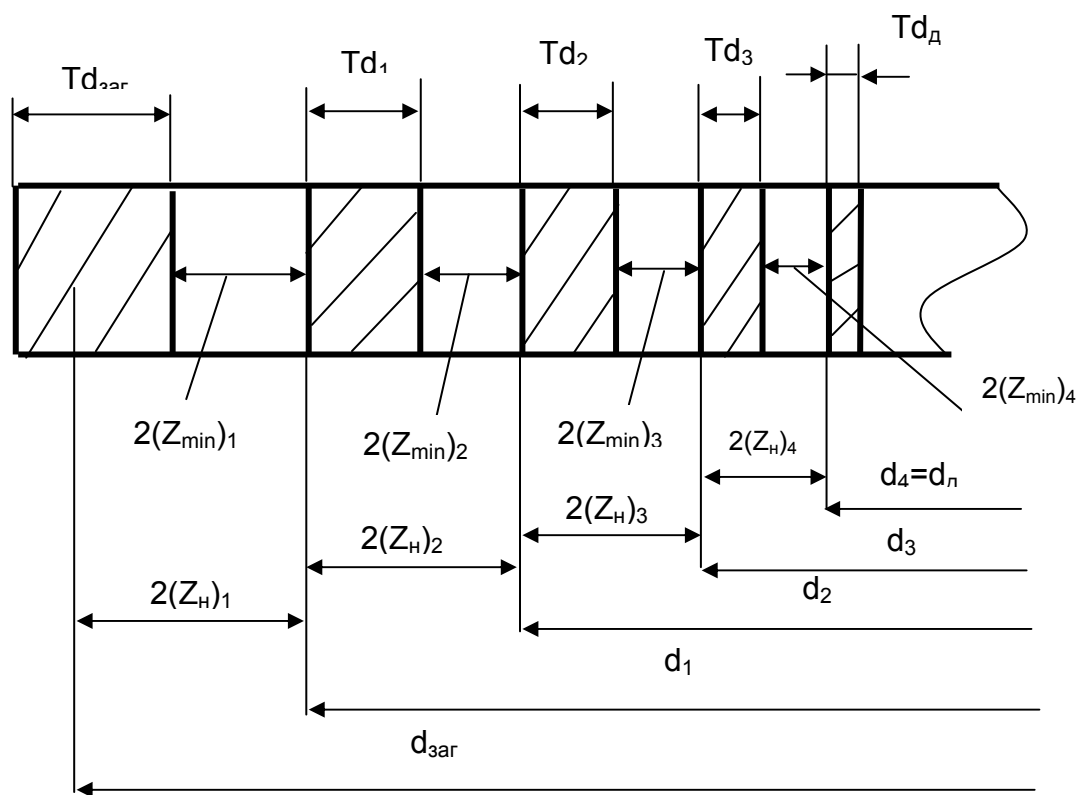
$T_i$  – допуск для выполняемого перехода, на практике  $K_i=2\dots4$ .

Величину промежуточного (операционного) допуска на каждую операцию, (межоперационный размер) заготовки выбирают в зависимости от среднеэкономической точности принятого способа обработки, конфигурации изделия и вида заготовки. При этом назначение точности способа обработки зависит также от типа применяемого оборудования. Величина допуска должна согласовываться с величиной соответствующего припуска. Приблизительно допуск составляет  $\approx 0,25\dots0,45$  вели-

чины припуска будущего перехода. Допуск задается «в тело» (для валов –  $h$ , для отверстий –  $H$ ).

При обработке наружных поверхностей размеры заготовки уменьшаются, при обработке внутренних – увеличиваются. В первом случае размер заготовки получается прибавлением к размеру готовой детали величины припуска, во втором – от размера готовой детали вычитается величина припуска.

Припуски, допуски, межоперационные размеры удобно представлять в виде схемы (рис. 15).



**Рис. 15. Схема расположения припусков, полей допусков и межоперационных размеров**

Предположим, осуществляется обработка наружной поверхности (вала). Необходимо получить номинальный размер  $d$  по 6 качеству из заготовки типа штамповка. Учитывая среднеэкономическую точность нижепринятых способов обработки, составим маршрут обработки поверхности (табл. 4).

**Маршрут и качество обработки поверхности заготовки**

Маршрут обработки	Точность (IT)	Шероховатость
Заготовка (штамповка)	17	Rz 320
1. Черновое точение	14	Rz 80
2. Чистовое точение	10	Rz 40
3. Предварительное шлифование	8	Rz 25
4. Окончательное шлифование	6	0,63

На схеме представлено:  $d_{\text{заг}}$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4=d_d$  - номинальные межоперационные размеры для заготовки, чернового и чистового точения, для предварительного и окончательного шлифования соответственно. Причем,  $d_4$ , то есть номинальный межоперационный размер окончательного шлифования равен размеру детали  $d_d$ ,  $(2Z_{\text{min}})_i$  и  $(2Z_H)_i$  – соответственно минимальные и номинальные припуски по переходам маршрута обработки.

**Тема 10. Технологичность конструкции**

Совершенство конструкции изделия (машины) характеризуется ее соответствием современному уровню техники, экономичностью, удобством в эксплуатации, а также тем, в какой мере учтены возможности применения прогрессивных технологических методов обработки применительно к условиям производства и заданной программе выпуска. Конструкцию, в которой в наиболее полной мере сочетаются перечисленные возможности, называют технологичной.

Технологичность конструкции детали является частным случаем или составной частью технологичности в целом изделия, в которое входит данная деталь.

В общем случае *технологичность* – это совокупность свойств конструкции, обеспечивающих наименьшие затраты при изготовлении, эксплуатации, ремонте при выполнении заданных требований служебного назначения и качества в конкретных производственных условиях. Таким образом, технологичность конструкции для различных предприятий (и даже внутри предприятия – для цехов) будет различной.

Главной задачей технологии является достижение оптимальных трудовых, топливно-энергетических, материальных затрат не только на изготовление деталей, но и на проектирование, подготовку производства и эксплуатацию. Единым критерием технологичности можно назвать экономическую целесообразность изготовления детали при заданном качестве в конкретных условиях.

По области проявления технологичность классифицируют на производственную, эксплуатационную, ремонтную. Каждая из них заключается в сокращении времени и средств на работы в соответствующей области. Требования к технологичности определяются:

- 1) видом изделия, который характеризует конструктивные и технологические признаки;
- 2) типом производства, который характеризует степень технической оснащенности, уровень автоматизации и специализация техпроцессов.

ГОСТ (стандарт ЕСТПП) предусматривает совместное решение задач конструирования изделия и технологии его изготовления посредством технологичности.

Вопрос технологичности должен решаться в комплексе применительно к заготовке, виду обработки, исходя из функционального назначения детали в сборочной единице.

Общими комплексными мероприятиями, повышающими технологичность конструкции, могут быть следующие:

Создание конфигурации деталей и применение материалов, позволяющих использовать наиболее прогрессивные (точные) методы получения заготовок, сокращающих объем механической обработки.



Конфигурация детали должна способствовать применению унифицированного режущего инструмента, созданию благоприятных условий его работы (существуют руководства по конструированию, типовые, стандартизированные конструктивные элементы).

Размеры на рабочих чертежах детали должны предполагать соблюдение принципа совмещения баз (конструкционных, измерительных, технологических). Это способствует повышению точности обработки, снижению трудоемкости за счет возможности обработки на настроенных станках, автоматах, полуавтоматах и за счет уменьшения количества операций (переходов).

Упрощение конфигурации, расширение допусков, снижение требований шероховатости (снижение трудоемкости).

Конструирование таких форм, которые позволяют применять прогрессивные методы: многолезцовая обработка, накатка, агрегатная обработка и т.п.

Нормализация и унификация инструкций – это способствует внедрению групповой обработки и типизации техпроцессов (унификация режущего и измерительного инструмента, оснастки).

При отработке на технологичность производится анализ конструкции и требований качества. Устанавливаются те поверхности детали, которые вызывают трудности в обработке по шероховатости, точности размеров, форме, их расположению. Увязываются эти требования с возможностями окончательных методов обработки, оборудования, средств контроля. Устанавливается обоснованность сочетаний, точности, шероховатости поверхности (чрезмерные требования к точности и шероховатости приводят к излишним расходам материала, трудоемкости изготовления, средств контроля).

Оценка технологичности конструкции может производиться по качественным и количественным показателям. *Качественная оценка* (согласно ГОСТу 14.201, 14.205-82) характеризует технологичность на основе опыта, при этом детали по конструктивным признакам классифицируют на группы (классы).

## Некоторые рекомендации по технологичности для типовых деталей

### *Детали класса валов*

При обработке рекомендуется применять центровые отверстия, которые целесообразно сохранять в готовой детали, так как они могут быть использованы при последующих реставрации, ремонте, контроле.

Гладкие валы технологичнее, чем ступенчатые.

Для ступенчатых валов желательно, чтобы величины ступеней были одинаковыми и небольшими, а длины их одинаковыми либо кратными.

При наличии отверстий, их оси должны быть перпендикулярны или соосны с валом.

При наличии в валах паза желательно чтобы он был открытым, то есть хотя бы с одной стороны имел свободный выход. Предпочтение отдавать обработке дисковыми фрезами. При наличии лысок их поверхность должна быть параллельна оси вала.

При наличии шлицов конструкция вала должна предусматривать свободный выход инструмента.

### *Детали класса корпусов*

Обрабатываемые с одной стороны поверхности должны находиться в одной плоскости в целях эффективной обработки на проход. Обрабатываемые поверхности желательно располагать параллельно или перпендикулярно основной поверхности либо осям.

Конструкция должна содержать развитые поверхности, используемые в качестве технологических баз. В случае отсутствия таких поверхностей используют приливы.

В конструкции нужно избегать глубоких отверстий.

Отверстия, особенно точные, должны выполняться гладкими и сквозными.

При наличии ступенчатых отверстий убывание диаметров ступеней должно располагаться в одну сторону.

Расположение осей обрабатываемых отверстий должно обеспечивать многошпиндельную обработку (расстояние между осями не менее 30...35мм).

Избегать выполнения в отверстиях специальных канавок и выточек. Необходимо отдавать предпочтения запрессовке втулок в корпус детали.

Входные и выходные поверхности при сверлении отверстий должны быть перпендикулярны их оси.

Внутренние торцевые поверхности должны быть доступны для обработки через отверстия.

Форма и размеры корпусных деталей должны позволять вести обработку с многоинструментальной наладкой.

#### *Детали класса втулок и колец*

Конструкция должна позволять вести обработку с одной установки.

Избегать в конструкции глубоких и глухих отверстий.

Резьбовые и шлицевые поверхности должны содержать выход для инструмента.

Отверстия, особенно точные, должны выполняться на проход, то есть должны быть сквозными.

#### *Детали класса рычагов*

Детали должны содержать поверхности, обеспечивающие правильность их установки (базирования) и надежность закрепления.

Проушины рычагов должны позволять вести сквозную обработку.

Плоские поверхности должны располагаться в одной плоскости.

Сферическая часть рычага должна содержать плоский участок и переходную шейку.

## *Детали класса шкивов, дисков, зубчатых колес*

Опорная поверхность должна располагаться ближе к зубчатой поверхности.

Зубчатые блоки при внутреннем и наружном зацеплении должны содержать конструктивные элементы (канавки) для свободного выхода режущего инструмента.

Технологичнее зубчатые колеса со свободным выходом зубьев.

Конструкция должна обеспечивать одновременно обработку нескольких деталей (групповую обработку).

Кроме того, технологичность конструкции оценивается по простановке размеров на чертеже.

Качественно технологичность оценивается как «технологичная» и «нетехнологичная».

*Количественная оценка технологичности* производится по показателям, характеризующим степень удовлетворения конструкции определенным требованиям. Система показателей включает:

базовые показатели (нормативные), указанные в техническом задании (определяются по статистическим данным для конструкции подобных аналогов);

достигнутые показатели;

показатели уровня технологичности.

Число показателей должно быть минимальным, но достаточным для полной оценки технологичности. ГОСТом предусмотрены основные и вспомогательные показатели технологичности. К *основным* относятся: трудоемкость, себестоимость, металлоемкость и энергоемкость изделия.

*К вспомогательным показателям технологичности относятся показатели:* точности, шероховатости, применения типовых технологических процессов, применения унифицированных конструктивных элементов и др.

Уровень технологичности по показателям определяется соответствующими отношениями абсолютных (достигнутых) и базовых показателей.

## **Тема 11. Основы проектирования технологических процессов**

### **Общие сведения о проектировании технологических процессов**

Под *проектированием* понимается процесс разработки описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта на основе его чертежа.

Существует три стадии разработки технологических процессов.

1. *Техническое задание (ТЗ)* содержит технические требования к технологической документации, степени ее детализации, исполнителям, источникам финансирования. Производятся ориентировочные расчеты технико-экономической эффективности проектных решений. Утвержденное ТЗ является основанием для разработки технического проекта.

2. *Технический проект (ТП)* – это стадия разработки проектного маршрутного технологического процесса с принятием основных принципиальных технических и организационных решений, он (после рассмотрения и утверждения) является основанием для детальной разработки.

3. *Рабочий проект (РП)* – стадия, в которой в зависимости от степени детализации разрабатываются рабочие маршрутно-операционные или операционные технологические процессы.

Технологическое проектирование является итерационным процессом, связанным с многократным пересмотром и углублением решений, принятых на более ранних стадиях.

В настоящее время в машиностроении имеет место все три вида проектирования технологических процессов: неавтоматизированное, автоматизированное и автоматическое.

В основу разработки технологических процессов заложены технико-экономический, социальный принципы.

Разрабатываемый технологический процесс должен оптимально сочетать наиболее полные возможности оборудования, режущего ин-

струмента, приспособления и другой технологической оснастки при оптимальных режимах обработки, минимальных затратах, то есть при наименьшей технологической себестоимости. Технологический процесс должен использовать прогрессивные методы обработки, удовлетворять требованиям чертежей и техническим условиям, должен быть гибким, обеспечивать повышение производительности, культуры производства, экологической безопасности.

Исходными данными для проектирования единичного технологического процесса являются: основная (базовая) и справочно-руководящая документация.

*Основная документация:* производственная программа, определяемая программой выпуска изделия, в которую входит конкретная деталь; чертеж сборочной единицы; спецификация; рабочий чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями ЕСКД.

*Справочно-руководящая документация:* справочные, нормативные материалы и литература; каталоги и паспорта оборудования; альбомы приспособлений и другой технологической оснастки; ГОСТы, стандарты, нормалы; нормативы режимов резания; методическая и прикладная информация по управлению технологическими процессами; программное обеспечение ЭВМ; нормативы технического нормирования; тарифно-квалификационные справочники; информация о передовых достижениях в области техники и технологий.

Если технологический процесс разрабатывается для действующего производства, необходимо располагать сведениями об имеющемся оборудовании, его состоянии, коэффициенте загрузки, производственных площадях.

### **Этапы проектирования единичных технологических процессов**

Проектируемый технологический процесс проходит взаимосвязанные этапы с соответствующими задачами, решение которых осуществляется с помощью соответствующих систем и документов.

*Проектирование включает:*

1. Анализ технологичности конструкции (отработка на технологичность). Замечания и предложения по технологичности, согласовываются с отделом главного конструктора (ОГК), либо с организацией–разработчиком конструкторской документации.

2. Анализ исходных данных.

3. Определение типа производства, определение размера партии деталей, запускаемых в производство одновременно (для серийного производства) или определения такта выпуска (для массового производства).

4. Выбор метода и способа получения заготовки.

5. Выбор унифицированных действующих типового или группового технологических процессов. При их отсутствии – поиск аналогов.

6. Разработка маршрутов обработки с указанием последовательности операций и переходов (выбор технологических баз, планов и методов обработки отдельных поверхностей детали).

7. Выбор (предварительно) оборудования, режущего инструмента, приспособлений, измерительного инструмента.

8. Расчет припусков, межоперационных размеров, допусков на них (проектирование заготовки).

9. Проектирование операций (расчет режимов резания, основного времени, уточнение предварительно выбранного оборудования по техническим характеристикам, анализ возможности применения многоинструментальной обработки, уточнения по режущему инструменту и другой технологической оснастке, выбор средств механизации и автоматизация процессов).

10. Нормирование операций.

11. Разработка требований безопасности и охраны труда на рабочих местах исполнителей.

12. Технико-экономическое обоснование разработки.

13. Оформление технологической документации, составление заявок и технических заданий на специальное оборудование и специальную оснастку.

## Определение типа производства

Определение типа производства производится по годовой программе выпуска изделия с учетом массы изделия, а также по коэффициенту закрепления операций.

Для серийного производства характерно изготовление деталей партиями, одновременно запускаемыми в производство. Существует понятие *оптимальной партии*, ориентировочный размер которой:

$$n = \frac{N \times t}{\Phi}, \quad (40)$$

где  $t$  – запас в днях ( $t = 2 - 5$  – для габаритных деталей,  $t=5$  – для средних деталей, для мелких  $t = 10 - 30$ );

$N$  – количество деталей одного наименования в годовой программе;

$\Phi$  – количество рабочих дней в году.

*Такт выпуска* характерен для массового производства – это промежуток времени на изготовление одной детали, равный:

$$\tau = \frac{60 \times F}{N}. \quad (41)$$

$F$  – действительный годовой фонд рабочего времени (2030 ч.- 1 смена, 4015 ч. – 2 смены);

$N$  – годовая программа выпуска изделий, шт.

В массовом производстве, для которого характерна обработка на поточной линии, такт выпуска является основой проектирования технологического процесса. По такту выпуска рассчитывается потребность в оборудовании, осуществляется синхронизация операций обработки и т.п.

## Выбор метода и способа получения заготовки

Выбор оптимального метода и способа получения заготовки решается на основе минимизации затрат на получение заготовки и на по-



следующую ее механическую обработку. Чем больше форма заготовки и ее размеры приближены к детали, тем дороже изготовление заготовки и дешевле механическая обработка.

Тенденции современного машиностроения заключаются в повышении точности и сложности заготовки. При этом эффективными могут быть комбинированные методы получения заготовок (соединение, например сваркой, отдельных элементов). Возникающая потребность в экономии материалов, применении безотходных и малоотходных технологий, интенсификация технологических процессов ставит задачи использования пластмасс, металлокерамики, покрытий с прогнозируемыми свойствами и других специальных материалов и сплавов.

Важным требованием к заготовкам является стабильность их качества (стабильность припусков, твердости, точности, правильности формы). Она определяет ход технологического процесса, что особенно важно для автоматизированного процесса, гибкого автоматизированного производства (ГАП).

### **Разработка маршрутов обработки**

На этом этапе устанавливается (или уточняется по типовому технологическому процессу) последовательность выполнения операций. При этом виды обработки определяются сочетанием разнообразных форм поверхностей детали. Так, например, цилиндрические поверхности (внутренние и наружные) могут быть получены точением, шлифованием; внутренние – сверлением, зенкерованием, протягиванием, плоские – строганием, шлифованием, фрезерованием и т.п.

Особые требования (по качеству поверхности и по точности) предъявляются к исполнительным (сопрягаемым) поверхностям.

Главной задачей технологического процесса является выполнение технических требований с наименьшими затратами.

Точность и качество поверхностей в зависимости от формы и размеров определяется методом обработки и средства технического оснащения. Каждому методу обработки предшествуют промежуточные

со своими среднеэкономическими показателями качества. Каждый последующий вид обработки обеспечивает большую точность и лучшее качество обработки.

*Основные положения при разработке маршрута обработки.*

1. В первую очередь обрабатывают те поверхности заготовки, которые в последующем будут использованы в качестве технологических баз.

2. Во вторую очередь обрабатываются те поверхности, которые содержат наибольший припуск.

3. Обрабатываются остальные поверхности, которые имеют наибольшую вероятность обнаружения дефектов.

4. Обрабатываются поверхности начерно с учетом обеспечения сохранения достаточной жесткости заготовки.

5. Чистовая обработка осуществляется в зависимости от конечной точности по чертежу. Чем выше точность размера поверхности, тем позже она обрабатывается. На последующих операциях обрабатываются резьбы в целях предотвращения их повреждения.

6. Поверхности, связанные между собой точностью взаимного расположения, целесообразно обрабатывать на одной операции при неизменной установке.

7. Чистовые и черновые операции выполняются отдельно. Допускается выполнение черновых и чистовых операций на одном и том же оборудовании, при условии, что припуск на обработку незначителен, а жесткость детали достаточна.

8. При предшествии разработке маршрута выбора баз необходимо исходить из соблюдения принципов единства и постоянства баз с учетом рекомендации по их выбору.

9. Большинство деталей, изготавливаемых из сталей, подвергаются термической (химико-термической) обработке. При твердости  $HRC_3 > 32$  обработка осуществляется абразивным инструментом.

10. Целесообразно до механической обработки произвести улучшающие методы термической обработки (нормализация, отжиг).

11. Маршрут обработки должен предусматривать операции технического контроля.

### **Выбор оборудования**

Для существующего предприятия выбор оборудования основывается на информации о наличии станочного парка, исходя из его технических возможностей, состояния, загрузки.

Выбор оборудования осуществляется с учетом достижений науки и техники в станкостроении.

При выборе станков главным критерием является группа оборудования, определяемая видом обработки.

При выборе модели станка необходимо исходить из типа оборудования в группе и допустимых размеров обработки.

В значительной степени выбор станка определяется типом производства. Ряд характеристик оборудования дает представление о более широких технических возможностях станка: посадочные места, диапазон скоростей, подач, наибольшие размеры обработки и др.

Габаритные размеры, масса, стоимость является определяющими при рациональном проектировании рабочих площадей, монтажных, эксплуатационных работах т.д. В конкретных условиях необходимо учитывать: возможность автоматизации и механизации вспомогательных операций, возможность многостраничного обслуживания, удобство управления, совместимость станков с ЧПУ.

### **Выбор приспособлений**

Основными критериями при выборе приспособлений является тип производства. В единичном производстве применяются универсальные приспособления, которые являются комплектностью станков (кулачковые патроны, оправки, люнеты, прихваты, тиски, делительные головки, поворотные столы и др.).

В серийном производстве применяются чаще всего сборные приспособления (УСП) – это комплект универсальных стандартных элементов, обеспечивающих быструю переналадку при обработке деталей.

В массовом производстве применяются специальные механизированные с пневматическими, гидравлическими и другими приводами приспособления, позволяющие вести обработку с наивысшей точностью, являются надежными, способствуют улучшению условий труда, повышению производительности.

При выборе приспособлений пользуются альбомом типовых конструкций приспособлений, используя схемы базирования.

### **Выбор режущих инструментов**

Определяются выбором вида обработки, а также точностью, качеством обрабатываемой поверхности, свойством обрабатываемого материала, размерами посадочных мест станка. По возможности предпочтение отдается стандартным инструментам.

Для массового производства целесообразно применение специального (комбинированного) инструмента, позволяющего вести обработку нескольких поверхностей. Преимущество необходимо отдавать инструменту, изготовленному из высокопроизводительного материала.

### **Выбор средств измерения**

В массовом производстве целесообразно применение качественных измерительных средств, предпочтение отдается гладким калибрам. Применяются приспособления для контроля формы и правильности расположения поверхностей.

Перспективным является применение средств активного контроля, позволяющих, используя обратную связь, вести корректировку технического процесса.

## **Конструирование заготовки**

Включает разработку чертежа заготовки, технических условий к ней (установление формы, размеров поверхностей, допусков на них, шероховатости поверхностей, отработку технологичности конструкции, расчет припусков, назначение уклонов, радиусов сопряжений, напусков, возможных допустимых дефектов и т.д.). Допуски на размеры исходной заготовки устанавливаются по соответствующим стандартам.

## **Разработка технологических операций**

Разработка операций сопровождается заполнением соответствующей технологической документации.

Задачи, решаемые при разработке технологических операций:

по маршруту определяется рациональность схем обработки и структуры операций;

уточняется выбор технологических средств;

анализируется возможность автоматизации, механизации основных и вспомогательных операций, возможность применения транспортных средств;

производится расчет технологических размерных цепей;

производится расчет режимов резания;

проектируются схемы инструментальных наладок (в том числе для многоинструментальной обработки).

## **Оформление технологической документации**

Технологическая документация оформляется в соответствии с требованиями ЕСТД, проходит нормоконтроль, согласовывается с производственными службами и утверждается. Так, например: в соответствии с ГОСТом 3.1102-81г. предусматриваются следующие виды технологической документации: титульный лист (ТЛ); маршрутная карта (МК); операционная карта (ОК); карта эскизов (КЭ); карта технологического процесса

(КТП); карта типового (группового) технологического процесса (КТТП); карта кодирования информации (ККИ); карта наладок (КН) и др.

Каждый из перечисленных документов выполняется на бланках соответствующих форм.

Комплектность необходимых документов определяется следующими факторами:

типом производства (единичное, серийное, массовое);

глубиной проработки технологического процесса (маршрутное, операционное, маршрутно–операционное описание);

видом технологического процесса (единичный, групповой или типовой);

стадией разработки (проектный ТП, ТП опытной партии, экспериментальный, временный, стандартный ТП);

видом обработки, применяемым оборудованием (обработка резанием, сварка, штамповка, сборка, технический контроль и др.).

Оформление документации на бланочной продукции зависит от применяемых средств обработки данных и от методов проектирования. Обработка данных может быть выполнена с применением средств механизации, автоматизации и без них.

Комплект документов для единичных технологических процессов включает: ТЛ – форма 1,2 (ГОСТ 3.1105-84); МК – форма 1,1а,1б,2 (ГОСТ 3.1118-82), ОК – форма 2,2а,3 (ГОСТ 3.14.04-86); КЭ – форма 7, 7а (ГОСТ 3.1105-84).

В ТЛ указывается наименование министерства, фамилия утверждающего лица с подписью, наименование ТП, наименование детали, на которую разрабатывается процесс, фамилия разработчика, даты.

При оформлении МК и ОК придерживаются определенного порядка. Основная информация представляется в выделенных жирными линиями блоках дополнительной, поисковой, вспомогательной информации, а также в блоках внесения изменений и состава исполнителей.

При операционном описании ТП информация заносится в строках соответствующих служебных символов:

А - № цеха, участка, рабочего места, № и наименование операции, обозначение документа и др;

Б – код и наименование оборудования, степень механизации, разряд, профессия и др.;

М – материал, исходная заготовка;

О – наименование перехода или операции (запись производится по всей длине строки с соблюдением следующих правил: записывается ключевое слово, например «точить» или «сверлить», наименование обрабатываемой поверхности, условное обозначение размеров конструктивных элементов, допускается также сокращение записи со ссылкой на карты эскизов, на которых обозначаются конструктивные элементы и т.д.);

Т – информация о применяемой технологической оснастке (соблюдая строгую последовательность: приспособление, режущий, измерительный инструмент);

Р – режимы резания, нормы времени.

На картах эскизов изображается деталь в соответствующем положении относительно станка при обработке, положение базирующих (установочных) элементов с использованием условных обозначений, выделяются жирными линиями обрабатываемые поверхности детали, проставляются их размеры с допусками и указываются параметры шероховатости.

### **Проектирование схем наладок**

На схемах наладок изображаются:

деталь в обрабатываемом положении с выделением жирными линиями обработанных поверхностей, простановкой их размеров и параметров шероховатости;

приспособление с упрощенным отражением схемы базирования и закрепления детали;

режущий инструмент (набор инструментов) в положении на момент окончания обработки;

формообразующие движения в виде стрелок;  
траектория перемещения инструмента (циклограмма);  
таблица с режимами резания (табл. 5).

Таблица 5

### Примерная таблица режимов обработки

Переход	$S_o$ , мм/об	$N$ , мин <sup>-1</sup>	$V$ , м/мин	$T_o$ , мин

При многорезцовой (многоинструментальной), многошпиндельной наладке, обработке в несколько переходов операции могут осуществляться по последовательной либо по параллельной схемах. В первом случае машинное время суммируется, а во втором – время выбирается по лимитирующему переходу.

### Нормирование ТП

При нормировании ТП по информации предыдущих этапов производят расчет и нормирование затрат труда, расхода материалов, устанавливают квалификацию и тарификацию исполнителей. Для этого существуют нормативы – справочная литература.

## Тема 12. Основы технического нормирования

Под *техническим нормированием* понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы или нормы выработки (количество изделий в единицу времени).

Норма времени определяется на основе технических расчетов, исходя из условий наиболее полного использования возможностей оборудования и технологической оснастки. Основной элемент расчета



– операция. *Технически обоснованной нормой* называется время, необходимое на выполнение данной операции (в мин.) при определенных организационно–технических условиях конкретного предприятия. На основе технических норм рассчитывается длительность производственного цикла, планирование производства, производственная мощность, количество рабочих, единиц оборудования, инструмента, оснастки и т.д.

Техническая норма времени устанавливает обоснованную норму расхода производственных ресурсов. Она является основным показателем при анализе технологических процессов и выборе оптимальных, является критерием совершенства технологического процесса. При расчете норм времени на обработку необходимо исходить из следующих условий:

- припуски заготовки оптимальные;
- качество заготовки соответствует требованиям предприятия;
- схема обработки и режимы резания оптимальные;
- квалификация рабочих соответствующая;
- применяемое оборудование, приспособления, инструменты эффективные.

Кроме того, нормы времени не учитывают непредвиденные условия: не вовремя поставлены материалы, инструмент, перебои с электроэнергией, с транспортом и т.д., затраты, связанные с исправлением брака.

Время, затраченное на изготовление одной детали на данной операции, называется *штучным*.

$$T_{шт.} = T_o + T_b + T_{т.о.} + T_{о.о.} + T_n, \quad (42)$$

где  $T_o$  – основное время;

$T_b$  – вспомогательное время;

$T_{т.о.}$  – время технического обслуживания рабочего места;

$T_{о.о.}$  – время организационного обслуживания;

$T_n$  – время перерывов на отдых и естественные надобности.

*Основное (технологическое) время* – это время, затраченное непосредственно на обработку. Оно определяется для каждого технологического перехода, например для токарной обработки, выражением:

$$T_0 = \frac{L \times i}{n \times S_0}, \quad (43)$$

где  $L$  – расчетная длина обработки, в мм;

$i$  – количество рабочих проходов на данном переходе;

$n$  – частота вращения шпинделя (заготовки) об/мин. или  $\text{мин}^{-1}$ ;

$S_0$  – оборотная подача, мм/об.

Для отдельных видов обработки формула может иметь другой вид.

Основное время на операцию, выполняемую в несколько переходов, определяется суммированием времени по переходам.

*Вспомогательное время ( $T_B$ )* включает время, необходимое на управление станком (включить – выключить, на настройку режимов обработки, на перемещение инструмента в зону резания, на установку приспособления, детали, на измерение и т.п.). Так же, как и основное, вспомогательное время может быть: ручным, машинным, их сочетанием.

Вспомогательное время может составлять до 30 % и более штучного времени. Поэтому необходимо выявлять пути и предпринимать возможные меры по его сокращению.

*Время технического обслуживания  $T_{т.о.}$*  учитывает время на смену затупившегося инструмента, время на подналадку, регулировку, удаление стружки из зоны резания и прочее.

*Время организационного обслуживания  $T_{о.о.}$*  включает время на уход за рабочим местом в процессе работы в конце смены, время на подготовку инструментов, время на осмотр станка, его опробование, смазку, уборку и т.п.

*Время перерывов в работе  $T_n$*  включает время перерывов на личные потребности, регламентированные перерывы, определяемые технологией и организацией технологического процесса.

При нормировании элементов  $T_{o.o.}$ ,  $T_{т.о.}$  и  $T_n$  структуры штучного времени пользуются нормативами, которыми в зависимости от применяемого оборудования, типа производства и других производственных условий, устанавливаются процентные значения от оперативного (или основного) времени.

*Оперативным* называют сумму основного и вспомогательного времени, определяемым по формуле:

$$T_{o.п.} = T_o + T_v. \quad (44)$$

В условиях серийного производства при изготовлении партий деталей используется *подготовительно–заключительное время* ( $T_{п.-з.}$ ). Это время, затрачиваемое на подготовительные и заключительные работы по изготовлению партии деталей, но не входящее в штучное время (изучение рабочих чертежей, подготовка и наладка оборудования и др.). Определяется штучно-калькуляционное время по формуле:

$$T_{шт. \text{ калькуляц.}} = T_0 + T_v + T_{т.о.} + T_{o.o.} + T_n + \frac{T_{п.-з.}}{n}, \quad (45)$$

где  $n$  – количество деталей в партии.

При нормировании работ оперируют понятием *норма выработки* – величина, обратная норме времени. Различают: сменную  $N_c$  – количество деталей, изготовленных в смену ( $N_c = T_{см}/T_{шт.}$ ) и часовую – количество деталей, изготовленных в час ( $N_ч = 60/T_{шт.}$ ) – это производительность труда.

### **Тема 13. Оценка совершенства технологических систем и процессов**

Производительность обработки и ее себестоимость зависят от ряда факторов, начиная от применяемого материала, способа получения заготовки и заканчивая требованиями к точности и шероховатости

обрабатываемых поверхностей, изготавливаемых изделий, методами и средствами окончательного или межоперационного их контроля. Повышение точности, уменьшение шероховатости повышают трудоемкость и, следовательно, себестоимость.

Целесообразность мероприятий, направленных на совершенствование техники и технологии, в том числе и экономичность предполагаемого технологического процесса, обосновывается расчетами технико-экономической эффективности.

*Эффект* – это полезный результат, который обеспечивает новые разработки, технические мероприятия, инновации. Эффект может быть экономическим, экологическим, социальным, научно-техническим.

*Экономический эффект* выражается в экономии всех видов производственных ресурсов, повышении производительности выпускаемой продукции, в росте прибыли предприятия.

*Экологический* – уменьшение вредного влияния производства на окружающую среду.

*Социальный* – улучшение условий труда, исключение тяжелого и вредного труда, профессиональных заболеваний, повышение культуры производства.

*Научно-технический* – в обеспечении научно-технического прогресса (получение новых знаний, новых средств и т.п.).

Экономический эффект количественно оценивается показателями. В общем виде показатель экономического эффекта определяется соотношением превышения стоимостной оценки полезных результатов с затратами на разработку инновации.

Усовершенствованиями технологии могут быть следующие мероприятия: замена материала; увеличение КИМ; замена оборудования, или повышение его коэффициента загрузки; снижение трудоемкости обработки; механизация, автоматизация; применение прогрессивной технологической оснастки; экономия энергоносителей.

Наиболее экономичный вариант ТП выбирают расчетом экономической эффективности по показателям. Различают общие (абсолютные) и сравнительные показатели.

*Общий (абсолютный) показатель* определяется соотношением разности заводской цены и себестоимости продукции к капиталовложениям, способствующим этой экономии. Расчет ведется применительно к годовому выпуску продукции.

$$\mathcal{E}_a = \frac{Ц - С}{К}. \quad (46)$$

При условии  $\mathcal{E}_a > E_a$  – рассматриваемые направления совершенствования эффективны, то есть себя оправдывают.

$E_a$  – нормативный абсолютный показатель (для машиностроения  $E_a=0,16$ )

*Сравнительный (расчетный) показатель* рассчитывается по формуле и предполагает сопоставление двух вариантов технического решения (например, существующего и предлагаемого процесса):

$$E_p = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (47)$$

где индексы: 1 – базовый (существующий) ТП; 2 – предлагаемый (усовершенствованный) ТП.

При условии  $E_p > E_n$ , 2-й вариант эффективнее 1-го.

Нормативный сравнительный показатель  $E_n=0,12$  (для народного хозяйства, в том числе и для машиностроения).

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений – это величина обратная сравнительному показателю:

$$T_p = \frac{1}{E_p}. \quad (48)$$

Условием окупаемости капиталовложений является  $T_p < T_n$  ( $T_n=8,3$  года).

Если себестоимость  $C_1$  и  $C_2$  берется применительно к единице продукции, то капиталовложения должны быть также удельными.

При расчете экономичности сопоставляемых вариантов ТП для определения себестоимости может оказаться приемлемым метод определения себестоимости поэлементный – метод калькулирования

(метод прямого счета). При этом можно учитывать только те элементы, входящие в себестоимость, которые являются отличительными в сравниваемых вариантах, т.е. себестоимость будет неполная. Такая неполная себестоимость, которая учитывает только конкретные отличия в сопоставляемых вариантах, называется технологической.

Полная технологическая (цеховая) себестоимость:

$$C_{ц} = C_{т} = \sum C_i . \quad (49)$$

Затраты  $C_i$  включают:

зарплату основных рабочих с начислениями;

зарплату наладчиков с начислениями;

затраты на амортизацию оборудования;

затраты на приспособления;

затраты, связанные с амортизацией режущего инструмента (заточка, ремонт);

затраты, связанные с амортизацией измерительного инструмента;

затраты на силовую электроэнергию;

затраты на вспомогательные материалы (СОЖ, обтирочные, смазка и др.);

затраты на амортизацию производственных площадей (ремонт, освещение, уборка).

общецеховые затраты (на зарплату инженерно-технических работников, служащих, вспомогательных рабочих, затраты на цеховой инвентарь, ТБ, охрана труда);

затраты на материалы за вычетом стоимости реализуемых отходов.

Элементы технологической себестоимости рассчитываются по соответствующим формулам, нормативам.

Капиталовложения включают стоимость: технологического оборудования; производственной площади; оснастки; технической подготовки производства; комплекта управляющих программ; капиталовложений в оборотные средства.

## РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.

Арзамасов В. Н. Материаловедение. – М. : Машиностроение, 1986. – 384 с.

Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 464 с.

Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. – М. : Машиностроение, 1969. – 560 с.

Волчкевич Л. И. Комплексная автоматизация производства. – М. : Машиностроение, 1983. – 262 с.

Гамрат-Курек Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов. – М. : Высшая школа, 1985. – 160 с.

Гжиров Р. И., Серебrenицкий П. П. Программирование обработки на станках с ЧПУ : Справочник. – Л. : Машиностроение, 1990. – 588 с.

Горбачев А. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Уч. пособие. – Мн.: Высшая школа, 1983. – 286 с.

Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М. : Машиностроение, 1979. – 304 с.

Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. Уч. пособие для машиностр. и приборостроит. спец. вузов. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.

Дальский А. А., Арутюнова Н. А., Барсукова Т. Н. Технология конструкционных материалов / Под ред. А. А. Дальского. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.

Добрыднев И. С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М. : Машиностроение, 1985. – 184 с.

Дьячков В. Б., Кабатов Н.Ф., Носиков М.У. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: Справочник. – М. : Машиностроение, 1983. – 288 с.

Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2-х т. Т.1. – 2-е изд. доп. и перераб. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 264 с.

Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении: Справочник в 2-х т. – 2-е изд. доп. и перераб. – М. : Изд. стандартов, 1990. – Т. 2 : Контроль деталей. – 208 с.

Ковшов А. Н. Технология машиностроения: Уч. для студ. машиностроительных спец. вузов. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.

Колесов И. М. Основы технологии машиностроения. – М. : Высшая школа, 1999. – 592 с.

Корсаков В. С. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.

Маталин А. А. Технология машиностроения. Учебник. –М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Машиностроительные материалы : Краткий справочник / В. М. Раскатов, В. С. Чуенко, Н. Ф. Бессонова, Д. А. Вейс. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 512 с.

Металлорежущие системы машиностроительных производств: Уч. пособие для студ. технических вузов / Под ред. Г. Г. Земского, О.В. Таранынова. – М. : Высшая школа, 1988. – 464 с.

Обработка металлов резанием: Справочник технолога [ А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.] – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

Основи технології літакобудування / Ю. О. Боборикін, В. Т. Сікульський. – Навч. посібник. – Х. : Держ. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2000. – 116 с.

Основы технологических систем. Учебное пособие [Дудко П. Д., Крюк А. Г., Савченко Н. Ф. и др.] – Х. : Изд. ХГЭУ, 2002. – 248 с.

Програма курсу «Системи технологій» для студентів спец. 8.000007, 8.050201 усіх форм навчання [ Укл. А. Г. Крюк, М. Ф. Савченко, В. Г. Чистяк, А. І. Демиденко.] – Х. : Вид. ХДЕУ, 2003. – 80 с. (Укр. мов.)

Программа производственной технологической практики для студентов спец. 7.050201, 7.050109 дневной формы обучения. / Алимочкин В. М., Шкурупий В. Г. – Х. : РИО ХГЭУ, 1999. – 32 с.



Проектирование автоматизированных участков и цехов: Учебник [В. П. Вороненко, В. А. Егоров, М. Г. Косов и др.] / Под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высшая школа, 2000. – 272 с.

Проектирование технологий / Под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Машиностроение, 1999. – 416 с.

Режимы резания металлов : Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд. – М. : Машиностроение, 1972. – 406 с.

Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : Навч. посібник. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

Системы технологий. Учебное пособие / Под ред. П. Д. Дудко, А. Г. Крюка. – Х. : Изд. ХГЭУ, 2003. – 292 с.

Соломенцев Ю. М., Сосонкин В. Л. Управление гибкими производственными системами. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.1 / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 2-е изд. доп. и перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Станочные приспособления. Справочник. В 2-х томах / Под ред. Б. М. Вардашкина. – М. : Машиностроение, 1984.

Технологія конструкційних матеріалів: Підручник [М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін.]; / За ред. М. А. Сологуба. – К. : Вища школа, 1993. – 300 с.

Чистяк В. Г., Алимочкин В. М., Дитиненко С. А. Методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям по курсу «Техника и технология производства» для студентов спец. 7.050108, 7.050201, 8.000007 всех форм обучения. Ч. 1. – Х. : Изд. ХГЭУ, 2001. – 80 с.

Чистяк В. Г., Савченко Н. Ф., Васильев А. С. Методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям по курсу «Техника и технология производства» для студентов спец. 7.050108, 7.050201, 8.000007 всех форм обучения. Ч. 2. – Х. : Изд. ХГЭУ, 2001. – 92 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Раздел 1. Общие принципы создания технологий .....	6
Тема 1. Перспективные технологии – важнейший фактор экономического и социального развития общества .....	6
Тема 2. Технологические системы современного производства ..	14
Тема 3. Основы создания ресурсосберегающих и безотходных технологий .....	21
Раздел 2. Основы технологии машиностроения .....	31
Тема 4. Основные понятия и определения технологии машиностроения .....	31
Тема 5. Качество продукции машиностроения .....	40
Тема 6. Точность обработки деталей машин .....	51
Тема 7. Основы базирования и приспособления, применяемые в производстве .....	62
Тема 8. Понятие о технологических размерных цепях .....	69
Тема 9. Проектирование заготовок .....	74
Тема 10. Технологичность конструкции .....	79
Тема 11. Основы проектирования технологических процессов ...	85
Тема 12. Основы технологического нормирования. ....	96
Тема 13. Оценка совершенствования технологических систем и процессов .....	99
Рекомендованная литература .....	103

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА**  
курса “Системы технологий”

**Конспект лекций**  
**Часть 1**

Автор **Чистяк Владимир Григорьевич**

Ответственный за выпуск **Крюк А.Г.**

Ответственный редактор **Седова Л.Н.**

Редактор **Шаповалов М.Е.**

Корректор **Флоринская Е.Ю.**

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ  
ВИРОБНИЦТВА**  
курсу “Системи технологій”

**Конспект лекцій**  
**Частина 1**

**Автор Чистяк Володимир Григорович**

План 2003 г. Поз. № 48-К

Подп. к печ. 9.07.2003г. Формат 60x90 1/16. Бумага TATRA. Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 6,75. Уч.-изд. л. 6,08. Тираж 200 экз. Зак. № 361. Бесплатно.

*Свидетельство о внесении в Государственный реестр субъектов издательского дела Дк №481 от 13.06.2001г.*

---

Издатель и изготовитель – издательство ХГЭУ, 61001, г. Харьков, просп. Ленина, 9а