**РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

*ТПТС АПК-20 Лекция №5=2ч.*

**Тема 2.1. Основные принципы проектирования и разработки технологических процессов**

*1. Классификация технологических процессов*

*2. Методология разработки технологических процессов*

1. **Классификация технологических процессов**

*Технологический процесс* – часть производственного процесса, содержащая действие по изменению и последующему определению предмета производства. В зависимости от условий и назначения применяют различные виды и формы технологических процессов (ТП).

ТП могут быть классифицированы по организации, назначению и степени детализации описания.

По организации ТП делят на единичные и унифицированные.

*Единичные ТП* разрабатывают для оригинальных изделий, которые не имеют общих конструкторских и технологических признаков с изделиями, ранее изготавливаемыми на предприятии.

*Унифицированные ТП* создают для группы изделий, характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков. Унифицированные процессы подразделяют на типовые и групповые.

*Типовые ТП* применяются для изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Он служит информационной основой при разработке технологического процесса на любую деталь группы.

*Групповой ТП* предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах. Главной технологической единицей групповой обработки является группа. В нее объединяются детали, характеризующиеся общностью типов оборудования, необходимого для обработки заготовок в целом или отдельных ее поверхностей.

Принципиальное отличие между типовыми и групповыми процессами заключается в следующем: типовая технология характеризуется общностью технологического маршрута, а групповая – общностью оборудования и оснастки, необходимых для выполнения определенной операции или полного изготовления детали.

По назначению ТП подразделяются на перспективные, рабочие и комплексные.

*Перспективный ТП* – процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

*Рабочий ТП* разрабатывают на уровне предприятия для изготовления или ремонта конкретного изделия. Рабочие процессы создают по унифицированным, перспективным или единичным ТП, которые используют в качестве информационной базы.

*Комплексный ТП* – процесс, в состав которого включены не только технологические операции, но и операции по перемещению, контролю и очистке обрабатываемых заготовок. Комплексные ТП разрабатывают при создании автоматических линий и гибких автоматизированных производственных систем.

По степени детализации описания ТП бывают с маршрутным, операционным и маршрутно-операционным описанием.

*Маршрутное описание ТП* – сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

*Операционное описание ТП* – полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

*Маршрутно-операционное описание ТП* – сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Разработка ТП механической обработки заготовок имеет целью дать подробное описание процессов изготовления деталей с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованиями принятого варианта из возможных. В результате составления технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие получают необходимые данные и инструкции для реализации разработанного ТП на предприятии.

Технологические разработки определяют необходимые средства производства для выпуска изделий (оборудование и СТО, режущий и контрольный инструмент), трудоемкость и себестоимость изготовления изделий. Все это служит основой для организации снабжения основными и вспомогательными материалами, календарного планирования, технического контроля, инструментального и транспортного обеспечения, а также для определения производственных площадей, необходимых энергетических ресурсов, рабочей силы.

***2. Методология разработки технологических процессов***

Разработка технологических процессов (ТП) механической обработки заготовок деталей машин является сложной, комплексной, многовариантной задачей, требующей учета большого числа разнообразных факторов. В основу разработки ТП закладываются следующие принципы:

- *технический* – ТП должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление детали;

- *экономический* – изготовление детали должно вестись с минимальными затратами труда и издержками производства;

- *организационный* – деталь должны изготовляться в условиях организации производства, обеспечивающих наибольшую эффективность.

Из нескольких вариантов ТП изготовления одной и той же детали, равноценных с позиции технического принципа, выбирают наиболее эффективный вариант с позиций организационного и экономического принципов.

Основы методологии разработки ТП отражены в стандартах единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). Общие правила разработки ТП изложены в рекомендации Р50-54-93-88.

Разрабатываемые ТП должны быть прогрессивными, обеспечивать повышение производительности труда и качества изготовляемых изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на их реализацию, обеспечивать выполнение всех требований безопасности труда, а также быть экологически чистыми, без вредных, недопустимых воздействий на окружающую среду.

Для разработки единичных ТП установлены следующие основные этапы в соответствии с рекомендациями Р50-54-93-88.

1) анализ исходных данных для разработки ТП;

2) выбор действующего типового, группового ТП или поиск аналога единичного процесса;

3) выбор исходной заготовки и метода ее изготовления;

4) выбор технологических баз;

5) составление технологического маршрута изготовления детали;

6) разработка технологических операций;

7) нормирование ТП;

8) определение требований экологии и безопасности жизнедеятельности;

9) расчет экономической эффективности ТП;

10) оформление ТП и технологической документации.

Для разработки ТП необходимо располагать определенной исходной – базовой, руководящей и справочной информацией.

К *базовой* информации относятся данные, содержащиеся в кон­структорской документации на изделие и плановом задании на его выпуск. Например, допуски и посадки, марка материала, термообработка, покрытие, технические условия и другая информация со­держатся в чертеже детали; годовая программа выпуска изделий, количество запасных частей, режим работы предприятия — в пла­новом задании.

*Руководящая* информация включает данные, содержащиеся в стандартах всех уровней на ТП, оборудова­ние и оснастку; в производственных инструкциях по экологии и безопасности жизнедеятельности.

*Справочную* информацию составляют данные, содержащиеся в  
описаниях прогрессивных методов обработки; документации на  
действующие типовые процессы; каталогах, номенклатурных спра­вочниках прогрессивного технологического оборудования и оснастки; материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.); методиках расчета экономической эффективности и точности; технологических классификаторах деталей и операций.

При разработке ТП механической обработки заготовок деталей машин исходными данными являются размер и срок выполнения программного задания, правильно отработанные чертежи и технические условия на изготовление и приемку изделия, а также чертеж и данные об исходной заготовке.

Рабочие чертежи деталей должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.001-93) и содержать:

- необходимое число проекций видов, разрезов и сечений, позволяющих иметь правильное представление о форме детали;

- обозначение всех допусков на все параметры точности детали;

- указания о требуемой шероховатости для всех поверхностей, подлежащих механической обработке;

- указания о материале детали, его твердости и термической обработке, что необходимо для правильного назначения режимов резания;

- технические условия изготовления и условия, которые должны быть обеспечены для правильной сборки деталей в сборочной единице.

Данные о заготовке включают: чертеж и технические условия на изготовление, метод получения (литье, штамповка, прокатка и т.д.), точность изготовления.

Объем программного задания зависит от заданного числа выпускаемых изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения в течение планируемого интервала времени. ГОСТ 14.004-83 определяет тип предполагаемого производства и позволяет установить рациональный вид ТП на основе необходимых расчетов экономической эффективности различных вариантов технологической оснастки и специального оборудования. В условиях массового и серийного производства на основании программного задания устанавливают такт выпуска изделий.

При разработке ТП кроме рабочего чертежа детали, данных о типе производства используют следующие виды технико-экономической информации: технологический классификатор деталей (объектов производства); классификатор технологических операций; сборник типовых технологических процессов и операций; систему обозначения технологических документов; стандарты ЕСКД и ЕСТПП; стандарты и каталоги на средства технического оснащения; нормативы.

Средства технического оснащения предопределяют возможность применения того или иного процесса обработки. Технические характеристики оборудования и технологической оснастки характеризуют технологическую оснащенность производства и определяют качественную сторону разрабатываемого ТП.

Нормативы технологических режимов и трудовых материальных затрат учитывают, при каких условиях с соблюдением всех требований чертежа деталь будет изготовлена с наименьшими затратами. Из всех возможных вариантов технологического процесса изготовления одного и того же изделия выбирают наиболее экономически эффективный.

При курсовом и дипломном проектировании разрабатываются единичные, типовые и групповые рабочие ТП, относя­щиеся по степени детализации к операционным или маршрутно-операционным. Единичный рабочий ТП раз­рабатывается дипломантом в том случае, если в задании на проек­тирование содержится одна сложная или несколько простых разнотипных деталей. Если в задании поставлена задача разра­ботки ТП на несколько однотипных деталей, проектируется рабочий типовой или групповой процесс на одну деталь, являющуюся типовым представителем группы. Этот процесс используется в качестве информационной основы для разработки рабочих технологических процессов (РТП) на остальные детали группы.

Технологические процессы разрабатываются на изделия, конст­рукции которых отработаны на технологичность. Поэтому первым (подготовительным) этапом работ по проектированию является ознакомление с назначением и конструкцией объектов производст­ва, требованиями к их изготовлению и эксплуатации и оценка тех­нологичности конструкций.

Обеспечение технологичности конструкции изделий является одной из основных функций подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и техническое обслуживание, и ремонт изделия вне предприятия-изготовителя.

Анализ технологичности проводится в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП.

Существует несколько методик определения типа производства по известной номенклатуре изготовляемых изделий и годовой программе их выпуска. Наибольшее применение получила методика определения типа производства по коэффициенту закрепления операций, который является одним из основных характеристик типа производства.

Для деталей большинства изделий сельскохозяйственного машиностроения применяются практически все известные виды заготовок. Основными из них являются сортовой материал и профильный прокат, штампованные заготовки, а также разнообразные виды отливок. Выбор заготовки определяется физико-химическими свойствами материала деталей, их конструктивными формами и размерами, характером нагрузок, воспринимаемых деталями в процессе функционирования изделия, а также типом производства.

Сортовой материал применяется во всех типах производства для заготовок деталей, конфигурация которых близка к профилю сортового материала, когда нет значительной разницы в поперечных сечениях детали. Сортовой материал применяют также в случаях, когда по причине малой программы другие виды заготовок экономически невыгодны. При применении профильного проката в серийном и массовом производствах условия аналогичны.

Наиболее широкое распространение имеют поковки, полученные горячей штамповкой. Это объясняется их высокими прочностными характеристиками по сравнению с другими видами заготовок, полученных из того же металла или сплава.

Широкому применению поковок способствует также высокая производительность, точность заготовки, высокий коэффициент использования материала и малая стоимость заготовки в условиях серийного и массового производств.

Литые заготовки получили преимущественное применение для корпусных деталей закрытого или открытого типа, кронштейнов, траверс, корпусов и крышек подшипников и редукторов, рычагов, шатунов, тройников и др. Основными видами литья являются литье в песчаные, металлические и оболочковые формы, литье под давлением, по выплавляемым моделям и центробежное.

Литье в песчаные формы, изготовленные по металлическим моделям при машинной формовке, позволяет получить отливки большой массы при минимальной толщине стенок до 3…8 мм.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом для ответственных фасонных отливок. Точность отливок 12…14-го квалитетов, параметр шероховатости *Rz* = 40…10 мкм.

Такие же точность и параметры шероховатости достигаются и при литье в кокиль, которое экономически целесообразно применять в серийном и массовом производствах.

Литье под давлением преимущественное применение получило для сплавов цветных металлов: оно отличается высокой производительностью, широко используется в крупносерийном и массовом производствах. Точность отливок 11…12-го квалитетов, параметр шероховатости Rz не более 20 мкм.

Литье по выплавляемым моделям – наиболее универсальный способ получения отливок повышенной точности.

Центробежное литье применяется для заготовок, имеющих форму тел вращения; обеспечивает точность 13…15-го квалитетов и параметр шероховатости *Rz* до 40 мкм.

Одним из важнейших вопросов при разработке ТП является базирование заготовки. Правильно выполненная установка заготовок в процессе обработки должна обеспечить:

1) определенность расположения детали относительно режущего инструмента или какого-либо устройства станка или приспособления;

2) надежную связь между ними.

Число, форма и расположение базирующих поверхностей должны быть выбраны так, чтобы в общем случае обеспечить статически определимую и достаточно точную установку обрабатываемой детали. Для полной определенности в расположении детали на станке, как известно, необходимо связать соответственно расположенными опорами все шесть степеней свободы обрабатываемой заготовки. Однако полная определенность в установке заготовки требуется не всегда. Например, при шлифовании, фрезеровании, строгании или протягивании одной из параллельных плоскостей заготовки установка может быть произведена лишь по одной базирующей поверхности. Там, где возможно, необходимо применять указанные установки, поскольку при этом упрощается конструкция приспособления, снижается его материалоемкость и повышается производительность.

При проектировании маршрутного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения операций необходимо выбрать рациональный маршрут обработки или план операций, а при проектировании операционного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения переходов для каждой операции выбрать оптимальную (или рациональную) последовательность.

При маршрутном ТП в число задач завершающего этапа войдут: определение возможного состава оборудования и инструмента и выбор оптимального (рационального) состава; расчет межоперационных припусков, допусков и размеров; определение состава и квалификации исполнителей; нормирование операций; расчет технико-экономических показателей маршрутного ТП; формирование маршрутных карт.

При операционном ТП в число задач завершающего этапа войдут: определение возможных составов переходов для каждой операции и выбор оптимальной (рациональной) последовательности их выполнения; определение возможных составов инструмента и выбор оптимального (рационального); определение возможных схем наладок инструментов и выбор оптимальной (рациональной) схемы для каждой операции; расчет режимов резания; расчет точности обработки; нормирование переходов; расчет технико-экономических показателей операционного ТП; формирование операционных карт.

Основой для решения главной задачи определения оптимальных (или рациональных) маршрутов (планов операций) и планов переходов в каждой операции являются типовые маршрутные и операционные ТП, анализ конструктивно-технологических характеристик изделий, для которых разрабатывается ТП, а также анализ единичных ТП действующего производства для изделий, имеющих конструктивно-технологическую общность с изделиями, для которых разрабатывается ТП. Кроме того, должны быть учтены тип производства, ограничения по использованию оборудования (если они есть), опыт и традиции отрасли или доводы изготовителей.

Пути повышения производительности операций ТП зависят от многих факторов технического и организационного характера.

К числу таких основных факторов, выбор рациональных решений по которым проводится при разработке ТП, относятся: конструкция, геометрия и инструментальные материалы режущих инструментов; режимы резания и прежде всего глубина резания, подача и скорость резания; состав и расход смазочно-охлаждающей жидкости; число переходов и рабочих ходов для обработки одних и тех же поверхностей в составе операции; число рабочих инструментов, одновременно выполняющих различные переходы; число рабочих инструментов, задействованных в одном и том же переходе.

При разработке ТП необходимо учитывать следующие положения, отражающие основные подходы к составлению технологического маршрута изготовления детали:

1. *Принцип дифференциального разделения ТП механической обработки на стадии.* Принято различать три стадии обработки: черновую(предварительную), чистовую и отделочную (окончательную). Которые выполняются в указанной последовательности для отдельных элементов и детали в целом. Реализация этого принципа позволяет во многих случаях более рационально использовать оборудование и обеспечить более высокое качество изготовления деталей. Часто этот принцип используют в пределах одной операции.

2***.*** *Зависимость последовательности обработки от выбранной технологической базы.* Согласно этому принципу первоначально обрабатывают начисто, а иногда и окончательно, технологические базы, а затем обработка детали проводится в последовательности, обратной точности размеров обрабатываемых элементов (поверхностей) детали. Последними обрабатываются обычно поверхности наиболее точные и имеющие наибольшее значение для детали. В конце маршрута часто выносят обработку легко повреждаемых поверхностей, таких как наружные резьбы и др. Операции второстепенного характера (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезание канавок, зачистка заусенцев и др.) также выполняются в последнюю очередь, на стадии чистовой обработки. Так, для рассматриваемой в качестве примера детали шлицевого вала в первую очередь должна быть выполнена фрезерно-центровальная операция – фрезерование торцов и сверление центровых отверстий, являющихся технологической базой, а завершающая круглошлифовальная операция – тонкое шлифование по диаметру, являющемуся наиболее точным размером детали.

3*. Принцип выделения решающих операций.* По этому принципу вначале должны быть обработаны поверхности, при обработке которых могут проявляться дефекты заготовки. В случае обнаружения этих дефектов либо бракуют заготовку, либо принимают меры для исправления брака.

4. *Наличие в ТП операции термической обработки.* Если в процессе механической обработки заготовка подвергается термической обработке, то весь ТП разделяют на две части: до термической обработки и после нее. Такое разделение вызвано возможными деформациями заготовки в процессе термической обработки, в связи с чем после термической обработки должна быть проведена обработка высокоточных элементов детали. В ряде случаев может быть введена дополнительная операция – правка детали.

5. *Принцип согласования времени выполнения отдельных операций.* Он непосредственно связан с загрузкой оборудования. В крупносерийном и массовом производствах выделяют в маршруте изготовления детали операции, которым необходимо обеспечить равенство или кратность времени их выполнения такту работы, обусловленному программным заданием, что, однако, может быть учтено только после нормирования операций.

6. *Наличие операций технического контроля.* Операции технического контроля обычно вводят после обработки, где вероятна повышенная доля брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, после обработки наиболее ответственных рабочих поверхностей детали, а также в конце обработки.