



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Технологическая подготовка производства» для студентов
направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Ростов-на-Дону
2023

УДК 621

Составитель
канд. техн. наук, доцент Е.Н. Колганова

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая подготовка производства» для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Сост. Е.Н. Колганова; Донской гос. тех. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2023. – 48 с.

Изложена методика и основные рекомендации по проведению практических занятий по курсу «Технологическая подготовка машиностроительных производств».

Предназначено для преподавателей и студентов при подготовке и проведению практических занятий по курсу «Технологическая подготовка производства».

УДК 621

Печатается по решению методической комиссии факультета
"Технология машиностроения"

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

«Оценка технологичности конструкции детали, подвергаемой механической обработке»

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить тему «Технологическая подготовка производства», изложенную в п.п. 1.3 учебного пособия [1] или соответствующих тем лекций.

Целью практического занятия является: закрепление теоретических знаний лекционного курса; приобретение навыков и умений по проведению оценки детали на технологичность конструкции.

Средства достижения целей практического занятия:

- пояснение преподавателем общей методики основных принципов и подходов при проведении анализа технологичности конструкции детали;

- коллективное рассмотрение примера оценки технологичности конструкции;

- самостоятельная работа студентов по проведению анализа технологичности конструкции детали, подвергаемой механической обработке. Чертеж детали выдает преподаватель индивидуально каждому студенту.

Все практические занятия выполняются в одной тетради, и после защиты подписываются преподавателем. Методика проведения анализа технологичности приводится ниже.

Технологические требования к конструкции деталей

Общие требования к конструкции деталей при механической обработке. Конструкция и материал должны создавать предпосылки для применения наиболее рационального метода получения заготовки, обеспечивающего наибольший коэффициент использования материала и наименьшую трудоемкость механической обработки; как можно ближе соответствовать типовой детали данного класса, для которой в отрасли или на предприятии существует типовой технологический процесс.

Конструкция детали должна состоять из элементов с максимальным возможным уровнем унификации (резьбы, диаметра, модулей, канавки, выточки, размера шпоночных пазов, шлицев и т.д.). При отсутствии норм на подобные элементы (конструктивных рядов) их размеры следует назначать в соответствии с размерами применяемого стандартного инструмента.

Конструкция детали и постановка размеров должны способствовать выполнению принципов совмещения и постоянства технологических баз; учитывать возможность обработки поверхностей комплектами инструментов и комбинированными инструментами; обеспечивать связи системы необрабатываемых поверхностей с системой обрабатываемых толь-

ко одним размером (этот размер должен связывать черновую базу с поверхностью, которая обрабатывается первой и служит чистовой базой на последующих операциях).

Конструкция и размеры детали должны обеспечивать минимально возможное количество обрабатываемых поверхностей; рациональное расположение опорных точек с целью удобства, надежности базирования и минимальных деформаций под действием сил закрепления и резания; применение наиболее простых по конструкции приспособлений; жесткость и прочность при применении высокопроизводительных режимов резания и многоинструментальной обработки; условия для высокопроизводительной обработки (уменьшение вылета и габаритных размеров инструмента, сокращение припусков на обработку, свободный доступ режущего и мерительного инструментов к обрабатываемым поверхностям, нормальное врезание инструмента и обработку на проход, работу не по корке, равномерный и безударный сьем металла, параллельную многоинструментную обработку нескольких деталей и т.д.).

Конструкция и размеры деталей для условий гибких автоматизированных производств (ГАП) должны отвечать ряду дополнительных требований (обработки на станках с ЧПУ и с применением роботов, обработки в непрерывном автоматическом режиме с применением быстросменных групповых наладок, а также другим особенностям ГАП).

Точность обработки детали должна соответствовать ее служебному назначению, шероховатость поверхности – соответствовать точности (за исключением особых требований: декоративной обработки, повышения износостойкости, коррозионной стойкости, отражательной способности и т.д.).

Требования к конструктивным элементам деталей, обрабатываемых резанием. Поверхности, обрабатываемые резанием, должны быть, по возможности, наименьшей площади, простой геометрической формы, допускающей применение наиболее производительных методов обработки и инструментов, наиболее простой конструкции (желательно нормализованных и стандартных). Кроме того, они должны быть максимально унифицированы по размерам и конструкциям, четко конструктивно отделены друг от друга и от необрабатываемых поверхностей, расположены на одном уровне, если же невозможно – параллельны или перпендикулярны друг другу. В остальных случаях желательны углы 30°, 45° и 60°.

Плоскости при больших габаритных размерах должны быть прерывистыми, открытыми, что дает возможность обрабатывать их на проход (переходные поверхности закрытой плоскости должны соответствовать размеру и форме применяемого при обработке плоскостей инструмента); расположены так, чтобы их можно было обрабатывать вдоль (ширина плоскости должна соответствовать нормальному диаметру торцевой фрезы или длине цилиндрической фрезы).

Ось отверстия должна быть перпендикулярна поверхностям входа и выхода инструмента, на выходе инструмента отверстие свободно по всему периметру. В отверстиях нежелательны канавки, обрабатываемые выточки и внутренние фаски, расстояние оси отверстия от стенки или ребра должно обеспечивать подвод кондукторной втулки на нормативное расстояние.

Нежелательно применение глухих отверстий; форма дна глухого отверстия должна быть увязана с конструкцией инструмента; у дна точных глухих отверстий необходимо предусматривать канавку для выхода инструмента; нежелательно применение глубоких отверстий, отверстий фасонного сечения, конических отверстий большого диаметра, крепежных резьб диаметром менее 6 мм и более 50 мм; шлицевые отверстия должны быть непрерывны; расстояние между параллельными осями отверстий – не менее 24–42 мм (в зависимости от типа подшипников в многошпиндельных головках); расположение отверстий должно быть симметричным (для упрощения конструкции многошпиндельной головки); ступенчатые отверстия должны иметь убывающие в одну сторону диаметры (наиболее точную ступень желательно делать сквозной); длинные ступенчатые отверстия могут иметь диаметры, убывающие с обеих сторон к середине детали.

Гнезда и пазы должны быть открытыми и иметь простую геометрическую форму; радиусы закругления в гнездах должны быть одинаковых размеров и соответствовать нормальному диаметру концевой фрезы; форма переходной поверхности от дна к стенке гнезда или паза должна соответствовать конструкции инструмента; ширина паза должна соответствовать нормальному диаметру концевой фрезы, конструкция паза должна способствовать применению дисковой фрезы.

Особые требования к деталям типа валов. При изготовлении валов следует избегать оставления буртов, заменяя их пружинными кольцами, если это невозможно, то следует величину заплечика уменьшить и применить упорное кольцо до требуемого диаметра.

Количество шпоночных пазов и ступеней со шлицами, а также их длина должны быть минимальны.

Фасонные поверхности должны быть такой длины, чтобы их можно было обрабатывать фасонным инструментом с поперечной подачей.

На торцах фланцев валов не должно быть кольцевых канавок, особенно со стороны хвостовика.

В полых валах центральное отверстие не должно обрабатываться с высокой точностью по всей длине, конфигурация наружной поверхности и толщина стенки должны быть такими, чтобы вал можно было изготовить из стандартной трубы; в ступенчатых валах перепады диаметров ступеней должны быть минимальны, при больших перепадах желательна возможность применения посадки головок и фланцев на гори-

зонтально-ковочной машине (ГКМ); диаметры ступеней должны убывать в одну сторону (у длинных валов – от середины к концам детали); ступени должны быть равными или кратными по длине; форма переходной галтели от одной ступени к другой должна допускать обработку проходным резцом; ступени, подвергаемые шлифованию или нарезанию резьбы, должны разделяться канавками для выхода инструмента; обрабатываемые цилиндрические поверхности большой длины с различными требованиями к качеству и точности отдельных участков не следует делать сплошными.

Особые требования к деталям типа корпусов. Корпусная деталь должна иметь плоскость достаточных размеров, которую можно использовать в качестве установочной базы и в которой можно обрабатывать два базирующих отверстия.

При отсутствии удобных для базирования отверстий следует предусматривать в конструкции детали дополнительные поверхности, служащие только для установки детали в приспособлении (приливы, бобышки, отверстия с повышенной точностью).

При наличии комплекта отверстий, расположенных на одной оси, должна быть обеспечена сквозная обработка с помощью двух опорных бортштанг; у консольных бортштанг отношение длины бортштанги к ее диаметру не должно превышать 10, диаметры отверстий должны убывать в направлении от наружной стенки. При расположении отверстий на длине более 600 мм необходимо, чтобы диаметры убывали в двух направлениях: навстречу друг другу и к середине детали. Между отверстиями наименьшего диаметра следует предусматривать возможность размещения направляющих для инструмента. Комплекты отверстий, расположенных на параллельных осях, должны иметь диаметры, убывающие в одну сторону, а соотношение диаметров должно обеспечивать свободный проход инструментов при быстром подводе бортштанги.

Ширина обрабатываемых торцев около отверстий должна быть такой, чтобы их можно было обрабатывать при осевой подаче бортштангами. Следует избегать наличия обрабатываемых торцев внутри детали. Если такие поверхности необходимы, то наибольший диаметр подрезаемой поверхности должен быть меньше размера предшествующего отверстия, поверхности под гайки и головки болтов должны быть доступны для фрезерования или обтачивания. Следует избегать цековки углублений; обрабатываемые плоскости не должны располагаться внутри детали.

Особые требования к деталям типа втулок, дисков и трубчатых валов. Отношение длины центрального отверстия к его диаметру должно быть больше единицы, что позволяет использовать отверстие как двойную направляющую базу.

Для обеспечения обработки торца в центральном отверстии необходимо предусматривать фаски с размером, перекрывающим шлицы

или шпоночные пазы. Кольцевые полости следует получать на заготовительной стадии, не предусматривать обрабатываемые выточки.

Гладкие втулки должны иметь в отверстиях фаски, позволяющие устанавливать деталь в центрах. Для обработки на протяжных станках втулки и ступицы зубчатых колес должны иметь опорные поверхности базирования и достаточно прочные сечения.

Для одновременного производительного нарезания зубьев на нескольких заготовках необходимо торцы ступицы и венца располагать в одной плоскости, либо торец венца должен выступать над торцом ступицы. Если же ступица должна быть шире венца, ее следует смещать относительно венца в одну сторону.

Расстояние между венцами в зубчатых блоках должно обеспечивать свободный выход зуборезного инструмента. Для долбяков это 5-8 мм (для модулей – от 1,5 до 6 мм). Если расстояние между венцами высокой точности недостаточно для выхода отделочных инструментов (шеров, шлифовальных кругов), то вместо блока следует применять сборную конструкцию.

Проектировать зубчатые колеса заодно с валом или втулкой целесообразно при таких объемах выпуска, когда становится эффективным получение заготовок на ГKM.

Особые требования к деталям типа рычагов и кронштейнов. Детали должны иметь хотя бы одну плоскость симметрии и цельную конструкцию. Следует избегать составных конструкций типа «шатун-крышка», требующих обработки ряда поверхностей в сборе. Количество обрабатываемых поверхностей должно быть минимальным. Желательно, чтобы это были только отверстия и их торцы. Надо избегать обработки плоскостей и наружных цилиндрических поверхностей.

Оси основных отверстий в рычагах, в кронштейнах должны быть параллельны. Допуски на расстояния между осями скрещивающихся отверстий не должны быть жесткими. Соосные отверстия в ушках рычагов и кронштейнов должны быть гладкими (без ступеней и выточек), чтобы их можно было обрабатывать напроход с одной стороны при одной установке детали.

Рациональное нанесение размеров. Система простановки размеров на чертежах тесно связана с рациональным выбором конструкторских, технологических и измерительных баз и оказывает прямое влияние на точность обработки, ее последовательность, количество переходов, на сложность базирования, наладки технологической системы, осуществление контроля, применяемой технологической оснастки, измерительных инструментов, приспособлений и т.д., т.е. в большой степени определяет технологичность конструкции детали. Поэтому при простановке размеров на чертежах следует выполнять ряд правил. Основные из них приведены ниже.

При большом количестве размеров предпочтительным является координатный метод, а простановку размеров следует осуществлять от технологических установочных баз, при обработке в центрах следует учитывать длину всей детали. Размеры деталей, изготавливаемых из прутка, следует проставлять от правого торца. При большом удалении группы обрабатываемых поверхностей от основной базы целесообразно проставлять размеры от вспомогательной поверхности.

У литых или штампованных деталей размеры для сохранения толщины стенок следует проставлять от измерительной базы, связав ее размером с черновой установочной базой.

Размеры, определяющие положение отверстия, следует проставлять от боковых плоскостей, а оси отверстий ориентируются от оси базового отверстия по координатной системе (х, у). Несколько отверстий, ориентированных относительно паза, выступа и т.д., должны координироваться размерами от заданной базы:

- в случае обработки сложного контура комплексным инструментом размеры контура следует выделять в самостоятельную группу, связанную размером с соответствующей установочной базой;

- при обработке деталей на станках с ЧПУ простановка размеров деталей на чертежах должна исключать необходимость пересчета при программировании; направление координатных осей детали должно, по возможности, совпадать с осями координатной системы станка.

Требования к точности и шероховатости поверхностей. Точность изготовления деталей и шероховатость поверхностей должны обеспечивать требуемые эксплуатационные качества машины и в то же время не должны быть излишне жесткими. При назначении параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и точности изготовления следует учитывать, что прямой зависимости между полем допуска и параметрами шероховатости нет, однако примерные соотношения между ними могут быть установлены.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

«Составление технического задания на проектирование приспособления для механической обработки детали»

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить тему «Конструкторская подготовка производства», изложенную в п.1.3 учебного пособия [1] или соответствующей темы лекции.

Целью практического занятия является: закрепление теоретических знаний лекционного курса; приобретение навыков и умений по составлению технического задания на проектирование технологической оснастки.

Средства достижения целей практического занятия:

- пояснение преподавателем общей методики основных принципов и подходов при составлении технического задания;
- коллективное рассмотрение примера составления технического задания;
- самостоятельная работа студентов по составлению технического задания на проектирование приспособления для операции механической обработки, указанной преподавателем. Чертеж детали выдает преподаватель индивидуально каждому студенту.

Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания

Основные требования к техническому заданию.

Техническое задание (ТЗ) разрабатывают на основе исходных требований заказчика – заявки, а также на основе ТЗ на группу однородной продукции, разработки производственных процессов механической обработки, сборки и контроля изделия, результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники.

Техническое задание является исходным документом для разработки ТП или ТО и технической документации на них.

Требования, включаемые в ТЗ должны обеспечивать разработку ТП и СТО, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Разработчик ТЗ определяет в зависимости от специфики и методических указаний кафедры, графика учебного процесса содержание задания, в том числе технические, экономические и другие требования к ТП или СТО, этапы разработки, комплектность технической документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание не должно ограничивать инициативу разработчика при поиске и выборе оптимального решения поставленной задачи и содержать необходимые и достаточные требования для разработки ТП или СТО.

Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания:

– Техническое задание разрабатывает разработчик, в отдельных случаях ТЗ может быть разработано заказчиком.

– Техническое задание согласовывают с заказчиком. Для ТП или СТО, по которому отсутствует заказчик, а также при проведении инициативных работ по плану научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ, ТЗ согласовывается с основным потребителем. Срок согласования ТЗ не должен превышать 15 дней. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное ТЗ вносят изменения. Не допускается изменять ТЗ после представления изделия на приемочные испытания.

Порядок построения, изложения и оформления технического задания.

1 Техническое задание, как правило, состоит из следующих разделов:

- наименование и область применения;
- основание для разработки;
- цель и назначение разработки;
- источники разработки;
- технические требования;
- экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки;
- приложения.

В зависимости от вида, назначения и условий разработки и эксплуатации ТП или СТО допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

2 Содержание технического задания

2.1 Наименование и область применения. Указывается наименование ТП или СТО и краткая характеристика области применения, общая характеристика объекта, в котором оно будет использоваться.

2.2 Основание для разработки. Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают ТП или СТО, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения, а также наименование темы разработки.

2.3 Цель и назначение разработки:

- цель разработки – ТП или СТО разрабатывается впервые, взамен устаревшего, в учебных целях и др.;
- назначение обработки – создание базового образца, модификация, модернизация и т.д.;
- задачи, решаемые разработкой ТП или СТО – механизация или автоматизация процесса изготовления изделия (детали, сборочной единицы, машины), устранение разметки, повышение производительности труда и т.д.

2.4 Источники разработки. Приводится перечень основных документов (материалов) по результатам ранее проведенных работ, перечень образцов, прототипов, которые необходимо использовать при разработке ТП или СТО. Эти документы оформляются в виде приложения к ТЗ.

2.5 Технические требования. Раздел должен состоять из следующих основных подразделов, отражающих соответствующие требования к ТП или СТО.

– Состав ТП или СТО и требования к их содержанию (конструктивному устройству). В разделе указывают наименование, назначение и основные составляющие ТП или СТО; требования к ТП или СТО и его составным частям; требования к средствам защиты (от влаги, вибраций,

шума, вредных испарений, коррозии и др.); требования к взаимозаменяемости ТП или СТО и их составных частей; требования к СОТС, моющим средствам, маслам и др.; требования к помехозащищенности и исключению помех, влияющих на другую продукцию.

- Показатели назначения. Указываются основные технологические параметры, определяющие целевое использование и применение ТП или СТО (мощность, производительность, к.п.д., вид используемого энергоносителя, механические свойства, достигаемая точность и др.).

- Требования к надежности. В общем случае указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтпригодности.

- Требования к технологичности и метрологическому обеспечению ТП или СТО и эксплуатации. Приводятся требования производственной и эксплуатационной технологичности ТП или СТО (согласно стандартам ЕСТПП), определяющие возможность достижения заданных показателей качества изготавливаемых изделий в условиях реализации изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта СТО (ТП) при минимальных затратах (времени, средств, материалов и т.п.) на выполнение работ и высокой производительности труда. В этом пункте указывают при необходимости основные контролируемые параметры, исходные требования к методам и средствам их измерений, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания ТП или СТО.

- Требования к уровню унификации и стандартизации. В разделе приводят требования к использованию стандартных и заимствованных сборочных единиц и деталей при разработке СТО, а также показатели уровня унификации ТП или СТО.

- Требования безопасности. Указываются требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте, допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок в соответствии с системой стандартов по безопасности труда и другими действующими стандартами и нормативами.

- Эстетические и эргономические требования. Указываются требования технической эстетики, а также эргономические требования (удобство обслуживания, комфортабельность, усилия, требуемые для управления и обслуживания и т.д.).

- Требования к патентной чистоте. Указываются страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота ТП или СТО.

- Требования к составным частям ТП или СТО, сырью, исходным и эксплуатационным материалам. Указываются требования к составным частям, сырью, жидкостям, смазкам, краскам и другим материалам, назначаемым для применения в составе ТП, а также при и изготовлении и эксплуатации СТО; физико-механические, механические и другие свойства (прочность, твердость, шероховатость поверхности и др.) исходных материалов; возможность применения и (или) ограничения в применении дефицитных материалов и продукции, содержащей эти материалы; огра-

ничения в применении составных частей (включая покупные), сырья, материалов; перечень материалов, применение которых недопустимо или нежелательно; требования к исходной продукции в части ее совершенствования или модернизации.

– Условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту. В зависимости от вида и назначения ТП или СТО указываются условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование ТП или СТО с заданными техническими показателями; допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, агрессивных сред, пыли и др.); допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.); время и способ подготовки СТО к использованию после транспортировки и хранения.

– Дополнительные требования. В общем случае в этом разделе могут указываться дополнительные требования, не вошедшие в предыдущие разделы. Например, требования, обусловленные учебными целями использования ТП или СТО; требования особого обслуживания ТП или СТО или его составных частей; требования к маркировке (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки), упаковке (возможные варианты и требования к консервации и упаковке, в том числе требования к таре и материалам), транспортировке (условия транспортировки и виды транспортных средств, необходимость и способы крепления при транспортировании) и хранению СТО (условия хранения и складирования).

– Требования к категории качества. Указывают намечаемую категорию качества на момент постановки ТП или СТО в производство, установленную на основе карты технического уровня и качества продукции по ГОСТ 2.116-84.

Примечания. При наличии стандартов, устанавливающих требования к разрабатываемым ТП или СТО, в ТЗ по усмотрению разработчика могут указываться только те требования, которые превышают соответствующие требования этих стандартов или подлежат конкретизации. При этом в ТЗ должно оговариваться соответствие остальных требований. При наличии аналогичного ТП или СТО в ТЗ могут быть указаны только те параметры, значения которых отличается от соответствующих параметров этого ТП или СТО.

2.5 Экономические показатели. Указывают ориентировочную эффективность и срок окупаемости затрат на разработку и освоение ТП или СТО, лимитную цену, предполагаемую годовую потребность, а также экономические преимущества разрабатываемого ТП или СТО по сравнению с другими отечественными или зарубежными образцами и аналогами.

2.6 Стадии и этапы разработки. Необходимые стадии разработки и этапы работ устанавливаются по ГОСТ 2.103-68. Поэтапные сроки, указанные в ТЗ, являются ориентировочными. Основными сроками выполне-

ния работ считаются сроки, установленные в договоре на выполнение опытно-конструкторских работ. В этом разделе указывают предприятие-изготовитель разрабатываемого СТО, а также необходимый состав технической документации на ТП или СТО, перечень документов, подлежащий представлению на экспертизу, стадии, на которых она производится, место ее проведения. Если документация не требует проведения экспертизы, то это указывают в ТЗ.

2.7 Порядок контроля и приемки. Приводят перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки, перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы.

2.8 Приложения. Прилагаются копия заявки заказчика, перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих необходимость проведения работ по разработке ТП или СТО, чертежи, схемы описания, обоснования, изобретения, расчеты и другие документы, которые должны быть использованы при разработке ТП или СТО, перечень заинтересованных организаций, с которыми согласовывают конкретные технические решения в процессе разработки, справочные и другие материалы.

2.9 Техническое задание оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам по **ГОСТ 2.105-95** на листах формата А4 по **ГОСТ 9327-60** как правило без рамки, основной надписи и дополнительным граф к ней. Номера листов (страниц) проставляют в верхней части листа (над текстом).

Пример ТЗ на проектирование приспособления

1 Техническое задание на проектирование приспособления

1.1 Наименование и область применения.

Приспособление применяется в технологическом процессе изготовления шпинделя на операции 040 Шпоночно-фрезерной для фрезерования сквозного паза шириной 6,3 мм и длиной 22 мм, выполняемой на шпоночно-фрезерном станке мод. 692Д двузубой шпоночной фрезой 6-1-78-Н9 ГОСТ Р 53003-2008.

1.2 Основание для проектирования.

Основанием для проектирования является заявка-задание на проектирования приспособления, выданная на основе разработанного в курсовом проекте по «Технологии машиностроения» технологического процесса механической обработки шпинделя и утвержденная зав. кафедрой «Технология машиностроения» ДГТУ.

1.3 Цель и назначение приспособления.

Приспособление проектируется с целью оснащения технологической операции 045 и предназначено для:

– точной установки шпинделя относительно режущего инструмента – фрезы шпоночной ГОСТ9140-78;

- надежного закрепления шпинделя в процессе обработки;
- обеспечения точностных параметров паза, а также расположения паза относительно других поверхностей шпинделя: 62js14, 22H14, 6,3H14;

- снижения временных и физических затрат, связанных с установкой, закреплением и снятием заготовки.

1.4 Источники проектирования.

- Технологический процесс механической обработки шпинделя.
- Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологическая оснастка». Изд. центр ДГТУ. 2007 г.
- Станочные приспособления. Справочник в 2-х томах под редакцией Вардашкина. М: Машиностроение, 1984 г.

1.5 Технические требования.

1.5.1 Состав приспособления и требования к его конструктивному устройству

- В конструкции приспособления должны быть предусмотрены установочные элементы; зажимные элементы; механизированный силовой привод; элементы, определяющие положение режущего инструмента; корпус приспособления.

- Приспособление и его составные элементы должны соответствовать требованиям ГОСТ, указанным в методических указаниях кафедры и справочной литературе по проектированию приспособлений, и обеспечивать решение вопросов, оговоренных в п.3.

- Масса приспособления не должна превышать 17 кг.

- Габаритные размеры приспособления должны обеспечивать возможность крепления на рабочем столе шпоночно-фрезерного станка 692Д.

- Конструкция быстро изнашиваемых элементов должна обеспечивать их быструю замену. Удаление стружки не должно представлять трудности. Не должна скапливаться смазочно-охлаждающая технологическая жидкость в элементах приспособления.

- Для установки приспособления на станок размеры и конфигурация основной базы корпуса должна быть выполнена в соответствии с посадочными местами станков.

1.5.2 Показатели назначения приспособления

Параметры заготовки, поступающей для обработки на приспособление:

- габаритные размеры $\varnothing 35h9 \times 320$;
- материал заготовки – сталь 45 ГОСТ 1050-88;
- шпоночно-фрезерная операция является одной из завершающих в технологическом процессе изготовления шпинделя, поэтому все наружные поверхности (кроме шлицевой) обработаны;
- на детали имеются легкоповреждаемые наружные поверхности с шероховатостью $R_a 0,8$ мкм.

Приспособление должно обеспечить получение сквозного паза в шпинделе шириной 6,3 мм и длиной 22 мм. Размеры паза должны быть обеспечены с точностью по 14 качеству, шероховатостью R_a 6,3 мкм.

Условия обработки, режимы резания, штучное время согласно операционной карте на операцию: $S_z=0,03$ мм/об, $z=2$, $n=800$ об/мин, $S_{мин}=48$ мм/мин, врезание фрезы за один проход 0,2мм/зуб.

Объем партии обрабатываемых изделий – 10000 шт. в год. Тип производства – крупносерийный. Коэффициент загрузки приспособления – 0,44. Источник энергии силового привода – воздух.

1.5.3 Требования к надежности

Срок службы приспособления – 2 года. Необходимо обеспечить ремонтпригодность. Сохраняемость – приспособление должно быть готово к эксплуатации после расконсервации без дополнительных мероприятий.

1.5.4 Требования к технологичности

Конструкция приспособления должна обеспечивать свободный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и технического обслуживания, простоту и удобство настройки инструмента на размер обработки; быструю и лёгкую замену изношенных деталей. Конструкция должна обеспечивать удобство уборки стружки и остатков СОТС. Составные части должны иметь минимальные размеры и простую форму и изготавливаться наиболее простыми и рациональными методами обработки.

1.5.5 Требования к уровню унификации и стандартизации

В приспособлении должны быть максимально использованы стандартные узлы и детали.

1.5.6 Требования к безопасности

Приспособление должно соответствовать общим требованиям безопасности, изложенным в методической и справочной литературе по проектированию приспособлений.

1.5.7 Эстетические и эргономические требования

Компоновка приспособления должна создавать впечатление целостной конструкции. Органы управления приспособлением должны обеспечивать удобство пользования ими.

1.5.8 Требования к исходным и эксплуатационным материалам

При выборе материалов для изготовления элементов приспособления руководствоваться рекомендациями, приведенными в методической и справочной литературе. Не использовать материалы, утилизация которых осложнена или загрязняющие окружающую среду.

1.5.9 Условия эксплуатации

Приспособление обслуживается оператором 4-го разряда. Допускается использовать приспособление сразу после транспортировки или хранения, удалив консервационную смазку.

1.5.10 Стадии проектирования и этапы работ

Срок выполнения работ – 1,5 месяца со дня утверждения заявки-задания на проектирование приспособления.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

«Технологическая подготовка производства деталей типа «вал»»

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить раздел «Производственный и технологический процесс на машиностроительном производстве», изложенную в п.3.1; 3.2; 3.3 учебного пособия [1] или соответствующей темы лекции.

Целью практического занятия является: закрепление теоретических знаний лекционного курса; приобретение навыков и умений по проектированию технологической подготовки производства выпуска деталей типа «вал».

Средства достижения целей практического занятия:

- пояснение преподавателем плана и общей методики проведения технологической подготовки производства детали;
- коллективное рассмотрение примера для детали типа «вал»;
- самостоятельная работа студентов по разработки мероприятий технологической подготовки производства детали, чертеж которой выдается преподавателем в индивидуальном порядке.

План проведения занятия

1. Провести анализ технологичности конструкции детали
2. Выбрать метод и способ получения заготовки, рассчитать общие припуски, допуски и размеры заготовки. Привести эскиз заготовки.
3. Составление плана обработки основных поверхностей детали.
4. Проектирование маршрутного ТП механической обработки детали. Выбор средств технологического оснащения.
5. Проектирование операционного ТП механической обработки детали. Выбор и расчет режимов резания.
6. Определение норм времени по операциям.
7. Определение формы организации рабочих мест на участке.
8. Расчет численности оборудования и рабочих мест на участке.
9. Составление технического задания для проектирования технологической оснастки (приспособлений, режущих и мерительных инструментов).
10. Составление планировки участка механической обработки с указанием грузопотока.

Выбор метода и способа получения заготовки

1. Разработка литой заготовки

1.1. Исходные данные для проектирования:

- а) чертеж детали с техническими требованиями;
- б) годовая программа выпуска $N = 30000$ шт.

Выбор вида получения заготовки

При выборе вида получения заготовки необходимо учитывать два критерия: эксплуатационную нагруженность детали в СЕ; вид и марку материала детали. Следует изучить чертеж СЕ, в которую входит рассматриваемая деталь и определить характер нагрузок испытывающих деталь. При литье структура металла, а, следовательно, и механические свойства деталей ниже, чем при обработке металлов давлением. Литые заготовки предназначены чаще всего для деталей испытывающих статические, вибрационные, небольшие ударные нагрузки, работающих чаще всего в узлах трения и т.д.

Особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, уровню механических свойств, испытывающие при эксплуатации переменные нагрузки и т.д. необходимо изготавливать методом пластического деформирования, в том числе ковкой и объемной горячей штамповкой.

При выборе вида получения заготовки необходимо также ориентироваться на вид и марку материала. Если материал детали чугун, сталь с индексом «Л», алюминиевые сплавы марок «АЛ», медные сплавы, то заготовку следует получать литьем.

Например. Корпус подшипника является корпусной деталью и поэтому испытывает статические нагрузки. Следовательно, эксплуатационные параметры детали не лимитируют вид получения заготовки. Однако, вид и марка материала – серый чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85 позволяет изготавливать заготовку только одним методом – литьем.

Итак, выбираем вид получения заготовки – литье.

1.2. Выбор способа получения заготовки.

При выборе способа получения заготовки следует учитывать: тип производства; достигаемые параметры качества заготовок (точность размеров и шероховатость поверхности); конструктивные особенности детали (масса, габаритные размеры, конфигурацию, минимальный диаметр отверстия, минимальную толщину стенки, наличие полостей и поднутрений).

В единичном и мелкосерийном производстве характерно применение одноразовой, не высокой точности оснастки, в крупносерийном и массовом – точной многократовой литейной оснастки. Чем точнее способ литья, тем ближе формы и размеры заготовки к детали, тем менее припуски на механическую обработку.

Каждый способ литья обладает определенными технологическими возможностями. Это необходимо учитывать при выборе способа.

Например. Для рассматриваемого случая: тип производства среднесерийный; шероховатость необрабатываемых поверхностей $Ra = 200$ мкм; точность необрабатываемых размеров по 16 качеству точно; масса 1,09 кг; габаритные размеры 145×45×84 мм; наименьшая тол-

щина стенки 8 мм; минимальный диаметр отверстия 9 мм. Анализируя перечисленные параметры, выбираем способ – литье в песчано-глинистые формы (ПГФ), как наиболее экономичный. Все перечисленные параметры позволяют их выполнить, за исключением минимально допустимого отверстия, но это отверстие можно в отливке не выполнять, а получить его при механической обработке.

Итак, выбираем литье в ПГФ в сухие формы с использованием машинной формовки смеси и неметаллической модели. Для выполнения центрального отверстия (Ø36; Ø42; Ø62) необходимо предусмотреть одноразовый песчаный стержень.

1.3. Назначение общих припусков на механическую обработку, определение допусков размеров и массы заготовки.

Припуски на механическую обработку назначают только на те поверхности, шероховатость и точность размеров которых невозможно получить литьем (как правило, на них стоят знаки шероховатости).

Назначение припусков на механическую обработку производится в соответствии с ГОСТ Р53464-2009 в следующей последовательности:

1.4.1. Выбирают «Класс размерной точности отливки» по Приложению А, табл. А.1 по способу литья, наибольшему габаритному размеру и типу сплава.

Например. Для литья в песчано-глинистые сухие формы, наибольшего габаритного размера 145 мм и термообрабатываемого чугунного сплава класс размерной точности отливки находится в пределах 9т-13. С учетом примечания 1 к таблице А.1 на принимаем класс размерной точности 11.

1.4.2. Аналогично выбирают степень точности поверхностей отливок по табл. В.1 приложения В.

Например. Степень точности поверхностей рассматриваемой отливки находится в пределах 13-19. С учетом примечания назначаем – 16.

1.4.3. Класс точности массы отливки выбирают по таблице Д.1 приложения Д.

Для этого определяют приближенную наименьшую массу отливки из соотношения:

$$m_{отл.} = (1,3 - 1,8) \cdot m_{дет.}$$
$$m_{отл.} = 1,3 \cdot 1,09 = 1,417 \text{ кг}$$

Например. Для интервала номинальных масс отливок «свыше 1,0 до 10 кг», термообрабатываемого чугунного сплава класс точности массы отливки находится в пределах 7-15. С учетом примечания назначаем 11.

1.4.4. Ряд припусков выбирают по таблице Е.1 приложения Е по степени точности поверхности отливки.

Например. Для 16 степени точности ряд припусков находится в пределах 7-10. С учетом примечания назначаем 8.

1.4.5. Для наглядности определения припусков поверхности детали, подвергаемые механической обработке, нумеруют, и расчеты сводят в таблицу. В первую колонку заносят размер детали с допуском (данные берут из чертежа детали), во вторую колонку допуск размера детали, в третью – допуск размера заготовки, который определяют по таблице 1 с учетом п.5.2. Значение колонки 4 определяется как результат отношения колонки 2 к колонке 3. Значение пятой колонки определяется по таблице 7 в шестую колонку заносятся номера поверхностей, образующих соответствующий размер. В седьмую колонку заносится припуск на сторону, который определяется по таблице 6 с учетом п.7.2.1 и п.7.2.2. В которых сказано, что припуски на сторону назначают дифференциально на каждую поверхность отливки. Так, общие припуски назначают по полным значениям общих допусков во всех случаях, кроме тех, когда поверхности являются телами вращения; противоположными поверхностями, используемыми в качестве взаимных баз при обработке и при индивидуальной обработке отливок с установкой их с выверкой обрабатываемой поверхности относительно номинальной поверхности. В этих случаях общие припуски назначают по половинным значениям общих допусков.

Например. Это говорит о том, что для рассматриваемого случая общие припуски на сторону будем назначать по полным значениям допусков для поверхностей № 3;4;5;8 и по половинным значениям допусков для поверхностей № 1;2;6;7.

Колонка № 8 заполняется следующим образом. Припуски на размеры цилиндрических поверхностей определяются удвоением припуска на сторону и прибавляются для валов или вычитаются для отверстий к размерам деталей. Припуски на линейные размеры определяются состоянием поверхностей, которыми эти размеры связаны. При назначении величины припуска на поверхность, положение которой определяется двумя и более размерами отливки, устанавливается наибольшее значение припуска для данной поверхности.

Например. Так, на поверхность № 3 устанавливаются одновременно два припуска (2,2 мм и 2,5 мм) на два размера. Поэтому принимаем большее значение, т.е. 2,5 мм. Припуск на линейный размер определяется разностью припусков на его стороны (для размеров 23 и 41), либо суммой припусков на каждую сторону (для размера 45).

Предельные отклонения размеров заготовки определяются в соответствии с п.5.11 и п.8.3.

Таблица 1

Расчет припусков и размеров отливки

Чертежный размер детали, мм	Допуск размера детали, мм	Допуск размера заготовки, мм	Соотношение колонки №2 к колонке №3	Вид окончательной механической обработки	№ поверхностей, образующих размер	Припуск на сторону, мм	Припуск на размер, мм	Размер заготовки, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\varnothing 62H7(+0,03)$	0,030	2,4	0,0125	Тонкая	1	2,7	$2,7 \cdot 2 = 5,4$	$\varnothing 56 \pm 1,2$
$\varnothing 42H9(+0,062)$	0,062	2,4	0,0258	Чистовая	2	2,5	$2,5 \cdot 2 = 5,0$	$\varnothing 37 \pm 1,2$
$23 \pm 0,26$	0,520	2,0	0,260	Черновая	3 8	2,2 2,2	$2,5 - 2,2 = 0,3$	$23,3 \pm 1,0$
$41H14(+0,62)$	0,620	2,4	0,258	Черновая	3 4	2,5 2,5	$2,5 - 2,5 = 0$	$41 \pm 1,2$
$45 \pm 0,5$	1,00	2,4	0,416	Черновая	5 9	2,5 0	$2,5 + 0 = 2,5$	$47,5 \pm 1,2$
$\varnothing 9H13(+0,22)$	0,220	1,6	0,1375	Получистовая	6	2,0	$2,0 \cdot 2 = 4,0$	$\varnothing 5 \pm 0,8$
$\varnothing 13H12(+0,18)$	0,180	1,8	0,10	Получистовая	7	2,1	$2,1 \cdot 2 = 4,2$	$\varnothing 8,8 \pm 0,9$

1.4.6. Шероховатость поверхностей отливки определяется по таблице Г.1 приложения Г на по степени точности поверхностей отливки. В рассматриваемом примере $Ra = 63$ мкм.

1.4.7. Проверка возможностей выбранного способа литья на получение необходимых размеров отверстий, полостей, толщины стенки детали.

Расчетные размеры заготовки, приведенные в таблице, необходимо сравнить с минимально допустимыми для выбранного способа литья. Так, при литье в ПГФ минимально допустимый диаметр отверстия $D_{\min \text{ don.}} = 15 \text{ мм}$, минимально допустимая толщина стенки

$\delta_{\min \text{ don.}} = 6 - 8 \text{ мм}$. В приведенном примере расчетные значения диаметров отверстий ($\varnothing 5 \pm 0,8$; $\varnothing 8,8 \pm 0,9$) меньше допустимого, следовательно, эти отверстия в отливке выполняться не будут, а будут получаться при механической обработке. Минимальная расчетная толщина стенки

$\delta_{\min \text{ расч.}} = (73 - 56,6) / 2 = 8,2 \text{ мм}$ позволяет ее выполнить в отливке.

1.5. Выбор поверхности разъема формы.

При выборе поверхности разъема формы необходимо руководствоваться следующим:

- поверхность разъема должна обеспечивать наименьшие трудности изготовления ее формы и простоту стержней;
- модель должна свободно извлекаться из формы, согласно правилу световых теней;

- для обеспечения направленной кристаллизации наиболее массивные части отливки располагаются сверху или сбоку по разьему;
- ответственные части отливки следует располагать внизу или наклонно по отношению к плоскости разьема формы;
- линия разьема не должна находиться на черновой технологической базе (ЧТБ);
- при проектировании ступенчатых размеров заготовок необходимо учитывать, что если разность размеров двух соседних ступеней меньше допуска одного из них, то две ступени выполняются в одну.

Например. Анализ различных вариантов расположения поверхности разьема формы показал, что для данной детали ее необходимо предусмотреть по фронтальной поверхности. Эта поверхность разьема обеспечивает наименьшую трудоемкость изготовления формы и возможность использования простой конструкции стержня, удовлетворяет правилу световых теней, наиболее ответственная часть отливки Ø62H7 располагается в нижней части, не приходится на ЧТБ. Так как первой операцией механической обработки будет фрезерование плоскости основания, то заготовка будет устанавливаться на оправку, т.е. базирование будет происходить по внутренней цилиндрической поверхности.

Сравнение соседних размеров Ø55 и Ø56,6±1,2 показывает, что их разность (56,6-55) = 1,6 меньше допуска 2,4, следовательно, эти два размера надо выполнять одного диаметра Ø55±1,2.

1.6. Назначение литейных уклонов, радиусов, закруглений, сопряжений по ГОСТ 3212-92, РТМ 12-60, ОСТ 3-1284-72.

Назначаем для данной отливки формовочные уклоны 0°35' и радиусы закругления поверхностей 3 мм.

1.7. Назначение технологических требований на отливку по ГОСТ Р53-46-4-2009.

Степень коробления элементов отливки определяется по таблице Б.1 приложения Б по величине отношения наименьшего размера отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине). Для нашего случая это отношение толщины лапок корпуса 14±0,9 к их длине 145 равно 0,0965, тогда степень коробления 5-8. Принимаем 8.

Допуск смещения отливки по плоскости разьема в диаметральном выражении устанавливают по таблице 1 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающих его. Например. Наиболее тонкой стенкой, выходящей на линию разьема, является 8,2 мм, следовательно, допуск смещения СМ = 2,4 мм.

Технические требования на отливку приводятся в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения.

Точность отливки 11-8-16-11СМ2,4 ГОСТ Р53-46-4-2009.

1.8. Оформление чертежа отливки.

Чертеж отливки выполняется по ГОСТ 3.1125-88. Разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрих-пунктирной линией, заканчивающейся знаком Х-Х, над которой указывается буквенное обозначение разъема формы – МФ, для неразъемных моделей Ф, направление разъема, показывается сплошной линией, перпендикулярной к линии разъема ↑.

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линию припуска красным цветом. Величину припуска на механическую обработку указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали. Допускается при несложных отливках припуски на механическую обработку не изображать, а указывать только величину припуска цифрой. Технологический припуск указывают цифрой со знаком (+) или минус (-) и буквой «Т» и проставляют на продолжении размерной линии или на поле линии-выноски, если нельзя разместить надпись и цифру на продолжении размерной линии.

Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом.

Графическое изображение отливок должно быть выполнено на карте эскизов в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Допускается графический документ на отливку изображать на учетной копии чертежа, при этом элементы отливки следует выполнять красным цветом.

При вычерчивании отливки следует учитывать все припуски с указанием их величины.

Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в литье, изображают сплошной тонкой линией. Допускается при несложных отливках перечисленные элементы не изображать.

Стержни, их знаки и фиксаторы, разделительные дифраграммы и знаки модели изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Стержни в разрезе следует штриховать только у контурных линий.

Технические требования к выполнению отливок необходимо назначать согласно ГОСТ 26358-84 – для отливок из чугуна и ГОСТ 977-88 для отливок из стали. В технических требованиях обычно указывают наличие дефектов поверхностей, их количество, размер, способ исправления, качество зачистки мест питателей, возможность правки и т.п.

2. Разработка штампованной заготовки.

2.1. Исходные данные для проектирования:

- а) чертеж детали с техническими требованиями;
- б) годовая программа выпуска N = 30000 шт.

2.2. Выбор вида заготовки.

Выбор вида получения заготовки производим также по двум критериям: эксплуатационной нагруженности детали и виду и марки материала. Червяк является деталью червячного редуктора и испытывает знакопеременные изгибающие и скручивающие нагрузки. Для обеспечения повышенных механических свойств червяка необходимо, чтобы структура металла имела волокнистое строение вдоль оси детали. Такое качество металл заготовки, как правило, приобретает после объемной пластической деформации. В свою очередь, вид и марка материала (сталь 45) позволяют это осуществить. Например. Итак, для червяка принимаем вид получения заготовки – объемное пластическое деформирование, с учетом повышенных требований к механическим свойствам детали.

2.3. Выбор способа получения заготовки.

Выбор способа получения заготовки зависит от следующих факторов:

- типа производства;
- достигаемых параметров качества заготовок (шероховатости поверхности, точности размеров);
- конструктивных особенностей детали;
- типа применяемого оборудования;
- вида оснастки (открытый, закрытый, штамп выдавливания, количество ручьев штампа);
- вида нагрева заготовки перед штамповкой (газопламенная, индукционная печь и т.д.);
- количества переходов штамповки детали.

Например. Для рассматриваемого случая с среднесерийным типом производства, конфигурацией детали – «тело вращения», небольшими габаритными размерами ($\varnothing 32 \times 140$) и массой (0,368 кг), шероховатостью необрабатываемых поверхностей $Ra = 6,3$ мкм наиболее целесообразно для изготовления заготовки принять штамповку на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) с использованием открытого штампа и предварительным нагревом заготовки в газопламенной печи.

2.4. Назначение припусков на механическую обработку.

Назначение припусков производится по ГОСТ 7505-89.

2.4.1. Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливают в зависимости от конструктивных характеристик поковки и определяют исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, а также в зависимости от величины размеров и следующие характеристики (табл.1, стр.7);

2.4.1.1. Класс точности определяют по приложению 1, табл. 19 на стр. 28.

Например. Для КГШП и закрытой штамповки класс точности поковки – Т2.

2.4.1.2. Группу стали определяют по табл.1 на стр.2. Сталь 45 относится к группе стали М2.

2.4.1.3. Степень сложности поковки определяют по Приложению 2 на стр. 29 путем вычисления отношения массы (объема) поковки к массе (объема) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки:

$$C = \frac{m_{\text{пок.}}}{m_{\text{опис.ф.}}}$$

Ориентировочная расчетная масса поковки ($m_{\text{пок.}}$) определяется по формуле:

$$m_{\text{пок.}} = m_{\text{д}} \cdot K_p,$$

где $m_{\text{д}}$ – масса детали; K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 3 (табл.20, стр.31).

Для удлиненной формы детали с прямой осью $K_p = 1,3-1,6$. Принимаем $K_p = 1,3$.

$$m_{\text{пок.}} = 0,368 \cdot 1,3 = 0,478 \text{ кг}$$

Определим массу описанной фигуры (цилиндра):

$$m_{\text{опис.ф.}} = 3,14 \cdot R^2 \cdot H \cdot \gamma,$$

где R – радиус описанной фигуры; H – высота описанной фигуры; γ – плотность материала заготовки.

$$m_{\text{опис.ф.}} = 3,14 \cdot (0,016)^2 \cdot 0,14 \cdot 7700 = 0,866 \text{ кг}$$

$$C = \frac{0,478}{0,866} = 0,551$$

Расчетное значение C сравним с табличным на стр. 30. Расчетное значение попадает в предел 0,32-0,63, следовательно, степень сложности C_2 .

2.4.1.4. Конфигурация поверхности разъема штампа для изготовления поковки червяка – плоская (П) (табл.1, стр. 8).

2.4.2. Определение исходного индекса

Исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по табл.2 на стр. 10.

Например. Для поковки массой 0,478 кг, группы стали М2, степени сложности C_2 , класса точности Т2 исходный индекс равен 5.

2.4.3. Определение припусков на механическую обработку.

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости по-

верхности устанавливаются по табл. 3 на стр. 12, для наглядности определения припусков все поверхности детали нумеруют и расчеты сводят в таблицу.

Таблица 2

Определение припусков и размеров поковки

Размер детали, мм	№ поверхности	Шероховатость поверхности, Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Припуск на размер, мм	Размер заготовки, мм
$\varnothing 15 \pm 0,006$	1	0,8	0,9	$0,9 \cdot 2 = 1,8$	$\varnothing 16,8^{+0,5}_{-0,2}$
$\varnothing 32_{-0,025}$	2	1,6	0,8	$0,8 \cdot 2 = 1,6$	$\varnothing 33,6^{+0,5}_{-0,2}$
$\varnothing 15 \pm 0,006$	3	1,6	0,8	$0,8 \cdot 2 = 1,6$	$\varnothing 16,6^{+0,5}_{-0,2}$
$\varnothing 14_{-0,011}$	4	0,8	0,9	$0,9 \cdot 2 = 1,8$	$\varnothing 15,8^{+0,5}_{-0,2}$
$60 \pm 0,02$	5 6	0,8 0,8	1,0 1,0	$1,0 + 1,0 = 2,0$	$62^{+0,5}_{-0,3}$

Припуски на размеры определяются аналогично отливке (см. п.1.4.5). Допуски и предельные отклонения размеров устанавливаются по табл. 8 на стр. 17. Две ступени $\varnothing 16,6$ и $\varnothing 15,8$ следует выполнять в одну – большего диаметра.

2.5. Определение минимальной величины радиусов закругления наружных узлов поковки в зависимости от глубины полости ручья штампа выполняется по табл. 7 на стр. 15.

Например. Для данной детали глубина полости ручья штампа будет равна половине максимального диаметра поковки, т.е. 16,8 мм. Тогда величина радиусов закруглений наружных углов поковки равна 1,6 мм.

2.6. Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа определяется по табл. 9 на стр. 20 и равна 0,2 мм.

2.7. Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя определяется в п.5.10 на стр. 21 и для данной поковки не должна превышать 2 мм.

2.8. Кузнечные напуски выполняются согласно п.6. на стр. 26. Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закругления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и невыполнимыми в штамповочных операциях поднутрениями и полостями.

Штамповочные уклоны не должны превышать величины, установленной в таблице 18 на стр. 26.

Например. Для нашего случая наружные штамповочные уклоны не должны превышать 5°. На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на ГKM, штамповочный уклон не должен превышать 3°. У изготовленных на штамповочных молотах и прессах без выталкивателей

поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней поверхности.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера – при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров – при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах.

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки – не более диаметра пробиваемого отверстия.

2.9. Установленные линии разъема штампа.

При штамповке на молотах и КГШП штамп состоит из верхней и нижней части. Поверхность раздела этих частей называется поверхностью разъема штампа, которая назначается с учетом:

- возможности свободного извлечения поковки из штампа;
- расположения более глубоких труднозаполняемых полостей в верхней части молотового штампа, так как при штамповке под молотом металл лучше течет вверх;
- упрощения конструкции молотового и обрезного штампов;
- снижения отходов в облой за счет уменьшения его периметра соответствующим расположением поковки в ручье;
- удобством обрезки облоя;
- уравнивания сдвигающих усилий;
- требуемой направленности волокон в поковке;
- недопустимостью совпадения с черновой технологической базой.

Целесообразно, чтобы плоскость разъема совпадала с плоскостью двух наибольших габаритных размеров детали.

Принимаем решение о том, чтобы плоскость разъема штампа проходила через ось червяка.

2.10. Оформление чертежа поковки по ГОСТ 3.1126-88.

На чертеже поковки допускается наносить контур детали, выполняя его тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, при этом допускается не изображать отдельные элементы детали. Чертеж поковки должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления, контроля и приемки. Допускается наносить под размерами поковки размеры детали в круглых скобках. Расположение плоскости разъема формообразующих поверхностей штампа следует изображать тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком

Допуски формы и расположения поверхностей поковки выполняются согласно ГОСТ 2.308-79. Технические требования на поковку из

конструкционной и легированной стали по выбору исходного материала, механических свойств, твердости материала, определение группы поковки по видам испытаний, применение термической обработки, наличие дефектов и т.д. выполняются согласно ГОСТ 8479-70.

Выбор плана обработки поверхностей детали

Следует определить требуемую величину уточнения, которую надо обеспечить в результате обработки:

$$\varepsilon_T = \frac{T_3}{T_D},$$

где T_3 – погрешность заготовки (определяется выше); T_D – погрешность детали (определяется из чертежа детали).

Затем исходя из конфигурации, размеров, точности и шероховатости поверхности выбирается способ окончательной обработки заданной поверхности детали, обеспечивающий получение требуемой точности и шероховатости, по таблице 1.

4. Затем определяется величина уточнения за каждый назначенный переход или операцию, как отношение точности на предшествующем переходе к выполняемому:

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}.$$

Уточнение за один переход не может быть больше 5.

Общее уточнение находится как произведение уточнений за каждый переход:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i.$$

Проверяется требуемая точность детали (поверхности) если обеспечивается при выполнении условия:

$$\varepsilon_{\text{общ}} \geq \varepsilon_T.$$

Пример:

Разработаем план обработки поверхности $\varnothing 47H7^{(+0,025)}$ с $Ra=1,25$ мкм с помощью уточнения. Размер заготовки $\varnothing 43 \pm 1,2$ мм. Определим требуемое уточнение как величину отношения допусков заготовки и детали:

$$\varepsilon_{\text{зад}} = T_{\text{заг}} / T_{\text{дет}} = 2,4 / 0,025 = 96$$

Назначим план обработки поверхности и определим уточнение за каждый переход

1. Растачивание черновое $\varnothing 46H14^{(+0,62)}$, $Ra=12,5$ мкм

$$\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_1 = 2,4 / 0,62 = 3,8709$$

2. Растачивание получистовое $\varnothing 46,5H11^{(+0,160)}$, $Ra=6,3$ мкм

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,62 / 0,16 = 3,875$$

3. Растачивание чистовое $\varnothing 46,9H9(+0,062)$, Ra= 2,5 мкм

$$\varepsilon_3 = T_2 / T_3 = 0,16 / 0,062 = 2,581$$

4. Шлифование $\varnothing 47H7(+0,025)$, Ra= 1,25 мкм

$$\varepsilon_4 = T_3 / T_4 = 0,062 / 0,025 = 2,48$$

Определим общее уточнение за операцию как произведение уточнений

за каждый переход

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 3,8709 \cdot 3,875 \cdot 2,581 \cdot 2,48 = 95,996$$

Так как общее уточнение равно требуемому, то, следовательно, требуемая точность предложенным планом обработки обеспечивается.

Таблица 3

Допуски для размеров до 500 мм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допуски, мм												
До 3	4	6	10	14	25	40	60	120	140	250	400	600	1000
Св.3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	140	180	300	480	750	1200
Св.6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св.10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св.18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св.30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св.50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св.80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св.120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св.180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св.250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св.315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св.400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1560	2500	4000	6300

Таблица 4

Точность и шероховатость методов механической обработки

Метод обработки	Шероховатость, мкм		Квалитет точности	
	Ra	Rz	Диамет- ральный размер	Линейный размер
1	2	3	4	5
Обтачивание на токар- ных станках:				
черновое	40...20	160...80	12,13,14	13,14
получистовое	20...5	80...20	9,10,11	11,12
чистовое	10...2,5	40...10	7,8	-
тонкое	1,25...0,63	6,3...3,2	6	-

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
Фрезерование и строгание:				
черновое стали	20	80	-	12
1	2	3	4	5
черновое чугуна	10	40	-	11
чистовое стали	5	20	-	11
чистовое чугуна	1,25	6,3	-	10
чистовое повышенной точности				
стали	1,25	6,3	-	9
чугуна	0,63	3,2	-	8
Шлифование				
черновое	2,5...1,25	10...6,3	9	9
получистовое	1,25	6,3	8,7	8,7
чистовое	1,25...0,63	6,3...3,2	6,7	6,7
тонкое	0,63...0,16	3,2...0,8	5,6	-
Растачивание				
черновое	20...10	80...40	12	14,15,16,17
чистовое	5...2,5	20...10	11	11,12,13
чистовое на агрегатных станках	2,5...1,25	20	8,9	9,10
тонкое или алмазное	1,25...0,32	6,3...1,6	6,7	7,8,9
координатно-расточное	1,25...0,32	6,3...1,6	6,7	7,8,9
Сверление				
без кондуктора	20	80	12,13,14	-
по кондуктору	5	20	10,11	-
Зенкерование				
черновое	20...10	80...40	12	-
однократное	10	40	11,10	-
чистовое	5	20	9,10	-
Развертывание				
нормальное	2,5	10	9	
точное	1,5	6,3	6,78	
тонкое	0,63	3,2		
Протягивание				
черновое	2,5	10	11,10	7,8,9,10
чистовое	1,25	6,3	7,8	7,8
Хонингование	0,32...0,04	1,6...0,2	6,7	-
Притирка, тонкое шабрение	0,32...0,04	1,6...0,2	5	3

Проектирование маршрутного ТП механической обработки детали

При проектировании маршрутного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения операций необходимо выбрать рациональную и сформировать маршрут обработки. При проектировании операционного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения переходов для каждой операции также необходимо выбрать рациональную (или оптимальную) их последовательность.

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки детали, формулировка содержания операций технологического процесса и выбор типа оборудования. Результаты работы оформляются в виде маршрутной карты. Правила оформления ее изложены в ГОСТ 3.1105.

При установлении общей последовательности обработки рекомендуется учитывать следующие положения:

1. Каждая последующая операция должна уменьшать погрешность и улучшать качество поверхности.

2. В первую очередь следует обрабатывать поверхность, которая будет служить технологической базой для последующих операций.

3. Затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволит своевременно обнаружить возможные внутренние дефекты заготовки и оформить основной контур детали.

4. Операции, при которых возможно появление брака из-за внутренних дефектов в заготовке, следует производить вначале.

5. Обработка остальных поверхностей ведется в последовательности, обратной степени их точности: чем точнее должна быть поверхность, тем позже она обрабатывается.

6. Заканчивается обработка той поверхностью, которая является наиболее точной и имеет наибольшее значение для эксплуатации детали. Если она была обработана ранее, до выполнения других смежных операций, может возникнуть необходимость в ее повторной обработке.

7. Отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами для установки.

8. Не рекомендуется совмещение черновой и чистовой обработки немерным инструментом на одном и том же станке.

9. Если деталь подвергается термической обработке по ходу технологического процесса, механическая обработка расчленяется на две части: до термической обработки и после нее.

10. Технический контроль намечают после тех этапов обработки, где вероятно повышенное количество брака, перед сложными и доро-

гостоящими операциями, после законченного цикла, а также в конце обработки детали.

Рекомендуемые принципы построения технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае. Работа по составлению маршрутов обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических процессов на данную группу деталей.

Наименования операций должны соответствовать требованиям классификатора технологических операций в машино- и приборостроении.

Пример маршрута обработки крышки:

005 Токарно-винторезная

16K20

010 Сверлильно-фрезерная

2254ВМФ4

015 Притирочная

3Е710В-1

020 Моечная

Моечная машина

025 Контрольная

Стол контролера ОТК.

Проектирование операционного ТП механической обработки детали

При разработке технологических операций необходимо установить вид технологического процесса. Степень детализации содержания технологических процессов зависит от типа производства. В массовом производстве, как правило, разрабатываются операционные технологические процессы с заполнением соответствующего комплекта документов. В крупносерийном производстве также в большинстве случаев разрабатываются операционные технологические процессы, однако возможно применение маршрутно-операционных. В мелкосерийном и среднесерийном производствах разрабатываются маршрутные и маршрутно-операционные технологические процессы. Маршрутно-операционный процесс отличается от маршрутного тем, что кроме разработки маршрутного технологического процесса в нем на отдельные сложные операции разрабатываются операционные карты обработки.

Проектируя технологическую операцию, необходимо стремиться к уменьшению ее трудоемкости. Производительность обработки зависит от режимов резания, количества переходов и рабочих ходов, последовательности их выполнения. Поэтому в первую очередь рекомендуется составить схему построения станочной операции. В общем случае различают следующие варианты механической обработки (рис.1).



Рис.1. Варианты механической обработки заготовок

В зависимости от условий производства выбирают соответствующую схему построения станочной операции. В массовом производстве находят применение наиболее производительные схемы – многоместная многоинструментальная параллельная обработка, а в серийном – одноместная одноинструментальная последовательная. Однако на практике при любом типе производства возможны различные сочетания признаков, приведенных на схеме.

Число и последовательность технологических переходов зависят также от вида заготовки и точностных требований к готовой детали. Совмещение переходов определяется конструкцией детали, возможностями расположения режущих инструментов на станке и жесткостью заготовки. Переходы, обеспечивающие высокие требования к точности и шероховатости поверхности, иногда целесообразно выделить в отдельную операцию, применяя одноместную одноинструментальную последовательную обработку.

Технологические операции на автоматических линиях строят по параллельным и параллельно-последовательным схемам. На каждый переход механической обработки рекомендуется составить операционный эскиз, а при многоинструментальной и многоместной обработке – схему наладки с указанием настроечных размеров, которые устанавливают в результате расчетов погрешностей настройки и ожидаемой точности обработки.

На данном этапе разработки технологического процесса необходимо также дать технико-экономическую оценку различных структур проектируемой операции. К подробной разработке принимается та схема операции, которая является наиболее экономичной в данных условиях производства.

Вопросы выбора групп, типов и моделей оборудования рассматриваются на различных стадиях технологической подготовки производства. Общие правила выбора технологического оборудования установлены государственными стандартами. Предварительный выбор группы оборудования производится при назначении метода обработки, обеспечивающего выполнение технических требований к обрабатываемым поверхностям. Затем при разработке технологического маршрута обработки и его технико-экономическом обосновании производится выбор конкретной его модели на основании минимума приведенных затрат на рабочем месте. Для выполнения расчетов необходимо располагать данными о цене, габаритах, мощности и производительности станка, что ведет к необходимости назначения конкретной модели станка уже на этом этапе проектирования технологического процесса. Таким образом, для операций, принятых на основании сравнения приведенных затрат на рабочем месте, вопрос о выборе оборудования решается уже на стадии составления маршрута механической обработки.

Однако при составлении маршрута механической обработки лишь небольшая часть операций принимается на основании подробных экономических расчетов. Остальные намечаются на основании имеющихся типовых решений, рекомендуемых справочной литературой. Для этих операций необходимо производить выбор оборудования на данной стадии проектирования.

Выбор модели станка определяется прежде всего ее возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали. Если эти требования можно обеспечить обработкой на различных станках, определенную модель выбирают из следующих соображений:

- соответствие основных размеров станка габаритам обрабатываемых деталей, устанавливаемых по принятой схеме обработки;
- соответствие станка по производительности заданному масштабу производства;
- возможность работы на оптимальных режимах резания;
- соответствие станка по мощности;
- возможность механизации и автоматизации выполняемой обработки;
- наименьшая себестоимость обработки;
- реальная возможность приобретения станка;
- необходимость использования имеющихся станков.

Характеристики выбранного станка заносят в таблицу (табл.5).

Таблица 5

Характеристика оборудования (на примере станка 16K20)

Техническая характеристика станка	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм над станиной над суппортом	400 220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5-1600
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта, мм: продольное поперечное	645-1935 300
Подача суппорта, мм/об: продольная поперечная	0,05-2,8 0,025-1,4
Число ступеней подач	24
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин продольного поперечного	3800 1900
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11
Масса станка, кг	2835
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	3505 1190 1500

В условиях массового производства нужно стремиться к тому, чтобы на одной операции было занято не более одного-двух станков. Если условие не выполняется, следует выбрать более производительную модель станка (многошпиндельный, многопозиционный или агрегатный).

Загрузку оборудования на данной стадии проектирования рекомендуется определять лишь для массового производства с поточной формой организации с целью выбора такого варианта, который обеспечит выполнение программы при использовании одного-двух станков на одной операции.

В общем случае нужно стремиться наиболее полно использовать станки по времени. Иногда допустимо применять станки высокой производительности, хотя их загрузка и ниже указанных значений, но при условии что себестоимость обработки в этом случае ниже, чем на другом, полностью загруженном станке.

Выбор технологической оснастки также производится на этом этапе, т.е. выбираются приспособления, инструменты и средства контроля.

Определение зон рентабельности применения различных систем станочных приспособлений при оснащении технологического процесса производится в зависимости от планируемого периода производства изделия и коэффициента загрузки приспособления.

При проектировании операционного 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; определение возможных схем наладок инструментов и выбор оптимальной 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 маршрутов 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, по которым проводится выбор рациональных решений 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.

По каждой операции составляется подробный перечень переходов, рассчитываются или определяются по нормативам режимы обработки в соответствии с методом обработки.

Пример формирования структуры операции для обработки крышки:

005 Токарно-винторезная

1. Установить, закрепить, открепить, отложить деталь.
2. Точить торец $\varnothing 50$ в размер $100 \pm 0,1$, точить $\varnothing 48_{-0,62}$ на длину $94 \pm 0,435$ начерно.
3. Точить торец $\varnothing 48$ на длину $93,5 \pm 0,435$ начисто.
4. Отрезать 10 деталей, выдерживая размер $6_{-0,3}$.

- 010 Сверлильно-фрезерная
1. Установить, закрепить, открепить, отложить деталь.
 2. Сверлить 3 отверстия $\varnothing 5^{+0,3}$ напроход.
 3. Фрезеровать 2 паза $\varnothing 8^{+0,36}$, выдерживая размер 32.
 4. Зенкеровать 3 отверстия $\varnothing 9^{+0,36}$ на глубину $3,5 \pm 0,15$

Нормирование операций механической обработки

По аналитическим зависимостям студент рассчитывает основное время обработки по формулам:

Для токарных и сверлильных работ: $T_o = \frac{L}{nS}$

для фрезерования: $T_o = \frac{L}{S_M}$

для резьбонарезания: $T_o = \left(\frac{L}{np} + \frac{L}{n_{всп} p} \right) i$,

для шлифования наружного $T_o = \frac{L}{n_D \cdot S_{РАД}} K$,

для шлифования внутреннего $T_o = \frac{L}{n \cdot S_B \cdot B_K} i \cdot K$,

где L – сумма длины рабочего хода, длины врезания и перебега инструмента $L = L_{px} + L_{ep} + L_{nep}$; n – частота вращения; S – подача;

S_M – минутная подача; p – шаг нарезаемой резьбы; $n_{всп}$ – частота вспомогательного движения; i – число рабочих ходов; $S_{РАД}$ – радиальная подача инструмента; B_K – ширина шлифовального круга; K – коэффициент выхаживания, $K=1,2...1,5$.

Допускается назначение режимов резания по таблицам.

Определяется оперативное время по формуле (суммы основного и вспомогательного времени):

$$T_{ОП} = T_o + T_{\epsilon}.$$

Производится расчет штучного времени:

$$T_{шт} = T_o + T_{\epsilon} + T_{обсл} + T_{отд} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{отд},$$

где $T_{отд}$ – время на отдых, принимается 5% от $T_{ОП}$; $T_{обсл}$ – время на обслуживание рабочего места, принимается 4% от $T_{ОП}$.

Для серийного производства, определяется норма штучно-калькуляционного времени:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где n – размер партии изделия.

Определение формы организации рабочих мест на участке

В зависимости от типа производства для участков механической обработки характерны следующие организационные формы механической обработки [1]:

Непоточная – с расположением оборудования по типам – характеризуется тем, что станки располагаются по признаку однородности обработки, т.е. создаются участки токарных, фрезерных и тому подобных станков. Характерен для единичного производства.

Предметная или групповая – характеризуется тем, что расположение станков производится в порядке выполнения технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. Обработка деталей и передача их от станка к станку осуществляется партиями. Время выполнения операций на различных станках не согласовано и в ожидании обработки детали хранятся на площадках между станками. Применяется в условиях серийного производства.

Переменно-поточная – предусматривает расположение станков в порядке выполнения технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки.. Производство осуществляется партиями, детали каждой партии могут отличаться размерами и конструкцией, допускающими, обработку на одном и том же оборудовании. Время обработки на всех станках согласовано, а детали от станка к станку передаются поштучно в порядке следования операций, создавая непрерывность движения. Применяется в условиях серийного производства.

Прямоточная (пульсирующим потоком)- расположение станков производится в порядке выполнения технологических операций, закрепленных за определенными станками. Детали от станка к станку передаются поштучно (рольгангами, наклонными желобами и т.д.), но время выполнения отдельных операций не всегда равно или кратно такту выпуска. Вследствие этого около станков, у которых время на выполнение операции больше такта, создаются заделы необработанных деталей. Применяется в условиях крупносерийного и массового производства.

Непрерывным потоком Рабочие места располагаются в порядке технологических операций, причем каждое рабочее место выполняет одну операцию обработки детали в строго определенное время, которое

соответствует такту выпуска. Возможна при крупносерийном и массовом производстве.

При выполнении раздела необходимо выбрать форму организации рабочего места и дать её краткую характеристику.

**Расчет численности оборудования
и рабочих мест на участке**

Выбор состава технологического оборудования полностью зависит от применяемых технологических процессов изготовления деталей. Модели используемого оборудования выбирают на основе их конструкции и технологических возможностей. Учитывая современный уровень автоматизации механосборочного производства необходимо обеспечивать не только автоматизацию обработки, но и возможность стыковаться с оборудованием и средствами технологического оснащения, объединяющими отдельные виды технологического оборудования в единый автоматизированный производственный процесс [1, 2].

Основным критерием учитываемым при выборе состава оборудования являются минимальные приведенные затраты на объем выпуска.

В условиях *непоточного* производства (организационные формы: непоточная, предметная) количество станков определяется для каждой модели оборудования по суммарной годовой станкоемкости работ, выполняемых на выбранной модели станка:

$$C'p = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi},$$

где T_{Σ} – суммарная годовая станкоемкость выполняемых работ; Φ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования (таблица 7).

Необходимо разбить общую суммарную станкоемкость по типам оборудования, указанным в технологическом процессе механической обработки детали, в соответствии с заданием и заполнить таблицу:

Таблица 6

Количество станков на участке

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Станкоемкость, $T_{\Sigma i}$	Эффективный годовой фонд времени работы оборудования, Φ	Количество станков C_p
1					
2					
3					

В случае, когда имеются маршрутные технологические процессы изготовления с указанием штучного или штучно-калькуляционного времени и технологического оборудования для изготовления детали (деталей), число станков в условиях *поточного производства* (организационные формы: переменнo-поточная, прямоточная, непрерывно-поточная)

определяется для каждой операции технологического процесса следующей формулой:

$$C'p = \frac{t_{шт}}{\tau},$$

где $t_{шт}$ – штучное время выполнения операции; τ – такт выпуска.

Способ определения такта выпуска зависит от выбранной формы организации работы на проектируемом участке.

Для *непрерывно-поточной и прямоточной* организационных форм, где за каждым рабочим местом закреплена только одна технологическая операция, такт выпуска можно рассчитать по формуле:

$$\tau = \frac{\Phi \cdot 60}{N},$$

где Φ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования в часах; N – годовой объем выпуска деталей в шт.

В случае, когда на одном участке или линии в год изготавливается несколько деталей (*переменно-поточная организационная форма*) возможно, определить только условный такт выпуска:

– для деталей с одинаковой трудоемкостью механической обра-

ботки $\tau = \frac{\Phi \cdot 60 \cdot \eta}{N_1 + N_2 + \dots + N_i};$

– для деталей с различной трудоемкостью механической обра-

ботки $\tau = \frac{\Phi \cdot 60 \cdot \eta}{N_1 + N_2 \cdot k_1 + \dots + N_i \cdot k_{i-1}},$

где N_1, N_2, N_i – годовые программы выпуска деталей (шт); k_1, k_{i-1} – коэффициенты учитывающие отношения трудоемкости 2-й детали к первой и i -ой детали к первой; $\eta=0,8\div0,85$ – коэффициент учитывающий потери, связанные с переналадкой оборудования при переходе с выпуска одной детали на другую.

Таблица 7

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Режим работы		
	1 смена	2 смены	3 смены
Металлорежущее оборудование			
Металлорежущие станки массой: до 10 т. 10-100 т.	2040 2000	4060 3985	6060 5945
Металлорежущие станки с ПУ массой: до 10 т. 10-100 т.	- -	3890 3810	5775 5650
Агрегатные станки	-	4015	5990
Автоматические линии	-	3725	5465
ГПМ. Роботизированные комплексы массой: до 10 т. 10-100 т.	- -	- -	5970 5710

При расчете количество оборудования, определенное по каждому типу, округляют до ближайшего большего значения и обозначают C_p .
 Определяют общее количество оборудования на участке, суммируя количество оборудования по видам $C_{p\Sigma}$.

В случае, если на участке ведутся сборочные или слесарные работы, также необходимо определить число рабочих мест слесарей или сборщиков по зависимости:

Для поточной сборки

$$M'_{сб} = \frac{t_{ум}}{\tau \cdot \Pi},$$

где Π – число рабочих на одном рабочем месте.

В случае выполнения технологического процесса сборки на периодически движущемся конвейере:

$$M'_{сб} = \frac{t_{ум}}{(\tau - t_n) \cdot \Pi},$$

где t_n – время на перемещение собираемых на конвейере изделий между соседними рабочими местами.

$$t_n = lV,$$

где V – скорость движения конвейера, l – расстояние между центрами собираемых изделий на двух соседних рабочих местах.

Для непоточной сборки:

$$M'_{сб} = \frac{T_{сб\Sigma}}{\Phi_{рм} \cdot \Pi},$$

где $\Phi_{рм}$ – эффективный годовой фонд времени работы рабочего места (таблица 8); Π – плотность работы, под которой понимают число рабочих на одном рабочем месте.

Как и в случае определения числа станков, расчетное значение $M_{сб}$ округляют до расчетного числа $M_{сб}$ и определяют общее число сборочных мест $M_{сб\Sigma}$.

Таблица 8

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования для сборки

Оборудование	Режим работы		
	1 смена	2 смены	3 смены
Рабочее место сборщика	2070	4140	6210
Рабочие места с механизированными приспособлениями	2050	4080	6085
Сборочное автоматическое и полуавтоматическое оборудование	2000	3975	5930
Испытательные стенды	2020	4015	5990
Автоматические сборочные линии	-	3725	5465

Расчет численности рабочих на участке

Для участка механической обработки деталей определяется число основных производственных рабочих (станочников), вспомогательных рабочих, в том числе наладчиков оборудования, контролеров, а также инженерно-технических работников, административных работников. В случае, если на участке ведутся слесарные или сборочные работы, также необходимо определить количество слесарей и рабочих-сборщиков. Эти рабочие входят в число основных производственных рабочих.

Метод расчета числа станочников зависит от формы организации работы на участке.

Расчет числа станочников по станкоемкости работ выполняется для непоточной и предметной организационных форм по следующей зависимости:

$$P_{cm} = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi p \cdot K_m},$$

где T_{Σ} – суммарная годовая станкоемкость изготовления деталей на станках данного типа; Φp – эффективный фонд времени работы станочника (таблица 9); K_m – коэффициент многостаночного обслуживания (таблица 10).

Таблица 9

Эффективный годовой фонд времени работы рабочих

Продолжительность		Эффективный годовой фонд времени рабочего, ч.
Рабочей недели, ч	Основного отпуска, дни	
40 (норм.)	28	1820
36 (сокр.)	28	1570

Таблица 10

Средние значения коэффициентов многостаночного обслуживания для некоторых видов оборудования

Тип оборудования	K_m
Универсальные станки с ручным управлением	1
Станки с ЧПУ	2-3
Прутковые и токарно-револьверные автоматы	3-8
Многошпиндельные полуавтоматы	1-4
Зубообрабатывающие полуавтоматы	2-4
Агрегатно-сверлильные, агрегатно-расточные станки	1-3
Тяжелые токарные, токарно-карусельные станки	3-4

Расчет численности станочников по числу станков для перемен-
но-поточной, прямоточной и непрерывно-поточной форм организации
работы на участке осуществляется по формуле:

$$P_{cm} = \frac{Cn \cdot \Phi \cdot K_3 \cdot K_u}{\Phi p \cdot K_m},$$

где Φ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования; K_3
и K_u – коэффициенты загрузки и использования оборудования
(таблица 11); Φp – эффективный фонд времени работы ста-
ночника; K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Таблица 11

Рекомендуемые значения коэффициентов загрузки
и использования для отдельных видов станков

Группа оборудования	Коэффициент загрузки оборудования k_3	Коэффициент ис- пользования обо- рудования k_u
Универсальные станки	0,8	0,9
Автоматы и полуавтоматы: Одношпиндельные	0,85	0,85
Многошпиндельные	0,9	0,8
Специальные и агрегатные станки	0,9	0,8
Автоматические линии с жесткими связями	0,9	0,75
Станки с ЧПУ	0,9	0,85

Необходимо учитывать, что коэффициент многостаночного об-
служивания показывает количество станков, обслуживаемых одним ра-
бочим. При работе на двух или нескольких станках расположение их
должно быть таким, чтобы затраты времени на переходы от одного стан-
ка к другому были минимальны, а органы управления станками находи-
лись на кратчайшем расстоянии в наиболее удобном месте.

Количество сборщиков и слесарей определяется по формуле:

$$P_c = \frac{T}{\Phi p_m},$$

где T – трудоемкость соответствующего вида работ в чел-ч; Φp_m – эф-
фективный годовой фонд времени работы рабочего места сбор-
щика (таблица 8).

При поточной сборке необходимо предусматривать до 5%
«скользящих» рабочих для замены временно отсутствующих по отноше-
нию к общему числу рабочих-сборщиков.

Далее необходимо определить общее число основных производ-
ственных рабочих $P_{np\Sigma}$.

В условиях серийного и массового производства для обслуживания станков в составе рабочих предусматривают наладчиков $P_{нал}$, число которых определяют по нормативам обслуживания, установленным для каждого типа оборудования. Так, например, один наладчик по нормативам обслуживает [3]:

- 11-18 токарных станков,
- 5-12 агрегатных станков,
- 8-18 универсально-шлифовальных станков,
- 4-10 токарных станков с ЧПУ,
- 8-16 сверлильных и фрезерных с ЧПУ,
- 3-6 многоцелевых станков и роботизированных технологических комплексов,
- 5-8 сборочных автоматов и полуавтоматов,
- 4-6 сборочных ГПМ.

В условиях единичного и мелкосерийного производства использовать наладчиков на универсальном оборудовании не рекомендуется. В этих условиях наладку оборудования осуществляют высококвалифицированные рабочие.

При определении количества наладчиков $P_{нал}$ необходимо принятое их число умножить на количество смен.

К вспомогательным также относятся рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков и линий: рабочие ремонтных и инструментальных служб, транспортные и подсобные рабочие, уборщики производственных помещений, рабочие складов и кладовых и т.д. Укрупнено число таких вспомогательных рабочих $P_{всп}$ определим из расчета 20-25% от числа основных производственных рабочих $P_{пр\Sigma}$.

При детальном проектировании вспомогательных служб (для условий многостаночного обслуживания, при применении безлюдной технологии и т.д.) число вспомогательных рабочих определяют по нормам обслуживания, либо в зависимости от трудоемкости выполняемого объема работ.

К инженерно-техническим работникам (ИТР) участка относятся инженеры-технологи и техники. За участком также могут быть закреплены экономисты, нормировщики, механики, энергетики и др. Для укрупненных расчетов количество ИТР допускается определять в зависимости от числа основных производственных рабочих по таблице 12.

Таблица 12

Численность ИТР для механических и сборочных производств

Производство	Число ИТР в % от числа основных производственных рабочих			
	Единичное и мелкосер.	Средне-серийное	Крупно-серийное	массовое
Механическое	18-24	16-22	15-21	15-20
Сборочное	9-12	8-11	8-10	7-10

Численность ИТР округляют до ближайшего большего значения. Количество ИТР должно быть не менее 1 на каждую рабочую смену.

За участком также могут быть закреплены контролеры.

Число контролеров можно определить по формуле:

$$P_{\kappa} = \frac{P_{np\Sigma}}{H_0}$$

где $P_{np\Sigma}$ – численность основных производственных рабочих; H_0 – норма обслуживания контролером производственных рабочих. Для механических участков в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства составляет 10 человек, для механосборочных участков – 12-13 человек.

Определяют общее число работающих на участке P_{Σ} , суммируя количество работающих по каждой категории.

Составление планировки участка механической обработки

Определение производственной площади участка

Производственную площадь участка механической обработки $S_{пр}$ можно определить по нормам производственной площади, приходящейся на один станок или одно рабочее место: $S_{пр} = S_{уд.пр} \times C_{р}$, где $S_{уд.пр}$ – удельная общая площадь, приходящаяся на один станок (ориентировочно 20-45 м²), $C_{р}$ – количество станков (рабочих мест) на участке механической обработки.

Планировка рабочих мест на участке механической обработки

Рабочим местом называется первичное звено производства, от качества работы которого зависят результаты деятельности всего предприятия.

В зависимости от содержания операции и организации ее проведения в состав рабочего места могут входить:

- различное технологическое оборудование;
- накопители с полуфабрикатами и готовыми изделиями;
- средства автоматической загрузки и разгрузки оборудования (роботы, манипуляторы и т.д.);
- режущий и контрольно-измерительный инструмент;
- различная оснастка;

- средства технического обслуживания и охраны труда;
- элементы системы управления.

Основной задачей проектирования рабочего места является создание такого расположения оборудования, заготовок, готовых деталей и оснастки, при которых отсутствуют лишние и нерациональные движения и приемы, максимально сокращаются расстояния перемещения рабочего.

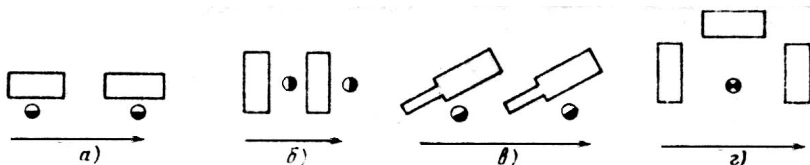


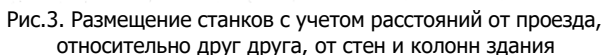
Рис. 2. Варианты размещения станков относительно транспортных средств:
а – продольное; б – поперечное; в – угловое; г – кольцевое

Продольное расположение станков по отношению к транспортному средству или проезду обеспечивает благоприятные условия для механизации и автоматизации межоперационного транспортирования и обслуживания рабочих мест. При поперечном расположении станков обслуживание рабочим ухудшается в связи с удалением его от конвейера, однако, при использовании для автоматической загрузки станков манипуляторов или промышленных роботов этот недостаток исправляется и обеспечивается компактность участка. Расположение станков под углом к проезду применяют для прутковых автоматов, расточных, продольно-строгальных и других станков, длина которых значительно превышает ширину. Прутковые автоматы при этом размещают обычно загрузочными устройствами к проезду для облегчения установки прутков. Кольцевое размещение станков благоприятно для многооперационного обслуживания, но создает трудности для использования межоперационного транспорта и инженерных коммуникаций.

Для изображения контуров оборудования используются библиотеки темплетов с указанием рабочего пространства и расположения рабочего. Темплет – это плоская масштабная модель оборудования, изготавливаемая при помощи фотомодельного проектирования или других способов копирования. Темплеты имеются в паспортах станков (можно найти в сети Интернет). Многие отечественные САПР имеют богатейшие библиотеки темплетов.

При планировке рабочего места необходимо показать расположение рабочего с помощью условного обозначения. Под ногами рабочего должна располагаться специальная деревянная решетка, предназначенная для обеспечения безопасности работающего и изоляции его от возможного поражения электрическим током. Возможно применение вместо деревянной решетки резиновых ковриков. Отсутствие подножной решетки допускается при выполнении работ сидя или в случае использования оборудования с низким подводимым напряжением электрической сети.

Каждая единица оборудования участка должна снабжаться определенным набором энергокоммуникаций, необходимых для работы как самого оборудования, так и для выполнения технологических операций в соответствии с требованиями охраны труда и пожарной безопасности. К такому набору относятся: подводы электроэнергии высокого и низкого напряжений, сжатого воздуха, защитное заземление или зануление, подвод газов (азот, водород и т.д.), вытяжная вентиляция, питьевая вода, сточная канализация и др.



Выполнение планировки участка.

Планировка участка – это план расположения производственного, подъемно-транспортного и другого оборудования, инженерных сетей, рабочих мест, проездов, проходов и др. Планировку участка выполняют в масштабе 1:50, 1:100 или 1:200.

В процессе планировки рабочих мест будем руководствоваться следующими принципами: обеспечение прямооточности производственного процесса, исключение по возможности возвратных движений грузопотоков; компактность, т.е. использование минимальной производственной площади для размещения участка; использование наиболее экономичных прогрессивных видов транспорта.

При размещении оборудования необходимо обеспечить установленные нормы расстояния между оборудованием при различных вариантах их расположения. Нормы расстояний, приведенные в табл. 10 и обозначенные на рис.3, зависят от габаритных размеров оборудования и указывают расстояния от крайних положений движущихся частей станка до открывающихся дверей станков, установленных отдельно стоек и шкафов систем управления, колонн и стен здания.

Таблица 13

Нормы расстояний при размещении станков

Расстояние	Наибольший из габаритных размеров станка в плане, м			
	До 1,8	1,8-4,0	4,0-8,0	Св. 8,0
От проезда до: фронтальной стороны станка – (а) тыльной стороны станка – (б) боковой стороны станка – (в)	1,6/1,0 0,5 0,5	1,6/1,0 0,5 0,5	2,0/1,0 0,5 0,7/0,5	2,0/1,0 0,5 1,0/0,5
Между станками при расположении их: “в затылок” – (г) тыльными сторонами друг к другу – (д) боковыми сторонами друг к другу – (е) фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим: одного станка – (ж) двух станков – (з) по кольцевой схеме – (и) $k=0,7$ м	1,7/1,4 0,7 0,9 2,1/1,9 1,7/1,4 2,5/1,4	1,7/1,6 0,8 0,9 2,5/2,3 1,7/1,6 2,5/1,6	2,6/1,8 1,0 1,3/1,2 2,6 1,7 -	2,6/1,8 1,3/1,0 1,8/1,2 2,6 1,7 -
От стен, колонн до: фронтальной стороны станка – (л) тыльной стороны станка – (м) боковой стороны станка – (н)	1,6/1,3 0,7 1,2/0,9	1,6/1,5 0,8 1,2/0,9	1,6/1,5 0,9 1,2/0,9	1,6/1,5 1,0/1,9 1,2/0,9
В числителе даны значения для единичного, мелкосерийного и серийного производства; в знаменателе указаны значения для крупносерийного и массового производства				

На планировке участка могут быть показаны колонны, если они попадают на рассматриваемый участок. Возле каждого станка указываются точки подвода энергокоммуникаций: электрокабеля, сжатого воздуха, эмульсии, масла и т.д.

Технические требования, предъявляемые к производственным участкам

Наиболее распространенные технические требования, предъявляемые к участкам механической обработки:

1. К оборудованию обеспечивается подвод переменного электрического тока напряжением 380В.

2. Температура воздуха в теплое время года 20-25 С°, в холодное время года 18-20 С°

3. Скорость движения воздуха 0,2-0,3 м/с

4. Влажность воздуха 40-60%

5. Остальные климатические условия в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88

6. Освещенность при системе комбинированного освещения не менее $E=200$ лк

7. Пожарная безопасность в соответствии ГОСТ 12.1.004-91

8. Давление сжатого воздуха в сети 0.6 МПа (или 1,2 МПа).

9. Электробезопасность в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81

Спроектированный производственный участок приводится студентом в тетради или на листе формата А3. Планировка снабжается таблицей, в которой указывается позиция, наименование и количество оборудования, расположенного на участке.

Литература

1. Давыдова И.В. Технологическая подготовка машиностроительных производств: учеб. пособие / И.В. Давыдова, В.А. Лебедев. – Ростов-на-Дону, 2018.

2. Попов М.Е. Проектирование заготовок: учеб. пособие / М.Е. Попов, И.В. Давыдова. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2014.

3. ГОСТ Р53-46-4-2009 «Отливки из металлов и сплавов».

4. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные».

5. Тамаркин М.А. Проектирование механосборочного производства: учеб. пособие / М.А.Тамаркин, Г.А.Прокопцев, В.Н.Аксенов и др. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2014.

В печать 20.02.2023 г.

Формат 60×84/16.Объём 3,0 усл. п.л.

Тираж 30 экз. Заказ № 50. Цена свободная

Отпечатано в типографии издательского центра ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1.