

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Воронежский государственный технический университет»
кафедра ракетных двигателей

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

123-2018

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД»,
направления 24.05.02 «Проектирование авиационных и
ракетных двигателей» (профиль «Проектирование жидкост-
ных ракетных двигателей») и дисциплине «Технология маши-
ностроения» направления 15.03.05 «Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных произ-
водств» (профиль «Технология машиностроения») очной
формы обучения

Воронеж 2018

УДК 621.9
ББК

Составители:

докт. техн. наук Г. А. Сухочев, В. Н. Сокольников

Разработка технологического процесса изготовления детали: методические указания по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД», направления 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (профиль «Проектирование жидкостных ракетных двигателей») и дисциплине «Технология машиностроения» направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Технология машиностроения») очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Г. А. Сухочев, В. Н. Сокольников. Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2018. 48 с.

В методических указаниях приводится порядок выполнения курсового проекта, содержатся рекомендации по его выполнению, указана рекомендуемая справочная литература, приведен пример использования САПР ТП в курсовом проектировании. Методические указания предназначены для студентов направления 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» и направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Технология машиностроения») очной формы обучения. Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле КПЖРД.pdf. (1,08 МБ)

Ил. 5. Табл. 4. Библиогр.: 9 назв.

**УДК 621.9,
ББК**

**Рецензент А. В. Кретинин д-р. техн. наук, проф.
кафедры НГОТ.**

*Издаётся по решению учебно-методического совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по «Технологии изготовления деталей и сборке ЖРД» представляет собой большую самостоятельную работу будущего инженера, направленную на решение конкретных задач при освоении в производстве конструкторско-технологических решений по созданию перспективных ракетных двигателей и энергетических установок. Выполнение курсового проекта служит одним из этапов проверки подготовленности студента к выполнению выпускной квалификационной работы.

Основной целью курсового проекта является углубление практических знаний, полученных студентами в процессе изучения технологических дисциплин «Технология производства авиационных и ракетных двигателей» и «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД». Данное методическое руководство содержит основные материалы по выполнению курсового проекта, которые помогут стимулировать творческую разработку темы с проявлением инициативы в рамках четко определенных общеобязательных требований к содержанию и объему проекта, методике выполнения, оформлению пояснительной записки и графической части проекта.

В процессе выполнения проекта студенты приобретают навыки в пользовании технической справочной литературой и нормативной документацией, некоторый опыт в решении вопросов рационального построения технологического процесса изготовления деталей ракетного двигателя, в выборе приемлемого и экономически целесообразного оборудования, режущего и мерительного инструмента, в расчетах и конструировании силовых приспособлений, в определении и назначении оптимальных режимов обработки. Выполненный курсовой проект дает возможность объективно оценить уровень теоретической и практической подготовки студента, необходимой для его будущей инженерной деятельности.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Тематика курсовых проектов

Тематика курсовых проектов должна отражать конкретные задачи о разработке технологического процесса изготовления детали ракетного двигателя средней сложности: вал, корпус, стакан, седло, форсунка, шток, направляющая, кронштейн и др. [1].

Темой курсового проектирования является разработка технологического процесса обработки одной детали и решение ряда вопросов, связанных с расчетом режимных параметров и оснащением этого процесса. Чертеж детали студент выбирает во время производственной практики и представляет его на кафедру для получения задания, определяющего содержание и объем проекта.

Задание выдается на специальном бланке (приложение 2). Темы курсовых проектов рассматриваются на заседании предметной комиссии.

1.2. Содержание курсового проекта

Курсовой проект по технологии машиностроения состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, взаимно дополняющих друг друга, а также альбома карт технологического процесса изготовления детали [2]. Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- введение, в котором указывается цель проекта, его связь с современными задачами отечественного ракетного двигателестроения. Объем – до 2 стр.;

- описание конструкции изделия или сборочной единицы, а также краткие сведения об обрабатываемой детали, назначении ее в сборочной единице, ее технологичности, условиях эксплуатации, специальные технические требования и т. д. Объем – от 2 до 4 стр.;

- технологическая часть, содержащая описание технологического процесса с анализом выбора оборудования, а также расчеты режимов резания и норм времени. Объем – от 25 до 30 стр.;

- выводы и заключение. Здесь оцениваются мероприятия, предусмотренные в проекте, по снижению себестоимости и рекомендации о возможности применения результатов проектирования на промышленных предприятиях. Объем – до 2 стр.

Графическая часть проекта включает рабочие чертежи детали, заготовки (рабочий чертеж детали и заготовки желательно совмещать), общий вид станочного приспособления, одну или несколько технологических наладок (по указанию руководителя проекта) и чертеж одного контрольного приспособления или прибора активного контроля. Альбом карт технологического процесса изготовления детали содержит: маршрутную карту, операционные карты и пр. Технологические документы должны включать:

- титульный лист, оформленный в соответствии с ГОСТ 3.1105–84 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения» (форма 2а);

- маршрутную карту, оформленную по ГОСТ 3.1118–82 «ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт»;

- операционные карты механической обработки и операционные расчетно-технологические карты на технологические операции, на станках с ЧПУ – по ГОСТ 3.1404–86 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием»;

- операционные карты слесарных, слесарно-сборочных работ по ГОСТ 3.1407–86 «ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы, операции, специализированные по методам сборки»;

- карты эскизов по ГОСТ 3.1105–84 и ГОСТ 3.1128–93 «ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов»;

- операционные карты технологического контроля по ГОСТ 3.1502–85 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технический контроль»;
- другие технологические документы в случае необходимости или по решению руководителя проекта.

1.3. Объем и общие требования к выполнению курсового проекта

Пояснительная записка объемом 30–40 страниц выполняется на листах писчей бумаги формата А4 (297×210 мм), на одной стороне листа и должна удовлетворять требованиям стандарта предприятия СТП ВГТУ 62–2007.

Пояснительная записка пишется от руки чернилами или черной тушью четко и аккуратно, полными словами без сокращений, за исключением сокращений, установленных СТП ВГТУ 62–2007.

Условные буквенные обозначения механических, математических и других величин должны быть тождественны во всех разделах записки.

Расчеты и вычисления в записке делаются с соблюдением установленных правил, с указанием в результатах размерности.

В формулах желательно применять единицы системы СИ без кратных приставок.

При использовании справочных материалов (режимов резания, норм времени, припусков, сортаментов материалов и др.) необходимо делать ссылки на использованную литературу с указанием страниц, номеров карт и таблиц, а в квадратных скобках - порядковый номер книги, под которым она помещена в списке использованной литературы.

Все иллюстрации нумеруются арабскими цифрами, например, рис. 1, рис. 2, рис. 3 и т. д.

Листы пояснительной записки нумеруются в следующем порядке: стр. 1 – титульный лист (приложение 1); стр. 2 – за-

дание на курсовое проектирование (приложение 2); стр. 3 и далее - листы записки в порядке, указанном в содержании.

В конце записки помещаются список использованной литературы и содержание (оглавление) курсового проекта.

Содержание пояснительной записки разделяется на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой.

Подразделы должны иметь порядковые номера в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой.

Номер пункта должен состоять из номера раздела, подраздела и пункта и т. д.

Наименование разделов и подразделов должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок. Все таблицы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки.

Над правым верхним углом таблицы помещается надпись, например «Таблица 5». где 5 – порядковый номер таблицы.

Графическая часть проекта выполняется на четырех-пяти листах на бумаге форматом А4, в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, и подшивается в конце пояснительной записки к курсовому проекту.

Каждый чертеж графической части проекта, должен иметь основную надпись, выполнение которой должно производиться в соответствии с требованиями СТП ВГТУ 62–2007.

Спецификацию выполнять на отдельных листах и подшивать их в пояснительную записку. Спецификации, содержащие до 8–10 позиций, выполняются на сборочном чертеже в виде отдельной таблицы.

При нанесении на чертежи надписей, спецификаций и технических требований следует руководствоваться требова-

ниями ГОСТ 2.104–68, 2.108–68, 2.109–73, 2.316–68, 3.1103–74 и 3.1105–75.

Текстовая часть располагается над основной надписью чертежа.

Технические требования на чертеже излагаются в следующей последовательности: требования к материалу, заготовке, термической обработке, требования к качеству поверхностей, их отделке, покрытию и т.д., размеры, предельные отклонения, формы взаимного расположения поверхностей и т.п., условия и методы испытаний, указания о маркировке и клеймении, правила упаковки, транспортировки и хранения.

На одном-двух листах изображается технологический процесс из основных операций механической обработки, причем они выполняются без соблюдения масштаба изображаемой детали. Обработанные поверхности по данной операции (в учебных целях) выделяются жирными линиями или обводятся цветными карандашами или фломастером.

В расположении детали на станке, базировании и креплении ее в приспособлении, а также в расположении инструмента, должна соблюдаться большая точность. На чертеже изображаются упорные и зажимные элементы приспособления.

На каждом эскизе следует показать:

1. Установку детали на станке в рабочем положении и условные обозначения способов её крепления.

2. Поверхность обработки на данной операции, для наглядности, красными или жирными черными линиями, а установочные, базовые поверхности - синими линиями или условными обозначениями технологических баз в соответствии с ГОСТ 3.1107–75.

3. Режущий инструмент в конце рабочего хода. Если инструмент затемняет эскиз, то его можно изобразить в начальном положении.

4. Размеры обработки, получаемые на данной операции с указанием допусков и требуемой шероховатости обрабатываемых поверхностей детали. На эскизе проставляются только

те размеры, которые обеспечиваются при выполнении данной операции, а установочная база совмещается с измерительной для того, чтобы не пересчитывать размеры или допуски на них.

5. Направления главного движения и движения подачи.

По указанию руководителя проекта на одном или нескольких эскизах технологического процесса деталь показывается закрепленной в приспособлении, позволяющем видеть принцип его действия.

Режущий инструмент изображается в принятом для эскиза детали масштабе.

На формате с операционным эскизом техпроцесса сверху указываются номер и наименование операции, наименование станка или его модель. Помещается таблица, в которой указывается глубина резания, подачи, скорость резания, частота вращения шпинделя, основное штучное и подготовительно-заключительное время (на каждую операцию механической обработки).

На отдельном листе вычерчивается общий вид станочного приспособления, на котором проставляются основные размеры: габаритные, между осями валов, основные расчетные, монтажные и сборочные. Количество проекций должно быть достаточным для того, чтобы уяснить устройство и работу приспособления.

Общий вид приспособления должен быть показан в рабочем состоянии, то есть обрабатываемая деталь должна быть закреплена.

На одном листе выполняются чертежи по указанию руководителя проекта: контрольно-измерительное устройство, прибор активного контроля, чертежи на детали приспособления (деталировка), схемы станочных и инструментальных наладок, график экономического сравнения вариантов технологического процесса и т. д.

Для выполнения курсового проекта в сроки, предусмотренные учебным планом, и для контроля хода выполнения це-

лесообразно руководствоваться следующим объемом выполнения работ (табл. 1) [6].

Таблица 1

№ п/п	Наименование разделов проекта	Объем, %
1.	Введение. Описание конструкции и условий работы сборочной единицы, включающей заданную деталь	5
2.	Технологическая часть: а) выбор и обоснование типа производства; б) выбор заготовки расчет ее размеров, выполнение чертежной заготовки и детали; в) разработка технологического процесса, выбор оборудования, приспособлений и инструмента; г) расчет припусков, допусков и межоперационных размеров. Выполнение технологических эскизов. Заполнение технологической документации; д) аналитический расчет режимов резания и норм времени на заданные технологические операции	5 5 25 10 15
3.	Графическая часть	20
4.	Разработка выводов и заключения	5
5.	Оформление пояснительной записки	10

1.4. Порядок защиты проекта

Готовая расчетно-пояснительная записка, альбом технологических карт и чертежи подписываются студентом и руководителем проекта. Выполненный проект защищается студентом в комиссии, состоящей из двух-трех человек. В состав комиссии входит и руководитель проекта.

Оценка курсового проекта определяется на основании качества и степени самостоятельности выполнения задания, объема работы, внешнего оформления проекта, усвоения теоретического материала, умения студентом защищать выдвигаемые им положения

Допускается досрочная защита проекта.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

2.1. Содержание технологической части

Разработка технологического процесса изготовления детали является основным содержанием всех разделов курсового проекта по технологии машиностроения и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТов, ЕСКД и ЕСТПП [2].

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются: задание, чертеж детали, технологические условия на изготовление детали, назначение и условия работы в сборочной единице или изделии, производственная программа выпуска деталей или изделий. В процессе проектирования технологического процесса необходимо иметь чертеж детали, справочную литературу, стандарты, каталоги режущего, измерительного и вспомогательного инструментов, нормативы по режимам резания и т. п.

Проектирование технологического процесса включает в себя:

1. Определение размера партии или такта выпуска деталей.
2. Выбор вида заготовки.
3. Составление технологического маршрута изготовления детали, выбор баз и расчет погрешностей базирования.
4. Расчет межоперационных припусков и определение размеров заготовки.
5. Выбор необходимого оборудования и технологической оснастки.
6. Составление пооперационного технологического процесса.
7. Расчет режимов резания на трех-четырёх переходах в различных видах операций (токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные) и подсчет машинного и штучного времени этих операций. Остальные режимы обработки берут по нормативным справочникам.

8. Определение технической нормы времени, разряда работы и расценок.

9. Сравнение экономических расчетов для двух возможных вариантов обработки.

2.2 Определение типа производства

Тип производства на участке определяется в зависимости от габаритов, массы и годовой программы выпуска изделий. Тип производства определяет характер технологического процесса.

Тип производства по ГОСТ 3.1108–74 характеризуется коэффициентом закрепления операций [2].

$$K_{30} = O/P,$$

где O – число различных операций,

P - число рабочих мест, выполняющих различные операции.

При этом:

$1 < K_{30} < 10$ - массовое и крупносерийное производство,

$10 < K_{30} < 20$ - среднесерийное производство,

$20 < K_{30} < 40$ - мелкосерийное производство.

Значение коэффициента закрепления операций принимается для планового периода, равного одному месяцу.

K_{30} можно определить через отношение такта выпуска изделия к среднему штучному времени по операциям разработанного технологического процесса.

Так как в начальный период курсового проектирования студент не может определенно судить о типе производства и проводит проектирование технологического процесса ориентировочно, то после выполнения технического нормирования следует окончательно определить тип производства и, соответственно, подкорректировать технологический процесс.

2.3. Выбор заготовки

Выбор вида заготовки или установление способа ее получения. определение припусков на обработку и расчет размеров заготовки коренным образом влияет на технологию механической обработки детали. От этого зависит расход металла, количество операций и их трудоемкость, себестоимость процесса изготовления детали. Решая этот вопрос, стремятся к тому, чтобы форма и размеры заготовки максимально приближались к форме и размерам готовой детали.

На выбор способа получения заготовки влияют следующие факторы: программа выпуска изделий, тип производства, вид материала, его марка, физико-механические свойства материала, характер применяемого оборудования, производственные возможности заготовительных цехов завода. В ракетном двигателестроении применяются заготовки следующих видов: отливки, объемная штамповка, стандартный и специальный прокат, неметаллические материалы и др. [1]

При выборе заготовки руководствуются положениями [4]:

а) заготовки-отливки применяют для деталей сложной конфигурации, не обрабатываемых кругом.

б) заготовки-поковки (штамповки) применяют для деталей с улучшенными механическими свойствами и заданным расположением волокон материала в детали; при этом следует иметь в виду, что наиболее производительным методом является холодная высадка на автоматах. Штамповка на кривошипных прессах в 2-3 раза производительнее штамповки на молотах, и припуски и допуски уменьшаются на 20-35%. Заготовки для деталей типа стержня с утолщением, колец, втулок, деталей со сквозными или глухими отверстиями целесообразно получать на горизонтально-ковочных машинах;

в) заготовки из сортового материала (прутки, специальный прокат, листы и т. п.) используются для изготовления деталей и стандартных крепежных элементов методами лезвийно-абразивной обработки и пластической деформации.

Для механической обработки на токарных автоматах и револьверных станках рекомендуется применять калиброванный прокат диаметром до 100 мм. Специальный прокат применяется в условиях крупносерийного и массового производства. Гнутые профили, открытые и закрытые и т. п. применяются для уменьшения массы и увеличения жесткости деталей.

Более подробно выбор прогрессивной заготовки рассмотрен в учебной литературе по курсу [7].

2.4. Выбор баз

Выбор базовых поверхностей для обработки детали является важным этапом проектирования технологического процесса. В первую очередь выбирается первичная установочная (черновая) база, которая из-за ее малой точности используется только один раз, но является наиболее важной при дальнейшей обработке других поверхностей детали.

При выборе черновой базы необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Принятые (для черновой базы) поверхности должны иметь достаточно точную геометрическую форму, не иметь следов обрезки облоя, литников литейных и штамповочных уклонов.

2. Если деталь обрабатывается крутом, то черновой базой может служить поверхность, имеющая наименьший припуск на обработку.

При выборе чистовых баз необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Соблюдать принципы единства и постоянства баз, если это возможно.

2. Точность, форма и размеры поверхности должны обеспечивать неизменность положения в пространстве и простоту закрепления детали.

3. Выбранные технологические базы должны обеспечивать наибольшую жесткость детали в направлении действия зажимных усилий и сил резания.

4. Установочные и направляющие базовые поверхности должны иметь наибольшую точность размеров и геометрической формы, а также наименьшую шероховатость.

Если выбранная технологическая база не совпадает с конструкторской, то необходимо рассчитать установочные размеры и допуски на них так, чтобы при возможных погрешностях базирования выполнялись требования точности конструкторских баз. Методика расчета точности базирования и выбора схем подробно изложена в справочной и учебной литературе [1, 2, 4].

2.5. Разработка маршрутной технологии

План технологического процесса в виде маршрутной технологии составляют по рабочему чертежу. Планом технологического процесса устанавливаются границы между операциями, последовательность операций, степень концентрации операций, установочные базы, места закрепления детали и т. д. В плане процесса операционные эскизы выполняют от руки, выделяя обрабатываемые поверхности жирными линиями, и указывают только установочные базы и необходимое оборудование. Операционные припуски не рассчитывают, на такие операции, как зачистка заусенцев, промывка, контроль и т. п. в плане часто опускают. В самих операциях опускают мелкие подробности (снятие фасок, радиусов и т. п.).

В общем методику разработки плана можно описать следующей схемой [2, 5]:

1. Выявляют наиболее ответственные (точные) поверхности детали, требующие многократной обработки. Намечают виды технологических переходов, которые должна пройти каждая поверхность. Все поверхности разделяют на две группы:

а) поверхности, которые лучше обрабатывать совместно (соосные поверхности вращения, прилегающие к ним торцы и т. п.);

б) поверхности требующие обработки в отдельной операции, например, оболочки, лопатки, шлицы, группа отверстий, паз, канавка и т. п.

2. Выявляют поверхности, допускающие сразу окончательную обработку. Их также разделяют на две группы:

а) поверхности, допускающие совместную обработку с другими;

б) поверхности, требующие отдельной операции.

3. Рассматривают наиболее ответственные операции и предусмотренные для них операции; последовательность операций, начиная с самых грубых, переход к окончательным.

Учитывая возможности станка, выбранного приспособления, а также возможности обработки по точности, объединяют в одну операцию несколько однородных операций.

4. Дополняют план операций переходами обработки других поверхностей по п. 2а, 2б.

5. Окончательно оценивают все принятые решения и вносят необходимые исправления.

6. Включают в план опущенные в первоначальном плане обработки слесарные операции (зачистка заусенцев, округление кромок и др.) а также операции контроля, промывки и т. п. При разработке плана следует также иметь в виду:

1) Точность установочных баз часто требуется более высокая, чем точность обрабатываемых поверхностей.

2) Химико-термическая обработка, предусмотренная чертежом, вносит в построение техпроцесса специфические особенности. Например, план технологического процесса на цементируемую или азотируемую деталь всегда стремятся построить так, чтобы окончательный этап (после цементации, закалки) содержал минимум операций. Это обусловлено тем, что погрешности от несовмещения баз компенсируются припусками, предусмотренными на последующую обработку, вследствие чего нарушается равномерность припусков. Технический контроль назначают после тех переходов (операций), где вероятно повышенное количество брака: перед

сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла обработки, а также в конце обработки детали.

Наименования операций должны соответствовать требованиям классификатора технологических операций в машиностроении.

2.6. Разработка операций технологического процесса

Результатом этой стадии работы являются операционные карты технологического процесса. Приступая к разработке операций процесса, еще раз просматривают план, обращая внимание на сомнительные места.

Убедившись, что для данной операции и плане правильно намечены поверхности, подлежащие обработке, станок и установочные базы, приступают к подробной разработке операции и оформлению операционной карты. Работу проводят в следующем порядке:

1. Выполняют в операционной карте эскиз обработки, записывают номер и название операции, станок и приспособление.

2. Проставляют на эскизе операционные размеры (пока предварительно). Пользуясь размерами, уточняют и записывают содержание и последовательность переходов, например, «подрезать торец на размер...», «проточить канавку..., шириной..., выдержав размер...», и т. п. Одновременно решают задачу о совмещении переходов. С установлением переходов определяется режущий инструмент для каждого перехода.

3. Для каждой поверхности рассчитывается операционный припуск и величина операционного размера.

4. Заключительной стадией разработки операций является установление режимов обработки и нормирование операций.

Для описания каждой операции технологического процесса используются операционные карты по ГОСТ 3.1404–74. Карты эскизов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104–74 и ГОСТ 3.1105–74. Вычерчиваются операци-

онные эскизы с полным соблюдением правил черчения. Масштаб выбирается произвольным, но с учетом размещения эскизов в отведенных для них местах на операционных картах.

2.7. Расчет межоперационных припусков, допусков и размеров заготовки

Величину межоперационных припусков на механическую обработку заготовки, допуски на каждую операцию и требуемый размер заготовки выбирают в зависимости от экономической точности принятого способа обработки и вида заготовки [2, 5]. При этом учитывают следующие положения:

1. Межоперационный допуск (точность обработки) должен обеспечиваться металлорежущим оборудованием.

2. Величина допуска должна быть согласована с величиной припуска. Допуск принимают равным 25–45 % от среднего значения припуска на следующую операцию.

3. Задавать допуск «в тело» заготовки от номинального межоперационного размера.

4. При изготовлении длинных деталей – валов, осей, хвостового инструмента, протяжек и т. п. учитывать величину эксцентриситета, получаемого вследствие отжима при механической обработке и деформации от термической обработки.

5. При выборе диаметра заготовки учитывают допускаемую кривизну прутков (ГОСТ 2590-71, 1123-71).

При выполнении курсового проекта производят расчет припусков на 3–5 наиболее точных поверхностей (шейка вала, отверстие, плоскость), из которых на 1–2 поверхности (по указанию руководителя) припуски рассчитывают аналитически, а на остальные поверхности их выбирают по таблицам.

Расчет межоперационных припусков и предельных размеров обрабатываемых поверхностей по переходам (операциям) ведется табличным способом в следующем порядке (табл. 2):

1. Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки записать в

графу 1 таблицы 2 технологические переходы (операции) обработки отдельных поверхностей детали и порядке их выполнения от черновой заготовки до окончательной обработки,

2. В справочниках находят значения составляющих элементов Rz_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} и ξ_{yi} припуска и допуска δ_{i-1} и записывают, соответственно, в графы 2, 3, 4, 5 и 8 таблицы.

3. Определяют и заносят в графу 6 расчетный припуск Zi_{\min} , расчет которого производится по формулам:

а) при последовательной обработке противоположащих поверхностей:

$$Zi_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi};$$

б) при параллельной обработке противоположащих поверхностей:

$$2Zi_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi});$$

в) при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$Zi_{\min} = 2[Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1} + \xi_{yi})}];$$

4. В графу 7 и в строку конечного перехода заносят:

а) для наружной поверхности – наименьший предельный размер детали по чертежу.

Для перехода, предшествующего конечному, определяют расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру расчетного припуска (графа 6).

Расчетные размеры для каждого предшествующего перехода (до получения размера заготовки) определяют последовательно прибавлением к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска Zi_{\min} .

б) для отверстия – наибольший предельный размер детали по чертежу.

Для перехода, предшествующего конечному, расчетный размер определяют вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска Zi_{\min} (графа 6).

Расчетные размеры для каждого предшествующего перехода (до получения размера заготовки) – вычитанием из расчетного размера, следующего за ним смежного перехода расчетного припуска.

5. Записывают наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам в графу 10, округляя их до того же знака десятичной дроби, с каким определен допуск на размер для каждого перехода. Для наружных поверхностей округление производить в сторону увеличения, для отверстий – в сторону уменьшения.

6. Наибольшие предельные размеры записывают в графу 9, определив их:

а) для наружных поверхностей прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру;

б) для внутренних поверхностей – вычитанием допуска из округленного наибольшего предельного размера 7. Предельные значения припусков для каждого перехода записывают в графу 11 и 12. В графу 11 записывают максимальные значения припусков, которые определяются:

а) для наружных поверхностей – как разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов;

б) для внутренних поверхностей – как разность наименьших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов.

В графу 12 записывают минимальное значение припусков, которое определяется:

а) для наружных поверхностей – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов;

б) для внутренних поверхностей – как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов.

8. Определяют общие припуски $Z_{0 \min}$ и $Z_{0 \max}$ суммированием всех промежуточных припусков на обработку.

9. Правильность произведенных расчетов проверяют по формулам:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_3 - \delta_d$$

Таблица 2

Расчет припусков, допусков и межоперационных размеров по технологическим переходам

Технологические операции и переходы обработки отдельных поверхностей	Элементы припуска				Расчетный припуск, мм	Расчетный размер, мм	Допуск	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
	Наиб.	Наим.	Наиб.	Наим.				Наиб.	Наим.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Таб.	Таб.	Таб.	Таб.	Расч.	Расч.	Таб.	Расч.	Расч.	Расч.	Расч.
Наружная поверхность Ø180 -0,26											
Размер заготовки	–	–	–	–	–	183,440	2,7	186,14	183,44	–	–
Точение черное	240	250	830	300	2,754	180,686	0,460	181,15	180,69	4,99	2,75
Точение чистовое	50	50	50	150	0,516	180,170	0,140	180,31	180,17	0,84	0,52
Шлифование предв.	25	20	76	80	0,280	179,890	0,070	179,96	179,89	0,35	0,28
Шлифование оконч.	10	20	34	30	0,510	179,740	0,016	179,75	179,74	0,20	0,15
Общие припуски								Общие допуски		6,00	4,43
Отверстие Ø76 +0,03								71,60	70,00	–	–
Размер заготовки	–	–	–	–	–	71,68	1,600	74,90	74,50	4,5	3,3
Растачивание черн.	150	-50	890	275	3,260	74,99	0,400	75,60	75,40	0,90	0,70
Растачивание чист.	100	50	54	95	0,710	75,70	0,200	75,80	75,71	0,30	0,20
Развертывание	25	10	–	15	0,100	75,80	0,090	75,93	75,80	0,10	0,10
Термообработка	–	–	–	–	0,120	75,92	0,100	76,03	76,00	0,20	0,13
Шлифование тонкое	10	10	–	34	0,110	76,03	0,030	Общие допуски		6,00	4,43

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = \delta z - \delta d$$

Так же производится проверка для каждого перехода.

Статистический метод определения межоперационных припусков состоит в том, что по специальным таблицам нормативов выбирают общий припуск на каждую поверхность изделия, а затем производят определения межоперационных (промежуточных) размеров и допусков. Расчет начинается с последней операции обработки. Исходными данными для расчета припусков являются способ получения заготовки (прокат, штамповка, литье и т. д.), принятый технологический процесс обработки, методы установки и закрепления детали на каждой операции, принятые приспособления, и режущие инструменты для каждой операции. Значения наименьших рекомендуемых припусков выбираются по справочникам.

Графы таблицы заполняются следующим образом:

Графа 1. Заполняется согласно технологическому процессу для каждой обрабатываемой поверхности по всем операциям и переходам, начиная с заготовки.

Графа 2. Значения наименьшего припуска определяются по справочникам для каждого перехода. Для цилиндрических поверхностей указывается припуск на диаметр [2].

Графа 3. Заполняется наименьший (предельный) размер по чертежу с размеров детали для конечного перехода. Размер предыдущей операции получают прибавлением припуска на данную операцию для наружных поверхностей (валов) или вычитанием припуска для внутренних поверхностей (отверстий). Припуск на черновую обработку получают вычитанием наименьшего размера черновой обработки, полученного по расчету, из наименьшего размера заготовки, полученного по ГОСТ 1855–75 и ГОСТ 2009–75 для отливок, по ГОСТ 7062–67, 7829–70 для поковок и штамповок. Окончательный размер заготовки из п выбирается по сортаменту.

Графа 4. Допуск на окончательный размер должен быть равен допуску на размер детали по чертежу. Заполнение этой графы производится по справочнику.

Графы 5 и 6. Заполняются по данным граф 3,4.

Графы 7 и 8. Наибольший припуск для вала определяется по формуле

$$2Z_{i \max} = a_{\max} - b_{\max},$$

а для отверстия:

$$2Z_{i \max} = b_{\min} - a_{\min}.$$

Наименьший припуск для вала определяется по формуле

$$2Z_{i \min} = a_{\min} - b_{\min},$$

а для отверстия:

$$2Z_{i \min} = b_{\max} - a_{\max}.$$

Таблица 3

Расчет припусков, допусков и межоперационных размеров по технологическим переходам (пример заполнения)

Технологические операции и переходы обработки отдельных поверхностей деталей	Наименьшее значение припуска	Расчётный размер заготовки	Допуск, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
				наиб.	наим.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Наружная поверхность вала диаметром 40H7 длиной 350 мм		Принимаем $45^{+0,4}_{-0,75}$					
Размер заготовки	4,5	44,483	1150	54,633	44,483	—	—
Обтачивание:							
черновое	3,1	41,483	620	41,103	41,483	3530	3000
Чистовое	1,0	40,483	170	40,653	40,483	1450	1000
Шлифованное	0,5	39,983	17	40,000	39,983	653	500
Общие припуски						5633	4500

Правильность произведенных расчетов проверяется сопоставлением разности припусков и допусков по соотношениям:

$$\begin{aligned}Z_{i \max} - Z_{i \min} &= \delta_{i-1} - \delta_i; \\2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} &= \delta_{i-1} - \delta_i; \\Z_{0\max} - Z_{0 \min} &= \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}}; \\2Z_{0\max} - 2Z_{0 \min} &= \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}}.\end{aligned}$$

Пример расчета показан в табл. 3. Также подробные примеры расчета припусков содержатся в справочной литературе. По результатам расчета строится схема расположения припусков и допусков при обработке, которая помещается в соответствующий раздел пояснительной записки. После определения межоперационных припусков и окончательных размеров заготовки определяют ее конфигурацию и выполняют чертёж заготовки с указанием её номинальных размеров и технических требований. Литые заготовки из чугуна и стали должны удовлетворять следующим требованиям:

- толщина стенок отливки должна быть одинаковой, без резких переходов;
- форма литой заготовки должна предусматривать простой разъем модели;
- поверхности отливки, расположенные перпендикулярно к плоскости разъёма модели, должны иметь конструктивные литейные уклоны, величина которых может быть принята в пределах 1:10 – 1:20 при длине 25–500мм.

Заготовки, полученные штамповкой и ковкой, выполняются без резких переходов, а острые углы рёбер закругляются. Штамповки имеют уклоны, расположенные перпендикулярно к плоскости разъема штамповки. Величина уклонов для наружных поверхностей (1:10 – 1:7), для внутренних (1:7–1:5).

По полученным размерам заготовки определяется коэффициент использования металла по формуле [2, 4]

$$K_{\text{им}} = m_{\text{д}}/m_{\text{з}},$$

где $m_{\text{д}}$ – масса готовой детали;

$m_{\text{з}}$ – масса заготовки.

m_3 , и m_d определяют расчетом, исходя из объема и удельного веса материала заготовки. Величина $K_{им}$, характеризует правильность выбора способа получения заготовки, которая должна быть для деталей:

- из отливок – 0,75 – 0,80;
- из штамповок – 0,65 – 0,75;
- из поковок – 0,38 – 0,40;
- из проката – 0,50.

2.8. Выбор металлорежущего оборудования

Выбор групп, типов и моделей металлорежущего оборудования производится на всех стадиях разработки технологического процесса. Общие правила выбора технологического оборудования установлены ГОСТ 14.404–73.

Выбор модели станка определяется его возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали. Определенную модель станка выбирают из следующих соображений.

1. Соответствие основных размеров станка габаритам обрабатываемых деталей.
2. Соответствие станка по производительности заданному масштабу производства.
3. Возможность работы на оптимальных режимах резания.
4. Соответствие станка по мощности.
5. Возможность механизации и автоматизации выполняемой обработки.
6. Наименьшая себестоимость обработки.

В условиях массового производства стремятся к тому, чтобы на одной операции было занято не более одного-двух станков. Если это условие не выполняется, выбирают более производительный станок (многошпиндельный, многопозиционный, агрегатный и т. п.).

Технологические характеристики станков, выпускаемых серийно, даны в каталогах и справочниках [4, 5].

2.9. Выбор оснастки

К технологической оснастке относят приспособления, инструмент и средства контроля.

Правила выбора приспособлений и инструмента определены ГОСТ 14.305–73, средств технического контроля – ГОСТ 14.306–73.

Оценка рентабельности применения различных систем станочных приспособлений при оснащении технического процесса производится по ГОСТ 14.305–73.

2.10. Расчет режимов резания

Методика расчета режимов резания хорошо изложена в учебной и справочной литературе.

В процессе разработки операционной технологии режимы резания расчетно-аналитическим способом определить на двух-трех технологических переходах, а остальные переходы и операции - по нормативным данным в справочной литературе.

Если переход выполняется с применением нескольких инструментов, расчет производится на лимитирующий обработку инструмент.

Значение стойкости T_p , рассчитанное для лимитирующего наладку инструмента, принимается для всех инструментов одинаковым с тем, чтобы смена всех инструментов в наладке производилась одновременно.

Расчетные значения подачи, числа оборотов и скорости резания округляются до паспортных данных станка.

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей при резании определяется видом обработки и обрабатываемым материалом.

Рекомендации по выбору смазочно-охлаждающих жидкостей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендации по выбору смазочно-охлаждающих жидкостей

Вид обработки	Обрабатываемый материал				
	Сталь углеродистая	Сталь легированная	Серый чугун и латунь	Бронза	Алюминий и его сплавы
1	2	3	4	5	6
Наружное точение	ЭМ, СФ	ЭМ, СФ, СМ	ВС, К, ЭМ	ВС, ЭМ	ВС, К
Растачивание	ЭМ, СФ, М	ЭМ, ЛМ, СМ	ВС, М	То же	ЭМ
Сверление, зенкерование	ЭМ	То же	ВС, К, ЭМ	То же	ВС
Развертывание	ЭМ, СФ, РМ	То же	ВС, М	М	ЭМ, М
Нарезание резьбы	тоже	То же	ВС, К, ЭМ	ВС, М	ВС, К, М
Фрезерование и зубонарезание	ЭМ, РМ	То же	То же	То же	ВС, К
Шлифование	р-р С, ЭМ	р-р С, ВС	ВС, р-р С	р-р С, ВС	К, ВС

Примечание – ЭМ – эмульсия, СФ – сульфоземин, СМ – машинное масло, ВС – всухую, К – керосин, РМ – растительное масло, р-р С – водной раствор соды, ВМ – веретенное масло.

2.11. Техническое нормирование операций

Норма штучного времени на операцию $T_{шт}$ подсчитывается по формуле [2, 4]

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{ТО} + T_{00} + T_{ен},$$

где T_0 – основное (машинное) время, мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$T_{ТО}$ – время технического обслуживания рабочего места, мин.

T_{00} – время на организационное обслуживание рабочего места, мин (ознакомление с инструкциями, инструктаж по технике безопасности, проводимый перед операцией и др.);

$T_{ен}$ – время на отдых и естественные надобности, мин.

Для упрощения расчетов нормы $T_{шт}$ время $T_{то}$, T_{00} , $T_{ен}$ берут в процентах от оперативного времени ($T_о + T_в$). В этом случае:

$$T_{шт} = (T_о + T_в)(1+x/100)$$

где x – время на обслуживание и отдых в процентах.

$$x = \alpha + \beta + \gamma,$$

где α – число процентов от оперативного времени на техническое обслуживание рабочего места. $\alpha = (1,0-3,5) \%$ от ($T_о + T_в$);

β – число процентов от оперативного времени на организационное обслуживание рабочего места. В серийном производстве, в зависимости от типа и размеров станка:

$$\beta = (0,7-2,5) \% \text{ от } (T_о + T_в),$$

γ – число процентов от оперативного времени на отдых и естественные надобности рабочего. В серийном производстве: $\gamma = (4-6)\%$ от ($T_о + T_в$); в массовом производстве: $\gamma = (5-7) \%$ от ($T_о + T_в$). Основное (машинное) время для основных видов обработки определяется по формуле:

$$T_о = Li / S_{min} = [(l + y + \Delta) / (S_n)]i,$$

где L – расчетная длина прохода, мм;

S_{min} – минутная подача, мм/мин;

i – число проходов;

l – расчетная длина обработки, мм;

y – длина врезания и подвода инструмента, мм;

Δ – длина перебега инструмента, мм;

S – подача на один оборот (один двойной ход главного движения), мм/об (мм/дв.ход);

n – частота вращения или число двойных ходов.

Формулы основного (машинного) времени для различных видов обработки приведены в литературе по техническому нормированию.

Вспомогательное время T_v состоит из следующих затрат:

- а) время на установку и снятие детали;
- б) время, связанное с переходом (подвод и отвод инструмента);
- в) время на изменение режимов работы станка и на смену инструмента;
- г) время на контрольные промеры обрабатываемых поверхностей.

В том случае, когда время на установку и снятие детали перекрывается машинным временем полностью или частично, оно включается в общую норму с соответствующим коэффициентом или совсем исключается из нее. В производстве учитывается также подготовительно-заключительное время $T_{пз}$, рассчитываемое на партию деталей P . Норму времени на операцию в условиях серийного производства называют штучно-калькуляционной нормой времени и определяют по формуле:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз} / P.$$

Вспомогательное и подготовительно-заключительное время берут из справочника.

Норму выработки в смену в шт. определяют по формуле:

$$N_{см} = T_{см} / T_{шт}.$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, мин.

При многостаночном обслуживании норма времени состоит из тех же составных частей, но в этом случае под основным временем понимается машинно-автоматическое время $T_{ма}$, а вспомогательное время может быть двух видов: перекрывающееся $T_{вп}$ или не перекрывающееся $T_{вн}$. Здесь во вспомогательное время входит также время перехода рабочего от одного станка к другому. Штучное $T_{шт}$ и машинно-автоматическое $T_{ма}$ время определяется по формулам:

$$T_{шт} = (T_o + T_v)[1 + (\alpha + \beta + \gamma) / 100];$$

$$T_{ма} = T_o = Li / S_{min}.$$

Вспомогательное время – по нормативам для работы на одном станке. Многостаночное обслуживание возможно при- менять в том случае, когда наибольшая продолжительность $T_{ма}$ работы на станке равна или больше чем сумма вспомога-

тельных времен для всех остальных операций плюс время на переходы и активное наблюдение за работой станков. Возможность одновременной работы на нескольких станках определяется по коэффициенту занятости рабочего и распределению ручного времени в структуре каждой операции. Коэффициент занятости рабочего определяется для каждой операции отдельно по формуле

$$K_{зр} = (\sum T_p + \sum T_{мр} + \sum T_{ан} + T_{п}) / T_{оп},$$

где T_p – сумма времени на выполнение ручных приемов, мин;

$T_{мр}$ – сумма машинно-ручного времени, мин;

$T_{ан}$ – сумма времени, затрачиваемого на активное наблюдение за работой станков, мин;

$T_{п}$ – время переходов рабочего от станка к станку, мин;

$T_{оп}$ – оперативное время, мин.

$$T_{оп} = T_{ма} + T_{вн},$$

где $T_{вн}$ – вспомогательное непрекращающееся время, мин.

Многостаночное обслуживание возможно, если сумма коэффициентов занятости рабочего на отдельных станках не превышает единицы:

$$K_{зр1} + K_{зр2} + \dots + K_{зрn} < 1,$$

где $K_{зр1}, K_{зр2}, \dots, K_{зрn}$ – коэффициенты занятости рабочего на первом, втором и т. д., на n-ом станках.

В пояснительной записке целесообразно поместить график работы рабочего, обслуживающего несколько станков, где отразить полноту загрузки рабочего и оборудования

2.12. Техничко-экономическое обоснование выбранного варианта технологического процесса

После разработки технологического процесса студент, по указанию руководителя проекта, на одну наиболее интересную операцию должен рассчитать следующие технико-экономические показатели:

а) коэффициент использования материала заготовки, характеризующий качество спроектированного технологического процесса, $K_{им}$;

б) коэффициент использования станка по основному (машинному) времени, характеризующий степень механизации обработки и прогрессивности принятой технологической оснастки: для серийного производства $K_o = T_{маш} / T_{штк}$; для массового производства $K_o = T_{маш} / T_{штг}$;

в) коэффициент использования режущих способностей инструмента определяется по формуле

$$K_v = V_p / V_d$$

где V_p – расчетная или нормативная скорость резания,

V_d – действительная скорость резания с учетом паспортных данных станка.

г) коэффициент использования станков по мощности, K_N

$$K_N = N_p / N_c$$

где N_p – расчетная мощность станка на данной операции;

N_c – мощность электродвигателя (паспортная), установленного на станке.

д) коэффициент загрузки станков по времени, K_z :

$$K_z = C_p / C_n$$

где C_p - расчетное количество станков;

C_n - принятое количество станков.

Полученные результаты технико-экономического обоснования выбранного варианта технологического процесса с выводами о целесообразности его применения помещаются в конце пояснительной записки [2, 6].

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ТП В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

3.1. Общие положения

Система Компас-Автопроект предназначена для автоматизированного проектирования технологических процессов [8, 9]. Система состоит из двух модулей: Автопроект-КТС (конструкторско-технологические спецификации) и Автопроект-Технология. Вызываются из главного меню Windows командами «autokts» и «autopro» соответственно. Компас-Автопроект рассчитан на сетевую работу, поэтому при запуске запрашивается пароль конкретного пользователя. По умолчанию он назначен «111». Затем открывается главное окно системы, разделенное на ряд элементов пользовательского интерфейса.

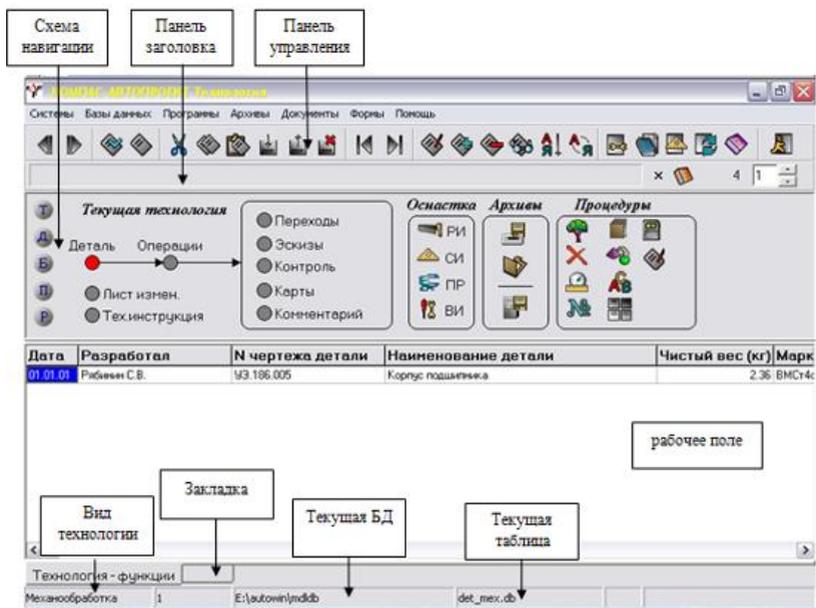


Рис. 1. Диалоговое окно Компас-Автопроект [9]

Схема навигации графически отображает иерархическую структуру информации. Например, на главном экране из структурной схемы видно, что маршрут изготовления определенного типа детали содержит операции ее обработки, которые, в свою очередь, подразделяются на переходы, эскизы и пр. По схеме навигации можно перемещаться, щелкая мышью по соответствующим кружкам. На рабочем поле отображаются таблицы, которые содержат информацию, относящуюся к текущему уровню (рис. 1) [9].

3.2. Диалоговое проектирование технологического процесса

При создании ТП «с нуля» технолог, пользуясь справочниками, последовательно заносит в ТП операции, переходы, инструмент, оснастку, эскизы и т. д. Рассмотрим создание ТП на примере детали «Вал». Материал – конструкционная горячекатаная сталь 45. Общая последовательность технологических операций следующая:

1. Центровка оси вала на токарно-винторезном станке. Оснастка – трехкулачковый патрон, режущий инструмент – центровочное сверло 2317-0101 ГОСТ 14952-75. Мерительный инструмент не требуется.

2. Черновое и чистовое точение внешнего контура вала токарными резцами на токарно-винторезном станке. Инструмент – резцы проходные упорные ГОСТ 18879-73, оснастка – патрон поводковый и центр для фиксации заготовки. Мерительный инструмент – радиусомер для контроля радиуса 1,5 мм, штангенциркуль, штангенглубиномер.

3. Шпоночно-фрезерная обработка под шпонку на консольном вертикально-фрезерном станке. Режущий инструмент – шпоночная фреза, оснастка - призма со струбциной.

4. Круглошлифовальная обработка наружных посадочных диаметров вала на круглошлифовальном станке. Инструмент – круг шлифовальный, оснастка – центр и поводок. Мерительный инструмент – штангенциркуль.

5. Контроль готового вала заключается в осмотре цилиндрических поверхностей на предмет обнаружения царапин, заусенцев и пр. На эти посадочные поверхности будут устанавливаться детали из разных материалов и не должны повреждать ее поверхность.

Переходим на уровень **Операции**. В списке операций пока присутствует лишь одна пустая запись. Войдем в режим ее редактирования, нажав клавишу F4. Теперь нужно заполнить описание операции.

Номер операции пока не указываем (потом воспользуемся автоматической нумерацией).

В поле **Операция** при помощи справочника заносим значения «Сверлильная» → «Токарная». Далее выбирается тип станка. Далее указывается цех, в котором выполняется операция – например, токарный. Указание цеха необходимо для создания ведомости технологических маршрутов. Наконец, указывается профессия того, кто будет работать на станке, – в нашем случае это сверловщик. После возврата в окно редактирования операции закройте его.

Добавьте последующие операции. Для этого в поле **Операция** при помощи справочника заносим значения «Фрезерная» → «Вертикально-фрезерная». В учебных целях можно использовать 6Н13П (реально для столь малогабаритных деталей применяется настольный мини-станок Charmille). Цех – фрезерный. Профессия – оператор станков с ЧПУ.

Добавьте четвертую операцию. Для нее в поле **Операция** при помощи справочника заносим значения «Отделочная» → «Круглошлифовальная». Поскольку станок здесь не используется, следует выбрать любой станок, а затем стереть его обозначение в поле **Модель станка**. Цех – шлифовальный. Профессия – слесарь.

Для более удобного редактирования в списке операций рядом с названием операции предусмотрена кнопка редактирования (рис. 2) [9].

Рис. 2. Кнопка редактирования [9]

Данная кнопка сразу вызывает соответствующий справочник.

После занесения всех операций их следует пронумеровать. Для этого щелкните по кнопке  в группе **Процедуры**. Автопроект запросит номер первой операции и шаг нумерации. Традиционно операции нумеруются не подряд, а с шагом 5 или 10, чтобы иметь возможность при необходимости безболезненно добавлять новые операции. Можно оставить значения по умолчанию 5-5.

Ввод технологических переходов. Операции делятся на переходы. Выберите операцию «Вертикально-сверлильная» и перейдите на уровень **Переходы** в схеме навигации. Аналогично тому, как это делалось с операциями, войдите в режим редактирования записи и вызовите справочник, связанный с полем «Тип». Выбираем «Основной переход» → «Сверлить» → «Отверстие сквозное» → «В размер». Система сформирует текст перехода «Сверлить отверстие сквозное в размер». Останется вручную приписать к нему «3 мм».

Теперь указываем применяемую оснастку. Оснастка записывается в той же таблице, что и сами переходы. Добавьте новую строку в таблицу переходов и щелкните по кнопке редактирования в поле **Тип**. Выберите пункты «Приспособления станочные» → «Сверлильная» → «Стол-тумба» → «Стол-тумба:неподв. с пнев.заж.» → «7304-0031». Приспособление занесено в таблицу переходов. Аналогично занесем режущий инструмент: Новая запись → **Тип** → «Сверло» → «Сверло спиральное» → «Сверло спирал./цельное/твердоспл./коротк. Серия» → «2300-3791 Ø3 мм».

3.3. Выбор режимов резания и нормирование операций

Компас-Автопроект обеспечивает автоматизированный расчет режимов резания. Для этого в таблицу переходов добавьте переход типа «Режимы резания». Откроется окно расчета режимов резания, в данном случае – для операции сверления (рис. 3) [9].

Параметр	Переменная	Значение
Глубина отверстия	L	10
Диаметр отверстия	D	2
Перебег	L1	5

Ст.	N	S ос.

Prip = 1
t = 10
i = 11
Pi =

Шероховатость
Обр. поверхность: стальное литье
Термообработка: НРС
Жесткость станка: средняя

С = 0.11787
V = 77.521 м/мин
n = 12337.782 об/мин
To = 0.113 мин
Tв = ... мин
Pz = 26.03 кгс
Nm = 0.271 кВт
Pэ = 0.001 кВт*час

Доп. сведения
Расчитать
ОК
Отмена

Рис. 3. Окно расчета режимов резания [9]

Нужно ввести следующие параметры: глубину отверстия (10 мм), его диаметр (2 мм) и перебег (5 мм), припуск на обработку Prip (отверстие диаметром 2 мм делается в сплошном материале), глубину резания t (10 мм) и число проходов i (один проход). При нажатии на кнопку «Расчитать» система

предлагает значения подачи V , частоты вращения шпинделя n и других параметров ($P_{\text{я}}$ – сила резания, $N_{\text{м}}$ – потребляемая мощность на шпинделе, $P_{\text{э}}$ – расход электроэнергии в кВт·ч). В поле T_0 выводится неполное штучное время в минутах. Для расчета вспомогательного времени нажмите на кнопку редактирования рядом с полем $T_{\text{в}}$. В окне расчета вспомогательного времени выберите характер обработки «Сверление по разметке. Ручная подача». В списке «Дополнительное время на переход» двойным щелчком пометьте пункты «Включить или выключить вращение шпинделя кнопкой», «Изменить число оборотов шпинделя или величину подачи», «Переместить деталь или деталь с приспособлением весом до 15кг на длину 150-400 мм», «Установить или снять инструмент в быстросменном патроне с выключением вращения шпинделя. Диаметр инструмента до 15 мм», в разделе «Время на выводы сверла» – «Стали конструкционные, латунь и алюминий. Диаметр сверла 1–2,9 мм. Длина сверления до 10d». Щелкните по кнопке «Рассчитать». Вспомогательное время отображается в поле $T_{\text{вс}}$. Щелкните по кнопке ОК для закрытия программы расчета вспомогательного времени. Рассчитанные режимы резания и штучное время заносятся в базу переходов. Чтобы рассчитать штучное время на операцию, надо на уровне операции в поле $T_{\text{шт}}$ нажать на кнопку . Стартует программа трудового нормирования (рис. 4) [9].

В списке карт необходимо выбрать нужную операцию и дважды щелкнуть на ней мышкой. Появится окно выбора неполного штучного времени, в нем выберите необходимый критерий и нажмите кнопку «Далее». Появляется следующее окно, где выберите поправочные коэффициенты и опять нажмите «Далее», теперь введите дополнительные параметры и снова нажмите кнопку «Далее». В появившемся окне вы увидите формулу, по которой происходит расчет. Теперь нажмите кнопку ОК.

Для удобства поиска нужной операции существуют критерии выборки, которые добавляются в окно «Критерий вы-

борки» при помощи кнопки . Выбрав нужный критерий, мы сужаем объем поиска операций.

После всех проделанных действий закройте окно комбинацией клавиш **Alt+F4**, при запросе «Сохранить результаты расчета $T_{шт}$?» нажмите клавишу **Да**.

Переходы, как и операции, нумеруются. Для нумерации щелкните по кнопке  в группе **Процедуры**. Одновременно выполняется структуризация переходов: их расположение в предусмотренном стандартом порядке (приспособление – инструмент – средства защиты – режимы резания).

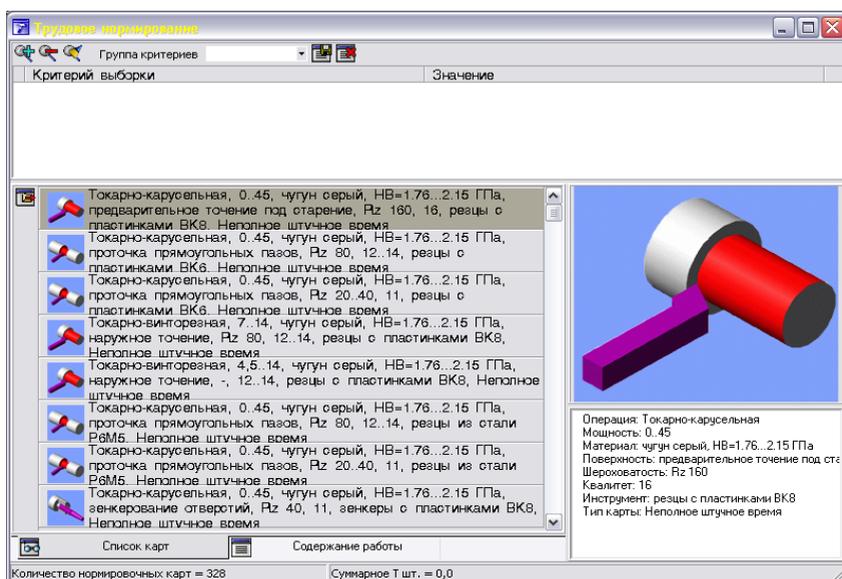


Рис. 4. Окно программы трудового нормирования [9]

Самостоятельно введите переходы для остальных операций. Помните, что при необходимости вы можете редактировать текст перехода вручную.

3.4. Сохранение результатов проектирования

Все ТП хранятся в общей базе данных, которая может находиться на удаленном сервере. Сохранение ТП выполняется по нажатию на кнопку  в группе **Архив**.

Если работа с техпроцессом еще не закончена, лучше сохранить его на своем компьютере, чтобы потом более быстро до него добраться. Для этого щелкните по кнопке  в той же группе **Архив**. Все файлы ТП автоматически, ничего не спрашивая, сохраняются в архиве.

Для загрузки локально сохраненного ТП служит кнопка . Для загрузки архива сохраненного на сервере необходимо:

1. Загрузить Компас-Автопроект-КТС.
2. Выбрать нужный проект (если проекта нет, то создайте его).
3. Запустить архиватор из таблицы *Файлы* двойным щелчком мыши на текущей учетной записи или нажатием клавиши <F12>.
4. В окне запроса на запуск приложения **arx_tex.exe** нажать кнопку **YES**. После этого стартует программа, которая извлекает технологический процесс из архива.
5. В окне архиватора технологических процессов нажать кнопку «В текущую технологию» в группе «Загрузка».
6. В окне сообщения о замене текущей технологии на архивную нажать кнопку ОК.
7. После этого технология извлекается из архива и передается в подсистему Компас-Автопроект-технология.

Формирование технологических карт. Одно из самых болезненных мест всей компьютерной технологии подготовки производства – формирование отчетных документов в соответствии с ЕСКД/ЕСТД и стандартами предприятия. Принятые сложные формы технологических карт, ведомостей и пр. крайне плохо приспособлены для их автоматизированной ге-

нерации. В Компас-Автопроект для создания документов применяется программа MS Excel.

В группе **Процедуры** дважды щелкните по кнопке . Откроется окно мастера формирования комплекта карт (рис. 5). Комплектом называется несколько технологических документов.

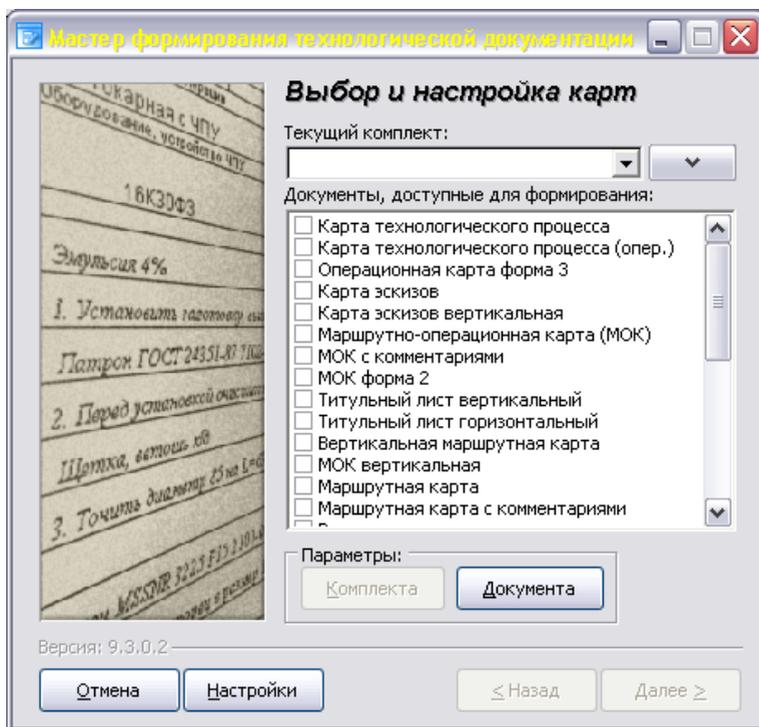


Рис. 5. Окно формирования комплекта карт [9]

В окне "Документы, доступные для формирования" отобразится список входящих в него документов: титульный лист, маршрутная карта, карта техпроцесса, ведомость оснастки, ведомость материалов и т.д.

Мастер формирования состоит из двух страниц. На первой странице осуществляется выбор требуемых технологических документов, редактирование параметров документов, изменение настроек мастера, создание комплектов документов и подготовка их к формированию. Мастер позволяет формировать как одиночные документы, так и комплекты документов, настраивать параметры каждого документа в отдельности, а также настраивать комплект документов.

Для формирования нового комплекта карт необходимо:

1. Составить свой комплект, поставив галочки напротив нужных карт.

2. В поле **Текущий комплект** ввести имя нового комплекта и, нажав кнопку **Комплект** в правой части окна, выполнить команду **Сохранить**.

3. Нажать кнопку **Комплект** в поле **Параметры**, на экране появится диалоговое окно **Управление комплектом документов**, в котором можно менять последовательность расположения карт при помощи кнопок  и .

4. После этого закрыть окно щелчком на кнопке **Закрыть** .

5. Нажать кнопку **Далее** в нижней части окна.

6. Включить флажок **Закрывать мастер после формирования** и для запуска процесса формирования документов нажать кнопку **Готово**.

Запускается процесс формирования документов. При этом автоматически стартует MS Excel и в нескольких его окнах создаются технологические документы, входящие в комплект.

Карты, сформированные в MS Excel, можно сохранить как документ в формате xls или распечатать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология машиностроения: Учебник для вузов. / под ред. А.В. Мухина, А.М. Дальского, Г.Н. Мельникова. – Изд-во М. : МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. Т.1 – 360 с.

2. А. Ф. Горбачевич. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

3. Сухочев Г. А. Технология машиностроения. Проблемно-ориентированное обеспечение производственной технологичности конструкций и изделий: учеб. пособие / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, Е. Г. Смольяникова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 168 с.

4. Справочник технолога–машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 912 с.

5. Справочник технолога–машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Суслова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 944 с.

6. Методические указания к курсовому проекту по «Технологии машиностроения» для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В. И. Гунин, Е. В. Смоленцев, О. Н. Кириллов. Воронеж, 2010. – 42 с.

7. Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий: учеб. пособие / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев, Е.Г. Смольяникова. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. – 128 с.

8. Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Автоматизированное управление технологическими процессами и системами: учеб. пособие / Г.А. Сухочев, Е.Г. Смольяникова. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 132 с.

9. КОМПАС-АВТОПРОЕКТ: практическое руководство. Изд-во
М. : АО АСКОН, 2003 – 169 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
Кафедра ракетных двигателей

ЗАДАНИЕ

студенту _____ гр. _____ на
курсовой проект по курсу "Технология машиностроения"
Разработать технологический процесс изготовления
детали

Годовая программа выпуска _____
шт.

Режим работы участка _____
смен при пятидневной рабочей неделе

Дата выдачи задания _____

Срок защиты проекта _____

Руководитель проекта _____

Воронеж 20__

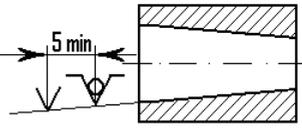
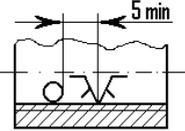
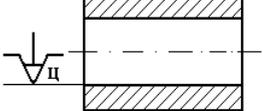
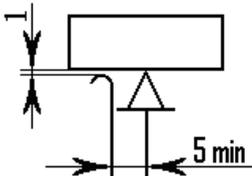
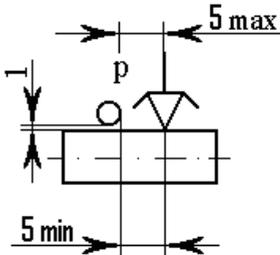
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

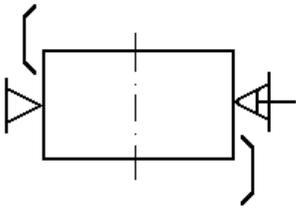
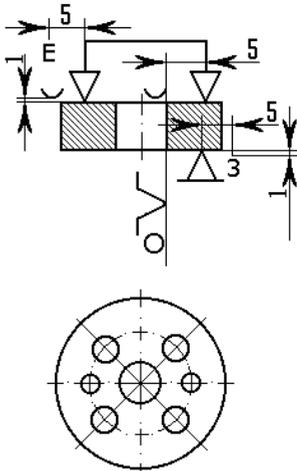
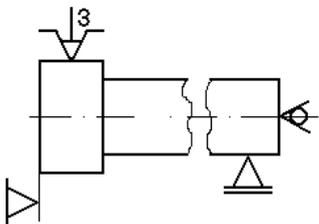
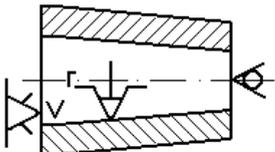
Таблица

Примеры нанесения обозначений и схем, способов закрепления заготовок при обработке

Наименование устройства или способа установки	Схема обозначения
1. Центр неподвижный (гладкий)	
2. Центр рифленый	
3. Центр плавающий	
4. Центр вращающийся	
5. Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
6. Патрон поводковый	
7. Люнет подвижный	
8. Люнет неподвижный	
9. Оправка цилиндрическая	

Продолжение таблицы

<p>10. Оправка коническая, роликовая</p>	
<p>11. Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой</p>	
<p>12. Оправка шлицевая</p>	
<p>13. Оправка цанговая</p>	
<p>14. Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью</p>	
<p>15. Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью</p>	

<p>16. В тисках с цилиндрическими губками и пневматическим зажимом</p>	
<p>17. В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности</p>	
<p>18. В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете</p>	
<p>19. На конической оправке с гидравлическим устройством зажима с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром</p>	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Содержание и порядок выполнения курсового проекта	4
1.1 Тематика курсовых проектов	4
1.2. Содержание курсового проекта	4
1.3 Объем и общие требования к выполнению курсового проекта	6
1.4. Порядок защиты проекта	11
2. Технологическая часть проекта	12
2.1. Содержание технологической части	12
2.2. Определение типа производства	13
2.3. Выбор заготовки	14
2.4. Выбор баз	15
2.5. Разработка маршрутной технологии	16
2.6. Разработка операций технологического процесса	18
2.7. Расчет межоперационных припусков, допусков и размеров заготовки	19
2.8. Выбор металлорежущего оборудования	26
2.9. Выбор оснастки	27
2.10. Расчет режимов резания	27
2.11. Техническое нормирование операций	28
2.12. Технико-экономическое обоснование	32
3. Использование САПР ТП в курсовом проектировании	33
3.1. Общие положения	33
3.2. Диалоговое проектирование технологического процесса	34
3.3. Выбор режимов резания и нормирование операций	37
3.4. Сохранение результатов проектирования	40
Библиографический список	43
Приложение 1	44
Приложение 2	45

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

123-2018

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине «Технология изготовления деталей и сборка ЖРД»,
направления 24.05.02 «Проектирование авиационных и
ракетных двигателей» (профиль «Проектирование жидкост-
ных ракетных двигателей») и дисциплине «Технология маши-
ностроения» направления 15.03.05 «Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных произ-
водств» (профиль «Технология машиностроения») очной
формы обучения

Компьютерный набор
Сокольников Василий Николаевич

В авторской редакции

Усл. печ. л. 3.0

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

396026 Воронеж, Московский просп., 14