

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 15.07.2023 14:34:25

Уникальный программный ключ:

aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a83a40954ba270e84bcbe64f02d18880

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Казанский национальный исследовательский технический
университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

Чистопольский филиал «Восток»
Кафедра приборостроения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИБОРОВ»

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.06.01**

Направление подготовки: **12.03.01 Приборостроение**

Квалификация: **Бакалавр**

Профиль подготовки: **Приборостроение**

Типы задач профессиональной деятельности: **производственно-технологический,**
проектно-конструкторский

Рекомендованы УМК ЧФ КНИТУ-КАИ

Чистополь, 2023

Разработка технологического процесса изготовления детали класса

«Вал»

Сведения из теории

При разработке технологического процесса изготовления вала необходимо решить следующие технологические задачи:

1. Точность размеров.
2. Точность формы.
3. Точность взаимного расположения поверхностей.
4. Качество поверхностного слоя.

Наряду с общими требованиями, приведенными в первом томе, к технологичности валов предъявляются и некоторые специфические требования.

1. Перепады диаметров ступенчатых валов должны быть минимальными.
2. Длины ступеней валов желательно проектировать равными или кратными длине короткой ступени, если токарная обработка валов будет осуществляться на многорезцовых станках.

3. Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать открытыми или заканчивать канавками для выхода инструмента.

4. Валы должны иметь центровые отверстия.

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или обрезка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования - штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Термическая.

Улучшение, нормализация.

020 Подготовка технологических баз.

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию производят:

– в единичном производстве подрезку торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два установа;

– в серийном производстве подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование - на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору;

– в массовом производстве применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка. Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по стандарту.

025 Токарная (черновая).

Выполняется за два установа на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под

чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности 1Т12, шероховатости Ra6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном производстве на токарно-винторезных станках;
- в мелкосерийном - на универсальных токарных станках и станках с ЧПУ;
- в серийном - на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом - на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

030 Токарная (чистовая).

Аналогичная приведенной выше. Производится чистовое точение шеек.

035 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, либо пальцевой фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают методом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

040 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

045 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбо-шлифовальных станках. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производств. Наружные резьбы нарезают:

- токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;
- в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-й степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-й степени точности – резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;
- в крупносерийном и массовом производствах - гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

050 Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

055 Исправление центров (центрошлифовальная)

Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установа.

060 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках. Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования (рис.10.26):

- по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами и делением;

– по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру, либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

065 Моечная.

Промывка деталей на моечной машине.

070 Контрольная.

075 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Задание для самостоятельного решения

Составить маршрут обработки детали «Вал» (рис.1).

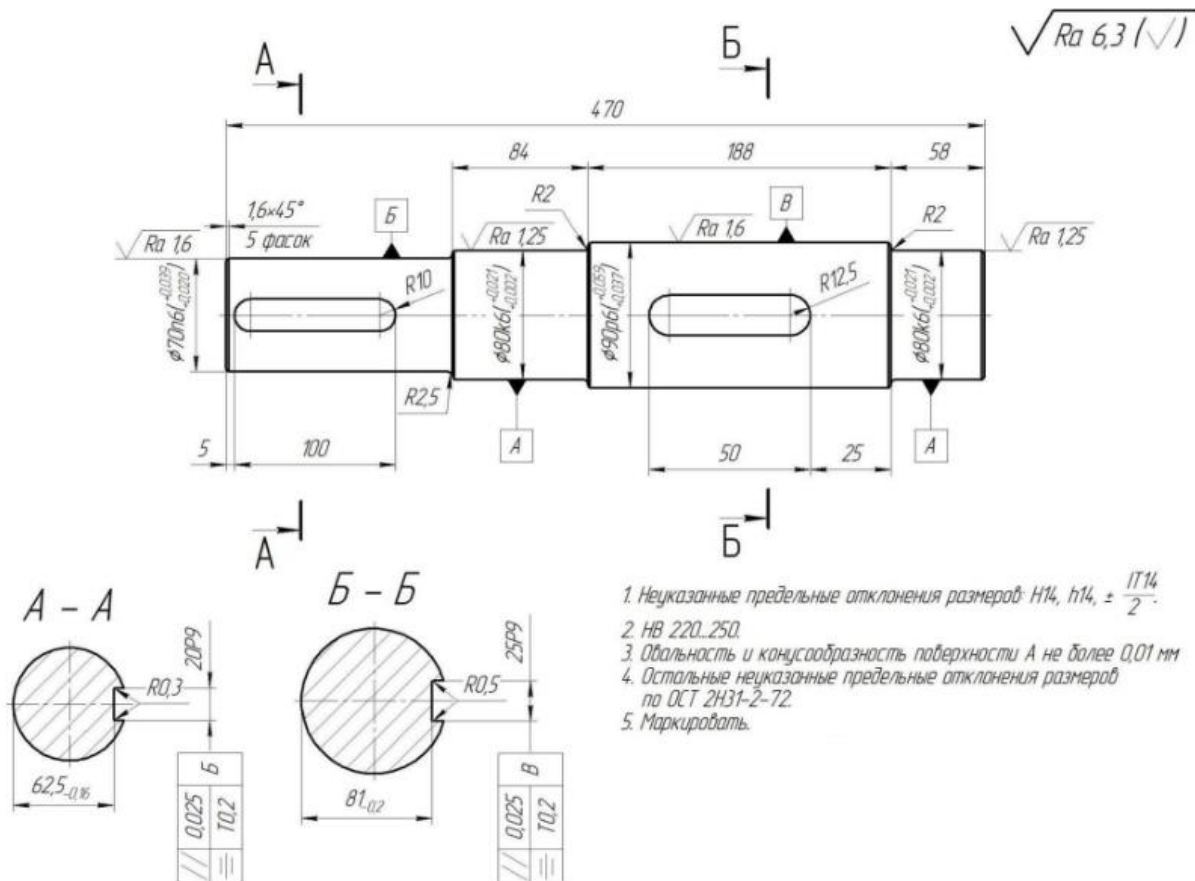


Рисунок 1 – Вал

Разработка технологического процесса изготовления корпусных деталей

Сведения из теории

Корпусные детали при всем многообразии конструкций можно разделить на две основные разновидности:

- призматические (характеризуются большими наружными плоскостями и расположением отверстий на нескольких осях)
- фланцевые (базовыми плоскостями служат торцовые поверхности основных отверстий и поверхности центрирующих выступов или выточек).

При обработке корпусов неразъемного типа маршрут обработки состоит из трех этапов:

- обработки базовых поверхностей (наружной плоскости и установочных отверстий);
- обработки основных отверстий;
- обработки крепежных и других мелких отверстий.

При изготовлении отверстий точность их взаимного расположения обеспечивается двумя способами:

- 1) обработкой заготовки с установкой ее в специальном приспособлении;
- 2) обработкой с использованием универсальных способов координации положения инструмента.

Последовательность механической обработки корпуса призматического типа с плоским основанием и основным отверстием с осью, параллельной основанию.

005 Заготовительная.

Заготовки корпусов из серого чугуна отливают в земляные, металлические (кокиль) или оболочковые формы, из стали – в земляные формы, кокиль или по выплавляемым моделям. Заготовки из алюминиевых сплавов отливают в кокиль или литьем под давлением.

010 Термическая. Отжиг (низкотемпературный) для уменьшения внутренних напряжений.

015 Обрубка и очистка заготовки.

У отливок удаляют литники и прибыли: на прессах, ножницах, ленточными пилами, газовой резкой и т.д. Очистка, отливок от остатков формовочных смесей и зачистка сварных швов у сварных заготовок производится дробеструйной или пескоструйной обработкой.

020 Малярная.

Операция производится с целью предохранения попадания в работающий механизм корпуса чугунной пыли, обладающей свойством «въедаться» в неокрашенные поверхности при механической обработке.

030 Контрольная.

Проверка корпуса на герметичность. Применяется для корпусов, заполняемых при работе маслом.

035 Контрольная.

Проверка корпуса под давлением (только для деталей, работающих под давлением).

040 Разметочная.

Применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

050 Фрезерная (протяжная).

Фрезеровать, или протянуть плоскость основания начерно и начисто или с припуском под плоское шлифование (при необходимости). Технологическая база – необработанная плоскость, параллельная обрабатываемой поверхности.

055 Сверлильная.

Сверлить и зенковать (при необходимости) отверстия в плоскости основания. Развернуть отверстия. Технологическая база – обработанная плоскость основания.

060 Фрезерная.

Обработка плоскостей, параллельных базовой (при их наличии). Технологическая база – плоскость основания. Оборудование – см. операцию 050.

065 Фрезерная.

Обработка плоскостей, перпендикулярных базовой (торцы основных отверстий). Технологическая база – плоскость основания и два точных отверстия.

070 Расточная.

Растачивание основных отверстий (черновое и чистовое, или с припуском под точное растачивание).

075 Сверлильная.

Сверлить (зенковать при необходимости), нарезать резьбу в крепежных отверстиях.

080 Плоскошлифовальная.

Шлифовать (при необходимости) плоскость основания. Технологическая база – поверхность (ось) основного отверстия или обработанная плоскость, параллельная базовой (в зависимости от требуемой точности расстояния от базовой плоскости до оси основного отверстия).

085 Алмазно-расточная.

Тонкое растачивание основного отверстия.

В маршрут обработки разъемных корпусов дополнительно к вышеприведенным операциям включают:

- обработку поверхности разъема у основания (фрезерная);
- обработку поверхности разъема у крышки (фрезерная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема основания (сверлильная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема крышки (сверлильная);
- сборку корпуса промежуточную (слесарно-сборочная операция);
- обработку двух точных отверстий (обычно сверлением и развертыванием) под цилиндрические или конические штифты в плоскости разъема собранного корпуса).

Задание для самостоятельного решения

Составить маршрут обработки детали «Вал» (рис.2.1).

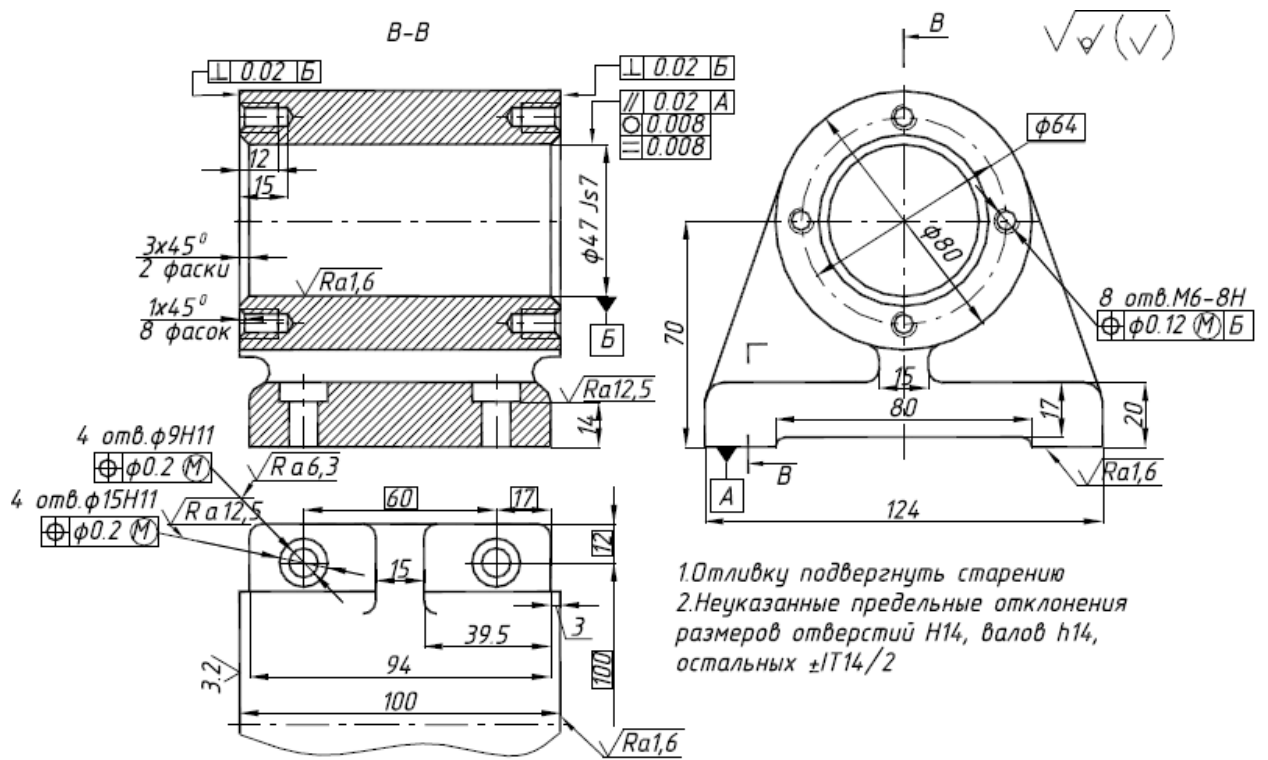


Рисунок 2.1 – Кронштейн

Разработка технологического процесса изготовления зубчатых колес

Сведения из теории

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делят на цилиндрические, конические, червячные, смешанные и гиперболоидные.

По технологическому признаку зубчатые колеса делятся на:

- цилиндрические и конические без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые блочные с гладким или шлицевым отверстием;
- цилиндрические, конические и червячные типа фланца;
- цилиндрические и конические с хвостовиком;
- валы-шестерни.

Обработка зубчатых колес разделяется на два этапа: обработку до нарезания зубьев и обработку зубчатого венца.

Установлено, что наибольшее коробление дает цементация и меньшее закалка, поэтому часто исправление коробления и повышение точности шевингованием производят не до цементации, а между цементацией и закалкой.

Заготовки, получаемые свободной ковкой на молотах, по конфигурации не соответствуют форме готовой детали, но структура металла благодаря ковке улучшается по сравнению с заготовкой, отрезанной пилой от прутка.

Штамповка заготовок в закрытых штампах имеет ряд преимуществ: снижается расход металла из-за отсутствия облоя, форма заготовки ближе к готовой детали, снижается себестоимость, экономия металла составляет от 10 до 30%.

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 7-й степени точности.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок – штамповка.

Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

010 Термическая.

Нормализация, отпуск (для снятия внутренних напряжений).

015 Токарная.

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны начерно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона начерно, расточить начерно на проход отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке), точить наружную поверхность ступицы начерно, точить фаски.

020 Токарная.

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) начерно, точить наружную поверхность обода на оставшейся части начерно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски.

025 Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

030 Токарная.

Точить базовый и противолежащие торцы, наружную поверхность венца начисто.

035 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно (обеспечивается 8-я степень точности).

040 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-я степень точности).

045 Шевинговальная.

Шевинговальная операция повышает на единицу степень точности зубчатого колеса. Операции применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, так как снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования.

050 Термическая.

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить – согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

055 Внутршлифовальная.

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Технологическая база – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противоположный базовому.

060 Плоскошлифовальная.

Шлифовать торец, противоположный базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база – базовый торец.

065 Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – отверстие и базовый торец.

070 Моечная.

075 Контрольная.

080 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Задание для самостоятельного решения

Составить маршрут обработки детали «Колесо» (рис.1).

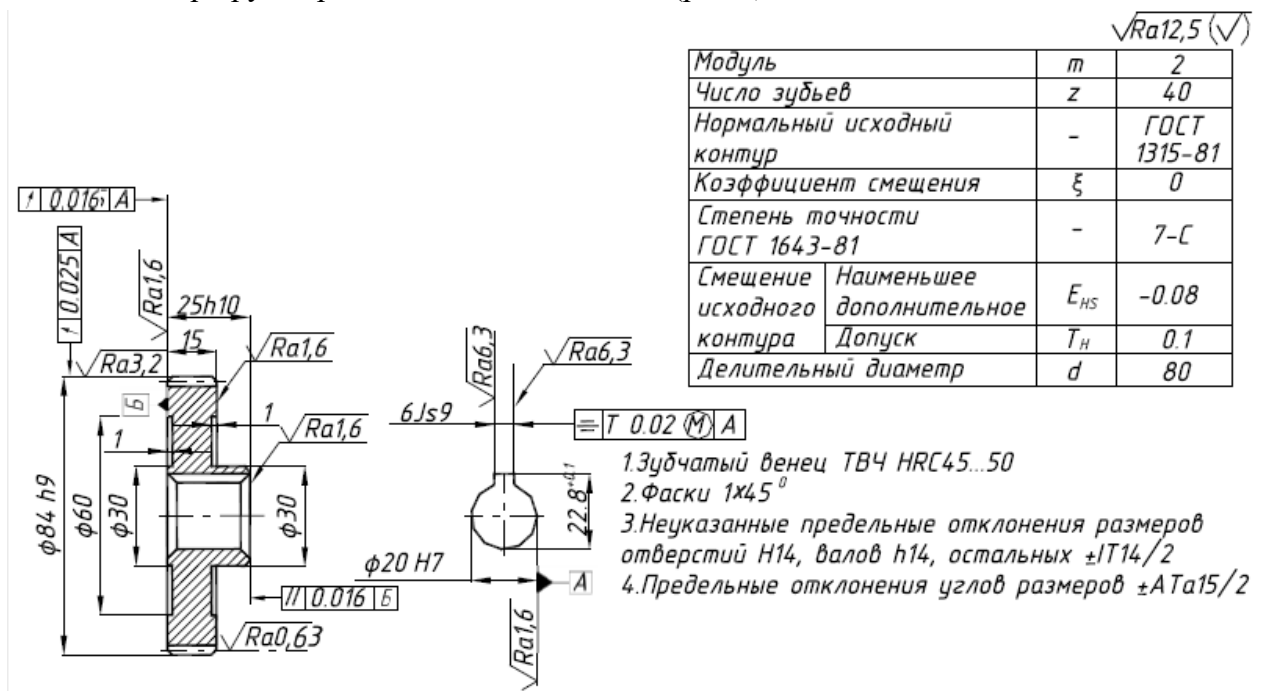


Рисунок 1 – Цилиндрическое колесо

Анализ технологичности изделия

Сведения из теории

Под технологичностью конструкции понимается совокупность ее свойств, обеспечивающая в заданных условиях производства и эксплуатации наименьшие затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и ремонте изделия.

Обеспечение технологичности конструкции изделия – это взаимосвязанные решения конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Технологичность может быть:

– комплексная, т.к. при обработке изделия на технологичность должна осуществляться связь между всеми этапами производства (заготовительным, механической обработкой, сборкой, контролем, настройкой).

– относительная, т.к. различна для разных предприятий, зависит от типа производства и от оборудования предприятия.

Технологичность бывает:

– производственная. Обеспечивает снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия, т.е. проявляется в сокращении времени и средств на конструкторскую подготовку производства, технологическую подготовку производства, изготовление и сборку изделия.

– эксплуатационная. Обеспечивает снижение трудоемкости и стоимости работ по обслуживанию изделия при подготовке его к эксплуатации, профилактическому и техническому обслуживанию, ремонте.

Оценку технологичности можно проводить:

– качественно. Оценка технологичности конструкции достигается опытом конструктора и технолога.

– количественно. Оценка технологичности производится с помощью системы показателей и применяется главным образом для сборочных единиц и специфицированных изделий.

Показатели технологичности по значимости могут быть основными и вспомогательными, по способу выражения абсолютными и относительными.

Количественная оценка технологичности осуществляется с помощью системы базовых показателей. По способу выражения характеризуемых признаков показатели технологичности могут быть абсолютные и относительные, а по количеству признаков – частные (характеризует одно из входящих в неё свойств) и комплексные (характеризует несколько входящих в него частных и комплексных свойств).

Рекомендуемый перечень показателей технологичности конструкции изделий приведён в ГОСТ 14.201-83.

Оценку комплексных показателей технологичности конструкции осуществляют для:

- 1) опытного образца (опытной партии);
- 2) установочной серии;

3) серийного производства.

Для каждой группы изделий определён состав из семи базовых показателей. Их выбирают с учётом наибольшего влияния на технологичность конструкции блоков. Состав базовых показателей, их ранжированная последовательность зависит от вида группы.

Коэффициент весовой значимости показателя определяется по формулам

$$\varphi_i = i/2^{i-1},$$

где i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Таблица 1

Базовые показатели для электронных блоков

Формула для определения базового показателя	Коэффициент весовой значимости	
1. Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке		
$K_{н.мс.} = N_{мс.} / N_{эрэ}$	$\varphi_1 = 1,000$	$N_{мс.}$ – общее количество микросхем и микросборок в блоке (изделии), шт; $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ (микросхемы, микросборки, транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы), шт.
2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий		
$K_{а.м.} = N_{а.м.} / N_{м.}$	$\varphi_2 = 1,000$	$N_{а.м.}$ – количество монтажных соединений, которые осуществляться механизированным и автоматизированным способом, шт; $N_{м.}$ – общее количество монтажных соединений, шт;
3. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу		
$K_{м.п.эрэ} = N_{м.п.эрэ} / N_{эрэ}$	$\varphi_3 = 0,750$	$N_{м.п.эрэ}$ – количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным и автоматизированным способом, шт. $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
4. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров		
$K_{м.к.н.} = N_{м.к.н.} / N_{к.н.}$	$\varphi_4 = 0,500$	$N_{м.к.н.}$ – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным и автоматизированным способом, шт (в число таких операций включаются операции не требующие средств механизации); $N_{к.н.}$ – общее количество операций контроля и настройки, шт.
5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ		
$K_{п.эрэ} = 1 - N_{т.эрэ} / N_{эрэ}$	$\varphi_5 = 0,310$	$N_{т.эрэ}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ в блоке (изделий), шт. Под типоразмером ЭРЭ понимается габаритный размер без учета номинальных значений. $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ.

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ		
$K_{пр.ЭРЭ} = 1 - N_{т.ор.ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$	$\phi_6 = 0,187$	$N_{т.ор.ЭРЭ}$ - количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии (блоке), шт. $N_{ЭРЭ}$ – общее количество ЭРЭ.
7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей		
$K_{\phi} = D_{пр} / D$	$\phi_7 = 0,110$	$D_{пр}$ - количество деталей, полученных прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, литьем под давлением и т.п.), шт; D - общее количество деталей (без нормализованного крепежа) в блоке (изделии), шт.

Комплексный показатель технологичности изделия определяется на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \cdot \phi_i}{\sum_{i=1}^7 \phi_i},$$

где K_i - расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков (согласно ГОСТ 14.202-73); ϕ_i - коэффициент весовой значимости показателя; i - порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Уровень технологичности разрабатываемого изделия оценивается относительно нормативного комплексного показателя K_n , согласно ГОСТ14.201-73 это отношение должно удовлетворять условию $K/K_n \geq 1$, где K_n выбирают из таблицы 2.

Таблица 2 – Базовые показатели

Тип блоков	Опытный образец (партия)	Установочная серия	Серийное производство
Электронные	0,4 - 0,7	0,45 - 0,75	0,5 - 0,8
Радиотехнические	0,4 - 0,6	0,75 - 0,8	0,8 - 0,85
Электроремеханические и механические	0,3 - 0,5	0,4 - 0,55	0,45 - 0,6

При анализе полученных результатов необходимо учитывать сложность изделия и уровень основного производства завода изготовителя.

Пример решения задачи

Для электрической принципиальной схемы рассчитать показатели технологичности (рис.1).

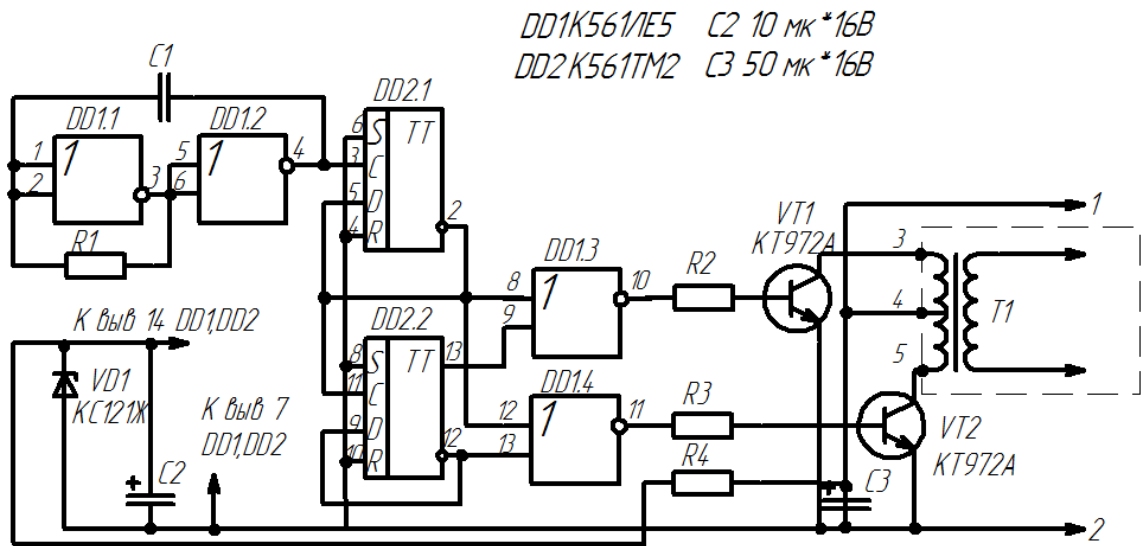


Рис.1. Электрическая принципиальная схема

Заполним таблицу 3.

Таблица 3.

Данные для расчета технологичности

№ п/п	Величина	Значение
1	$H_{мс}$	2
2	$H_{эрэ}$	12
3	$H_{а.м.}$	0
4	H_m	50
5	$H_{м.п.ЭРЭ}$	12
6	$H_{м.к.н.}$	0
7	$H_{к.н.}$	0
8	$H_{т.ЭРЭ}$	6
9	$H_{т.ор.ЭРЭ}$	0
10	$D_{пр}$	0
11	D	0

Расчет показателей

На основании табл. 3 произведен расчет показателей:

1. Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке

$$K_{и.мс.} = \frac{H_{мс}}{H_{эрэ}} = \frac{2}{12} = 0,16;$$

$$\varphi_1 = 1,000$$

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий

$$K_{a.m.} = \frac{H_{a.m.}}{H_m} = \frac{0}{50} = 0; \quad \varphi_2 = 1,000$$

3. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{m.n.ЭРЭ} = \frac{H_{m.n.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = \frac{12}{12} = 1; \quad \varphi_3 = 0,750$$

4. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{m.k.n.} = \frac{H_{m.k.n.}}{H_{k.n.}} = \frac{0}{0} = 1; \quad \varphi_4 = 0,500$$

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{n.ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{m.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = 1 - \frac{6}{12} = 0,5 \quad \varphi_5 = 0,310$$

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

$$K_{np.ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{m.op.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = 1 - \frac{0}{12} = 1 \quad \varphi_6 = 0,187$$

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{0}{0} = 1; \quad \varphi_7 = 0,110$$

На основе базовых показателей определяется комплексный показатель технологичности изделия:

$$K = \frac{0,16 \cdot 1 + 0 + 1 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,31 + 1 \cdot 0,187 + 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,187 + 0,11} = 0,48$$

Оценим уровень технологичности разрабатываемого изделия. Для этого выберем нормативный комплексный показатель K_n .

Для опытной партии электронный блоков $K_n = 0,4$

Согласно ГОСТ 14.201-73 отношение K и K_n должно удовлетворять условию:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1$$

В нашем случае это отношение будет равно

$$\frac{K}{K_n} = \frac{0,48}{0,4} = 1,2$$

Как видно из полученного результата наше изделие соответствует требованиям ГОСТа по технологичности.

Задание для самостоятельного решения

Для электрической принципиальной схемы на рис. 2 рассчитайте показатели технологичности.

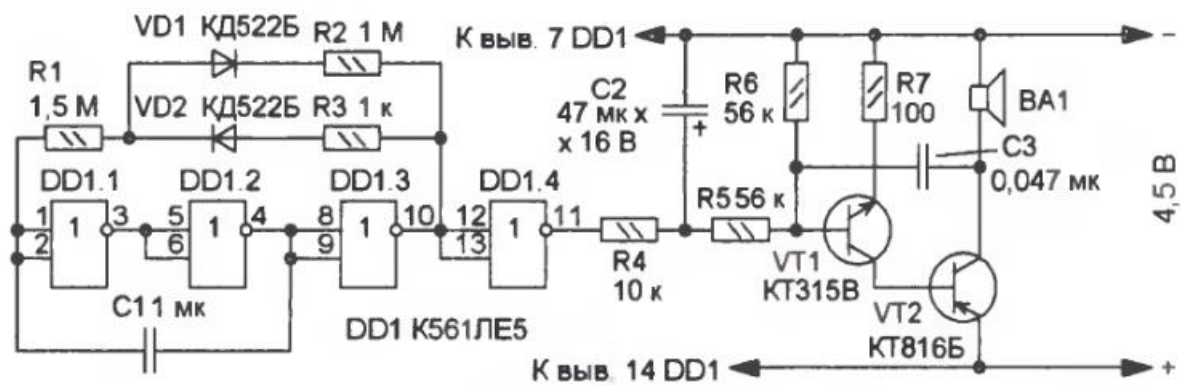


Рис.2. Электрическая принципиальная схема

Расчет норм расхода материала

Сведения из теории

Нормирование расхода материалов проводится с целью установления их планового количества, необходимого для изготовления изделий и обеспечения наиболее рационального и эффективного использования сырья и материалов в производстве.

Нормированию подлежат все виды сырья и материалов.

Нормирование расхода материалов включает решение следующих задач:

- анализ производственных условий потребления материалов и данные передовых отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичные изделия;
- установление норм расхода материалов на основе научно-обоснованных нормативов;
- внедрение норм расхода материалов;
- контроль прогрессивности норм расхода материалов и соблюдения норм расхода материалов в производстве, при планировании, учете материальных затрат и материально-техническом обеспечении производства;
- выполнение технических и организационных мероприятий, обеспечивающих более рациональное и эффективное использование материалов;
- периодический пересмотр норм расхода материалов с целью снижения удельной материалоемкости изделия на основе обязательного внедрения безотходных и малоотходных технологических процессов при изготовлении изделий с учетом совершенствования их конструкции и достижений науки, техники, технологии и передового опыта, обеспечивающих выполнение заданий по среднему снижению норм расхода материалов.

В составе нормы расхода материала следует учитывать:

- полезный расход материала;
- технологические отходы, обусловленные установленной технологией производства;
- потери материалов.

К полезному расходу материала на изделие относят то его количество, которое оуществвлено в этом изделии.

К технологическим отходам материала относят то его количество, которое не оществвлено в изделии, но затрачено на его производство.

Учет технологических отходов должен быть организован на каждом предприятии наряду с учетом первоначально используемых материалов.

В составе технологических отходов следует учитывать отходы, используемые в качестве исходного материала для изготовления других изделий.

К потерям материалов следует относить количество материала, безвозвратно теряемое в процессе изготовления изделия.

В норму расхода материалов не включаются:

- отходы и потери, вызванные отступлениями от установленных технологических процессов и организации производства и снабжения (например, потери материала при транспортировании и хранении);

– отходы и потери, вызванные отступлениями от предусмотренного сортамента, требований стандартов и технических условий;

– расход сырья и материалов, связанных с браком, испытанием образцов, ремонтом зданий и оборудования, изготовлением оснастки, инструмента, средств механизации и автоматизации, наладкой оборудования, упаковкой готовой продукции.

Для разработки норм расхода материала используется расчетно-аналитический или опытный метод.

При расчетно-аналитическом методе нормы расхода материала разрабатываются на основе прогрессивных показателей использования материала и установленного настоящим стандартом состава норм.

Полезный расход материала, принимаемый за основу при расчете, устанавливаются по номинальным размерам детали с учетом средней величины допуска на размер.

Опытный метод разработки норм расхода материалов заключается в определении затрат материалов, необходимых для производства изделий, на основе данных измерений полезного расхода, технологических отходов и потерь, определяемых в лабораторных условиях или непосредственно в условиях производства.

При нормировании расхода материалов следует исходить из условия обязательного планового внедрения прогрессивной технологии, в том числе безотходных и малоотходных технологических процессов.

Устанавливаются следующие основные показатели использования сырья и материалов:

- коэффициент использования;
- коэффициент раскроя;
- расходный коэффициент;
- выход продукта;
- коэффициент извлечения продукта из исходного сырья.

Коэффициент использования характеризует степень использования сырья и материалов в производстве продукции (работы) и определяется отношением полезного расхода (массы, теоретического расхода) к норме расхода материалов, установленной на производство единицы продукции (работы).

Коэффициент раскроя характеризует степень использования материалов при их раскрое и определяется отношением массы (объема, площади, длины) всех видов заготовок, полученных из исходного материала, к массе (объему, площади, длине) используемого материала.

Расходный коэффициент – показатель, обратный коэффициенту использования, определяется отношением нормы расхода сырья, материалов, установленной на производство единицы продукции (работы), к полезному их расходу.

Нормы расхода материала считаются с учетом всех потерь материала (угар, облой, некратность, на отрезку и т.д.). Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некратности длины проката, торцевой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов.

Расход материала на заготовку с учетом технологических потерь находится по формуле:

$$M_{з.п} = M_3(100 + П_{п.о})/100,$$

где M_3 – масса заготовки, $П_{п.о}$ – общие потери.

Общие потери материала, при изготовлении деталей из проката находятся по формуле:

$$P_{п.о} = P_{нк} + P_{о.т} + P_{зак} + P_{отр}.$$

$P_{нк}$ – потери материала на некрatность, $P_{о.т}$ – потери на торцовую обрезку проката, $P_{зак}$ – потери при выбранной длине зажима, $P_{отр}$ – потери на отрезку заготовки. $P_{п.о}$, $P_{нк}$, $P_{о.т}$, $P_{зак}$, $P_{отр}$ выражены в процентах от общей длины проката.

Формулы для вычисления $P_{нк}$, $P_{о.т}$, $P_{зак}$, $P_{отр}$ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Формулы для расчета потерь материала

№ п/п	Тип потерь и формула для их вычисления	Примечание
1	Потери на некрatность $P_{нк} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{пр}$, где $L_{нк} = L_{пр} - x (L_3 + l_p)$, $x = \frac{L_{пр} - l_{о.т} - l_{зак}}{L_3 + l_p}$.	$L_{пр}$ – длина выбранного проката, мм; x – число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт; L_3 – длина заготовки, мм; l_p – ширина реза, мм. $l_{о.т}$ – длина торцового обрезка проката, мм; $l_{зак}$ – минимальная длина опорного (зажимного) конца, мм. При отрезке заготовок на токарном станке отрезным резцом $l_{зак}=0$.
2	Потери на торцовую обрезку проката $P_{о.т} = (l_{о.т} \cdot 100) / L_{пр}$, где $l_{о.т} = (0,3 \dots 0,5) \cdot a$	$L_{пр}$ – длина проката (прутка); $l_{о.т}$ – длина торцового обрезка,; a – диаметр сечения заготовки.
3	Потери на зажим заготовки при отрезке $P_{зак} = (l_{зак} \cdot 100) / L_{пр}$	$L_{пр}$ – длина проката (прутка); $l_{зак}$ – длина зажима.
4	Потери на отрезку $P_{отр} = (l_p \cdot 100) / L_{пр}$	$L_{пр}$ – длина проката (прутка); l_p – ширина реза.

Для расчета норм расхода материала необходимо определить массу заготовки согласно формуле:

$$M_3 = \rho \cdot V_3,$$

где ρ – плотность материала, кг/см³, V_3 – объем заготовки, см³. Объем заготовки определяется по плюсовым допускам. Формулы для нахождения объема представлены в табл. 4.2.

Таблица 2 – Формулы для расчета объема

Форма заготовки	Формула для вычисления	Примечание
-----------------	------------------------	------------

	объема заготовки	
Цилиндр	$V = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3$	D_3 – диаметр заготовки, L_3 – длина заготовки.
Полый цилиндр (труба)	$V = \pi \cdot (R_3^2 - r_3^2) \cdot L_3$	R_3 – радиус наружного цилиндра, r – радиус внутреннего цилиндра.
Параллелепипед	$V = h \cdot b \cdot L$,	L – длина, h – высота, b – ширина прямоугольника.
Шестигранник	$V = 3,464 \cdot r_3^2 \cdot L_3$	r_3 – радиус вписанной в шестигранник окружности

Диаметр заготовки вычисляется по формуле:

$$D_3 = D_d + z_{np}$$

z_{np} – припуск на обработку наружных цилиндрических поверхностей.

Длина детали вычисляется по формуле:

$$L_3 = L_d + 2 \cdot z_{подр} + z_{зажима}$$

где L_d – номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм, $z_{подр}$ – припуск на подрезку торцов, $z_{зажима}$ – припуск на зажим детали в патроне, мм.

При определении припусков на плоские детали длина детали (Рис. 1) определяется по формуле:

$$L_3 = L_d + z_o$$

где L_d – номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм, z_o – припуск на сторону, (если допуск на размер L_d не точнее значений 12-го качества, а шероховатость поверхности по параметру Ra – не менее 1,25 мкм).

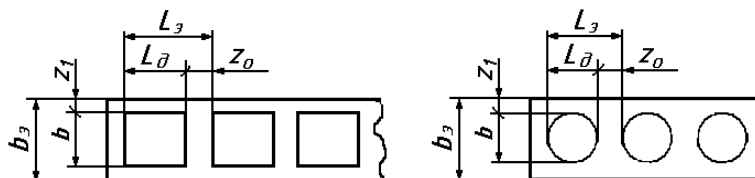


Рисунок 1 – Схема раскроя плоского проката

Ширина заготовки (рис. 1) определяется по формуле:

$$b_3 = b_d + 2 \cdot z_1$$

где b_d – номинальная ширина детали по чертежу, мм; z_1 – величина боковой перемычки по краю заготовки.

Ширина реза определяется из табл. 3

Таблица 3 – Ширина отрезного реза в зависимости от диаметра прутка

Диаметр прутка, мм	2-4	4,1-5	5,1-8	8,1-14	14,1-22	22,1-32	32,1-40	40,1-60
Ширина реза, мм	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок, является коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки.

Коэффициент использования материала с учетом технологических потерь находится по формуле:

$$K_{и.м} = G_{д}/G_{з.п}$$

где $G_{д}$ – масса детали по рабочему чертежу, кг; $G_{з.п}$ – расход материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг.

Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75.

Пример решения задачи

Задание: рассчитать норму расхода материала для детали изображенной на рис. 2. Материал: сталь А12 ГОСТ 1050-88.

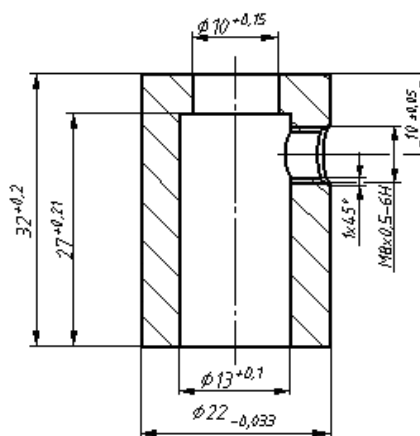


Рисунок 2 – Эскиз корпуса

Решение.

Выбираем заготовку из проката. Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски. За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр $22h9 - 22_{-0,052}$ мм. Обработку поверхности диаметром 22 мм производят в цанге на токарном станке.

Так как допуск на диаметр широкий и согласно ГОСТ выпускается такой материал припусков на точение наружного диаметра не оставляем:

$$D_3 = 22 \text{ мм.}$$

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности (ГОСТ 2590-71; приложение 1). Например, диаметр проката 24 мм записывается следующим образом:

$$\text{Круг} \frac{22\text{-В-ГОСТ } 2590\text{-88}}{А12 \text{-б-ГОСТ } 1050\text{-88}}$$

Отклонения для диаметра $22_{-0,4}^{+0,2}$ мм равны 0,6 мм.

Берем длину заготовки равную длине детали, так как припуски на размер большие:

$$L_3 = L_{д} + 2z_{\text{подр}} + z_{\text{зажима}} = 32 \text{ мм,}$$

где $L_{д}$ – номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм.

Предельные отклонения на длину заготовки устанавливаем по справочным таблицам или по конструкторскому чертежу (в данном примере длина детали $32^{+0,2}$).

Объем заготовки определяем по плюсовым допускам

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_{з.п}^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 22^2}{4} \cdot 32 = 12158 \text{ мм}^3,$$

Определяем массу заготовки:

$$G_3 = \rho V_3 = 0,0078 \cdot 12158 = 94,8 \text{ г.}$$

Масса заготовки 0,0948 кг.

Выбираем способ резки заготовок – на токарном станке, выбираем ширину отрезного резца 3 мм, следовательно, $l_p = 3$ мм.

Потери на зажим заготовки будут отсутствовать.

Длину торцевого обрезка проката определяем из соотношения:

$$L_{о.т} = (0,3 \div 0,5) d,$$

где d – диаметр сечения заготовки, мм; $d = 24$ мм.

$$L_{о.т} = 0,3 \cdot 22 = 6,6 \text{ мм.}$$

Определяем число заготовок, исходя из принятой длины проката по стандартам. Из проката длиной 4 м получаем 110 заготовок:

$$x_4 = \frac{L_{пр} - l_{зак} - l_{о.т}}{L_3 + l_p} = \frac{4000 - 0 - 6,6}{32 + 3} = 114,09 \text{ шт.}$$

$$L_{нк4} = 4000 - 6,6 - 0 - ((32 + 3) \cdot 114) = 3,4 \text{ мм;}$$

$$П_{нк4} = (3,4 \cdot 100) / 4000 = 0,085\%,$$

Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят:

$$П_{зак} = (0 \cdot 100) / 4000 = 0\%.$$

Потери материала на длину торцевого обрезка проката составят:

$$П_{о.т} = (6,6 \cdot 100) / 4000 = 0,165\%.$$

Потери материала на отрезку заготовки составят:

$$П_{о.г} = (3 \cdot 114 \cdot 100) / 4000 = 8,55\%.$$

Общие потери (%) к длине выбранного проката:

$$П_{п.о} = 0 + 0,165 + 0,085 + 8,55 = 8,8\%.$$

Определяем расход материала на одну деталь с учетом всех технологически неизбежных потерь:

$$G_{з.п} = 94,8 \cdot (100 + 8,8) / 100 = 103,14 \text{ г,}$$

или 103,14 кг на 1000 шт. деталей.

Далее рассчитывается коэффициент использования материала:

$$K_{и.м} = G_d / G_{з.п},$$

где G_d – масса детали, $G_{з.п}$ – масса заготовки.

Для расчета массы детали считаем сначала ее объем. Для этого разобьем ее на несколько частей:

- 1) цилиндр $\varnothing 22$ мм длиной 22 мм – V_1 ;
- 2) цилиндр $\varnothing 19$ мм длиной 10 мм – V_2 ;
- 3) отверстие $\varnothing 10$ мм длиной 5 мм – V_3 ;
- 4) отверстие $\varnothing 13$ мм длиной 27 мм – V_4 ;
- 5) боковое отверстие $\varnothing 6$ мм длиной 4,5 мм – V_5 ;

б) паз шириной 5 мм, глубиной 5 мм, длиной 6 мм – V_6 .

В итоге объем готовой детали равен

$$V_{\text{дет}} = V_1 + V_2 - (V_3 + V_4 + V_5)$$

или $6820,8 \text{ мм}^3$, масса – 0,053 кг.

$$K_{\text{и.м}} = G_{\text{д}}/G_{\text{з.п}} = 0,053/0,103 = 0,52.$$

Задание для самостоятельного решения

Выбрать заготовку и рассчитать нормы расхода материала для деталей из табл. 2

Таблица 2 – Задание

Номер варианта	Материал	Эскиз детали
1	Сплав Д16	
2	Латунь ЛС59-1	
3	Сталь Ст20	
4	Сталь Ст20	

Расчет норм расхода времени

Сведения из теории

Исходным документом при нормировании операции технологического процесса является операционная технологическая карта. Норма времени на любую станочную работу определяется по формуле

$$T_{\text{ш.к.}} = T_o + T_v + T_{\text{обсл.}} + T_{\text{отд.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{N},$$

где $T_{\text{ш.к.}}$ – штучно-калькуляционное время на обработку одной единицы изделия; T_o – основное время (время, непосредственно затрачиваемое на изменение формы и размеров изделия); T_v – вспомогательное время (время, затрачиваемое на выполнение приемов, помогающих произвести на станке изменение формы и размеров изделия); $T_{\text{обсл.}}$ – время обслуживания рабочего места (смена затупившегося инструмента, сметание стружки, смазка, чистка станка и т. п.); $T_{\text{отд.}}$ – время на отдых и личные надобности; N – число деталей в партии; $T_{\text{п.з.}}$ – норма подготовительно-заключительного времени на партию деталей в N штук.

Определение основного времени

Основное технологическое время T_o (мин) рассчитывается по каждому переходу на основании установленных режимов резания по формулам:

Для токарных и сверлильных работ:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \quad (1)$$

для резьбонарезных работ:

$$T_o = \left(\frac{L}{n \cdot S} + \frac{L}{n_{\text{обр}} \cdot S} \right) \cdot i, \quad (2)$$

для фрезерных работ:

$$T_o = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{L}{S_z \cdot z \cdot n} \cdot i, \quad (3)$$

где L – расчетная длина обработки, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин; $n_{\text{обр}}$ – частота вращения шпинделя при холостом вращении в обратную сторону, об/мин; S – подача за один оборот шпинделя, мм/об; S_M – подача за одну минуту (минутная подача), мм/мин; S_z – подача на зуб, мм/зуб; z – число зубьев фрезы, i – количество проходов.

Число оборотов шпинделя вычисляется по формуле:

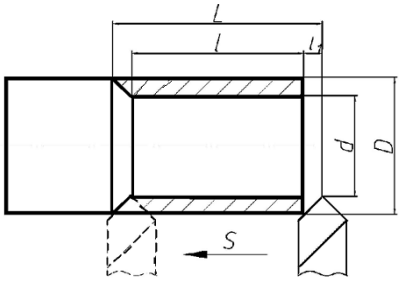
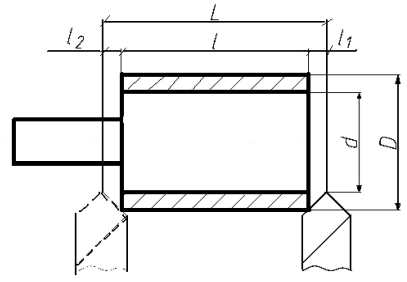
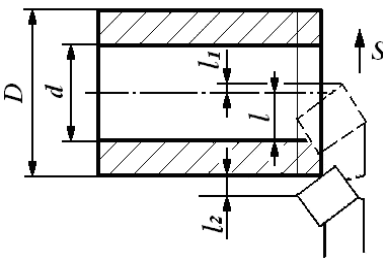
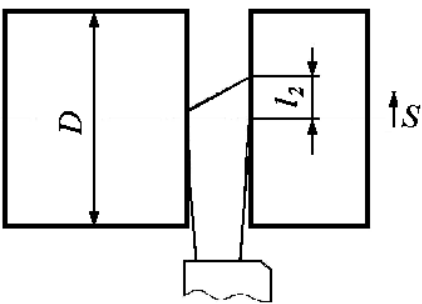
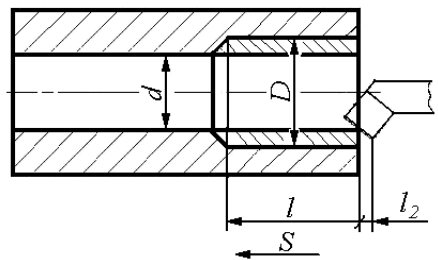
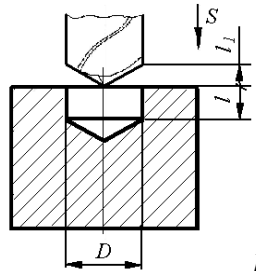
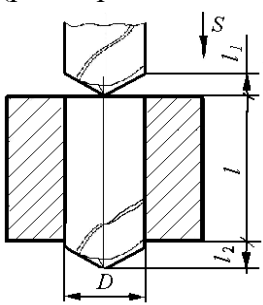
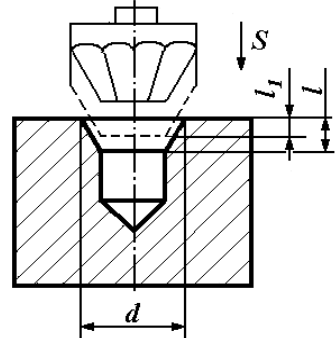
$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где v – скорость резания; D – диаметр заготовки, мм. Далее полученное значение округляется до ближайшего согласно техническим данным станка.

В табл. 1 приведены наиболее часто встречающиеся схемы обработки при точении, нарезании резьбы, сверлении и фрезеровании и соответствующие этим схемам формулы расчета длины обработки, принимаемой при определении основного времени. Таким образом, по табл. 2– 5 находятся величины врезания и перебега инструмента.

Таблица 1 –Схемы обработки при точении, нарезании резьбы, сверлении и фрезеровании

и формулы расчета длины обработки

<p>1. Обтачивание цилиндрической поверхности в упор</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_2$</p>	<p>2. Обтачивание цилиндрической поверхности на проход</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_1+l_2$</p>
<p>3. Подрезка торца</p>  <p>не сплошного сечения: $L=(D-d)/2+l_1+l_2$ сплошного сечения: $L=D/2+l_1+l_2$</p>	<p>4. Отрезка сплошного материала</p>  <p style="text-align: right;">$L=D/2+l_2$</p>
<p>5. Растачивание</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_2$</p>	<p>6. Сверление глухого отверстия</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_2$</p>
<p>7. Сверление сквозного отверстия (расверливание отверстия)</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_1+l_2$</p>	<p>8. Зенкование</p>  <p style="text-align: right;">$L=l+l_1$ $l_1=1$</p>

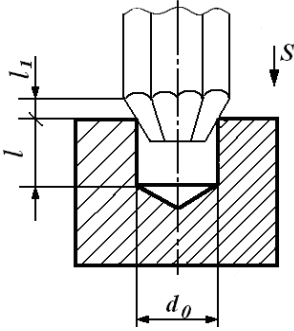
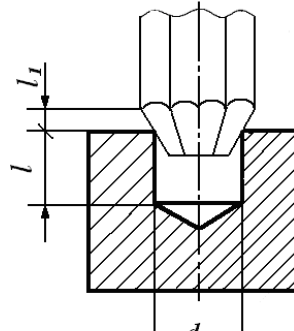
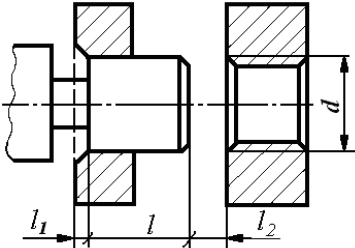
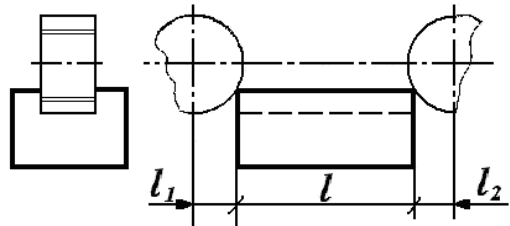
<p>9. Нарезание резьбы метчиком в упор</p>  <p>$L = L_{обp} = l + l_1$</p>	<p>10. Нарезание резьбы метчиком на проход</p>  <p>$L = L_{обp} = l + l_1 + l_2$</p>
<p>11. Нарезание резьбы плашкой</p>  <p>$L = L_{обp} = l + l_1 + l_2$</p>	<p>12. Фрезерование дисковыми фрезами на проход</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>

Таблица 2

Величины резания и перебега инструмента при обработке резцами

Типы резцов	Угол резца в плане ϕ , град	Величина врезания и перебега $l_1 + l_2$ мм при глубине врезания t , мм			
		до 1,0	1,0-2,0	2,0-4,0	4,0-6,0
Проходные	45	2	3,5	6	8
Подрезные	60	2	2,5	4	5
Расточные	75	2	2,5	3	4
	90	3-5			
Прорезные и отрезные		2-5			
Резьбовые	На проход	$(5-8) \cdot S$			
	В упор	$(3-4) \cdot S$			

Таблица 3

Величина врезания и перебега при обработке торцевыми и концевыми фрезами

Ширина фрезерования или ширина паза B , мм	Диаметр фрезы, мм								
	16	20	25	32	40	50	63	80	100
	$l_1 + l_2$, мм								
10	3,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-
15	-	4,5	4,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,2	-
20	-	-	6,5	5,0	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0

Таблица 4

Величины врезания и перебега инструмента при обработке сверлами, зенкерами, развертками, метчиками и плашками

Вид обработки	Диаметр инструмента, мм до										
	3	5	10	15	20	25	30	50	50	60	
	$l_1 + l_2$, мм										
Сверление на проход	2	2,5	5	6	8	10	12	15	18	23	
Сверление в упор	1,5	2	4	5	7	9	11	14	17	21	
Рассверливание при глубине резания, мм до	5	-	-	-	4	4	5	5	5	6	6
	10	-	-	-	-	-	8	8	8	9	9
	15	-	-	-	-	-	-	-	11	12	12
Зенкерование на проход при глубине резания, мм до	1	-	-	-	3	3	3	4	4	5	5
	3	-	-	-	5	5	5	6	6	7	7
	5	-	-	-	-	7	7	8	8	9	9
Зенкерование в упор	-	-	-	2	2	2	3	3	4	4	
Развертывание на проход	8	8	9	15	18	19	19	24	25	26	
Развертывание в упор	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	
Зенкование коническими зенковками	0,5		1					1,5			
Нарезание резьбы метчиками на проход (4-8) · S											
Нарезание резьбы метчиками в упор (2,5-8) · S											
Нарезание резьбы плашками (1,5-2) · S											
Накатывание накатными роликами (2-3) · S											

Таблица 5

Величины врезания и перебега при обработке цилиндрическими дисковыми, концевыми, прорезными и фасонными фрезами

Глубина резания, мм	Диаметр фрезы, мм									
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100
	$l_1 + l_2$, мм									
0,5	3,0	4,0	4,0	5,0	5,5	6,5	7	8	9	10
1,0	4,0	5,0	5,0	6,5	7	8,5	9	10	11	13
1,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	11	12	13	15
2	5,0	6,5	7,0	8,5	9,5	11	12	14	15	17
3	5,5	7,5	8,0	9,5	11	13	14	16	18	20
4	6,0	8,0	9,0	11	12	14	16	18	20	23
5	-	8,5	9,5	12	13	15	17	20	22	25
6	-	-	10,	12	14	16	18	21	24	27
7	-	-	11,0	13	15	17	19	22	25	29
8	-	-	-	13	15	18	20	24	27	30
9	-	-	-	-	16	19	21	25	28	32

Таблица 6

Ориентировочные значения скоростей резания (м/мин),
 рекомендуемые при работе инструментами из быстрорежущей стали для различных видов
 обработки

Обрабатываемый материал	Продольное фасонное точение и отрезка	Сверление	Зенкерование	Развертывание	Накатывание рифлений	Нарезание резьбы	
						метчиками	плашками
Сталь 20	45-55	30-40	25-30	8-12	30-35	3-6	1,8-3,5
Сталь 35	35-45	25-35	20-25	6-10	25-32	2,5-5,5	1,8-3,5
Сталь 45	25-35	20-30	18-20	6-8	20-30	2-5	1,5-3,0
Сталь А12	40-60	30-50	20-35	10-15	35-45	3-8	2,5-5,0
Углеродистая сталь	18-25	15-20	10-15	5-8	15-20	1,5-3,0	1-2,5
Хромистые и нержавеющие стали	15-25	10-15	8-12	4-6	15-20	1,5-2,5	0,8-2,0
Латунь	80-150	60-110	45-80	20-40	70-100	6-20	6-18
Бронза	35-60	30-50	25-35	15-30	35-50	4-15	3,5-10
Алюминий	120-200	90-150	60-80	25-50	90-120	10-30	7-25

Таблица 7

Подача (мм/об) при чистовом точении

Шероховатость поверхности, мкм		Радиус при вершине резца r , мм					
Ra	Rz	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63		0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблица 8

Подачи (мм/об) при прорезании пазов и отрезании

Диаметр обработки, мм	Ширина реза (канавки), мм	Обрабатываемый материал	
		сталь конструкционная углеродистая и легированная	чугун, медные и алюминиевые сплавы
До 20	3	0,06-0,08	0,11-0,14
Свыше 20 до 40	3-4	0,1-0,12	0,16-0,19
Свыше 40 до 60	4-5	0,13-0,16	0,20-0,24
Свыше 60 до 100	5-8	0,16-0,23	0,24-0,32

Таблица 9

Подачи, мм/зуб, при чистовом фрезеровании плоскостей и уступов торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами

Параметр шероховатости <small>поверхности мкм</small>	Торцевые и дисковые фрезы со вставными ножами		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы (мм), в зависимости от обрабатываемого материала					
	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	конструкционная углеродистая и легированная сталь			чугун, медные и алюминиевые сплавы		
6,3	-	1,2-2,7	40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
3,2	0,5-1,0	0,5-1,2	-	-	-	-	-	-
1,6	0,4-0,6	0,23-0,5	1,0-2,7	1,7-3,8	2,3-5,0	1,0-2,3	1,4-3,0	1,9-3,7
0,8	0,2-0,3	-	0,6-1,5	1,0-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1
0,4	0,15	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 10

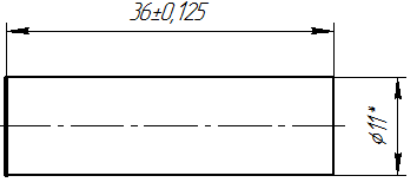
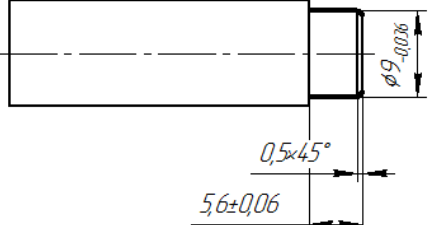
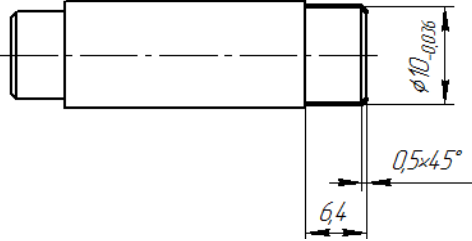
Подачи (мм/об) при сверлении отверстий

Диаметр сверла, мм	Сталь, твердость				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	НВ<160	160...240	240...300	НВ>300	НВ<170	НВ>170
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,017825	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41

Пример выполнения задания

Для операций указанных в табл. 11 рассчитайте нормы времени.

Таблица 11

Наименование операции.	Содержание операции	Операционный эскиз
010 Токарная	Отрезать заготовку длиной 36мм, выдерживая размеры согласно эскизу	
020 Токарная	Точить наружную поверхность, фаску, выдерживая размеры согласно эскизу	
020 Токарная	Точить наружную поверхность, фаску, выдерживая размеры согласно эскизу	

Решение

Формула для расчета, T_o	Исходные данные
010 Отрезная	
$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$	$L = D/2 + l_2$ (отрезка сплошного материала), $L = 5,5 + 2 = 7,5$ мм, где $l_2 = 2$. $S = 0,06$ мм/об, $v = 40$ м/мин. $n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 11} = 1158,07$ об/мин. Округляем до $n = 1200$ об/мин. $T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{7,5}{1200 \cdot 0,06} = 0,104$ мин.
020 Токарная	
$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$	$\frac{d_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}}{2} = \frac{11 - 9}{2} = 1$ мм. $L = l + l_1$ (точение в упор), $L = 14,9 + 2 = 16,9$ мм. $S = 0,4$ мм/об, $v = 40$ м/мин. $n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 11} = 1158,07$ об/мин. Округляем до $n = 1200$ об/мин. $T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{16,9}{1200 \cdot 0,4} = 0,035$ мин.
030 Токарная	

$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$	$\frac{d_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}}{2} = \frac{11 - 10}{2} = 0,5 \text{ мм.}$ <p> $L = l + l_1$ (точение в упор), $L = 6,4 + 2 = 8,4 \text{ мм.}$ $S = 0,4 \text{ мм/об, } v = 40 \text{ м/мин.}$ $n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 11} = 1158,07 \text{ об/мин.}$ Округляем до $n = 1200 \text{ об/мин.}$ $T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{8,4}{1200 \cdot 0,4} = 0,018 \text{ мин.}$ </p>
-----------------------------	---

Задание для самостоятельного решения

Для детали на рис. 1. и маршрута обработки из табл. 1.2 практического занятия 1 рассчитать основное время.

«Расчет норм расхода материалов для печатных плат»

Сведения из теории

Для расчета нормы расхода материала на печатную плату и корпус необходимо:

1. Рассчитать площадь печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$S_{пп} = L_{п} * C_{п},$$

где

$L_{пп}$ - длина платы в метрах.

$C_{пп}$ - ширина платы в метрах.

2. Определить объем печатной платы по формуле:

$$V_{пп} = S_{пп} * H_{пп},$$

где

$H_{пп}$ - толщина платы в метрах.

3. Рассчитываем вес печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$M_{пп} = V_{пп} * g,$$

где g - удельная плотность стеклотекстолита.

Нормы расхода на припой ($H_{р пр.}$), флюс ($H_{р фл.}$) и спирт ($H_{р сп.}$) рассчитываются в зависимости от применяемой технологии по формуле:

$$H_{р. пр., фл, сп.} = S_{пп} * nр 1м2 + (nр на 100 паяк * N_{допаяк}) / 100,$$

где

$nр. 1м2$ - норматив расхода на 1 м2.

Пример расчета:

Для расчета нормы расхода материала на печатную плату и корпус необходимо:

Рассчитать нормы расхода для печатной платы размером 30x30x1,5мм.

Решение:

1. Рассчитать площадь печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$S_{пп} = L_{п} * C_{п} = 0,030 * 0,030 = 0,0009 м^2$$

где $L_{пп} = 0,03м$ длина платы в миллиметрах (30мм = 0,03м);

$C_{пп} = 0,03м$ ширина платы в миллиметрах (30мм = 0,03м).

- 2 Определяем объем печатной платы по формуле:

$$V_{пп} = S_{пп} * H_{пп} = 0,0009 * 0,0015 = 0,00000135(м3)$$

$H_{пп} = 0,0015м.$

Рассчитываем вес печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$M_{пп} = V_{пп} * g = 0,00000135 * 1700 = 0,002295кг.$$

Нормы расхода на припой ($H_{р пр.}$), флюс ($H_{р фл.}$) и спирт ($H_{р сп.}$) рассчитываются в зависимости от применяемой технологии по формуле:

$$\begin{aligned} H_{р. пр., фл, сп.} &= S_{пп} * nр 1м2 + (nр на 100 паяк * N_{допаяк}) / 100 = \\ &= 0,0009 * 0,350 + 0,005/100*34 = 0,002015 \end{aligned}$$

Определяем норму расхода спирта:

$$H_{р. спирта} = 0,0009 * 0,030 + 0,0054/100*34 = 0,00186.$$

Определяем норму расхода флюса:

$$\text{Нр. флюса} = 0,0009 * 0,120 + 0,001/100*34=0,000448.$$

В качестве норм расхода ПКИ принимается количество установленных на плату элементов.

Задание для самостоятельного выполнения

Рассчитать нормы расхода материала для платы из стеклотекстолита размерами 25x37,5x1,5мм.

Разработка управляющей программы для токарного станка с ЧПУ

Сведения из теории

Программа для станка с ЧПУ Fanuc выглядит следующим образом:

```
%  
O _____ Номер программы  
_____ Кадр  
_____ Кадр  
.....  
.....  
M30 Конец программы
```

В начале и конце программы ставиться знак «%». По этому символу система определяет область, где находится программа. Далее идет заголовок программы, обозначенный буквой «O» или «:» с последующим номером (максимум 4 цифры). Каждая строка программы называется кадром. Каждый кадр заканчивается символом «;». Концом программы является команда M2, M30 или M99.

Кадр состоит из следующих элементов:

<u>N 0000</u>	<u>G00</u>	<u>X000</u>	<u>Y000</u>	<u>Z000</u>	<u>M00</u>	<u>S00</u>	<u>T00</u>
Порядков	Подготов	Координаты			Дополни	Функция	Функция
ый номер	ительная				тельная	шпиндел	инструме
	функция				функция	я	нта

N – порядковый номер кадра. Не обязателен для написания.

G – подготовительная функция. Отвечает, практически за все действия станка. Тип траектории перемещения, включение – выключение системы координат, выбор размерности подачи и т.д.

X, Y, Z – координаты перемещений.

S – дополнительная функция. Отвечает за включение – выключение рабочих узлов станка (шпиндель, насос СОЖ и т.д.), обозначает конец программы.

S – функция шпинделя. Задаёт частоту вращения шпинделя.

T – функция инструмента. Задаёт номер инструмента.

F – функция подачи. Задаёт значение подачи.

Список основных G-функций для систем с ЧПУ:

– G00 – позиционирование. Код G00 используется для выполнения ускоренного перемещения. Ускоренное перемещение или позиционирование необходимо для быстрого перемещения режущего инструмента к позиции обработки или безопасной позиции.

Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока и непостоянна.

– G01 –линейная интерполяция. Код G01 - это команда линейной интерполяции, обеспечивающая перемещение инструмента по прямой линии с заданной скоростью.

– G02 – круговая интерполяция/винтовая интерполяция по часовой стрелке. Код G02 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью.

– G03 –круговая интерполяция/винтовая интерполяция против часовой стрелке. Код G03 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) против часовой стрелки с заданной скоростью.

Существует три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование (manual programming techniques), программирование на стойке ЧПУ(shop-floor) и программирование при помощи САМ-систем.

Пример выполнения задания

Пример 1.

Написать программу для обработки ступенчатого вала (рис. 1) на токарном станке с ЧПУ.

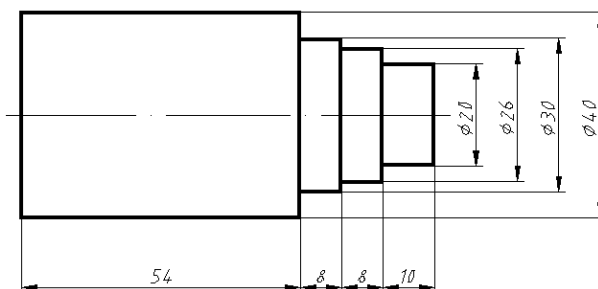


Рисунок 1 – Эскиз детали

Заготовкой для вала будет служить цилиндр диаметром 40мм и длиной 80мм.

Первоначально необходимо определить положение осей станка и точку, которая будет нулем детали (Рис. 2). От этой точки будут отсчитываться координаты при написании программы.

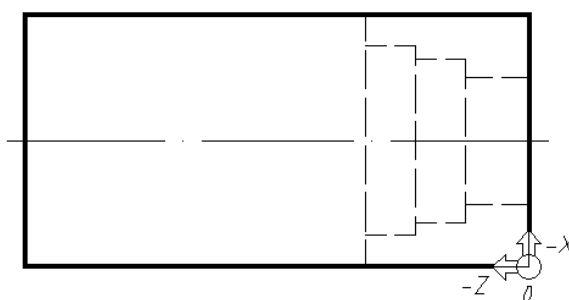


Рисунок 2 – Нулевая точка детали

В качестве нулевой точки выбрана крайняя точка на правом торце заготовки, так как деталь будет крепиться в патроне, и поджиматься центром, следовательно левый торец и центр сечения правого торца будут недоступны. После выбора нулевой точки необходимо проставить все размеры относительно нее (рис.3).

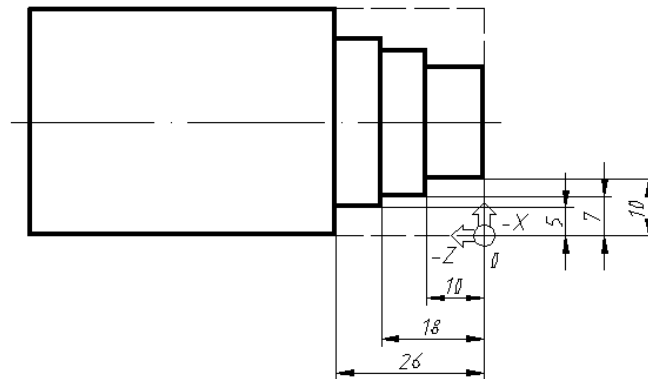
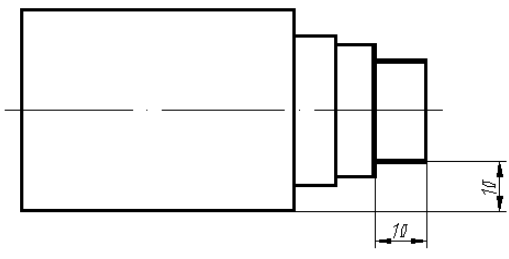


Рисунок 3 – Простановка размеров относительно нуля детали

На следующем этапе непосредственно разрабатывается управляющая программа. В ней будут использованы только две команды G00 (быстрое позиционирование) и G01 (линейная интерполяция). Программа представлена в табл. 1

Таблица 1 –Программа для детали «Вал»

№	Программа	Описание, эскиз
1	G00 Z1 G01 X-0.5 F25 G01 Z-26 G00 Z1 G01 X-1 G01 Z-26 G00 Z1 G01 X-5 G01 Z-26 G00 Z1	<p>/Обработка первой ступени./</p> <p>Если подача в ходе обработки не изменяется ее достаточно задать один раз в начале программы F25.</p>
2	G00 Z1 G01 X-5,5 G01 Z-18 G00 Z1 G01 X-6 G01 X-7 G01 Z-18 G00 Z1	<p>Обработка второй ступени. Глубина резания 2мм, длина обработки 18мм./</p>

3	G00 Z1 G01 X-7,5 G01 Z-10 G00 Z1 G01 X-8 G01 Z-10 G00 Z1 G01 X-10 G01 Z-10 G00 Z1	/Обработка второй ступени. Глубина резания 3мм, длина обработки 10мм./ 
4	G00 Z0 G00 X0	Отвод резца от детали в нулевую точку

Пример 2.

На рис.4 приведен эскиз детали, на рис.5 схема обработки – схема движения режущего инструмента.

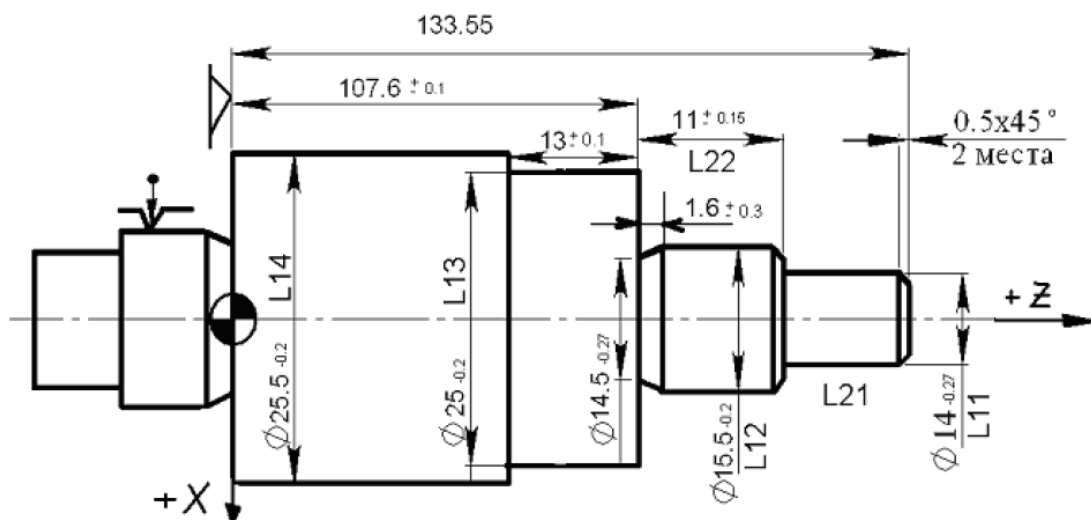


Рисунок 4 – Эскиз детали

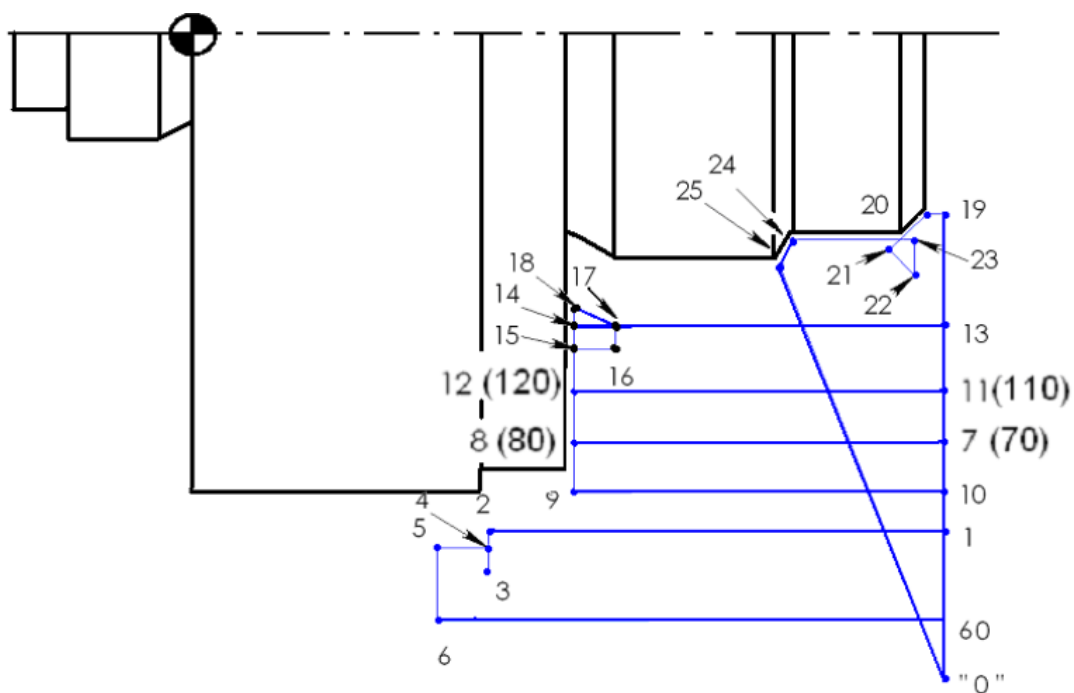


Рисунок 5 – Схема движения режущего инструмента.

Расчет перемещений

№ точки	переход	ΔX		X	Z		ΔZ
○	ноль			14,5	135		
1	подход X	-410	-2,05	12,45			
2	точение				94,6	-40,40	-808
3	отход X	110	0,55	13			
4	подход X	-60	-0,30	12,7			
5	точение				20	-74,60	-1492
6	отход X	160	0,80	13,5			0
60	отход Z				135	115,00	2300
7	подход X	-500	-2,50	11			
8	точение				107,6	-27,40	-548
9	отход X	200	1,00	12			
10	отход Z				135	27,40	548
11	подход X	-540	-2,70	9,3			
12	точение				107,6	-27,40	-548
80	отход X	140	0,70	10			
70	отход Z				135	27,40	548

13	подход X	-460	-2,30	7,7			
14	точение				107,6	-27,40	-548
15	отход X	60	0,30	8			
16	отход Z				109,2	1,60	32
17	подход X	-60	-0,30	7,7			
18	контровка	-120	-0,60	7,1	107,6	-1,60	-32
120	отвод X	1180	5,90	13			
110	отход Z				135	27,40	548
19	подход X	-1210	-6,55	6,45			
19	подход X	-100					
20	подход Z				133,55	-1,45	-29
21	фаска	200	1,00	7,45	132,55	-1,00	-20
22	отход XZ	110	0,55	8	134	1,45	29
23	подход X	-160	-0,80	7,2			
24	точение				118,6	-15,40	-308
25	фаска	200	1,00	8,2	117,6	-1,00	-20
	ноль	1260	6,30	14,5	135	17,40	348
Контроль- ная сумма		0	0,00			0,00	0

Задание для самостоятельного решения

Написать управляющую программу для станка с ЧПУ для детали на рис. 6.

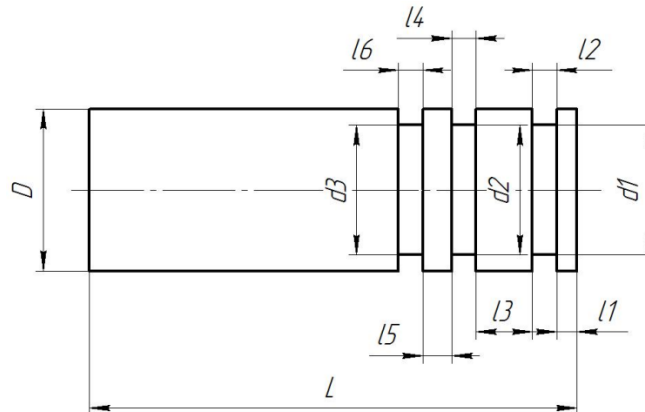


Рис. 6. Вариант 1: $d_1=34$, $d_2=34$, $d_3=34$, $l_1=7$, $l_2=6$, $l_3=10$, $l_4=6$, $l_5=10$, $l_6=6$, $D=40$, $L=120$. Вариант 2: $d_1=38$, $d_2=36$, $d_3=34$, $l_1=5$, $l_2=5$, $l_3=5$, $l_4=5$, $l_5=5$, $l_6=5$, $D=40$, $L=120$

Разработка управляющей программы для фрезерного станка с ЧПУ

Сведения из теории

Программа для станка с ЧПУ Fanuc выглядит следующим образом:

```
%  
O _____ Номер программы  
_____ Кадр  
_____ Кадр  
.....  
.....  
M30 Конец программы
```

В начале и конце программы ставиться знак «%». По этому символу система определяет область, где находится программа. Далее идет заголовок программы, обозначенный буквой «O» или «:» с последующим номером (максимум 4 цифры). Каждая строка программы называется кадром. Каждый кадр заканчивается символом «;». Концом программы является команда M2, M30 или M99.

Кадр состоит из следующих элементов:

<u>N 0000</u>	<u>G00</u>	<u>X000</u>	<u>Y000</u>	<u>Z000</u>	<u>M00</u>	<u>S00</u>	<u>T00</u>
Порядков	Подготов	Координаты			Дополни	Функция	Функция
ый номер	ительная				тельная	шпиндел	инструме
	функция				функция	я	нта

N – порядковый номер кадра. Не обязателен для написания.

G – подготовительная функция. Отвечает, практически за все действия станка. Тип траектории перемещения, включение – выключение системы координат, выбор размерности подачи и т.д.

X, Y, Z – координаты перемещений.

S – дополнительная функция. Отвечает за включение – выключение рабочих узлов станка (шпиндель, насос СОЖ и т.д.), обозначает конец программы.

S – функция шпинделя. Задаёт частоту вращения шпинделя.

T – функция инструмента. Задаёт номер инструмента.

F – функция подачи. Задаёт значение подачи.

Список основных G-функций для систем с ЧПУ:

– G00 – позиционирование. Код G00 используется для выполнения ускоренного перемещения. Ускоренное перемещение или позиционирование необходимо для быстрого перемещения режущего инструмента к позиции обработки или безопасной позиции.

Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока и непостоянна.

– G01 –линейная интерполяция. Код G01 - это команда линейной интерполяции, обеспечивающая перемещение инструмента по прямой линии с заданной скоростью.

– G02 – круговая интерполяция/винтовая интерполяция по часовой стрелке. Код G02 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью.

– G03 –круговая интерполяция/винтовая интерполяция против часовой стрелке. Код G03 предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) против часовой стрелки с заданной скоростью.

Существует три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование (manual programming techniques), программирование на стойке ЧПУ(shop-floor) и программирование при помощи САМ-систем.

Пример выполнения задания

Написать программу для фрезеровки буквы «А» на фрезерном станке с ЧПУ на глубину 1мм.

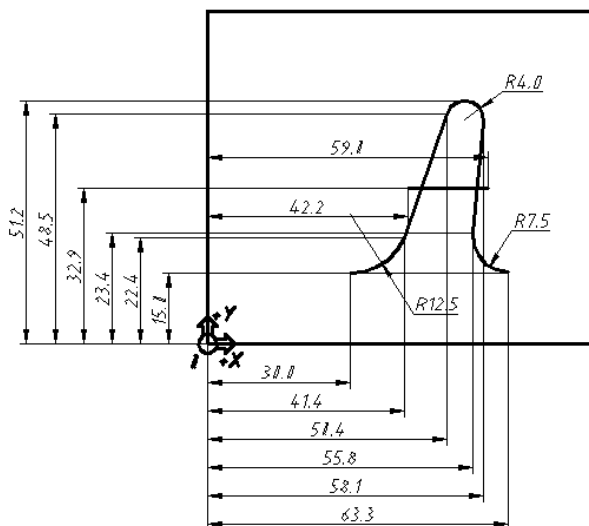
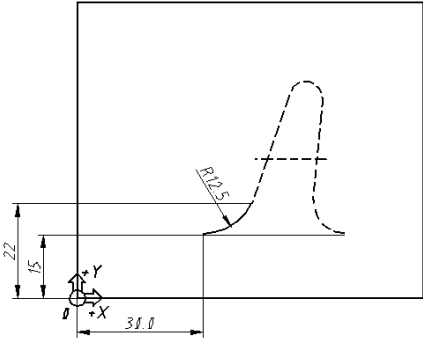
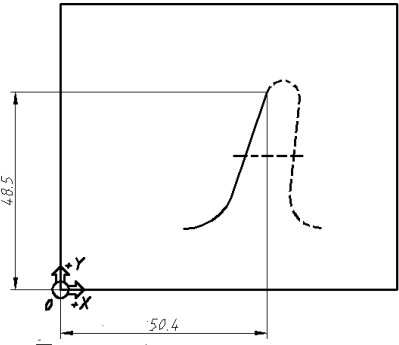
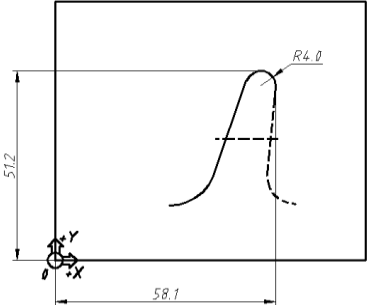
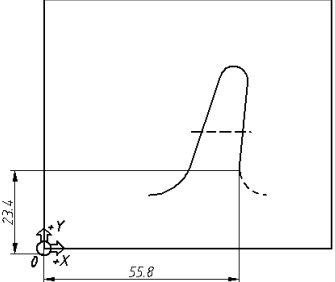


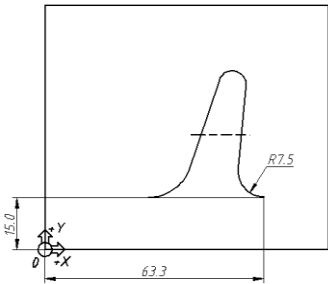
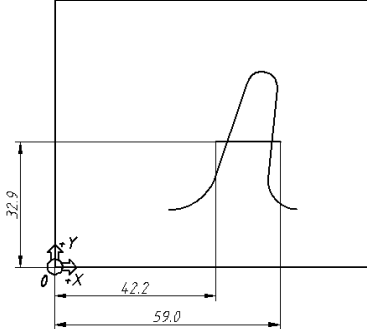
Рисунок 1 – Эскиз детали

Для написания программы будут использоваться следующие G коды: G00, G01, G02, G03.

Программа с пояснениями представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Программа для детали фрезерования буквы «А»

№	Программа	Описание, эскиз
1	G00 X30 Y15 G01 Z-1 F20 G03 X30 Y22 R12.5 F18	Быстрое перемещение фрезы в точку с координатами X30 Y15. Углубление фрезы на 1мм. Фрезеровка части окружности против часовой стрелке. 
2	G01 X50,4 Y48,5 F25	Фрезеровка по прямой. Подача 25мм/мин. 
3	G02 X58,1 Y22 R4 F18	Фрезеровка части окружности по часовой стрелке. Подача 18мм/мин. 
4	G01 X55,8 Y23,4 F25	Фрезеровка по прямой. Подача 25мм/мин. 

5	G03 X63,3 Y15 R7,5 F18	Фрезеровка части окружности против часовой стрелке. Подача 18мм/мин. 
6	G01 Z1 G00 X 59 Y32.9 F25 G01 Z-1 G01 X 42.2 Y32.9 G01 Z1 G00 X0 Y0	Поднятие фрезы (G01 Z1). Быстрое перемещение фрезы в точку с координатами. Углубление фрезы. Фрезеровка по прямой. Поднятие фрезы. Возвращение фрезы в нулевую точку. 

Задание для самостоятельного решения

Написать программу для фрезеровки «КАИ» на глубину 3мм.

Список литературы:

1. Технология деталей радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие для вузов. /Под ред. С.Е. Ушаковой. – М.: Радио и связь, 1996.
2. Валетов, В.А. Технология приборостроения. Учебное пособие / В.А. Валетов, Ю. П. Кузьмин, А.А. Орлова, С.Д. Третьяков. СПб: Университет ИТМО, 2008 – 336 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/40745#book_name.
3. Билибин, К.И. Проектирование технологических процессов в производстве электронной аппаратуры: Учеб. Пособие / К. И. Билибин, В. А. Соловьев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 76 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/61998#book_name
4. Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система / А. А. Ловыгин, Л. В. Теверовский. М.: ДМК Пресс, 2015 – 280с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/82824#book_name.

5. Фельдштейн, Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ/ Е. Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич .М.: «Новое знание», 2007. – 299 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2927#book_name
6. Звонцов, И.Ф. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ/ И.Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий .М.: «Лань», 2017. – 588 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/89924#book_name.
7. Дроздинов В.А., Простатов И.Л., Туктарова (Семенова) В.В. Нормирование затрат труда при выполнении операций механической обработки: учебно-методическое пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2015. – 56с.
8. Седель, О.Я. Техническое нормирование: пособие / О.Я. Седель. Минск: Новое знание, 2008. – 202 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2930#book_name
9. ГОСТ 14.201-83. Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделия изделий. Общие требования
10. ГОСТ 3.1107-81. Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения
11. ГОСТ 3.1702 - 79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием