

1.1. История создания и основные направления научной деятельности Института сильноточной электроники Сибирского отделения РАН

70-е годы 20-го века кандидат наук Геннадий Андреевич Месяц возглавил Институт сильноточной электроники Сибирского отделения РАН .

В 1986 году, после избрания академика Месяца Г.Я. руководителем Уральского отделения РАН, Институт возглавил академик С.П. Бугаев. В 2002 году его сменил академик С.Д. Коровин. В настоящее время директор Института - член-корреспондент РАН Н.А. Ратахин.

Институт сильноточной электроники Сибирского отделения РАН (далее - ИСЭ СО РАН) образован в 1977 г. для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований в области сильноточной электроники - нового научного направления, включившего в себе разработку методов генерирования мощных электрических импульсов, эмиссию интенсивных потоков корпускулярного и электромагнитного излучения, а также исследования по воздействию мощных потоков энергии на вещество.

За четыре десятилетия существования Института тематика научных исследований Института не претерпела коренных изменений, но заметно расширилась. Основными итогами деятельности ИСЭ СО РАН стали следующие:

- разработаны методы получения импульсов электрической энергии сверхвысокой мощности, созданы генераторы импульсов, развита их элементная база;
- разработаны физические основы получения сверхмощных (сильноточных) импульсных электронных потоков, созданы сильноточные ускорители электронов;
- исследованы механизмы и реализованы методы эффективного импульсного вложения энергии в вещество, в том числе основанные на использовании его электродинамического сжатия сверхсильными магнитными полями импульсных токов;

- реализованы состояния вещества, близкие по локальным характеристикам к условиям ядерного взрыва;
- определены физические механизмы, лежащие в основе получения сверхмощных импульсов оптического (лазерного), СВЧ и рентгеновского излучения, развиты практические методы получения таких импульсов, созданы источники излучений;
- реализованы приложения названных выше источников излучений в испытаниях на радиационную устойчивость, радиолокации, технологиях;
- разработаны эффективные методы получения низкотемпературной плазмы со строго контролируруемыми параметрами;
- исследованы основные закономерности взаимодействия мощных потоков частиц, плазмы и излучений с поверхностью.

За период с начала 1990-х гг. в ИСЭ СО РАН накоплен большой объем новых фундаментальных научных результатов, доведенных до стадии НИОКР и готовых к практическому внедрению в России.

Основные направления научной деятельности ИСЭ СО РАН, утвержденные Президиумом РАН (Постановление от 20 мая 2008 г. № 357):

- фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе сильноточной электроники и разработка на их основе новых приборов, устройств и технологий;
- современные проблемы физики плазмы, включая физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах.

Цели и задачи фундаментальных и прикладных исследований на ближайшее десятилетие в области физических наук и нанотехнологий:

- опережающие фундаментальные исследования в области импульсной энергетики, предполагающие строительство новых крупных импульсных электрофизических установок для фундаментальных исследований и технологических применений;

- развитие физических основ получения мощных импульсных потоков заряженных частиц, сверхвысокочастотного, оптического и рентгеновского излучений. Разработка на этой основе новых приборов, устройств и технологий;
- развитие физических основ получения низкотемпературной плазмы с заданными и контролируемыми параметрами и ее применения в технологических процессах. Разработка на этой основе нового электронно-ионно-плазменного лабораторного и технологического оборудования;
- разработка физических основ электронно-ионно-плазменных технологий получения наноструктурированных поверхностных слоев и покрытий на материалах и изделиях с целью улучшения их физико-химических и функциональных характеристик при применении в промышленности, биологии, медицине.

1.2. Электроимпульсная установка для формирования поверхностных сплавов: область применения и перспективы развития

Общий вид разработанной и собранной установки Институтом сильноточной электроники СО РАН показан на рисунке 1.



Рис.1 Внешний вид электроимпульсной установки

Формирование тонких слоев сплавов на поверхности подложки импульсным нагревом системы является перспективным методом создания тонких покрытий на поверхности деталей. Сплавление предварительно

нанесенного покрытия с подложкой позволяет формировать структуры с заданными физико-химическими свойствами, а также радикально решать проблему сцепления покрытия. Область применения: медицинская промышленность, машиностроение. Для нанесения покрытий широко используются ионно-плазменные методы на основе магнетронного или вакуумного дугового разряда [1, 25]. Для сплавления покрытия с подложкой используют импульсный нагрев потоком заряженных частиц или электромагнитным излучением. Энергия потока выделяется в тонком поверхностном слое, толщина которого определяется как глубиной распространения тепла за время импульса, так и глубиной проникновения частиц в вещество подложки за время импульса. Одними из наиболее перспективных источников концентрированных потоков заряженных частиц являются источники низкоэнергетических (10–30 кэВ) сильноточных (до 25 кА) электронных пучков (н.с.э.п.) с плотностью энергии до 15 Дж/см² при длительности импульса 2–4 мкс. Эти источники достаточно широко применяются для нанесения покрытий с целью повышения коррозионной стойкости поверхности металлов и сплавов, повышения электрической прочности вакуумной изоляции, а также достигается чистота поверхностного слоя сравнимая с полированием [2, 4-6]. До настоящего времени устройства для ионно-плазменного нанесения покрытий представляли собой отдельные установки, и при переносе обрабатываемых изделий из одной рабочей камеры в другую они контактировали с окружающей атмосферой, что нежелательно, а во многих случаях и просто недопустимо. Чтобы устранить этот недостаток, необходима электроимпульсная установка, включающая магнетронный распылитель, смонтированный на общей вакуумной камере.

1.3. Принцип работы электроимпульсной установки для полирования поверхностей металлов и формирования поверхностных сплавов.

Основные составляющие элементы установки представляющие ее работу показаны на рис 1а, и описан принцип ее работы.

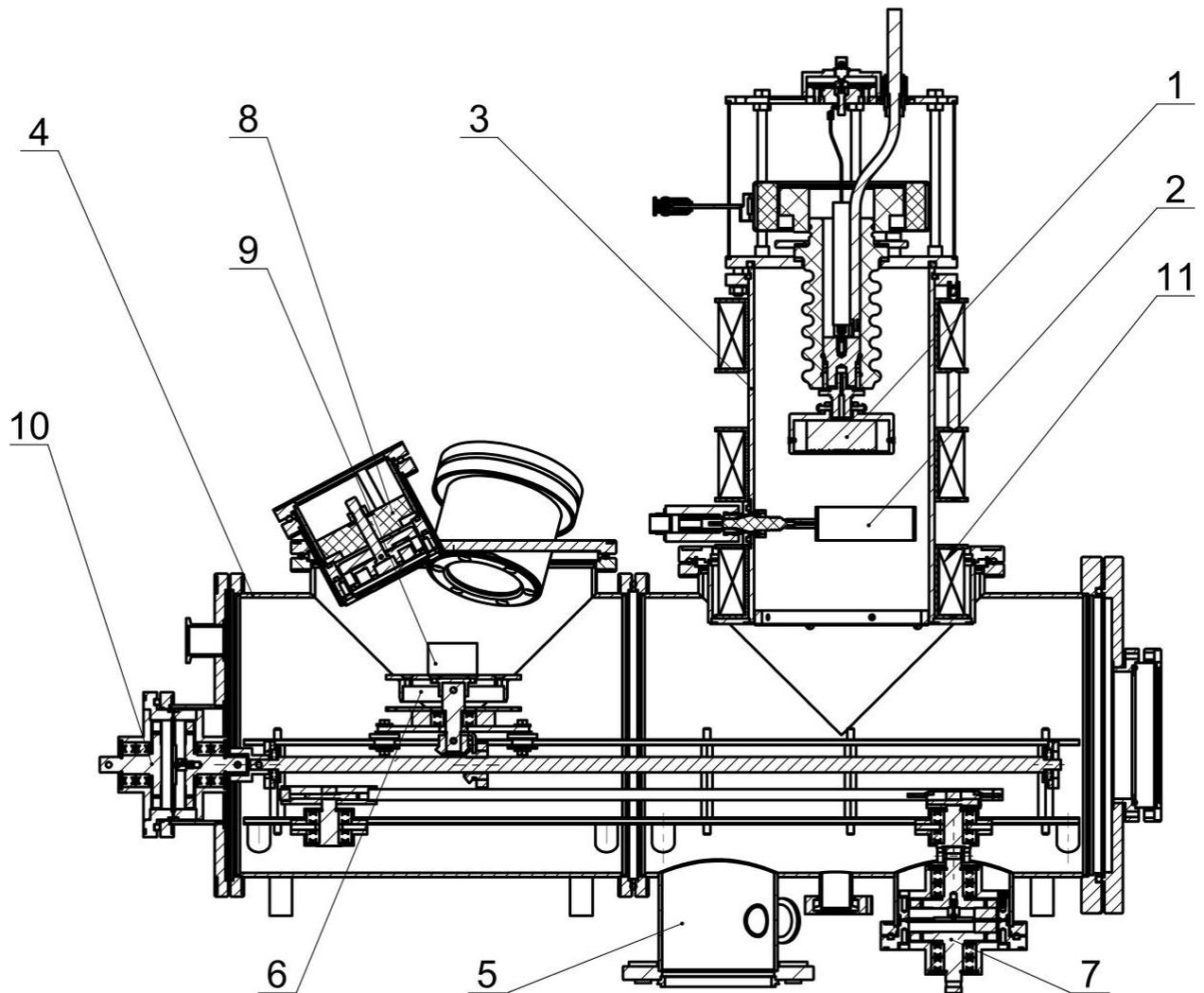


Рис.1а Принципиальная схема установки. 1 – взрывоэмиссионный катод; 2 – анод; 3 – корпус пушки; 4 – вакуумная камера; 5 – откачной патрубок; 6 – рабочий поворотно-передвижной стол; 7 – ввод передвижения стола; 8 – магнетронный распылитель; 9 – образец; 10- ввод вращения стола; 11- соленоид

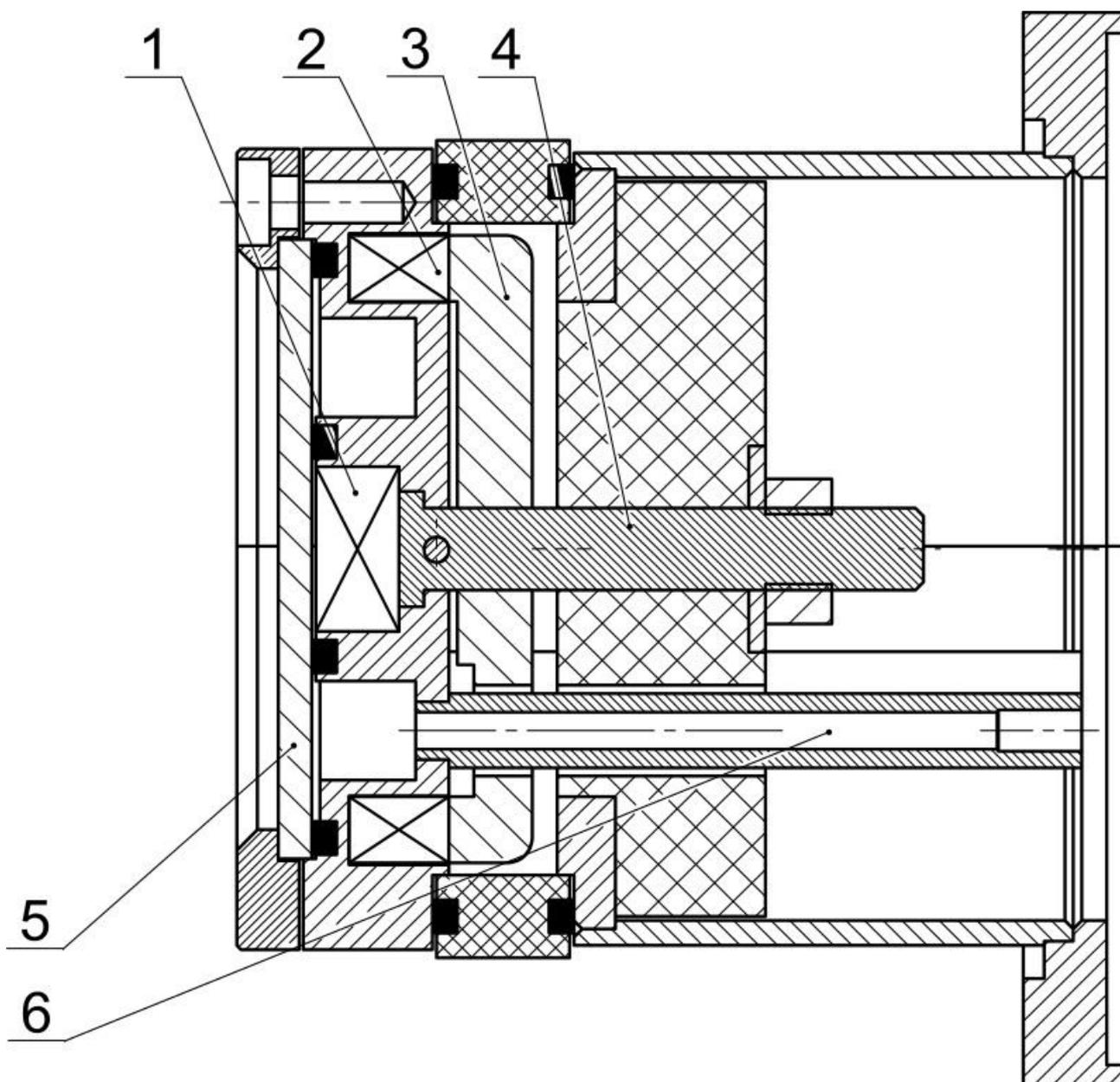
Плазменный анод 2 формируется с помощью сильноточного (200–250 А) отражательного разряда в аргоне при давлении 0.03–0.07 Па. Разряд зажигается при подаче на анод импульса напряжения положительной полярности амплитудой 5 кВ. Анод представляет собой тонкостенное кольцо $\varnothing 62 \times 30$ мм из нержавеющей стали. Для откачки воздуха в вакуумной камере 4 через откачной патрубок 5 используется вакуумный пост HiCube Eco, в состав которого входят турбомолекулярный насос со скоростью откачки 67 л/с и

вакуумный мембранный насос (0.25 л/с). Для улучшения вакуума используется вакуумный пластинчато-роторный насос со скоростью откачки 1 л/с. Этот же насос вместе с двумя электромагнитными клапанами образует электропневматический привод сильноточного контакта между рабочим столом и камерой. Давление остаточного газа $(3-5) \cdot 10^{-3}$ Па достигается за 18–20 мин. Рабочий газ напускается в камеру в стационарном режиме с помощью стандартного регулятора расхода газа РРГ10 с верхним пределом регулирования 1.8 (л/ч) \cdot атм. Электронная пушка питается от генератора высоковольтных импульсов. Импульс ускоряющего напряжения формируется при разряде накопительного конденсатора ИК50/3 (3 мкФ, 50 кВ) через разрядник ТДИ150к/45. Зарядка накопителя осуществляется источником постоянного напряжения (35 кВ, 40 мА). Цепь зарядки замыкается через катушку, намотанную нихромовым проводом $\varnothing 1$ мм. Индуктивность катушки составляет 139 мкГн, активное сопротивление – 36 Ом. Наличие у катушки активного сопротивления защищает выпрямительный мост источника зарядки от перенапряжений в случае холостого хода в нагрузке и последующего обрыва тока в разряднике. Генератор соединяется с катодом 1 электронной пушки 3 с помощью передающей линии ТЛ, собранной из шести параллельно соединенных отрезков кабеля РК509 длиной 1 м. Старт процесса зарядки включается через 1 с после очередного разряда накопителя. За время этой паузы происходит полная деионизация газа внутри разрядника и остывание его электродов, что обеспечивает восстановление электрической прочности разрядника в паузе между импульсами и повышает надежность его работы. Внешнее ведущее магнитное поле индукцией до 0.25 Тл, создаваемое соленоидом 11, который питается от конденсаторной батареи, обеспечивает как функционирование отражательного разряда, так и транспортировку пучка. Для измерения импульсов ускоряющего напряжения используется резистивный делитель. Ток катода измеряется поясом Роговского. Для выбора режимов облучения предварительно измеряют плотность энергии пучка с помощью калориметра на основе калиброванного терморезистора, припаянного к

тыльной стороне медного поглотителя. Для нанесения пленок используется магнетрон 8, работающий в непрерывном режиме. Потребляемая мощность магнетрона составляет 800–900 Вт напряжение горения 400–450 В. Обработываемые детали 9 располагаются на рабочем столе 6, перемещаемом вдоль направляющих рельсов с помощью цепной трансмиссии через ввод перемещения стола 7. Ведущая шестерня трансмиссии приводится в движение шаговым электродвигателем через вакуумный ввод вращения 10. Процесс формирования поверхностного сплава начинается с очистки детали (подложки) несколькими импульсами электронного пучка при плотности энергии, достаточной для начального испарения материала подложки. Затем деталь перемещается под магнетрон 8, где на его поверхность наносится пленка заданной толщины. Поскольку магнетрон 8 работает при давлении рабочего газа в 4–6 раз большем, чем пушка, то за время перемещения в ту или иную сторону происходит соответствующая корректировка скорости расхода рабочего газа. После нанесения пленки деталь возвращается под электронную пушку, где осуществляется сплавление пленки с подложкой. Процессы нанесения пленки и сплавления могут циклически повторяться. Перемещение детали из зоны обработки пучком в зону нанесения покрытия и обратно осуществляются автоматизированной системой с персонального компьютера. Система управления позволяет также задавать частоту следования и число импульсов пучка за цикл, количество циклов облучения и напыления при изготовлении многослойных покрытий, время и режим напыления пленки, вести рабочий протокол.

1.4. Назначение и принцип работы магнетронного распылителя

Магнетронные распылительные системы являются высокоэффективными устройствами для нанесения покрытий из металлов (Ti, Zr, Cr, Al, Cu, Au, Ag и др), сплавов методом магнетронного распыления на постоянном(импульсном) токе .



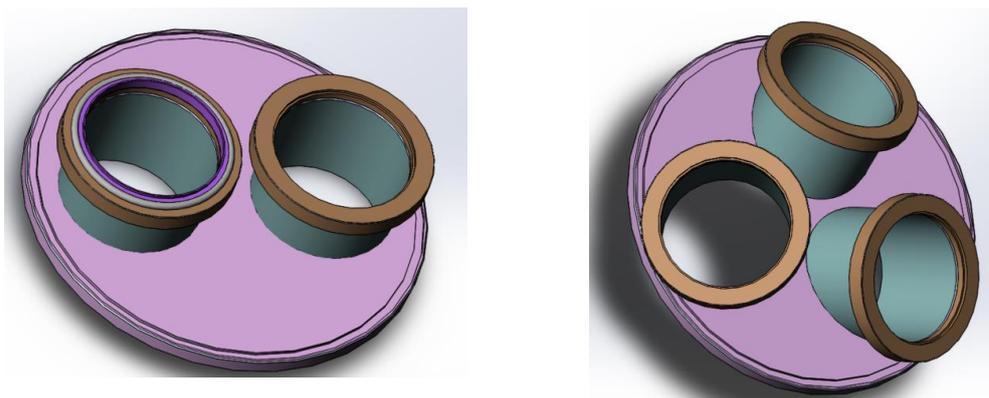
Упрощенная схема магнетронной распылительной системы с круглым катодом представлена на рис.16. Магнетронный разряд зажигается между катодом 5 и анодом(стенки вакуумной камеры). Питание разряда осуществляется от источника постоянного либо импульсного напряжения через винт 4. Образующиеся в разряде ионы ускоряются и бомбардируют катод из напыляемого материала, в результате чего происходит распыление его поверхности и формирование потока распыленных атомов в сторону стола с обрабатываемой деталью. Электроны, эмитирующие с мишени под действием бомбардировки, захватываются магнитным полем (созданным центральным магнитом 1 и кольцевым магнитом 2 при помощи магнитопровода 3) и

совершают сложное циклоидальное движение по замкнутой траектории в скрещенных электрическом и магнитном полях. Двигаясь в магнитной ловушке у поверхности катода, электрон успевает многократно ионизировать атомы рабочего газа, прежде чем потерять большую часть энергии и достигнет анода. Для снижения температуры в магнетроне циркулирует охлаждение поступающее через патрубков 6. Главным достоинством магнетронных распылительных систем являются относительно высокие скорости осаждения и возможность получения равномерных по толщине пленок .

1.5. Задачи проекта

В процессе научно-исследовательских изысканий определили, что установки в РАН, требуют постоянной модернизации, доработки и усовершенствования. В связи с этим, была поставлена задача, улучшить качественные и технические характеристики установки.

Учеными лаборатории и опытным производством был изменен блок магнетронных распылителей, в место двух параллельно расположенных магнетронов установили три магнетрона и расположили под углом друг к другу



Предложенное усовершенствование даст возможность наносить покрытие разного состава что повысит качественные характеристики обрабатываемого изделия , улучшит чистоту поверхностного слоя сравнимую с полированием механическим способом, ускорит процесс формирования поверхностного слоя.

По результатам исследования были выбраны материалы и комплектующие, соответствующие техническому заданию на проектирование установки. Рассчитанные нагрузки в рабочем режиме определили сечение элементов конструкции и частоту опорно-соединительных элементов.

1.6. Результаты испытаний

Типичные осциллограммы импульсов приведены на рис. 2. Варьирование плотностью энергии пучка осуществляется путем изменения зарядного напряжения генератора высоковольтных импульсов, давления рабочего газа, расстояния между катодом и мишенью, а также путем фокусировки пучка (или дефокусировки) ведущим магнитным полем и ферромагнитными вставками, располагаемыми за мишенью.

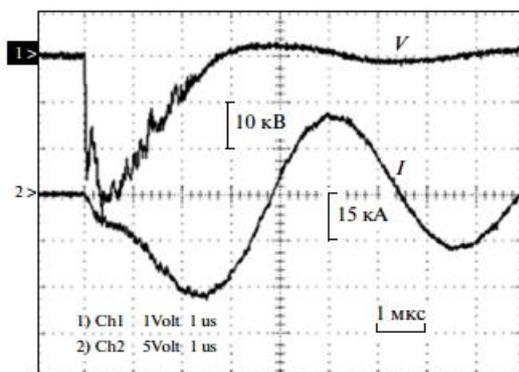


Рис.2 Осциллограммы ускоряющего напряжения V и тока катода I , $B = 0.24$ Тл, давление аргона – 0.04 Па.

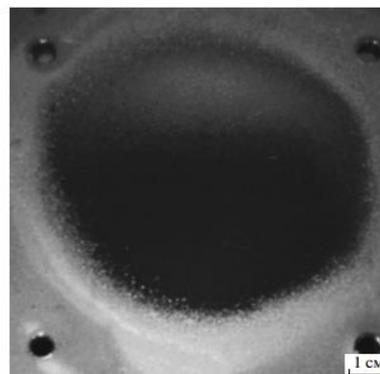


Рис.3 Профили элементов в сформированном поверхностном сплаве Ni-Cu.

Характерный автограф пучка на мишени из нержавеющей стали приведен на рис. 3. Диаметр области однородного оплавления составляет ~ 9 см. Как показали измерения, все блоки питания и управления обладают высокой помехоустойчивостью, несмотря на высокие скорости изменения тока в источнике н.с.э.п. (до 1011 А/с).

Предварительные испытания установки показали достаточную стабильность ее основных технических характеристик и надежность работы. Установка позволяет формировать поверхностные сплавы толщиной от десятков нанометров до десятков микрон.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

					ВКР.ТАМП.151001			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Масленников С.А.</i>			11	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Афонасов А.И.</i>						
<i>Н. Контр.</i>						ТПУ ИнЭО гр 3-4301		
<i>Утверд.</i>								

Введение

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью экономики. Развитие машиностроения определяется как разработкой принципиально новых конструкций машин, так и совершенных технологий их изготовления. Часто именно технологичность конструкции определяет, будет ли она широко использоваться. Экономичность производства напрямую зависит от качества технологических процессов, разрабатываемых на нём.

В современной технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (высокопроизводительные станки, инструмент с повышенной стойкостью и т. д.);
- создание максимально эффективных маршрутов технологических процессов;
- использование эффективной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства на базе АСУП, включающая в себя разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов получения заготовок с минимальными припусками под механическую обработку. В некоторых случаях целесообразно снижать технологичность изделия для повышения качества продукции, что может значительно повысить конкурентоспособность продукции и компенсировать дополнительные затраты. Стремление к технологичности в любом случае не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже конструктивно заданных.

Критерии построения эффективных маршрутов технологического процесса зависят от типа производства и возможностей предприятия. Одним из наиболее известных критериев является принцип постоянства баз. Маршрут должен учитывать также расчёт максимально полного использования возможностей оборудования.

Автоматизация производства на всех его этапах позволяет существенно сократить время подготовки производства, внедрения новых изделий, уменьшить и упорядочить документооборот, оперативно вносить изменения в действующие технологические процессы. Сейчас уже высокотехнологичные производства (авиа- и автомобилестроение) не могут оставаться на конкурентоспособном уровне без комплексных систем автоматизации.

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для условий единичного производства.

Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления детали,
представленной на рис. 4.

Годовая программа выпуска изделий - 650 шт.

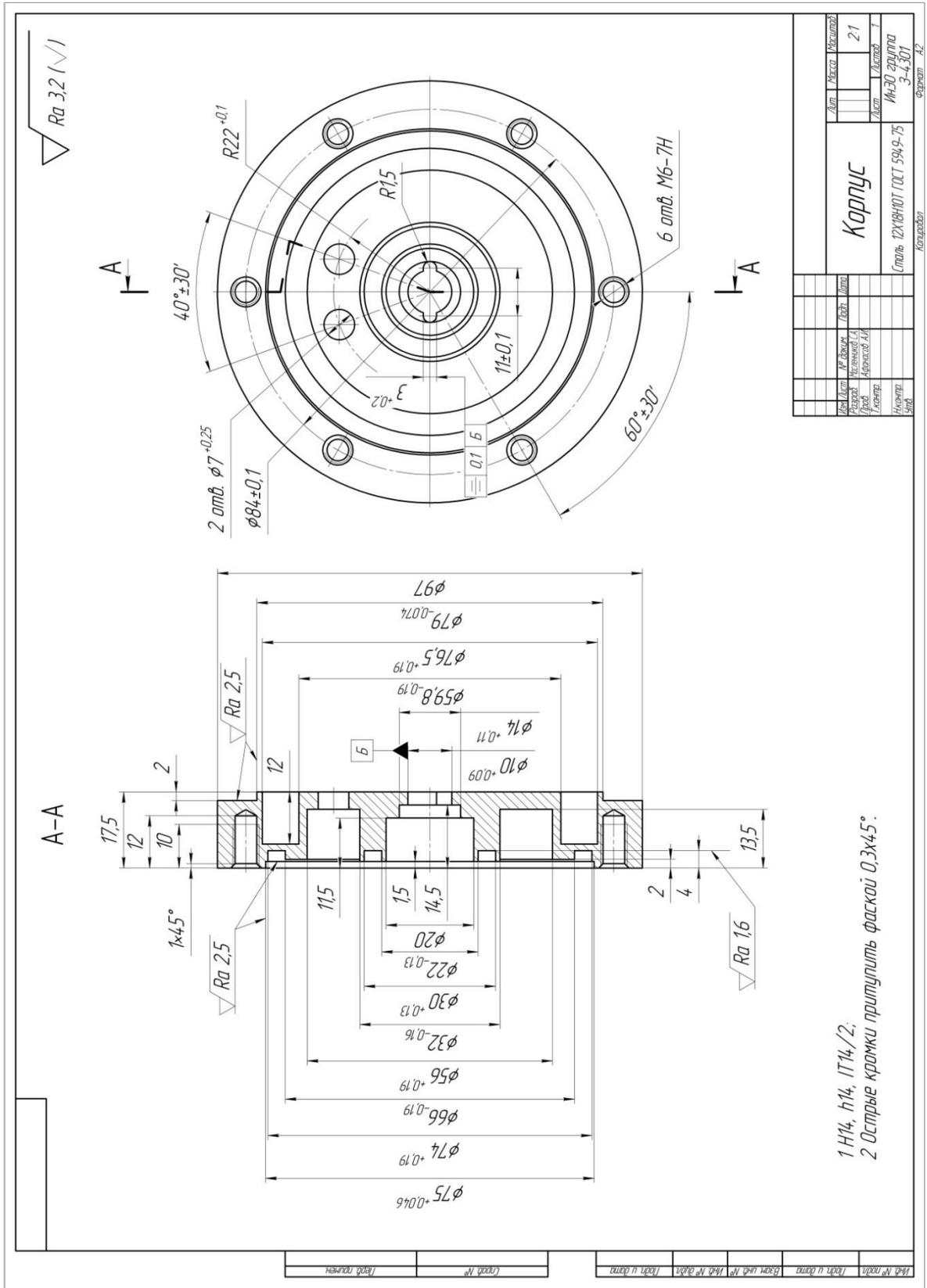


Рис. 4. Чертеж детали

2.1. Назначение и конструкция детали

Корпус - это тело вращения. Относится к деталям класса корпусных деталей, образующих наружные и внутренние поверхности тела вращения.

На корпусе предусмотрено два посадочных размера для центрирования и точной посадки с другими деталями, а для закрепления служат 6 резьбовых отверстий. На торцах корпуса имеются торцевые канавки под уплотнительные кольца, что говорит о том, что корпус предназначен для герметичного соединения с другими узлами в сборочной единице.

Материал заготовки - Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75

Химический состав в %	
C	до 0,12
Si	до 0,8
Mn	до 2
Ni	9 - 11
S	до 0,02
P	до 0,035
Cr	17 - 19
Cu	до 0,3
Fe	~67

Марка	12Х18Н10Т
Заменитель:	08Х18Г8Н2Т, 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, 08Х22Н6Т, 08Х17Т, 15Х25Т, 12Х18Н9Т
Классификация	Сталь коррозионно-стойкая обыкновенная
Применение	детали, работающие до 600 °С. Сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей и другие детали, работающие под давлением при температуре от —196 до +600 °С, а при наличии агрессивных сред до +350 °С.
Предел кратковременной	$\sigma_B=510\text{МПа}$;

прочности	
Предел текучести для остаточной деформации	$\sigma_T=196\text{МПа}$
Относительное удлинение при разрыве	$\delta=35\%$
Закалка	1020 - 1100°C, Охлаждение воздух (Пруток)

2.2. Анализ технологичности конструкции детали и технологии её изготовления

Деталь имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Обработку наружных и внутренних поверхностей предполагается выполнять на токарном станке с ЧПУ. Форма детали удобна для изготовления и автоматического контроля, не требует специальных приспособлений для обработки. Конфигурация обеспечивает легкое удаление стружки.

С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

2.3. Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [5]:

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где t_e – такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\theta} = \frac{F_{\Gamma}}{N_{\Gamma}},$$

где F_{Γ} – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N_{Γ} – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.2.1 [2.1,стр.22] при односменном режиме работы: $F_{\Gamma} = 2015$ ч.

Тогда

$$t_{\theta} = \frac{F_{\Gamma}}{N_{\Gamma}} = \frac{2015 \times 60}{650} = 186 \text{ мин}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (2)$$

где $T_{ш.к i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$): токарную с ЧПУ и фрезерной с ЧПУ (сверления) (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [5,стр.147]:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к i} \cdot T_{о i}, \quad (3)$$

где $\varphi_{к i}$ – коэффициент i - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{о i}$ – основное технологическое время i - ой операции, мин.

Для первых двух операций (токарных с ЧПУ): $\varphi_{к 1} = \varphi_{к 2} = 2,14$;

фрезерной с ЧПУ (сверления) $\varphi_{к} = 1,72$

Для определения основного технологического времени используем данные приложения 1 [5, стр 147]

Основное технологическое время 010 токарной операции

$$T_{0.1} = (0,037D^2 + 0,17dl + 0,52dl) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{0.1} = (0,037 \cdot 100^2 + 0,17 \cdot 98 \cdot 16,5 + 0,52 \cdot 8 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 0,725 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_k \cdot T_0$$

$$T_{ш.к} = 2,14 \cdot 0,642 = 1,55 \text{ мин}$$

Основное технологическое время 015 токарной с ЧПУ

$$T_{0.15} = (0,037 (D^2 - d^2) + 2 \cdot 0,17dl + 0,18dl + 0,63(D^2 - d^2)) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{0.15} = (0,037 \cdot 3168 + 0,17 \cdot 97 \cdot 10 + 2 \cdot 0,17 \cdot 79 \cdot 2 + 0,18 \cdot 10 \cdot 6 + 0,63 \cdot 2276) \cdot 10^{-3} = 1,78 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_k \cdot T_0$$

$$T_{ш.к} = 2,14 \cdot 1,78 = 3,8 \text{ мин}$$

Основное технологическое время 020 токарной с ЧПУ

$$T_{0.20} = (0,037 (D^2 - d^2) + 0,17dl + 0,63 (D^2 - d^2) + 0,18dl + 0,18dl + 0,18dl) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{0.20} = (0,037 \cdot 9409 + 0,17 \cdot 97 \cdot 7 + 0,63 \cdot (1120) + 0,63 \cdot (2112) + 0,63 \cdot (416) + 0,18 \cdot 14 \cdot 14,5 + 0,18 \cdot 75 \cdot 1,5 + 0,18 \cdot 20 \cdot 11,5) \cdot 10^{-3} = 2,86 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_k \cdot T_0$$

$$T_{ш.к} = 2,14 \cdot 2,86 = 6,12 \text{ мин}$$

Основное технологическое время 025 фрезерной с ЧПУ

$$T_{0.3} = 6 \cdot 0,52dl + 2 \cdot 0,52dl$$

$$T_{0.3} = (8 \cdot 0,52 \cdot 4,95 \cdot 12 + 2 \cdot 0,52 \cdot 7 \cdot 17,5) \cdot 10^{-3} = 0,374 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_k \cdot T_0$$

$$T_{ш.к} = 1,72 \cdot 0,374 = 0,644 \text{ мин}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по форм. (2):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^5 T_{шт.к.i}}{4} = \frac{1,55 + 3,8 + 6,12 + 0,644}{4} = 3,02 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по форм.(1):

$$K_{zo} = \frac{t_B}{T_{cp}} = \frac{186}{3,02} = 61,6$$

Так как $K_{z.o} = 61,6 > 40$, то тип производства - единичный.

2.4. Выбор исходной заготовки

Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки.

Для изготовления деталей машин применяют следующие виды заготовок: прокат (круглый, квадратный, шестигранный, листовой), литые всевозможных видов, штамповка, поковка, трубы. Отливки применяют для деталей из чугуна и цветных металлов.

Данная деталь имеет форму тела вращения. Перепад диаметров небольшой, поэтому целесообразно применить в качестве заготовки прокат.

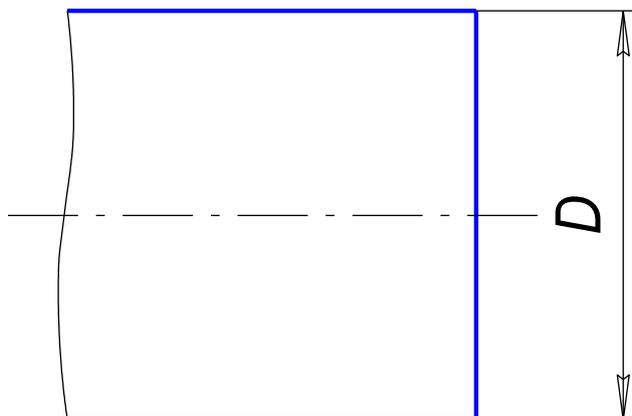


Рис. 5. Заготовка

Круг В1 100 ГОСТ 2590-2006/ 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75

2.5. Принятый маршрутный и операционный техпроцесс

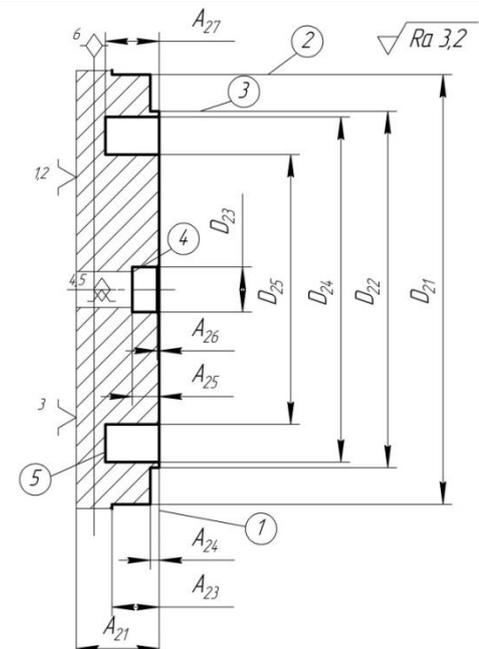
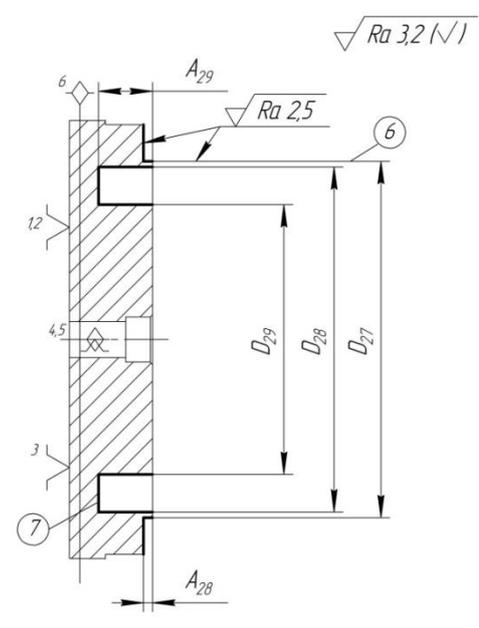
На текущем этапе анализируется движение заготовки по этапам технологического процесса для достижения конструкции, заданной по чертежу, с соблюдением всех требований на изделие. Маршрут изготовления на одну деталь может быть различен. Во-первых, это связано с видом производства, на котором планируется изготовление детали, во-вторых, производство обладает или не обладает необходимым оборудованием в станочном парке, режущим и контрольно-измерительным инструментом, оснасткой и прочими технологическими возможностями. От маршрута изготовления зависит и экономическая сторона выбора последовательности изготовления, что существенно на предприятиях по серийному или массовому производству.

Выше было определено, что производство единичное.

Маршрут представлен в табл.1.

Таблица 1

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
005	A 1	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Выдвинуть пруток до упора и закрепить</p> <p>Отрезать заготовку D_{01}, выдерживая размер A_{01} мм</p>	<p>* Размер для справок</p>
010	A 1 2 3	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить деталь в патрон</p> <p>Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{11}</p> <p>Сверлить отверстие 1, выдерживая D_{11} насквозь</p> <p>Точить поверхность 3, выдерживая размеры D_{12}, A_{12}</p> <p>Отложить деталь</p>	

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
015	Токарная с ЧПУ		 <p>Острые края притупить фаской 0,3x45°.</p>
	A	Установить деталь в патрон	
	1	Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{21}	
	2	Точить поверхность 2, выдерживая размеры D_{21} на длину A_{23}	
	3	Точить поверхность 3 предварительно, выдерживая размеры D_{22} на длину A_{24}	
	4	Расточить отверстие 4, выдерживая размеры D_{23} на длину A_{25}	
	5	Снять фаску A_{26}	
	6	Расточить канавку 5 предварительно, выдерживая размеры D_{24} , D_{25} , A_{27}	
	7	Точить поверхность 6 окончательно, выдерживая размеры D_{27} на длину A_{28}	
8	Расточить канавку 7 окончательно, выдерживая размеры D_{28} , D_{29} , A_{29}		
9	Отложить деталь	 <p>Острые края притупить фаской 0,3x45°.</p>	

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
020		Токарная с ЧПУ	
A		Установить деталь в патрон	
1		Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{31}	<p>Острые края притупить фаской 0,3x45°.</p>
2		Точить поверхность, выдерживая размер D_{31}	
3		Расточить отверстие 2, выдерживая размеры D_{33} , A_{33}	
4		Расточить отверстие 3, выдерживая размеры D_{34} , A_{34}	
5		Расточить канавку 4 предварительно, выдерживая размеры D_{35} , D_{36} , A_{35}	
6		Расточить канавку 5, выдерживая размеры D_{37} , D_{38} , A_{37}	
7		Расточить канавку 6, выдерживая размеры D_{39} , D_{310} , A_{37}	
8		Подрезать торец 7, выдерживая размер A_{38}	
9		Подрезать торец 8, выдерживая размер A_{39}	
10		Расточить канавку 9 окончательно, выдерживая размеры D_{312} , D_{313} , A_{310}	
11		Расточить отверстие 10, выдерживая размеры D_{314} , A_{311}	
12		Отложить деталь	

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
025		<u>Фрезерная с ЧПУ</u>	
	A	Установить деталь в патрон	A-A $\sqrt{Ra\ 3,2}$
	1	Фрезеровать 2 паза 1, выдерживая размеры согласно эскизу	
	2	Центровать 6 отв. 2, выдерживая размеры согласно эскизу	
	3	Сверлить 6 отв. 2 $\phi 4,95^{+0,26}$ мм согласно эскизу	
	4	Зенковать 6 отв. 2 $1 \times 45^\circ$ согласно эскизу	
	5	Нарезать резьбу 6 отв. M6-7H согласно эскизу	
	6	Центровать 2 отв. 3, выдерживая размеры согласно эскизу	
	7	Сверлить 2 отв. 3 $\phi 7^{+0,1}$ мм насквозь согласно эскизу Отложить деталь	
030	1	<u>Слесарная</u> Снять заусенцы	

2.6. Построение расчётной схемы и графа технологических цепей

Расчётная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия [38, стр. 21].

На основании маршрута изготовления корпуса, составляется размерная схема, которая представлена на рис. 6 и рис. 7, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

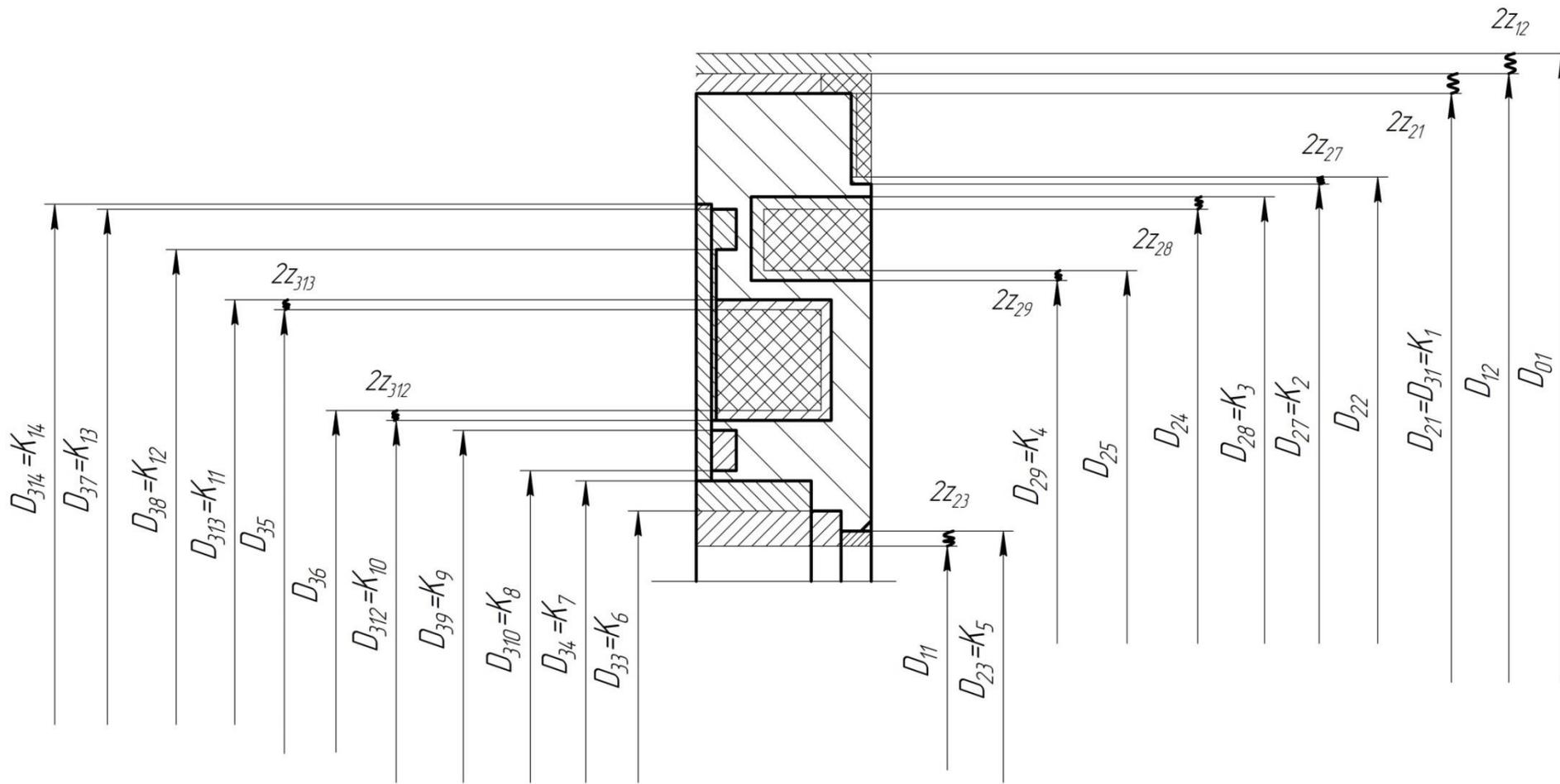


Рис. 6. Размерная схема технологического процесса изготовления корпуса (диаметральное направление)

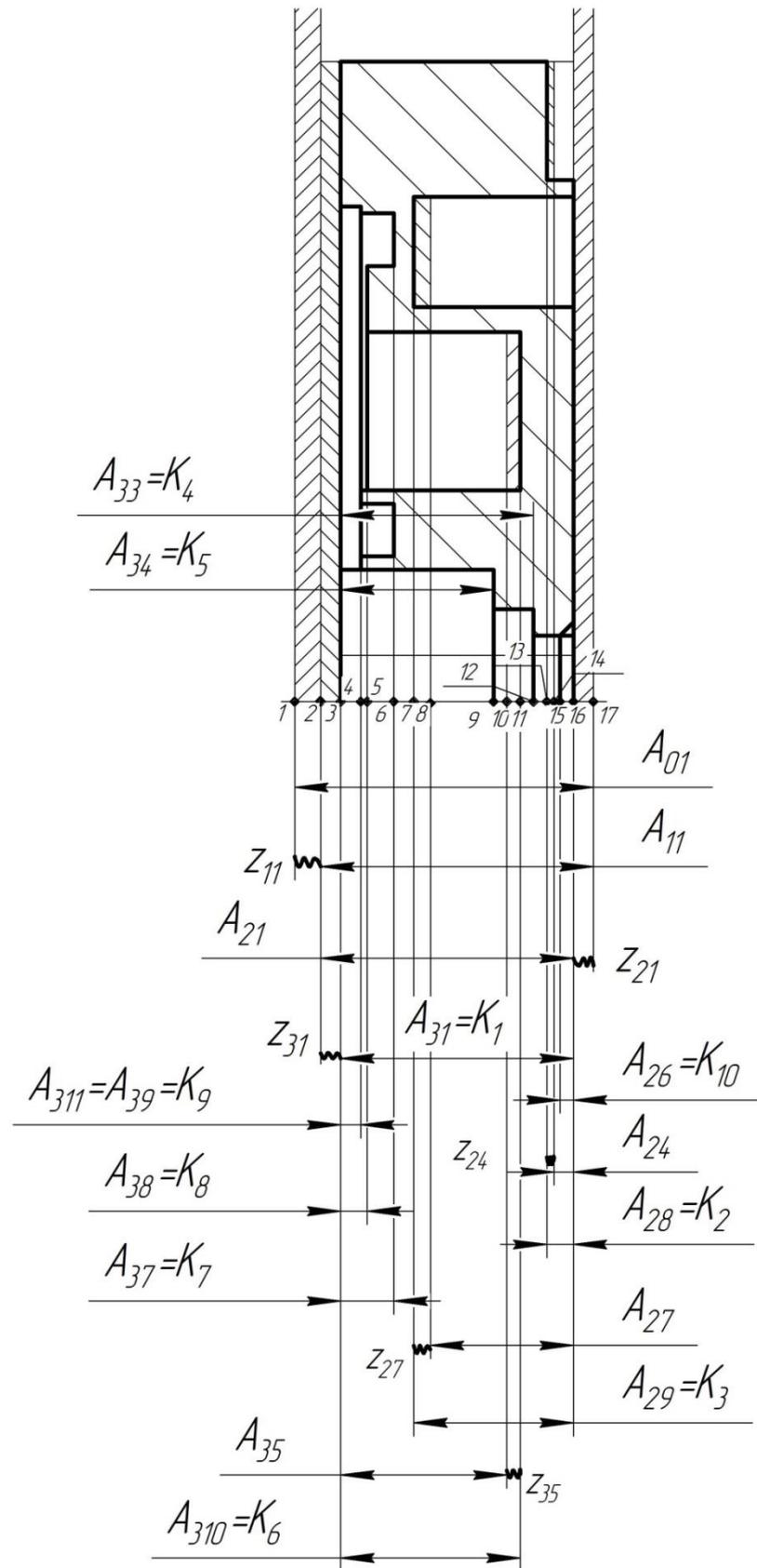


Рис. 7. Размерная схема технологического процесса изготовления крышки (продольное направление)

С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схемы строится граф технологических размерных цепей [38, стр. 29]. Граф для продольной размерной схемы изготовления представлен на рис. 8.

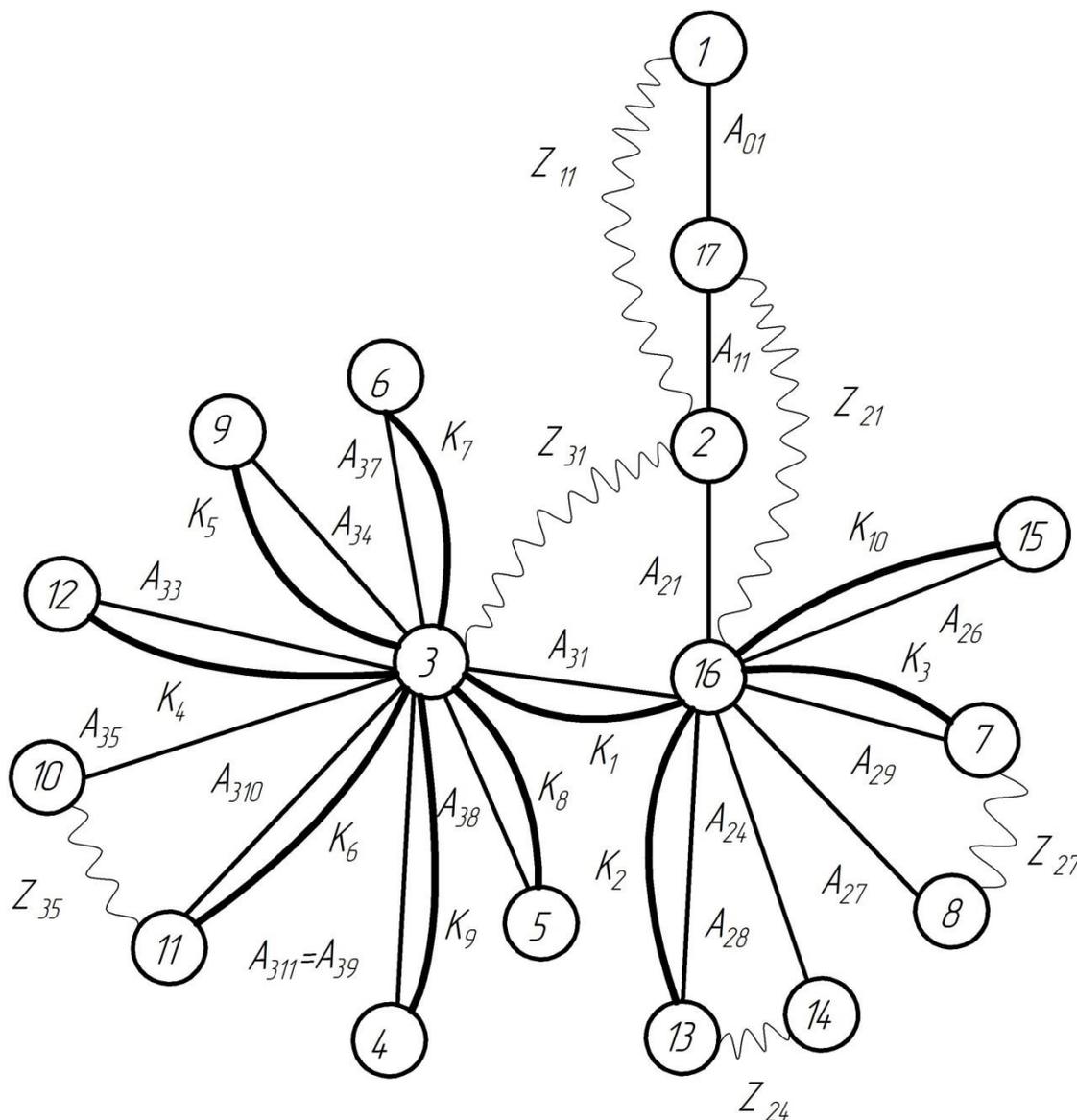


Рис. 8. Граф технологических размерных цепей

Расчёт минимальных припусков z_{\min} на обработку заготовки

Как известно из работ Скворцова В.Ф. [38] минимальный припуск на обработку должен быть таким, чтобы его удаление было достаточно для обеспечения требуемой точности детали и её заданного качества поверхностного слоя.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле [38, стр. 47]:

$$z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (4)$$

где $z_{i \min}$ - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

ε_{yi} - погрешность установки заготовки на текущем переходе, мкм.

В свою очередь:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{Pi-1}^2 + \rho_{\Phi i-1}^2}, \quad (5)$$

где ρ_{Pi-1}^2 - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, возникшая на предыдущем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi i-1}^2$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода.

$$\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma Pi}^2 + \varepsilon_{\sigma si}^2},$$

ε_{σ} - погрешность базирования заготовки на текущем переходе, мкм,

ε_{σ} - погрешность закрепления заготовки на текущем переходе, мкм.

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [3, стр. 48]:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (6)$$

где $\rho_{i-1} = \rho_{Pi-1} + \rho_{\Phi i-1}$.

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (1) и сводим их в таблицу 2.

Методика заполнения таблицы припусков: для каждого припуска в этой же строке вписываем в столбцы

- 1- Шероховатость R_z поверхности до снятия припуска
- 2- Дефектный слой T поверхности до снятия припуска
- 3- Кривизну заготовки ρ до снятия припуска
- 4- Погрешность установки ε на выполняемом переходе

В результате расчет минимального припуска сводится к простому складыванию значений в каждой строке (для продольных размеров) или рассчитывается по формуле (5) для радиальных.

При определении продольных припусков в качестве ρ выбираем отклонение от перпендикулярности, торцовое биение. Параметры шероховатости, величины дефектного слоя выбираем из соответствующих таблиц приложений [38].

Погрешность базирования заготовки в радиальном направлении в трехкулачковом патроне $\varepsilon_6 = 0$. Значит $\varepsilon_y = \varepsilon_z$.

Продольные припуски

Припуск Z_{11} : шероховатость заготовки $R_z=80$ мкм, дефектный слой $T=150$ мкм, неперпендикулярность торца 150 мкм.

Припуск Z_{21} : шероховатость заготовки $R_z=80$ мкм, дефектный слой $T=150$ мкм, торцовое биение (кривизна) 150 мкм.

Припуск Z_{31} : шероховатость после чернового точения $R_z=40$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, торцовое биение (кривизна) 100 мкм.

Припуск Z_{24} : шероховатость после чернового точения $R_z=40$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, торцовое биение (кривизна) 100 мкм.

Припуск Z_{27} : шероховатость после чернового точения $R_z=40$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, торцовое биение (кривизна) 100 мкм.

Припуск Z_{35} : шероховатость после чернового точения $R_z=40$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, торцовое биение (кривизна) 100 мкм.

Расчет продольных припусков на обработку

Таблица 2

	R_z	T	ρ	Z_{min}
Z_{11}	80	150	150	380
Z_{21}	80	150	150	380
Z_{31}	40	50	100	190
Z_{24}	40	50	100	190
Z_{27}	40	50	100	190
Z_{35}	40	50	100	190

Расчет продольных припусков:

$$Z_{11}=80+150+150=380 \text{ мкм}$$

$$Z_{21}=80+150+150=380 \text{ мкм}$$

$$Z_{31}=40+50+100=190 \text{ мкм}$$

$$Z_{24}=40+50+100=190 \text{ мкм}$$

$$Z_{27}=40+50+100=190 \text{ мкм}$$

$$Z_{35}=40+50+100=190 \text{ мкм}$$

Радиальные припуски

Припуск Z_{12} : шероховатость заготовки $R_z=100$ мкм, дефектный слой $T=100$ мкм, кривизна в радиальном направлении 200 мкм. Погрешность закрепления горячекатанного проката в трехкулачковом патроне $\varepsilon=500$ мкм. [38]

Припуск Z_{21} : шероховатость после чернового точения $R_z=80$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, радиальное биение (кривизна) 80 мкм [38]. Погрешность закрепления предварительно обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=120$ мкм. [38]

Припуск Z_{27} : шероховатость после чернового точения $R_z=80$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, радиальное биение (кривизна) 80 мкм [38]. Погрешность закрепления предварительно обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=120$ мкм. [38]

Припуск Z_{28} : шероховатость после чернового точения $R_z=80$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, радиальное биение (кривизна) 80 мкм [3].

Погрешность закрепления предварительно обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=120$ мкм. [38]

Припуск Z_{29} : шероховатость после черногого точения $Rz=80$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, радиальное биение (кривизна) 80 мкм [38].

Погрешность закрепления предварительно обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=120$ мкм. [38]

Припуск Z_{23} : шероховатость после сверления $Rz=80$ мкм, дефектный слой $T=50$ мкм, радиальное биение (кривизна) 100 мкм [38]. Погрешность закрепления предварительно обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=120$ мкм. [38]

Припуск Z_{312} : шероховатость после чистового точения $Rz=20$ мкм, дефектный слой $T=25$ мкм, радиальное биение (кривизна) 10 мкм [38].

Погрешность закрепления чисто обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=60$ мкм. [38]

Припуск Z_{313} : шероховатость после чистового точения $Rz=20$ мкм, дефектный слой $T=25$ мкм, радиальное биение (кривизна) 10 мкм [38].

Погрешность закрепления чисто обработанной заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=60$ мкм. [38]

Расчет диаметральных припусков

Таблица 3

	R_z	T	ρ	ε	$2Z_{\min}$
Z_{12}	100	150	200	500	1477
Z_{21}	80	50	80	120	548
Z_{27}	80	50	80	120	548
Z_{28}	80	50	80	120	548
Z_{29}	80	50	80	120	548
Z_{23}	80	50	100	120	572
Z_{312}	20	25	10	60	212
Z_{313}	20	25	10	60	212

$$z_{12} = 2 \times (100 + 100 + \sqrt{200^2 + 500^2}) = 1477 \text{ мкм}$$

$$z_{21} = 2 \times (80 + 50 + \sqrt{80^2 + 120^2}) = 548 \text{ мкм}$$

$$z_{27} = 2 \times (80 + 50 + \sqrt{80^2 + 120^2}) = 548 \text{ мкм}$$

$$z_{28} = 2 \times (80 + 50 + \sqrt{80^2 + 120^2}) = 548 \text{ мкм}$$

$$z_{29} = 2 \times (80 + 50 + \sqrt{80^2 + 120^2}) = 548 \text{ мкм}$$

$$z_{23} = 2 \times (80 + 50 + \sqrt{100^2 + 120^2}) = 572 \text{ мкм}$$

$$z_{312} = 2 \times (20 + 25 + \sqrt{10^2 + 60^2}) = 212 \text{ мкм}$$

$$z_{313} = 2 \times (20 + 25 + \sqrt{10^2 + 60^2}) = 212 \text{ мкм}$$

2.7. Расчет припусков на обработку на технологические размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допускаемое отклонение на размер проката обычной точности ($TD_{01} = 2,3 \text{ мм}$). Допуски размеров, получаемые на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности.

Допуски на диаметральные размеры могут быть приняты равными статистической погрешности: $TD_i = \omega_{c_i}$

Для черновых операций это соответствует 11 качеству. Для размеров выдерживаемых непосредственно приравниваем допуск к допуску конструкторского размера.

Допуски на диаметральные технологические размеры, равные конструкторским допускам:

$$TD_{21} = TD_{31} = 0,87 \text{ мм}$$

$$TD_{23} = 0,09 \text{ мм}$$

$$TD_{27} = 0,074 \text{ мм}$$

$$TD_{28} = 0,19 \text{ мм}$$

$$TD_{29} = 0,19 \text{ мм}$$

$$TD_{33} = 0,11 \text{ мм}$$

$$TD_{34} = 0,52 \text{ мм}$$

$$TD_{37} = 0,19 \text{ мм}$$

$$TD_{39} = 0,13 \text{ мм}$$

$$TD_{310} = 0,13 \text{ мм}$$

$$TD_{312} = 0,16 \text{ мм}$$

$$TD_{313} = 0,19 \text{ мм}$$

$$TD_{314} = 0,046 \text{ мм}$$

Допуски на осевые размеры

В соответствии с рекомендациями [32], определим допуски на линейные технологические размеры и представим в виде таблицы 4.

Таблица 4

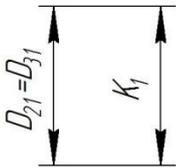
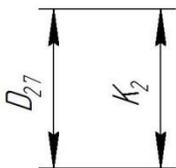
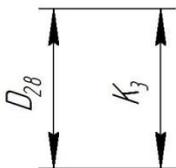
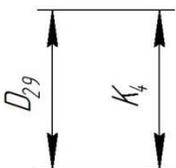
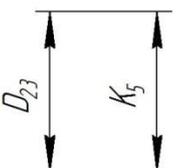
Технологический размер	Численное значение допуска	Технологический размер	Численное значение допуска
TA ₀₁	1	TD ₀₁	2,30
TA ₁₁	0,13	TD ₁₂	0,20
TA ₂₁	0,13	TD ₂₂	0,19
TA ₂₄	0,06	TD ₂₄	0,19
TA ₂₇	0,11	TD ₂₅	0,19
TA ₃₅	0,11	TD ₁₁	0,15
		TD ₃₆	0,13
		TD ₃₅	0,19

2.8. Размерный анализ техпроцесса

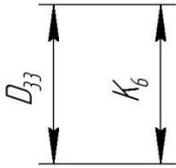
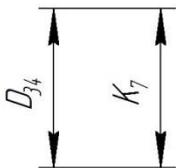
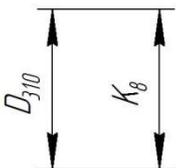
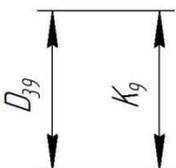
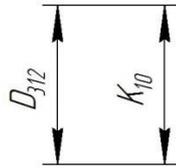
Расчет технологических размеров сводим в таблицу 5.

Таблица 5

Расчет технологических размеров (радиальное направление)

<i>№_{опер}</i>	<i>№_{пер}</i>	<i>Размерная цепь</i>	<i>Расчет технологического размера</i>
015 020	2		<p><i>Конструкторский размер K_1 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{21}: $K_1 = D_{21} = D_{31}$;</i></p> <p align="center">$D_{21} = D_{31} = K_1 = 97_{-0,87}$ мм.</p>
015	7		<p><i>Конструкторский размер K_2 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{27}: $K_2 = D_{27}$;</i></p> <p align="center">$D_{27} = K_2 = 79_{-0,074}$ мм.</p>
015	8		<p><i>Конструкторский размер K_3 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{28}: $K_3 = D_{28}$;</i></p> <p align="center">$D_{28} = K_3 = 76,5^{+0,19}$ мм.</p>
015	8		<p><i>Конструкторский размер K_4 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{29}: $K_4 = D_{29}$;</i></p> <p align="center">$D_{29} = K_4 = 59,8_{-0,19}$ мм.</p>
010	2		<p><i>Конструкторский размер K_5 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{23}: $K_5 = D_{23}$;</i></p> <p align="center">$D_{23} = K_5 = 10^{+0,090}$ мм.</p>

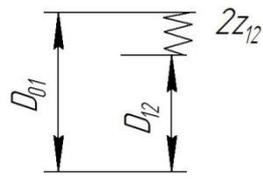
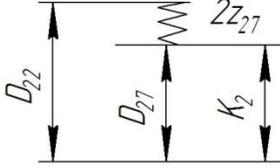
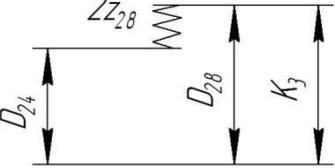
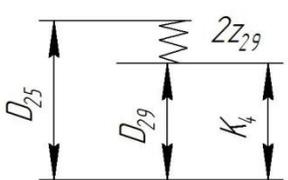
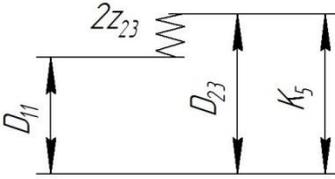
Расчет технологических размеров (радиальное направление)

<i>№_{опер}</i>	<i>№_{пер}</i>	<i>Размерная цепь</i>	<i>Расчет технологического размера</i>
<i>020</i>	<i>3</i>		<p><i>Конструкторский размер K_6 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{33}:</i></p> $K_6 = D_{33};$ $D_{33} = K_6 = 14^{+0,11} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>4</i>		<p><i>Конструкторский размер K_7 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{34}:</i></p> $K_7 = D_{34};$ $D_{34} = K_7 = 20^{+0,52} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>10</i>		<p><i>Конструкторский размер K_8 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{310}:</i></p> $K_8 = D_{310};$ $D_{310} = K_8 = 22_{-0,13} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>7</i>		<p><i>Конструкторский размер K_9 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{39}:</i></p> $K_9 = D_{39};$ $D_{39} = K_9 = 30^{+0,13} \text{ мм}$
<i>010</i>	<i>10</i>		<p><i>Конструкторский размер K_{10} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{312}:</i></p> $K_{10} = D_{312};$ $D_{312} = K_{10} = 32_{-0,16} \text{ мм.}$

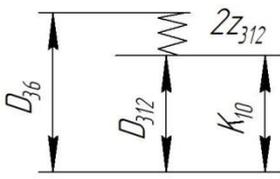
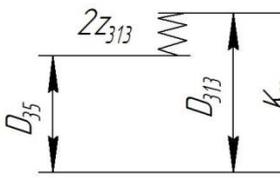
Расчет технологических размеров (радиальное направление)

<i>№_{опер}</i>	<i>№_{пер}</i>	<i>Размерная цепь</i>	<i>Расчет технологического размера</i>
<i>020</i>	<i>10</i>		<p><i>Конструкторский размер K_{11} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{313}:</i></p> $K_{11} = D_{313};$ $D_{313} = K_{11} = 56^{+0,19} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>6</i>		<p><i>Конструкторский размер K_{12} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{38}:</i></p> $K_{12} = D_{38};$ $D_{38} = K_{12} = 66_{-0,19} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>6</i>		<p><i>Конструкторский размер K_{13} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{37}:</i></p> $K_{13} = D_{37};$ $D_{37} = K_{13} = 74^{+0,19} \text{ мм.}$
<i>020</i>	<i>11</i>		<p><i>Конструкторский размер K_{14} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру D_{314}:</i></p> $K_{14} = D_{314};$ $D_{314} = K_{14} = 75^{+0,046} \text{ мм}$
<i>010</i>	<i>3</i>		<p><i>Определение размера D_{12},</i></p> $z_{21}^C = D_{12}^C - D_{21}^C;$ $D_{12}^C = D_{21}^C + z_{21}^C = D_{21}^C + z_{21}^C + \frac{\min TD_{12} + TD_{21}}{2};$ $D_{12}^C = 96,565 + 0,548 + \frac{0,87 + 0,2}{2} = 97,983 \text{ мм};$ $D_{12} = 97,653 \pm 0,1$ <p><i>Принимаем диаметр: $D_{12} = 97,7_{-0,2} \text{ мм.}$</i></p>

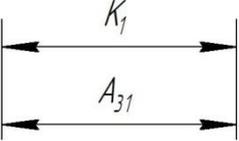
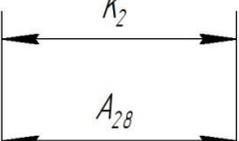
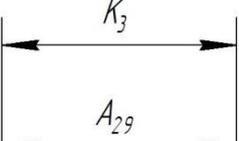
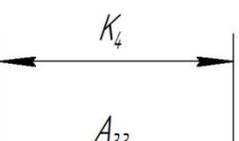
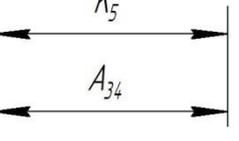
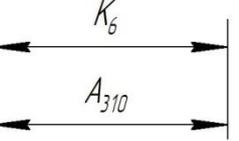
Расчет технологических размеров (радиальное направление)

N° _{опер}	N° _{пер}	Размерная цепь	Расчет технологического размера
005	1		<p>Определение размера заготовки D_{01},</p> $z_{12}^C = D_{01}^C - D_{12}^C;$ $D_{01}^C = D_{12}^C + z_{12}^C = D_{12}^C + z_{12}^C \frac{\min TD_{01} + TD_{12}}{2};$ $D_{01}^C = 97,7 + 1,477 + \frac{2,3 + 0,2}{2} = 100,42 \text{ мм};$ $D_{01} = 100,42 - \frac{0,6 - 1,7}{2} = 100,17 \text{ мм};$ <p>Принимаем диаметр проката: $D_{01} = 100_{-1,7}^{+0,6} \text{ мм}$.</p>
015	7		<p>Определение технологического размера D_{22},</p> $z_{27}^C = D_{22}^C - D_{27}^C;$ $D_{22}^C = D_{27}^C + z_{27}^C = D_{27}^C + z_{27}^C \frac{\min TD_{22} + TD_{27}}{2};$ $D_{14}^C = 78,963 + 0,548 + \frac{0,074 + 0,19}{2} = 79,643 \text{ мм};$ $D_{14}^C = 79,643 \pm 0,095 \text{ мм};$ $D_{14} = 79,7_{-0,19} \text{ мм}.$
015	8		<p>Определение технологического размера D_{24},</p> $z_{28}^C = D_{28}^C - D_{24}^C;$ $D_{24}^C = D_{28}^C - z_{28}^C = D_{28}^C - z_{28}^C \frac{\min TD_{24} + TD_{28}}{2};$ $D_{24}^C = 76,595 - 0,548 - \frac{0,19 + 0,19}{2} = 75,857 \text{ мм};$ $D_{24}^C = 75,857 \pm 0,095 \text{ мм};$ $D_{24} = 75,762_{-0,19}^{+0,19} \text{ мм, округлим } D_{24} = 75,8_{-0,19}^{+0,19}$
015	8		<p>Определение технологического размера D_{25},</p> $z_{29}^C = D_{25}^C - D_{29}^C;$ $D_{25}^C = D_{29}^C + z_{29}^C = D_{29}^C + z_{29}^C \frac{\min TD_{25} + TD_{29}}{2};$ $D_{25}^C = 59,705 + 0,548 + \frac{0,19 + 0,19}{2} = 60,443 \text{ мм};$ $D_{25}^C = 60,443 \pm 0,095 \text{ мм};$ $D_{25} = 60,538_{-0,19} \text{ мм, округлим } D_{25} = 60,5_{-0,19}$
015	4		<p>Определение технологического размера D_{11},</p> $z_{23}^C = D_{23}^C - D_{11}^C;$ $D_{11}^C = D_{23}^C - z_{23}^C = D_{23}^C - z_{23}^C \frac{\min TD_{23} + TD_{11}}{2};$ $D_{11}^C = 10,045 - 0,572 - \frac{0,09 + 0,15}{2} = 9,353 \text{ мм};$ $D_{11}^C = 9,353 \pm 0,075 \text{ мм};$ $D_{11} = 9,428_{-0,15}^{+0,15} \text{ мм, примем } D_{11} = 9,5_{-0,15}^{+0,15}$

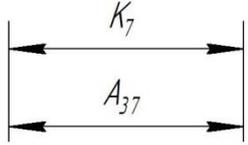
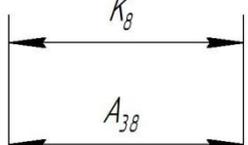
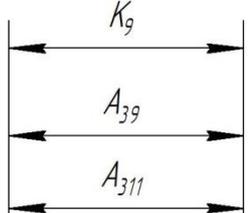
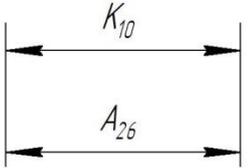
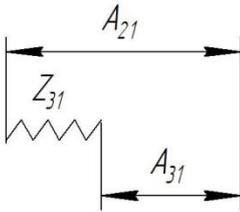
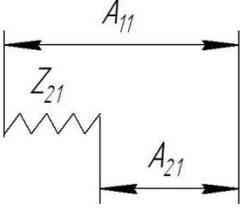
Расчет технологических размеров (радиальное направление)

N° _{опер}	N° _{пер}	Размерная цепь	Расчет технологического размера
020	10		<p>Определение технологического размера D_{36},</p> $z_{312}^C = D_{36}^C - D_{312}^C;$ $D_{36}^C = D_{312}^C + z_{312}^C = D_{312}^C + z_{312}^{\min} + \frac{TD_{312} + TD_{36}}{2};$ $D_{36}^C = 31,92 + 0,212 + \frac{0,16 + 0,13}{2} = 32,277 \text{ мм};$ $D_{36}^C = 32,277 \pm 0,065 \text{ мм};$ $D_{36} = 32,342_{-0,13} \text{ мм, округлим } D_{36} = 32,3_{-0,13} \text{ мм}$
020	10		<p>Определение технологического размера D_{35},</p> $z_{313}^C = D_{313}^C - D_{35}^C;$ $D_{35}^C = D_{313}^C - z_{313}^C = D_{313}^C - z_{313}^{\min} - \frac{TD_{35} + TD_{313}}{2};$ $D_{35}^C = 56,095 - 0,212 - \frac{0,19 + 0,19}{2} = 55,693 \text{ мм};$ $D_{35}^C = 55,693 \pm 0,095 \text{ мм};$ $D_{35} = 55,598^{+0,19} \text{ мм, округлим } D_{35} = 55,6^{+0,19} \text{ мм}$

Расчет технологических размеров (продольное направление)

<i>№_{опер}</i>	<i>№_{пер}</i>	<i>Размерная цепь</i>	<i>Расчет технологического размера</i>
020	2	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_1 and the bottom line is labeled A_{31}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_1 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{31}: $K_1 = A_{31}$; $K_1 = A_{31} = 17,5_{-0,43}$ мм</p>
015	7	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_2 and the bottom line is labeled A_{28}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_2 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{28}: $K_2 = A_{28}$; $K_2 = A_{28} = 2^{+0,25}$ мм</p>
015	8	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_3 and the bottom line is labeled A_{29}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_3 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{29}: $K_3 = A_{29}$; $K_3 = A_{29} = 12^{+0,43}$ мм</p>
020	3	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_4 and the bottom line is labeled A_{33}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_4 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{33}: $K_4 = A_{33}$; $K_4 = A_{33} = 14,5^{+0,43}$ мм</p>
020	4	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_5 and the bottom line is labeled A_{34}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_5 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{34}: $K_5 = A_{34}$; $K_5 = A_{34} = 11,5^{+0,43}$ мм</p>
020	10	 <p>Diagram showing two parallel dimension lines. The top line is labeled K_6 and the bottom line is labeled A_{310}. Both lines have arrows at both ends pointing outwards, indicating they represent the same length.</p>	<p>Конструкторский размер K_6 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{310}: $K_6 = A_{310}$; $K_6 = A_{310} = 13,5^{+0,43}$ мм</p>

Расчет технологических размеров (продольное направление)

<i>№_{опер}</i>	<i>№_{пер}</i>	<i>Размерная цепь</i>	<i>Расчет технологического размера</i>
020	7	 <p style="text-align: center;"> K_7 A_{37} </p>	<p>Конструкторский размер K_7 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{37}: $K_7 = A_{37}$;</p> <p style="text-align: right;">$K_7 = A_{37} = 4^{+0,3}$ мм</p>
015	7	 <p style="text-align: center;"> K_8 A_{38} </p>	<p>Конструкторский размер K_8 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{38}: $K_8 = A_{38}$;</p> <p style="text-align: right;">$K_8 = A_{38} = 2^{+0,25}$ мм</p>
020	9 11	 <p style="text-align: center;"> K_9 A_{39} A_{311} </p>	<p>Конструкторский размер K_9 выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{39}: $K_9 = A_{39} = A_{311}$;</p> <p style="text-align: right;">$K_9 = A_{39} = A_{311} = 1,5^{+0,25}$ мм</p>
015	5	 <p style="text-align: center;"> K_{10} A_{26} </p>	<p>Конструкторский размер K_{10} выдерживается непосредственно, т.е. он равен технологическому размеру A_{26}: $K_{10} = A_{26}$;</p> <p style="text-align: right;">$K_{10} = A_{26} = 0,5 \pm 0,07$ мм</p>
015	1	 <p style="text-align: center;"> A_{21} Z_{31} A_{31} </p>	<p>Определение технологического размера A_{21}</p> $Z_{31}^C = A_{21}^C - A_{31}^C$ $A_{21}^C = Z_{31}^C + A_{31}^C = A_{31}^C + Z_{31}^{\min} \frac{TA_{31} + TA_{21}}{2}$ $A_{21}^C = 17,285 + 0,19 + \frac{0,43 + 0,13}{2} = 26,29 \text{ мм}$ $A_{21}^C = 17,755 \pm 0,065 \text{ мм}$ $A_{21} = 17,8_{-0,13} \text{ мм}$
010	1	 <p style="text-align: center;"> A_{11} Z_{21} A_{21} </p>	<p>Определение технологического размера A_{11}</p> $Z_{21}^C = A_{11}^C - A_{21}^C$ $A_{11}^C = Z_{21}^C + A_{21}^C = A_{21}^C + Z_{21}^{\min} \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2}$ $A_{11}^C = 17,765 + 0,380 + \frac{0,13 + 0,13}{2} = 18,275 \text{ мм}$ $A_{11}^C = 18,275 \pm 0,065 \text{ мм}$ $A_{11} = 18,3_{-0,13} \text{ мм}$

Расчет технологических размеров (продольное направление)

N° _{опер}	N° _{пер}	Размерная цепь	Расчет технологического размера
005	1		<p>Определение технологического размера A_{01} исходной заготовки:</p> $Z_{11}^C = A_{01}^C - A_{11}^C$ $A_{01}^C = Z_{11}^C + A_{11}^C = A_{11}^C + Z_{13}^{\min} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2}$ $A_{01}^C = 18,3 + 0,380 + \frac{0,13 + 1}{2} = 19,2 \text{ мм}$ $A_{01}^C = 19,2 \pm 0,5 \text{ мм}$ $A_{01} = 18,7^{+1} \text{ м}$
015	6		<p>Определение технологического размера A_{27}</p> $Z_{27}^C = A_{29}^C - A_{27}^C$ $A_{27}^C = A_{29}^C - Z_{27}^C = A_{29}^C - Z_{27}^{\min} - \frac{TA_{29} + TA_{27}}{2}$ $A_{27}^C = 12,215 - 0,19 - \frac{0,43 + 0,11}{2} = 11,755 \text{ мм}$ $A_{27}^C = 11,755 \pm 0,055 \text{ мм}$ $A_{27} = 11,7^{+0,11} \text{ мм}$
015	3		<p>Определение технологического размера A_{24}</p> $Z_{24}^C = A_{28}^C - A_{24}^C$ $A_{24}^C = A_{28}^C - Z_{24}^C = A_{28}^C - Z_{24}^{\min} - \frac{TA_{28} + TA_{24}}{2}$ $A_{24}^C = 2,125 - 0,19 - \frac{0,25 + 0,06}{2} = 1,78 \text{ мм}$ $A_{24}^C = 1,78 \pm 0,03 \text{ мм}$ $A_{24} = 1,75^{+0,06} \text{ мм}$
020	5		<p>Определение технологического размера A_{35}</p> $Z_{35}^C = A_{310}^C - A_{35}^C$ $A_{35}^C = A_{310}^C - Z_{35}^C = A_{310}^C - Z_{35}^{\min} - \frac{TA_{310} + TA_{35}}{2}$ $A_{35}^C = 13,715 - 0,19 - \frac{0,43 + 0,11}{2} = 13,255 \text{ мм}$ $A_{35}^C = 13,255 \pm 0,055 \text{ мм}$ $A_{35} = 13,2^{+0,11} \text{ мм}$

2.9. Расчет режимов резания

010 Токарная операция

Подрезка торца

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [47] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия инструмента:

$$\varphi = 45; \varphi_1 = 45.$$

1. Глубина резания: $t = Z_C = 0,4$ мм.

2. Подача по таблице 14 [47]: $s = 0,2$ мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 420$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,2$ определяем по таблице 17 [47].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{IV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [43, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 12X18H10T берем из таблицы 2 [47]:

$$K_{\Gamma} = 1, n_V = 1;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^1 = 1,36.$$

$$K_{MV} = 1; K_{IV} = 0,9; K_{IV} = 1,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1,9 = 1,71.$$

Скорость резания, по формуле (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,71 = 576 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 576}{3,14 \cdot 100} = 1834 \text{ об / мин,}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{cm} = 1900 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1900}{1000} = 597 \text{ м / мин,}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 204$; $n = 0$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [47].

Глубина резания в формуле: $t = 0,4 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [47]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{550}{750} \right)^0 = 1,$$

$$K_{\phi P} = 1,0; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,93.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 597^0 \cdot 0,93 = 227 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{227 \cdot 597}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт},$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,2}{0,75} = 2,9 \text{ кВт},$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$. Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ct} \cdot \eta;$$

$$2,9 \leq 10,$$

где N_{ct} – мощность электродвигателя главного привода станка.

Далее определим режимы резания для других переходов в соответствии с рекомендациями [47].

Сверление отверстия Ø9,5 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Сверло d=9,5 мм P6M5 2301-0025 ГОСТ 10903-77

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр сверла d=9,5 мм.

2. Глубина резания: t=4,75 мм.

3. Рекомендуемая подача[47]:

$$S = 0,10 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 12 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{12}{3,14 \times 9,5} = 400 \text{ об/мин}$$

Обтачивание Ø97,7 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр поверхности $d=97,7$ мм.

2. Глубина резания: $t=1,15$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S=0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 150$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{150}{3,14 \times 97,7} = 490 \text{ об/мин}$$

015 Токарная операция

Подрезание торца

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

1. Диаметр поверхности $d=97,7$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача[47]:

$S=0,15$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 200$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{200}{3,14 \times 97,7} = 650 \text{ об/мин}$$

Обтачивание Ø97 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=97$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,35$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S=0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V=190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 97} = 620 \text{ об/мин}$$

Обтачивание Ø79,7 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=79,7$ мм.

2. Глубина резания: $t=1,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S=0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V=150$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{150}{3,14 \times 79,7} = 600 \text{ об/мин}$$

Растачивание Ø10 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец расточной T15K6 2141-0201 ГОСТ 18883-73

Оправка E06H SWUBR-06 ISCAR

Пластина WBMT 060102L IC354 ISCAR

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=10$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,25$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$$S = 0,20 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 80 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{80}{3,14 \times 10} = 2500 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø76 мм, Ø60,5 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=76$ мм.

2. Глубина резания: $t=4$ мм.

3. Рекомендуемая подача[32]:

$$S = 0,3 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [32]:

$$V = 140 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 76} = 580 \text{ об/мин}$$

Обтачивание Ø79 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=79$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,35$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$$S = 0,15 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 200 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{200}{3,14 \times 79} = 800 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø76,5 мм, Ø59,8 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=76$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,6$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$$S = 0,15 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 200 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{200}{3,14 \times 76} = 840 \text{ об/мин}$$

020 Токарная операция

Подрезание торца

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

1. Диаметр поверхности $d=97$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача[47]:

$$S = 0,15 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 140 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 97} = 460 \text{ об/мин}$$

Обтачивание Ø97 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=97$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,35$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 97} = 620 \text{ об/мин}$$

Растачивание Ø14 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец расточной T15K6 2141-0201 ГОСТ 18883-73

Оправка E06H SWUBR-06 ISCAR

Пластина WBMT 060102L IC354 ISCAR

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=14$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,25$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 80$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{80}{3,14 \times 14} = 1800 \text{ об/мин}$$

Растачивание Ø20 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец 2141-0201 ГОСТ 18883-73

Оправка E06H SWUBR-06 ISCAR

Пластина WBMT 060102L IC354 ISCAR

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=20$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 80$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{80}{3,14 \times 20} = 1270 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø32,3 мм, Ø55,9 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=55,9$ мм.

2. Глубина резания: $t=4$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 55,9} = 800 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø74 мм, Ø66 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=74$ мм.

2. Глубина резания: $t=4$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 74} = 600 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø30 мм, Ø22 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=30$ мм.

2. Глубина резания: $t=4,0$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 30} = 1500 \text{ об/мин}$$

Подрезание торца

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

1. Диаметр поверхности $d=56$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,15$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 56} = 800 \text{ об/мин}$$

Подрезание торца

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Державка MDJNR 2525 M11 ZCC

Пластина DNMG 110404-SF YNG151C ZCC

1. Диаметр поверхности $d=32$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача[47]:

$S = 0,15$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 32} = 1400 \text{ об/мин}$$

Растачивание торцевой канавки Ø32 мм, Ø56 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец специальный

Державка QFGD 2525 L22-52L ZCC

Пластина ZTGD 0404-MG YBG302 ZCC

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=56$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 56} = 800 \text{ об/мин}$$

Растачивание Ø75 мм

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец 2141-0201 ГОСТ 18883-73

Оправка E06H SWUBR-06 ISCAR

Пластина WBMT 060102L IC354 ISCAR

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр поверхности $d=75$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S = 0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 140$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{140}{3,14 \times 75} = 600 \text{ об/мин}$$

Фрезерная с ЧПУ операция 025

Фрезерование

Фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Инструмент – Фреза 191520 HSS-PM TiAlN 3 мм GARANT

Обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T

1. Диаметр фрезы $d=3$ мм.

2. Глубина резания: $t=2,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S_z = 0,03$ мм/зуб, $S = 0,12$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 35 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{35}{3,14 \times 3} = 3800 \text{ об/мин}$$

Центрование

Фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Инструмент – Центровочное сверло 2,0 DIN 333 HSS, тип А, GARANT

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр сверла $d=2$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$$S = 0,1 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 20 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 2} = 3200 \text{ об/мин}$$

Сверление отверстия под резьбу

Фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Инструмент – Сверло 5,1 114450 DIN 338 HSSE

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр сверла $d=5,1$ мм.

2. Глубина резания: $t=2.55$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$$S = 0,1 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$$V = 25 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 5,1} = 1500 \text{ об/мин}$$

Центрование

Фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Инструмент – Центровочное сверло 2,0 DIN 333 HSS, тип А, GARANT

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр сверла $d=2$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S=0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 20$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 2} = 3200 \text{ об/мин}$$

Сверление отверстий

Фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Инструмент – Сверло 7,1 114450 DIN 338 HSSE GARANT

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр сверла $d=7,1$ мм.

2. Глубина резания: $t=3,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача [47]:

$S=0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [47]:

$V = 25$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 7,05} = 1100 \text{ об/мин}$$

Инструмент – Метчик М6 DIN-371 6Н R40 HSSE 800 FANAR

Обрабатываемый материал – сталь 12Х18Н10Т

1. Диаметр метчика $d=6$ мм.
2. Шаг $P=1$ мм
3. Рекомендуемая скорость резания [32]:

$$V = 6 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{6}{3,14 \times 6} = 320 \text{ об/мин}$$

2.10. Выбор оборудования и оснастки

Токарная операция

Выбираем токарный станок с ЧПУ FCL-450TM

Технические характеристики станка

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	620 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	10-6000 об/мин
Подача	0,001-500 мм/мин
Мощность главного привода	10 кВт
Габариты станка	4150x2100

В качестве оснастки - патрон трехкулачковый самоцентрирующий спиральный DIN 6350-040502

Фрезерная с ЧПУ

Выбираем фрезерный станок с ЧПУ SMINIMILL HAAS

Технические характеристики станка

Размер стола	305-914 мм
Максимальная скорость вращения шпинделя	10000
Подача	30,5 м/мин
Мощность станка	11,2 кВт
Габариты станка	2692x2311x2235

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон.

2.11. Расчет основного времени

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = L \cdot i / (n \cdot S), \text{ мин}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{ПБ}$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_B – величина врезания инструмента, мм;

$l_{ПБ}$ – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем: $l_{ПБ} = 1$ мм.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S),$$

Величины врезания на операциях определяем из соответствующих таблиц 2-

12

[32]

Основное время для 010 токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (50 + 2) \cdot 1 / (1900 \cdot 0,2) = 0,136 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (18,3 + 5) \cdot 1 / (400 \cdot 0,1) = 0,583 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (15 + 2) \cdot 2 / (490 \cdot 0,3) = 0,129 \text{ мин.}$$

Основное время для 015 токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (48 + 2) \cdot 1 / (650 \cdot 0,15) = 0,512 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (10 + 2) \cdot 1 / (620 \cdot 0,2) = 0,097 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (1,75 + 2) \cdot 1 / (600 \cdot 0,3) = 0,021 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (6 + 2) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,2) = 0,016 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (11,7 + 2) \cdot 1 / (580 \cdot 0,3) = 0,079 \text{ мин.}$$

переход 6:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (2 + 2) \cdot 1 / (800 \cdot 0,15) = 0,033 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (12 + 2) \cdot 1 / (840 \cdot 0,15) = 0,111 \text{ мин.}$$

Основное время для 020 токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (48 + 2) \cdot 1 / (460 \cdot 0,15) = 0,724 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (7 + 2) \cdot 1 / (620 \cdot 0,2) = 0,073 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (14,5 + 2) \cdot 2 / (1800 \cdot 0,25) = 0,110 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (11,5 + 2) \cdot 3 / (1270 \cdot 0,3) = 0,106 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (13,2 + 2) \cdot 3 / (800 \cdot 0,3) = 0,190 \text{ мин.}$$

переход 6:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (4 + 2) \cdot 2 / (600 \cdot 0,1) = 0,200 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (4 + 2) \cdot 2 / (800 \cdot 0,3) = 0,050 \text{ мин.}$$

переход 8:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (5 + 2) \cdot 1 / (800 \cdot 0,15) = 0,083 \text{ мин.}$$

переход 9:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (2,15 + 2) \cdot 1 / (1400 \cdot 0,15) = 0,020 \text{ мин.}$$

переход 10:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (13,5 + 2) \cdot 1 / (800 \cdot 0,2) = 0,097 \text{ мин.}$$

переход 11:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (1,5 + 2) \cdot 1 / (600 \cdot 0,1) = 0,058 \text{ мин.}$$

Основное время для 025 фрезерной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot z \cdot S_z) = (3 + 2) \cdot 2 / (3800 \cdot 4 \cdot 0,03) = 0,373 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (1,5 + 2) \cdot 6 / (3200 \cdot 0,1) = 0,066 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (12 + 2) \cdot 6 / (1500 \cdot 0,1) = 0,560 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (1 + 1) \cdot 6 / (1500 \cdot 0,1) = 0,060 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$t_0 = ((l + l_B) / (n \cdot S) + (l + l_B) / (n_x \cdot S)) \cdot i = ((8 + 2) / (320 \cdot 1) + (8 + 2) / (1,25 \cdot 320 \cdot 1)) \cdot 6 = 0,338 \text{ мин.}$$

Переход 6:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (1,5 + 2) \cdot 2 / (3200 \cdot 0,1) = 0,022 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (4 + 2) \cdot 2 / (1100 \cdot 0,1) = 0,109 \text{ мин.}$$

Определение вспомогательного T_B , штучного $T_{шт}$ и штучно-калькуляционного $T_{шт-к}$ времени.

$$T_B = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{и.з}$$

Где $T_{у.с.}$ - время установки и снятия детали;

$T_{з.о.}$ - время закрепления и открепление детали;

$T_{уп}$ - время на управления станком;

$T_{и.з}$ - время на измерение.

$$T_{шт} = T_O + T_B + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}$$

где T_O - основное время;

$T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ - время на отдых.

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{н-з} / n$$

где $T_{н-з}$ - подготовительно-заключительное время;

n – число деталей в пробной партии;

$$n = \frac{N}{12} = \frac{650}{12} = 54$$

Нормативы времени для единичного производства.

По табл. 5 [8, стр.197].

Операция 010 (токарная)

$$T_B = 0,16 + 0,14 + 0,55 + 1,6 = 2,45 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,848 + 2,45 + 2,5 + 0,03 + 0,1 = 5,93 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 5,93 + 14/54 = 6,19 \text{ мин}$$

Операция 015 (токарная)

$$T_B = 0,16 + 0,14 + 0,55 + 1,6 = 2,45 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,869 + 2,45 + 2,5 + 0,03 + 0,1 = 5,95 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 5,95 + 14/54 = 6,21 \text{ мин}$$

Операция 020 (токарная)

$$T_B = 0,16 + 0,14 + 0,55 + 1,6 = 2,45 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 1,711 + 2,45 + 2,5 + 0,03 + 0,1 = 6,8 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 6,8 + 14/54 = 7,06 \text{ мин}$$

Операция 025 (фрезерование, сверление)

$$T_B = 0,2 + 0,3 + 0,28 + 1,6 = 2,38 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 1,528 + 2,38 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 6,51 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 6,51 + 17/54 = 6,82 \text{ мин}$$

2.12. Экономическое обоснование принятого варианта техпроцесса

Рассчитаем приведенные затраты для разрабатываемого технологического процесса. Приведенные затраты рассчитываются по формуле:

$$Z = C + E_H \cdot (K_C + K_{зд}),$$

где C - технологическая себестоимость, р.;

E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,5$);

$K_C, K_{зд}$ - удельные капитальные вложения в станок и здание соответственно.

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываем по формуле:

$$K_C = \frac{Ц_C \cdot K_M \cdot C_{п}}{N},$$

где $Ц_C$ - отпускная цена станка, р.,

K_M - коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж, $K_M = 1,1$;

$C_{п}$ - принятое число станков на операцию ($C_{п} = 1$);

N - годовая программа;

$$K_C = \frac{5900000 \cdot 1,1 \cdot 1}{650} = 9985 \text{ р.}$$

Рассчитываем удельные капитальные вложения в здание по формуле:

$$K_{зд} = \frac{C_{пл} \cdot П_C \cdot C_{п}}{N}$$

где $C_{пл}$ - стоимость одного кв. метра производственной площади, р.;

$П_C$ - площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м²;

C_{II} - принятое число станков на операцию;

$$K_{зд} = \frac{11000 \cdot 9,5 \cdot 1}{650} = 161 \text{ р.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость. Технологическая себестоимость рассчитывается для всех операций по формуле:

$$C = C_3 \cdot \frac{\sum t_{шт}}{60}$$

где C_3 - основная и дополнительная заработные платы;

$t_{шт}$ - штучное время;

Расчет основной и дополнительной заработной платы выполняется по формуле:

$$C_3 = C_ч \cdot K_д \cdot Z_н \cdot K_{ом}$$

$$C_3 = 1000 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 = 1700 \text{ р./ч,}$$

где $C_ч$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб./ч;

$K_д$ – коэффициент учитывающий дополнительную заработную плату и начисления ($K_д=1,7$);

$Z_н$ – коэффициент, учитывающий заработную плату наладчика ($Z_н =1,0$)

$K_{о.м}$ – коэффициент учитывающий зарплату рабочего при многостаночном обслуживании ($K_{о.м} =1,0$);

Рассчитываем технологическую себестоимость:

$$C = 1700 \cdot \frac{25,19}{60} = 714 \text{ р.}$$

Рассчитываем приведенные затраты:

$$З = 714 + 0,5 \cdot (9985 + 161) = 5787 \text{ р.}$$