

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

Выполнил: Исаков Жасулан Талгатович

Моделирование технологии изготовления цилиндрической детали на станке с
ЧПУ

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»

Доктор PhD.

_____ Арымбеков Б.С.
« ____ » _____ 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Моделирование технологии изготовления цилиндрической детали на
станке с ЧПУ»

по специальности 5В71200 – Машиностроение

Выполнил

Искаков Жасулан Талгатович

Рецензент

_____ Ф.И.О.
« ____ » _____ 2020 г.

Научный руководитель

Канд. техн. наук, ассистен-
профессор

_____ Орлова Е.П
« ____ » _____ 2020 г.

Алматы 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»

Доктор PhD.

_____ Арымбеков Б.С.
« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Искакову Жасулану Талгатовичу*

Тема: *«Моделирование технологии изготовления цилиндрической детали на станке с ЧПУ»*

Утверждена приказом Ректора Университета №762-б от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы «20» _04_ 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Размеры готовой детали
2. Марка стали обрабатываемой заготовки

Краткое содержание дипломной работы:

- a) Назначение и условия работы детали в сборочной единице*
- b) Анализ базового технологического оборудования*
- c) Выбор и расчет метода получения заготовки*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): чертеж корпус сальника

ГРАФИК

Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение Общие сведения о станках с ЧПУ	26.02.2020	
Назначение и условия работы детали в сборочной единице	29.03.2020	
Выбор и расчет метода получения заготовки	23.04.2020	

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы(проекта)

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	
Основная часть	Орлова Е.П., канд.техн.наук	21.04.2020	
Нормоконтролер	Орлова Е.П., канд.техн.наук	26.05.2020	

Научный руководитель _____ Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Исаков Ж.Т

Дата _____ «30» Января 2020г.

АНОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: Моделирование технологии изготовления цилиндрической детали на станке с ЧПУ.

В дипломную работу входят введение, два аналитических, семь технологических разделов, заключение.

Цель и задачи, актуальность, теоретическая и методологическая основа дипломной работы приведены во введении.

В дипломном проекте произведен расчет геометрических параметров корпуса сальника, выбран материал для изготовления и разработан рабочий чертеж режущего инструмента; выбран станок и назначены режимы резания; определены составляющие сил резания и мощность; произведен расчет на прочность и анализ полученных результатов.

Объем дипломной работы: 35 страниц, 10 рисунков, 1 рабочий чертеж детали. При написании работы было использовано 10 библиографических источников.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: CNC станокта цилиндрлік бөліктің технологиясын модельдеу.

Дипломдық жұмыс кіріспеден, екі аналитикалық, жеті технологиялық бөлімнен және қорытындыдан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты мен міндеттері, өзектілігі, теориялық және әдіснамалық негіздері кіріспеде келтірілген.

Дипломдық жұмыста Сальник корпусының геометриялық параметрлері есептелді, дайындауға арналған материал таңдалды және кесу құралының жұмыс сызбасы жасалды; машина таңдалады және кесу режимдері тағайындалады; кесу күштері мен күштің компоненттері анықталған; беріктікті есептеу және алынған нәтижелерді талдау.

Диссертация көлемі: 35 бет, 10 сурет, бөліктің 1 жұмыс сызбасы. Шығарманы жазу кезінде 10 библиографиялық дереккөз қолданылды.

ANOTATION

Theme of thesis: Modeling the manufacturing technology of a cylindrical part on a CNC machine.

The thesis includes an introduction, two analytical, seven technological sections, and a conclusion.

The purpose and objectives, relevance, theoretical and methodological basis of the thesis are given in the introduction.

In the graduation project, the geometric parameters of the stuffing box were calculated, the material for manufacturing was selected, and a working drawing of the cutting tool was developed; the machine is selected and cutting modes are assigned; components of cutting forces and power are determined; strength calculation and analysis of the results obtained.

Volume of thesis: 35 pages, 10 figures, 1 working draw

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1.1 Станки с ЧПУ.....	10
1.2 Изготовление цилиндрических деталей на станках с ЧПУ.....	10
2. Технологический раздел.....	12
2.1. Программа SolidCam.....	12
2.2 Назначение и условия работы детали в сборочной единице.....	14
2.3 Качественный анализ.....	15
2.4 Количественный анализ.....	16
2.5 Анализ базового технологического оборудования.....	20
2.6 Выбор и расчет метода получения заготовки.....	20
2.7 Выбор методов обработки.....	21
Заключение.....	27
Список литературы.....	28
Приложение А.....	29
Приложение Б.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Формообразование деталей с цилиндрическими поверхностями – весьма серьёзная инженерная проблема, вызванная многоплановостью задач по обеспечению высокой производительности обработки и достижению заданного качества и точности формообразованных поверхностей.

Обработка цилиндрических поверхностей является: многоплановой проблемой ещё и потому, что состоит из большого количества задач, успешное решение которых обеспечивает повышение производительности, улучшения качества поверхности при обработке на станках с ЧПУ. Сложность проблемы также состоит в том, что имеется много математических методов описания сложных поверхностей, которые рассматривают поверхность только с точки зрения аппроксимации ее какими-либо зависимостями. Этот вопрос имеет множество решений и предложений и относится к чисто математическим задачам. Но, как известно, получение аналитических зависимостей при описании поверхностей сложной формы недостаточно для их изготовления на металлорежущем оборудовании, поскольку необходимо организовать (запрограммировать) движения при их формообразовании, которые, как правило, носят прямолинейный характер.

В процессе обработки деталей цилиндрической формы приходится решать большое количество технологических задач, связанных с написанием программ для станков с ЧПУ. Решение таких задач в значительной степени усложняется при обработке поверхностей цилиндрического профиля, требующих, например, пятикоординатной обработки.

Целью дипломной работы является разработка метода описания движений исполнительных механизмов при обработке деталей, имеющих поверхности цилиндрической формы на многокоординатных станках с ЧПУ.

1. Раздел аналитический

1.1 Станки с ЧПУ

На сегодняшний день практически каждое предприятие, занимающееся механической обработкой, имеет в своем распоряжении станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ выполняют все те же функции, что и обычные станки с ручным управлением, однако перемещения исполнительных органов этих станков управляются электроникой.

Первым, очевидным плюсом от использования станков с ЧПУ является более высокий уровень автоматизации производства. В результате один работник может обслуживать одновременно несколько станков.

Вторым преимуществом является производственная гибкость.

Третьим плюсом являются высокая точность и повторяемость обработки.

Стоит отметить, что сама методика работы по программе позволяет более точно предсказывать время обработки некоторой партии деталей и соответственно более полно загружать оборудование.

Станки с ЧПУ стоят достаточно дорого и требуют больших затрат на установку и обслуживание, чем обычные станки. Тем не менее их высокая производительность легко может перекрыть все затраты при грамотном использовании и соответствующих объемах производства.[1]

1.2 Изготовление цилиндрических деталей на станках с ЧПУ

Изготовление деталей вращения обеспечивают станки с ЧПУ для обработки валов в центрах, что эффективно для выпуска деталей широкой номенклатуры в условиях мелко и среднесерийного производства. [1]Токарные станки с ЧПУ ведут наружную обработку цилиндрических поверхностей, растачивают, сверлят отверстия, нарезают резьбы, обрабатывают торцевые и фасонные поверхности, протачивают канавки, делают фаски и галтели.[1]

Жесткость установки в центрах будет обеспечена, если сохраняется соотношение длины и диаметра до 12-15. Более длинные детали поддерживают люнетами. Центровые отверстия на обрабатываемой заготовке делают на подготовительной операции центровым сверлом. Токарная обработка предусматривает автоматический цикл. Станок легко перенастраивается на изготовление детали с иными габаритными параметрами, за счет внесения изменений в программу управления. Нормы времени на операцию удастся сократить в 1,5-2 раза относительно работы на универсальном станке. В основе работы применение контурной системы обработки с линейно-круговой интерполяцией. Система выполняет обработку сложного контура с разбивкой на черновой и чистовой проходы. Окончательная операция осуществляется обходом контура детали рабочим элементом в один проход.[1]

Траектория инструмента при изготовлении деталей за ряд черновых проходов, параллельна оси вращения детали, перпендикулярна или проходит под углом. За первый проход снимается с заготовки слой окалины и корректируются имеющиеся дефекты формы. У остальных черновых проходов постоянная глубину резания.[1]

2 Технологический раздел

2.1 Программа SolidCam

SolidCAM представляет собой комплексную САМ-систему, которая предназначена для программирования станков с ЧПУ в среде SolidWorks и Autodesk Inventor. САМ-система SolidCAM, включая революционный функционал iMachining, полностью встраивается в CAD SOLIDWORKS и Inventor.[2] При этом сохраняется полная ассоциативность между траекторией движения инструмента и моделью. Все операции (переходы), необходимые для обработки детали, могут быть определены, вычислены и проверены непосредственно в окне САМ-системы, без выхода из параметрической среды построения сборочного узла. (см. рисунок 1.1)

Поддерживаются все виды станков с ЧПУ для металлообработки:[2]

- Токарные станки (XZC),
- Токарно-фрезерные станки (XZCY),
- Фрезерные 3-х координатные станки (XYZ),
- Фрезерные 4-5 координатные станки (XYZABC),
- Многоканальные многоосевые станки (XYZABC).

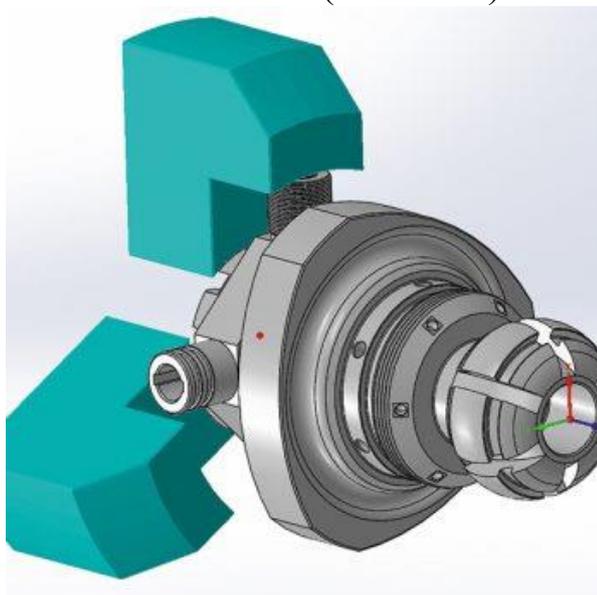


Рисунок 1.1

САМ-система SolidCAM поддерживает сложные функции черновой и чистовой токарной обработки, а также функции обработки поверхностей и канавок, нарезания резьбы и сверления. Поддерживается многоэтапная обработка и станочные циклы обработки.[10](см. рисунок 1.2)

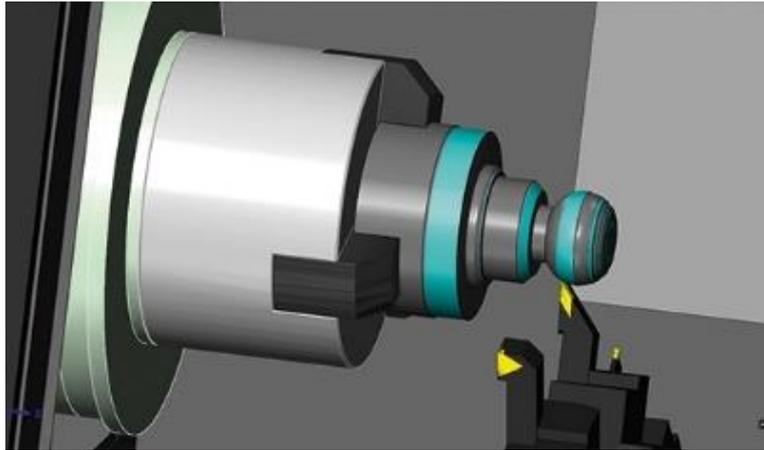


Рисунок 1.2 – Токарная обработка

Если при обработке на токарном центре с несколькими шпинделями деталь передается с основного шпинделя на дополнительный, обновленная модель заготовки приводится в соответствие с этим изменением. Любые последующие переходы, подлежащие выполнению на дополнительном шпинделе, будут выполняться на заготовке, состояние которой соответствует окончанию последней операции, выполненной на главном шпинделе.[2](см. рисунок 1.3)

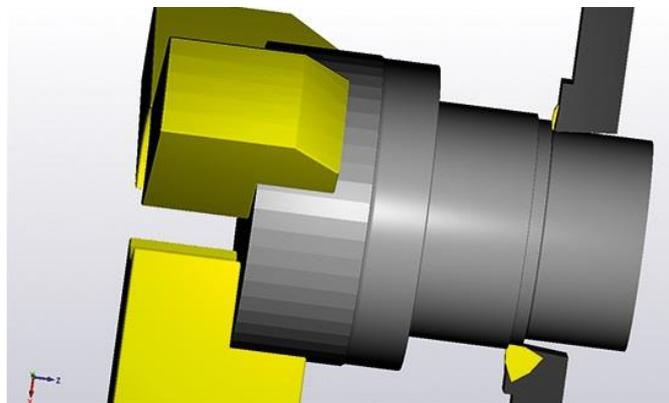


Рисунок 1.3

Синхронизация нескольких инструментальных головок: возможность синхронизации нескольких инструментальных головок в соответствии с графиком обработки.[2](см.рисунок 1.4)

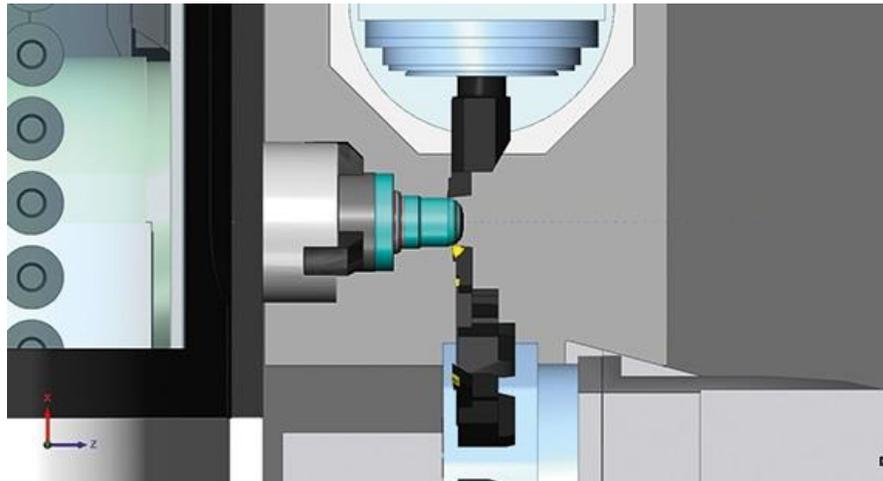


Рисунок 1.5 – Инструментальные головки

2.2 Назначение и условия работы детали в сборочной единице

Сальники закрывают кольцевое пространство между трубопроводом и патроном, чтобы предохранить от попадания в него воды, грунта и различных загрязнений. Сальники устанавливаются по концам патрона.

Пространство в каждом конце патрона, ограниченное щитами на длине 200—500 мм, плотно забивается мятой жирной глиной. Вместо нее можно применить пеньковый просмоленный канат без всяких дополнительных устройств.

Сальники могут применяться при перепаде давления на сальнике не более 0.1 Мпа (10 м вод. ст.) и температуре не выше +50 °С при неагрессивных средах.

Сальник должен быть выбран так, чтобы толщина стены была равна или меньше длины корпуса сальника. [4](см.рисунок 2.1)

Корпус сальника закладывается в опалубку при бетонировании. Для предохранения корпуса сальника от смещения его необходимо надежно закрепить и приварить к проходящей рядом горизонтальной или вертикальной арматуре.

При закладке корпуса сальника в стену сооружения в резьбовое отверстие фланца корпуса сальника необходимо ставить временные пробки. [5]

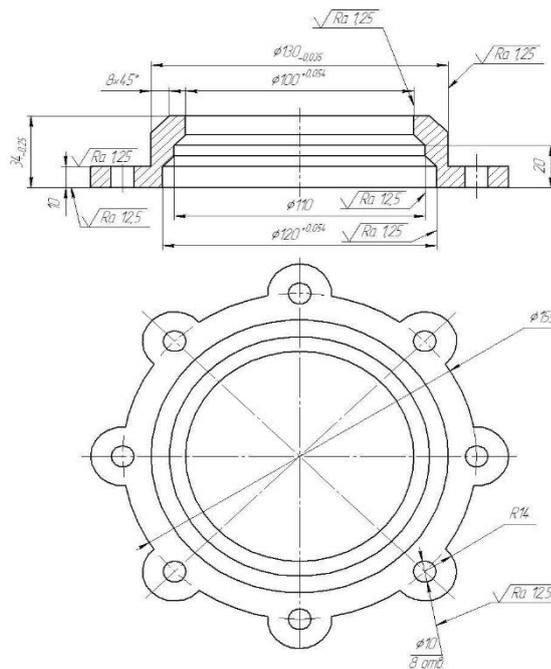


Рисунок 2.1 - Корпус сальника

2.3 Качественный анализ

Деталь – корпус сальника– изготавливается из серого чугуна марки СЧ21 ГОСТ 1412-85.

Применяем при обработке универсальное высокопроизводительное оборудование. На данном оборудовании можно достичь требуемой точности и шероховатости поверхностей.

Технологичным является наличие необрабатываемых поверхностей, не требующих обработки резанием. Обрабатываемые поверхности простые (цилиндрические, плоские, винтовые), что обеспечивает точность и стабильность обработки. Конструктивные элементы детали унифицированы.

В результате проведенного качественного анализа технологичность конструкции данной детали можно оценить как допустимую. Для повышения технологичности можно предложить способ получения заготовки с наибольшим приближением к размерам готовой детали, при условии обеспечения технологичности дальнейшей механической обработки (значительного сокращения или полного ее удаления), т.е. снизить металлоемкость путем применения более эффективного метода малоотходного изготовления детали.[5]

Химический состав чугуна СЧ21 ГОСТ 1412-85 представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав СЧ21

Группа чугуна	Марка чугуна	Массовая доля элементов, %				
		C	Si	Mn	P	S
серый	СЧ20	3-3.6	1.8-2.4	0.5-0.8	≤0.5	≤0.13

Механические свойства чугуна СЧ21 ГОСТ 1412-85 приведены в таблице 2.

Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Предел прочности при изгибе $\sigma_{из}$, МПа	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Твердость по Бринелю, НВ
не менее			
18	36	70	170-229

Таблица 2 – Механические свойства СЧ21

2.4 Количественный анализ

Количественная сравнительная оценка технологичности конструкции может быть осуществлена лишь при использовании соответствующих базовых показателей технологичности. Поэтому необходимо определить основные и дополнительные показатели.[6]

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{у.э} = Q_{у.э} / Q_{э}; \quad (2.1)$$

где $Q_{у.э}$, $Q_{э}$ - соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и общее число элементов, шт.

$$K_{у.э} = 9/10 = 0,9.$$

2. Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей

$$K_{п.ст} = D_{ос} / D_{м.о}; \quad (2.2)$$

где $D_{ос}$, $D_{м.о}$ - соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом и общее число поверхностей подвергаемых механической обработке, шт.

$$K_{п.ст} = 8/9 = 0,89.$$

3. Коэффициент обработки поверхностей

$$K_{п.о} = 1 - D_{м.о} / D_{э}; \quad (2.3)$$

где $D_{э}$ – общее количество поверхностей, шт.

$$K_{п.о} = 1 - 9/10 = 0,1.$$

4. Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = q/Q; \quad (2.4)$$

где q , Q – соответственно масса детали и заготовки, кг.

$$K_{и.м} = 1,9/2,3 = 0,83.$$

5. Масса детали $q = 1,9$ кг.

6. Максимальное значение качества обработки IT14.

7. Максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей Ra 12,5 мкм.

2.5 Анализ базового технологического оборудования

Технологический процесс состоит из операций механической обработки:

005 – Фрезерная (вертикально-фрезерный станок модели 6P12)

010 – Токарная (токарный станок модели 16K20)

015 – Токарная (токарный станок модели 16K20)

020 – Сверлильная (токарный станок модели 16K20)

Вертикально-фрезерный станок 6P12 предназначен для выполнения разнообразных фрезерных, сверлильных и расточных работ при обработке деталей любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов. Поворотная шпиндельная головка станков оснащена механизмом ручного осевого перемещения гильзы шпинделя, что позволяет производить обработку отверстий, ось которых расположена под углом до $\pm 45^\circ$ к рабочей поверхности стола. [7]

Мощность приводов и высокая жесткость станков позволяют применять фрезы, изготовленные из быстрорежущей стали, а также инструмент, оснащенный пластинками из твердых и сверхтвердых синтетических материалов.



Рисунок 2 – Вертикально-фрезерный станок 6P12

Технические характеристики (основные параметры и размеры согласно ГОСТ 165-65) вертикально-фрезерного станка 6P12 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики вертикально-фрезерного станка 6P12

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Класс точности по ГОСТ 8-71		Н
Длина рабочей поверхности стола	мм	1250
Ширина рабочей поверхности стола	мм	320
Число Т-образных пазов		3
Наибольшее продольное перемещение стола	мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола	мм	240
Наибольшее вертикальное перемещение стола	мм	410
Наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до стола	мм	30-450
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины	мм	350
Перемещение стола на одно деление лимба (продольное, поперечное, вертикальное)	мм	0,05
Перемещение стола на один оборот лимба (продольное, поперечное и вертикальное)	мм	6, 6, 2
Наибольшая масса обрабатываемой детали	кг	250
Наибольшее осевое перемещение пиноли шпинделя	мм	70
Перемещение пиноли на один оборот лимба	мм	4
Перемещение пиноли на одно деление лимба	мм	0,05
Наибольший угол поворота шпиндельной головки	град	± 45
Цена одного деления поворота шпиндельной головки	град	1
Мощность привода главного движения	кВт	7,5
Частота вращения главного привода	об/мин	1460
Мощность привода подач	кВт	2,2
Частота вращения приводов подач	об/мин	1430
Длина станка	мм	2305
Ширина станка	мм	1950
Высота станка	мм	2020
Вес станка	т	3,12

Токарно-винторезный станок 16K20 предназначен для выполнения разнообразных токарных работ: обтачивания и растачивания цилиндрических и конических поверхностей, нарезания наружных и внутренних метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб, а также сверления, зенкерования, развертывания, и т.п. Отклонение от цилиндричности 7 мкм, конусности 20 мкм на длине 300 мм, отклонение от прямолинейности торцевой поверхности на диаметре 300 мм -

16 мкм. На таких станках можно выполнять все виды токарных работ, кроме нарезания резьбы резцом.[8]



Рисунок 3 – Токарно-винторезный станок модели 16К20

Таблица 4 – Технические характеристики токарно-винторезного станка 16К20

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Класс точности		H
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	мм	400
Наибольший диаметр точения над поперечным суппортом	мм	220
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	мм	50
Наибольшая длина обрабатываемого изделия	мм	710, 1000, 1400, 2000
Предел числа оборотов шпинделя	об/мин	12,5-1600
Пределы подач		
- продольных	мм/об	0,05-2,8
- поперечных	мм/об	0,025-1,4
Наибольшее усилие допускаемое механизмом подачи на упоре		
- продольное	кгс	800
- поперечное	кгс	460
Наибольшее усилие допускаемое механизмом подачи на резце		
- продольное	кгс	600
- поперечное	кгс	360
Мощность электродвигателя главного движения	кВт	11
Габариты станка		

Наименование параметров	Ед.и зм.	Величины
- длина	мм	2505, 2795, 3195, 3795
- ширина	мм	1190
Наименование параметров	Ед.и зм.	Величины
- высота	мм	1500
Масса станка	кг	2835, 3005, 3225, 3685

Данные о применяемом оборудовании при обработке детали корпус сальника сведен в таблицу.

Таблица 5 – Анализ применяемого оборудования

№операции	Модель станка	Год изготовления	Категория ремонтной сложности	Количество станков на операции	Трудоемкость, Тшт, мин	Коэффициент загрузки станка
005	6P12	1981	20	1	2,03	0,84
010	16K20	1986	19	1	2,09	0,87
015	16K20	1986	19	1	1,	0,58
020	16K20	1986	19	1	2,3	0,95

2.6 Выбор и расчет метода получения заготовки

Заготовку можно получить методом литья. Для рациональности рассмотрим 2 метода получения заготовки: 1) в опоки с уплотнением материала встряхиванием и 2) литья в песчаные формы с уплотнением формовочной смеси прессованием.

В модельно – опоковую оснастку входят: модель, модельные плиты, опоки, стержневые ящики, штыри для сборки форм. Модели бывают деревянные, пластмассовые. Деревянные модели применяются в единичном производстве, для массового и крупносерийного производства применяются металлические пластмассовые модели. Конфигурация модели аналогична конфигурации отливки. Размеры отливки отличаются от размеров модели на величину усадки. Модели бывают простые, пустотелые, разъемные и неразъемные, сложные или съемные. Поверхность модели должна быть гладкой, прочной, стойкой к воздействию формовочной смеси. Модель не должна изменяться в размерах. Материал модели в мас-

совом и крупносерийном производстве – алюминиевые сплавы, чугун, пластмасса. В серийном и единичном производстве в качестве материала применяют древесину, гипс, цемент.[9]

Конструкция модели должна обеспечивать извлечение ее из формы. Для этого модели делают разъемными или с отъемными частями.

Экономическое обоснование метода получения заготовки.

Стоимость заготовок получаемых литьем определяется по формуле:

$$S_{\text{заг}} = (S_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_r / 1000) - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}} / 1000; \quad (5.1)$$

где S_i – базовая стоимость 1 т заготовок, тг;

Q, q – масса заготовки и детали соответственно, кг;

$k_T=1,05, k_C=1, k_B=1, k_M=1,04, k_r=1$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок соответственно;

$S_{\text{отх}}$ – стоимость 1 т отходов, тг.

Стоимость первого варианта получения заготовки:

$$S_{\text{заг1}} = (3600 \cdot 2,3 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 / 1000) - (2,3 - 1,9) \cdot 240,8 / 1000 = 1,05 \cdot 10^4 = 10500$$

тг.

Стоимость второго варианта получения заготовки:

$$S_{\text{заг2}} = (3780 \cdot 2,1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 / 1000) - (2,3 - 1,9) \cdot 240,8 / 1000 = 9300 \text{ тг.}$$

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок определяется по формуле ;

$$\text{Эз} = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N; \quad (5.2)$$

$$\text{Эз} = (10500 - 9300) \cdot 80000 = 96000000 \text{ тг.}$$

Принимаем вариант получения заготовки литье в песчаные формы с уплотнением формовочной смеси прессованием.[9]

2.7 Выбор методов обработки (на основе требований к точности и качеству поверхностей детали)

Эксплуатационные свойства машин и механизмов в значительной мере определяются точностью изготовления деталей, качеством их рабочих поверхностей. Под точностью изготовления понимают отклонение фактических геометрических размеров и формы поверхности (неплоскостность, конусообразность, перекос и неперпендикулярность осей) от предельных значений, указанных в рабочих чертежах. Качество поверхности характеризуется ее шероховатостью, величиной и знаком остаточных напряжений в поверхностном слое, ее структурой и химическим составом. Требования точности и качества назначает конструктор на основе эксплуатационных требований к детали и рекомендаций ГОСТа. Несоблюдение заданных требований точности и качества детали в процессе ее изготовления может стать причиной снижения эксплуатационных свойств, надежности машин и их преждевременного выхода из строя.[10]

Предметом анализа является технологический процесс изготовления корпуса сальника из литой заготовки. Производство крупносерийное. Годовой объем выпуска – 80000 шт.

Анализ приведенных в таблицах сведений показывает, что станки, используемые на операциях по габаритным размерам обрабатываемой заготовки, достигаемой точности и шероховатости поверхностей соответствуют требуемым условиям обработки данной детали. Почти все станки, находящиеся на указанных операциях, являются относительно недорогими.

Определим себестоимость обработки по сравниваемым вариантам. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции.[10]

Часовые приведенные затраты (тг/ч) можно определить по формуле:

$$S_{пз} = S_z + S_{чз} + E_n(K_c + K_z); \quad (6.1)$$

где S_z —основная и дополнительная зарплата с начислениями, тг/час;

$S_{чз}$ —затраты часовые на эксплуатацию рабочего места, тг/час;

E_n —нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, 0,15 ;

K_z —удельные часовые капитальные вложения в здание, тг/час;

K_c —удельные часовые капитальные вложения в станок тг/час.

Основная и дополнительная зарплата с начислениями и учетом многостаночного обслуживания рассчитывается по формуле:

$$S_z = \varepsilon \cdot Stф \cdot k \cdot y, \quad (6.2)$$

где ε - коэффициент к часовой тарифной ставке, равный 2,66;

$Stф$ - часовая тарифная ставка станочника-сдельщика соответствующего разряда, руб/ч;

k - коэффициент, учитывающий зарплату наладчика;

y - коэффициент штучного времени, учитывающий оплату труда рабочего при многостаночном обслуживании;

Часовые затраты на эксплуатацию рабочего места рассчитываем по формуле:

$$S_{чз} = S_{чзбп} k_M, \quad (6.3)$$

где $S_{чз.бп}$ —практические часовые затраты на базовом рабочем месте, $S_{чз.бп} = 44,6$ руб/час.

k_M - коэффициент, показывающий во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка больше, чем аналогичные расходы, связанные с работой базового станка;

$$K_c = Ц / (F \cdot \eta_z), \quad (6.4)$$

где Ц—балансовая стоимость станка, тг;
 F—эффективный годовой фонд времени работы станка, 4036 ч;
 ηз—коэффициент загрузки станка, ηз = 0,8.

$$Kз = (Цзд \cdot A) / (F \cdot \etaз), \quad (6.5)$$

где Цзд—стоимость одного м² производственной площади, Цзд = 125000 руб;

A—производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов
 A=a k_a;

где a—площадь станка, м²;

k_a – коэффициент дополнительной площади, k_a=2,5;

Технологическая себестоимость операции механической обработки:

$$Cо = (Sпз Тшт. к) / (60 кв), \quad (6.6)$$

где кв - коэффициент перевыполнения, кв = 1,3;

Тшт.к - штучно-калькуляционное время обработки детали на данном станке, мин.

$$Ц = 3160000 \cdot 1,1 = 34760000 \text{ тг};$$

$$a = 4,5 \text{ м}^2;$$

$$k = 1,15; y = 1,$$

$$км = 0,8$$

$$Sтф = 15600 \text{ тг/ч},$$

$$Sз = 2,66 \cdot 15600 \cdot 1,15 \cdot 1 = 4770 \text{ тг/ч};$$

$$Sчз = 4460 \cdot 0,8 = 3568 \text{ тг/ч};$$

$$Kс = 100 \cdot 3476 \cdot 10^4 / (4029 \cdot 0,8) = 1078000 \text{ тг/ч};$$

$$Kз = 100 \cdot 125000 \cdot (2,5 \cdot 4,5) / (4029 \cdot 0,8) = 43630 \text{ тг/ч};$$

$$Sпз = 185,38 + 3568 + 0,15 \cdot (107,8 + 43,63) = 24380 \text{ тг/ч};$$

$$Cо005 = 24380 \cdot 2,09 / (60 \cdot 1,3) = 6530 \text{ тг.}$$

$$Cо010 = 24380 \cdot 2,03 / (60 \cdot 1,3) = 6350 \text{ тг.}$$

$$Cо015 = 24380 \cdot 1,4 / (60 \cdot 1,3) = 4380 \text{ тг.}$$

$$Cо015 = 24380 \cdot 2,3 / (60 \cdot 1,3) = 720 \text{ тг.}$$

Таблица 6 -Сравнительный анализ вариантов техпроцессов.

Вид заготовки	Отливка в песчано – глинистые формы с уплотнением прессованием	в опоки с уплотнением материала встряхиванием
Стоимость заготовки, коп.	9300	10500
Вид операции 1	Фрезеровать поверхность	
Технологическая себестоимость обработки, коп.	6530	
Вид операции 2	Точить поверхность	
Технологическая себестоимость операции, коп.	6350	
Вид операции 3	Точить поверхность	
Технологическая себестоимость операции, руб	4380	
Вид операции 4	Сверлить отверстия	
Технологическая себестоимость операции, руб	720	
Итого по операциям, руб	17460	18660

Технические нормы времени в условиях массового и серийного производств устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

Рассчитаем норму штучно-калькуляционного времени для токарной операции 005, выполняемой на фрезерном станке 6Р12. Производство крупносерийное. Масса детали равна 1,9 кг. Деталь устанавливается в трехкулачковый патрон с пневмоприводом. Основное время равно 2,58 мин.

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + T_{п.з}/n, \quad (7.1)$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

n – количество деталей в партии, шт;

$T_{п.з}$ – норма подготовительно – заключительного времени, мин.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{с} \cdot K_{t_s}) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отд}}{100}\right); \quad (7.2)$$

где $T_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$$T_{ца} = T_0 + T_{мв}, \quad (7.3)$$

где T_0 – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв} = 0,1 + 0,08 = 0,18$ мин – машинно-вспомогательное время по программе.

$T_{ца} = 2,58 + 0,18 = 2,76$ мин

$T_в$ – вспомогательное время, мин;

$$T_в = T_{в.у} + T_{в.оп} + T_{в.изм}, \quad (7.4)$$

где $T_{в.у} = 0,17$ мин - время на установку детали;

$T_{в.оп} = 0,3$ мин – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в управляющую программу), т.е. время на установку заданного взаимного положения детали и инструмента и в случае необходимости на подналадку станка;

Так как проверку взаимного положения детали и инструмента будем производить через 25 деталей, то:

$T_{в.оп} = 0,3/25 = 0,01$ мин.

$T_{в.изм} = 0,1 + 0,1 + 0,16 + 0,16 + 0,08 = 0,6$ мин – вспомогательное неперекрываемое время на измерения.

Так как измерения будем производить по одной из десяти деталей, то:

$T_{в.изм} = 0,6/10 = 0,06$ мин.

$T_в = 0,17 + 0,01 + 0,06 = 0,24$ мин.

$K_{тв} = 0,87$ – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы;

$a_{тех} + a_{орг} + a_{от} = 8\%$ – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности (% от оперативного времени).

$$T_{шт} = (2,76 + 0,24 \cdot 0,87) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 3,2 \text{ мин.}$$

Норма подготовительно – заключительного времени рассчитывается:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{пр.обр}, \quad (7.5)$$

где $T_{п.з.1} = 4+8+2+2=16$ мин – норма времени на организационную подготовку;

$T_{п.з.2} = 4+0,8 \cdot 2+1,5+0,4=7,5$ мин – норма времени на наладку станка, приспособления, инструмента, программных устройств;

$T_{пр.обр}$ – норма времени на пробную обработку, мин:

$$T_{пр.обр} = t_{пр.обр} \cdot K_M; \quad (7.6)$$

$K_M = 0,85$ - поправочный коэффициент на пробную обработку деталей в зависимости от обрабатываемого материала.

$$T_{пр.обр} = 4,6 \cdot 0,85 = 3,91 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з.} = 16 + 7,5 + 3,91 = 27,41 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени:

$$T_{ш-к} = 3,2 + 27,41/438 = 1,24 \text{ мин.}$$

Результаты расчетов технической нормы времени сведены в табл.

Таблица 7 - Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операции	$T_{ца}$		T_B			$K_{тв}$	$a_{тех+}$ $a_{орг+}$ $a_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{ш-к}$
	T_o	$T_{мв}$	$T_{в.у}$	$T_{в.оп}$	$T_{в.изм}$						
005 Фрезерная	2,58	0,18	0,17	0,01	0,06	0,87	0,08	3,2	27,41	438	3,26
010 Токарная	2,19	0,20	0,17	0,01	0,08		0,09	2,85	29,12		2,92
015 Токарная	1,1	0,19	0,16	0,01	0,09		0,10	1,7	29,12		1,77
020 Сверлильная	1,5	0,22	0,16	0,01	0,10		0,11	2,17	26,47		2,23

Результаты проверки детали при работе под нагрузкой показаны в Приложении Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведённого анализа были разработаны методы описания движений исполнительных механизмов при обработке деталей, имеющих поверхности цилиндрической формы на многокоординатных станках с ЧПУ.

Изучена программа SolidCAM. Все операции, необходимые для обработки детали, были определены, вычислены и проверены непосредственно в окне САД-системы, без выхода из параметрической среды построения сборочного узла.

Был сделан качественный и количественный анализ.

В результате проведенного качественного анализа технологичность конструкции данной детали оценил как допустимую.

Выбран метод обработки на основе требований к точности и качеству поверхностей детали.

После изучения Действующих сил, был проведен расчет на прочность в САЕ системе – APM Integrator. Сначала в APM Studio были заданы закрепления, материал и нагрузки и построена конечно-элементная модель. А далее на APM Structure 3D произведен линейно статический расчет и получены результаты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении /Под ред. Н.М. Капустина. - М.:Машиностроение, Берлин: Техник, 1985. - 304 с.
2. Ссылка: <http://planetacam.ru/choice/solidcam/>
3. Альбрехт Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения / Пер. с англ. -М. :Мир, 1972.
4. А.с. 533294 (СССР). Способ пятикоординатной механической обработки пространственно-сложных криволинейных поверхностей /М.А.Деева, М.Г.Имятитов, И.Н.Шпекторов // БИ, 1985. № 43.
5. А.с. 634864 (СССР). Способ обработки сложных поверхностей/ В.А.Лебедев. // БИ, 1986. № 44.
6. А.с. 1255303 (СССР). Способ обработки сложных поверхностей./В.А.Данилов, Л.А.Данилова // БИ, 1986 . №3.
7. АСУ намоточными станками / В.Е. Шукшунов, В.Г. Жуковский, А.И. Евченко и др. - М.: Машиностроение, 1985.
8. Атаев О.О., Быстрова Н.Б. Зарубежные системы автоматизированного проектирования и производства (САД/САМ) в машиностроении. - М.: ВНИИТЭМР, 1991.
9. А.с. 1292938 СССР, 51(4) В23 С3/16 Способ обработки криволинейных поверхностей /С.Ф. Лякун, В.А. Ратушный, П.И .Жавоник, А.Н. Шарко // Открытия изобретения, 1987.
- 10.Бабак В.Ф. Основы теории моделирования проектирующих систем (технологического назначения): Учеб. пособие. - Фрунзе: ФПИ, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Установочно-зажимные приспособления

№ оп	Название приспособления	Вид приспособления	Тип приспособления	Привод приспособления	Количество приспособлений на станке	Время на установку и снятие заготовки, мин
1	2	3	4	5	6	7
005	Приспособление 9671-15761	Спец.	НСП	Пневмо	1	0,15
010	Патрон 7102-0072 Кулачки 9662-5471	ГОСТ 24351-80	УБП	Пневмо	1	0,1
015	Патрон 7102-0072 Кулачки 9662-5471	ГОСТ 24351-80	УБП	Пневмо	1	0,1
020	Приспособление 9671-15753	Спец.	НСП	Пневмо	1	0,15

Режущий инструмент

№ операции	Наименование инструмента	Вид инструмента	Материал режущей части	Стойкость, мин	СОЖ	Режимы резания			Метод настройки на размер
						v, м/мин	S, мм/об	t, мм	
005	Фреза концевая 9336-372	Станд.	ВК6	45	ЭМ	14,1	0,5	4,5	По пробным деталям
010	Резец проходной. 2109-4416	Станд.	ВК6	120	ЭМ	130	0,4	1,5	по пробным деталям

№ операции	Наименование инструмента	Вид инструмента	Материал режущей части	Стойкость, мин	СОЖ	v, м/мин	S, мм/об	t, мм	Метод настройки на размер
015	Резец проходной.	Станд.	ВК6	120	ЭМ	130	0,3	0,5	по пробным деталям
	2109-4416 резец расточной	Станд.	ВК6	120		50	0,2	0,5	
020	Сверло 42П-2301-0055	Станд.	P18	60	ЭМ	12,8	0,28	2,5	По кондуктору

Вспомогательный инструмент

№ оп	Наименование инструмента	Вид инструмента	Установка режущего инструмента во вспомогательный	
			Способ крепления	Время на смену одного инструмента, мин
005	Удлинитель 7930-1252	Специализир.	Конус Морзе 3	1,5
010	Державка 9416-241 9416-280	Специализир	Плоские поверхности	2
015	Державка 9416-241 9416-280	Специализир	Плоские поверхности	2
020	Патрон 04740-5	б/см	Конус Морзе 3	1,5
	Втулка 04742-1	б/см		

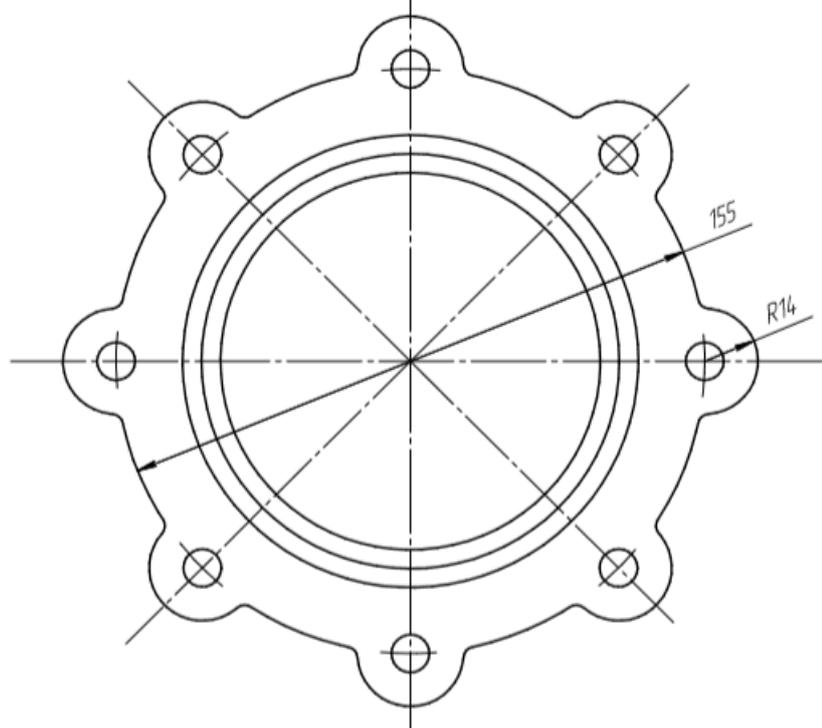
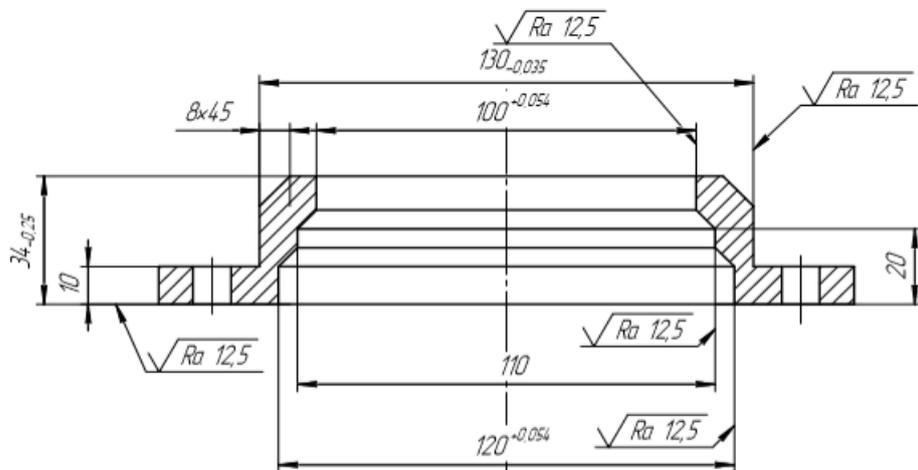
Средства технического контроля

№ оп	Наименование инструмента (прибора)	Вид инструмента	Точность измерения, мкм	Допуск на измеряемый размер, мм	Время на измерение, мин
1	2	3	4	5	6
005	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-80 Пробка 05532-1368	Универ.	10	0,36	0,2
		Спец.	10	0,3	0,1
010	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 Штангенглубиномер ШГ-160 ГОСТ162-80	Универ.	10	0,2	0,2
		Универ.	10	0,039	0,2
№ оп	Наименование инструмента (прибора)	Вид инструмента	Точность измерения, мкм	Допуск на измеряемый размер, мм	Время на измерение, мин
015	Штангенглубиномер ШГ-160 ГОСТ162-80 Нутромер НИ18-50-2 ГОСТ 868-82	Универ.	10	0,074	0,2
		Универ.	10	0,039	0,3
020	Пробка 05532-3164 Ø8,5 ^{+0,16} _{-0,04} Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-80	Спец	10	0,20	0,1
		Станд.	10	0,14	0,2

Сводные данные по режимам резания

Наименование операции, перехода, позиции	t , мм	$L_{p.x.}$, мм	λ	S_p , мм/об	V_p	n_p , мин ⁻¹	S_m , мм/мин	T_o , мин	N_p , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	Фрезерная								
	Фрезеровать поверхность	4,5	319	0,98	0,34	114,24	364	124	2,58
010	Токарная								
	Точить поверхность	1,5	133	0,95	0,3	91,39	204	61	2,19
015	Токарная								
	Точить поверхность	1,5	44	0,86	0,26	89,54	160	42	1,1
020	Сверлильная								
	Сверлить отверстия $\varnothing 10$ мм	2	86	0,93	0,18	18	320	57,6	1,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Листов: _____	Листов: _____
Сторона: _____	Листов: _____
Вариант: _____	Листов: _____
Листов: _____	Листов: _____

Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Карпус Сальника					Лит	Масса	Масштаб
Разработ	Исполнител	Проф.	Одобрена	Е.П.						Лист	Листов	
Технический												
Исполнитель												
Итого												

Копирован Формат А3

