

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Механико-технологический факультет
Кафедра техники и технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/А.В. Прохоров

«__» _____ 2017 г.

Проектирование участка механической обработки детали
«Корпус платы» с разработкой
конструкторско-технологического оснащения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.05.2017.009.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

доцент

_____/ Д.В. Ардашев

«__» _____ 2017 г.

Доцент

_____/ В.В. Ахлюстина

«__» _____ 2017 г.

ст. преподаватель

_____/ А.В. Акинцева

«__» _____ 2017 г.

Руководитель работы

доцент

_____/ Д.В. Ардашев

«__» _____ 2017 г.

Автор работы

студент группы ДО – 568

_____/ М.И. Колупаев

«__» _____ 2017 г.

Нормоконтролер

доцент

_____/ В.В. Ахлюстина

«__» _____ 2017 г.

Озерск 2017

АННОТАЦИЯ

Колупаев М.И. Разработка технологического процесса изготовления детали «Корпус платы» с проектированием технологической оснастки в условиях серийного производства. ФАОУ ВО «ЮУрГУ», 2017, 81 с., 10 чертежей ф. А1 – 8 листов, ф. А3 – 2 листа, технологических карт – 49 листов. Библиография – 12 наименований.

В выпускной работе предложен проектный вариант технологического процесса механической обработки детали «Корпус платы».

Предлагается:

1. Вместо универсального оборудования, используемого в базовом варианте, использование токарно-фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ EMCO MAXXTURN 65 и электроэрозионного станка SODIC.

2. Применение для контроля геометрических параметров детали координатно-измерительной машины «Micra».

Проведение этих мероприятий позволит получить экономию штучного времени, поднять производительность, снизить себестоимость детали.

					150305.2017.010.00.00 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разработал	Воропаев Д.В.				Литера	Лист	Листов
Проверил	Ардашев Д.В.				Д	5	81
Рецензент					ЮУрГУ Кафедра ТТ		
Н. контр.	Ахлюстина В.В.						
Утвердил	Прохоров А.В.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	
1.1. Назначение и описание узла и работы детали в узле	11
1.2. Служебное назначение детали – представителя и технические требования, предъявляемые к ней	12
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
2.1. Анализ технологичности детали	13
2.2. Анализ действующего технологического процесса	16
2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса	16
2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки	18
2.2.3 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса	24
2.3. Разработка проектного технологического процесса	26
2.3.1. Выбор исходной заготовки	26
2.3.2. Выбор и обоснование технологических баз	29
2.3.3. План операций и переходов проектного технологического процесса	31
2.3.4. Выбор оборудования, оснастки, режущего инструмента	37
2.3.5. Расчет припусков	41
2.3.6. Расчет режимов резания	47
2.3.7. Расчет норм времени	59
2.3.8. Расчет необходимого количества оборудования	61
2.4. Описание планировки участка	65
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	
3.1. Проектирование станочного приспособления	70
3.2. Проектирование режущего инструмента	75
3.3. Описание работы контрольного приспособления	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А – КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	

ВВЕДЕНИЕ

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающего решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

В условиях сложившейся в мире экономической ситуации в Российской Федерации, в свою очередь, остро стоит проблема импортозамещения товаров, машин и оборудования. Это влечет за собой значительный рост номенклатуры изделий и необходимость увеличения производительности. Этого можно достигнуть путем широкого применения станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Станки с ЧПУ обеспечивают высокую автоматизацию процесса обработки, малые затраты времени на переналадку даже при небольших размерах партий и высокое качество обработки. Современные станки с ЧПУ оснащены контурными системами управления. В результате увеличения числа управляемых осей координат (до шести осей) стало возможно изготовление сложных деталей. Появилась возможность составления управляющих программ непосредственно на пульте управления станка, что упрощает переналадку. Увеличены мощности главных приводов и приводов подачи, повышена динамическая устойчивость станков.

Появление токарных многоцелевых станков обеспечивает изготовление сложных деталей на одном станке за одну установку. Идет процесс оснащения станков датчиками для контроля за технологическим процессом, позволяющими обнаружить неполадки и оптимизировать параметры режима обработки.

Станки с ЧПУ оснащаются устройствами для автоматической смены инструментов и заготовок, внедряются станки с инструментальными головками, имеющими собственный привод.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Для обеспечения требуемого качества изделий, обрабатываемых на станках с ЧПУ применяется инструмент, отличающийся следующими качествами: высокая надежность при работе с интенсивными режимами резания, быстросменность, высокий уровень унификации элементов и агрегатов, переналаживаемость, относительно низкая стоимость.

Цель работы – внести предложения по усовершенствованию существующей технологии, оснастки и организации производства с тем, чтобы, в конечном счете, предложить оптимальный вариант изготовления детали.

Для этого решаются следующие задачи:

а) определение типа производства, такта выпуска деталей и величины партии одновременно запускаемых в обработку деталей в случае серийного производства;

б) расчет и обоснование метода получения заготовки;

в) сокращение обработки металла резанием до максимума, путем придания заготовкам деталей машин наибольшей точности и приближения по форме, размерам и качеству поверхностей к готовым деталям;

г) интенсификация технологических процессов и повышение производительности труда за счет применения высокопроизводительного автоматизированного оборудования;

д) применение разнообразных методов автоматизации технологических процессов.

Машиностроение – одна из центральных отраслей экономики любого государства. От уровня развития машиностроения зависит уровень ВВП, его материалоемкость и энергоемкость. Кроме того, развитие машиностроения влияет на повышение производительности труда и эффективность работы практически всей экономики.

Крупнейшими мировыми центрами машиностроения в настоящее время являются Европейский союз (далее – ЕС), Китай, США и Япония.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ЕС остается пока крупнейшим мировым центром машиностроения по общему валовому выпуску продукции. Однако, ему на пятки наступает Китай, который за последние 10 лет вырвался в число лидеров, а по произведенной условно чистой продукции даже занял первое место в мире. Если занятость в отрасли в 2000 – 2012 гг. в развитых странах сокращалась (в США – на 2,6% в год, в Японии – на 3,3%, в ЕС – на 1,5% в год), то в Китае она росла ежегодно на 5,8%, достигнув 6 млн чел. и тем самым в два раза превысив показатель занятости в странах ЕС. Это отражало общий процесс переноса машиностроительных мощностей с Запада на Восток. Причина в том, что удельные трудовые издержки в Китае в два раза ниже, чем в Японии, в три раза ниже, чем в США, и почти в пять раз ниже, чем в Европейском союзе.

США

По валовому выпуску машиностроительной продукции (220 млрд долл.) США занимает третье место в мире после ЕС и Китая. Однако, в последнее десятилетие американское машиностроение росло сравнительно низкими темпами. В то же время, уровень производительности труда в американском машиностроении остается одним из самых высоких в мире.

В настоящее время около 60% производимой в США продукции машиностроения направляется на внутренний рынок. Экспорт растет более быстрыми темпами, чем импорт. Основные направления экспорта – страны НАФТА, Канада и Мексика. Традиционно сильные позиции американская машиностроительная продукция занимает в странах Южной Америки. В последние годы важным рынком сбыта стали страны Азии, особенно Китай.

Япония

Япония занимает четвертое место в мире по выпуску машиностроительной продукции. В этой отрасли в Японии занято примерно 700 тыс. человек. В 2000 – 2012 гг. машиностроение в Японии развивалось сравнительно медленными темпами, в результате чего производство условно-чистой продукции в постоянных ценах снизилось по сравнению с 2000 г. на 30%, а численность

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

занятых сократилась на 200 тыс. человек. В стране достигнут наивысший уровень производительности труда в машиностроении – 97 тыс. долл., что на 80% превышает западноевропейский уровень.

Япония является крупнейшим после США экспортером машиностроительной продукции. Что касается импорта, он в последние годы рос довольно быстрыми темпами – на 2% в год. Однако большую часть его составляла продукция японских же компаний, перенесших свое производство в страны с более низкими издержками. Исторически продукция иностранных компаний занимает незначительную долю внутреннего рынка Японии.

Россия

На мировом рынке Россия выступает в качестве чистого импортера машиностроительной продукции. Основным торговым партнером России выступают страны ЕС, на которые приходится до 90% машиностроительного импорта.

В особенно тяжелом положении находится российское станкостроение. Физическая и моральная изношенность основных фондов, в первую очередь металлообрабатывающего оборудования, достигает 70%.

Резкое сокращение станкостроительной промышленности вынудило некоторые крупнейшие машиностроительные заводы развивать станкостроение на собственной базе. В последние годы все более активными поставщиками компонентов для станкостроения выступают азиатские страны, которые теснят конкурентов из развитых стран, предлагая более низкие цены на свою продукцию.

Таким образом, одной из главных задач отечественного машиностроения является коренная реконструкция и опережающий рост таких отраслей, как: станкостроение, приборостроение, электротехническая и электронная промышленность, производство вычислительной техники, что позволит России набрать темпы для приближения к мировому уровню экономики.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.1. Назначение и описание узла и работы детали в узле

Каждое изделие предназначено для выполнения определённого процесса. Под служебным назначением детали понимают максимально уточнённую и чётко сформулированную задачу, для решения которой предназначена деталь.

Среди большого разнообразия изделий машиностроительной продукции весьма распространённую группу составляют детали типа «корпус», которые служат для размещения отдельных деталей, механизмов и агрегатов. Являясь важнейшими элементами конструкций машин, эти детали должны обеспечивать точность взаимного расположения установленных на них деталей и сборочных единиц, как в статическом положении, так и при эксплуатации изделия.

Деталь «Корпус платы», предлагаемая к рассмотрению в настоящей работе является основной составной частью сборочной единицы «Корпус реактора» и предназначена для механического объединения (сборки) деталей, входящих в состав реактора.

1.2. Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней

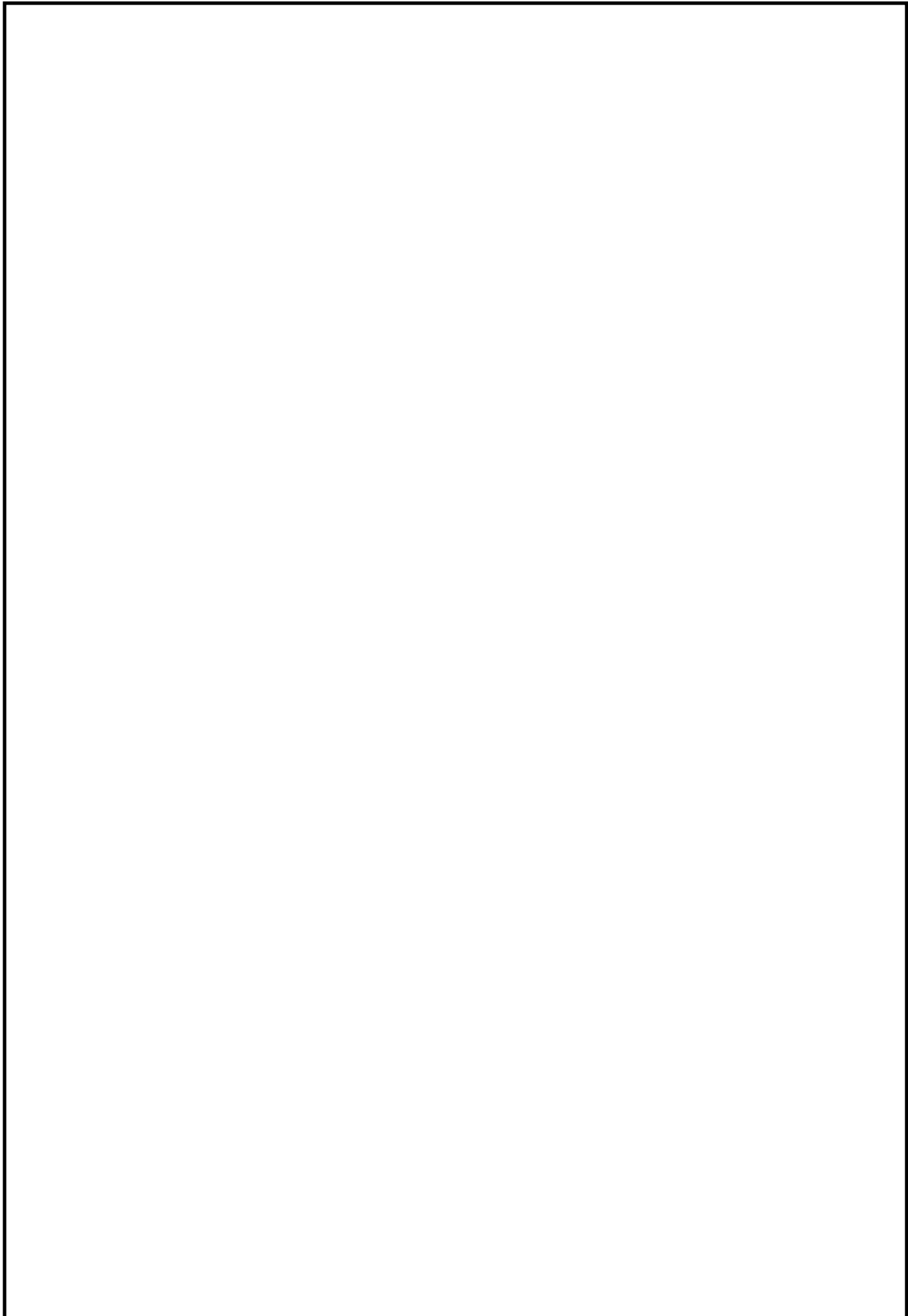
Рисунок 1.1 – Корпус платы

Как уже говорилось ранее, деталь «Корпус платы» (Рис. 1.1) является составной частью «Корпуса реактора». В соответствии со служебным назначением к детали предъявляются повышенные требования к прочности и износостойкости.

Ввиду того, что деталь «Корпус платы» работает при высоком давлении, к ней предъявляются следующие требования:

- а) ультразвуковой контроль заготовок;
- б) термообработка при температуре $(750 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- в) проведение механических испытаний после термообработки;
- г) контроль детали на наличие трещин методом цветной дефектоскопии.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ технологичности детали

При механической обработке изделий необходимо обеспечить не только эксплуатационные требования, но также и требований наиболее рационального и экономического изготовления изделия. В этом состоит принцип технологичности изделия. Чем меньше трудоёмкость и себестоимость изготовления изделия, тем более оно технологично.

Технологичность детали должна предусматривать:

а) максимально широкое использование унифицированных инструментов, стандартизованных и нормализованных приспособлений и их элементов;

б) создание заготовки наиболее рациональной формы с легкодоступными для обработки поверхностями и достаточной жёсткости с целью уменьшения трудоёмкости и себестоимости механической обработки заготовки и изготовления детали в целом;

в) наиболее рациональный способ получения заготовок для деталей (отливок, штамповок, из проката) с размерами и формами, возможно более близкими к готовым деталям, то есть обеспечивающими наиболее высокий коэффициент использования материала и наименьшую трудоёмкость механической обработки;

г) полное устранение или возможно меньшее применение слесарно-разметочных работ в ходе технологического процесса обработки детали.

Чертеж детали выполнен в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (далее – ЕСКД).

Общее количество размеров на чертеже достаточное для проведения контроля детали. Размеры на поверхности, к которым предъявляются повышенные требования, указаны с предельными отклонениями. Неуказанные предельные отклонения размеров принимаются по 14 качеству. Также ряд размеров имеет ссылку * (обеспечить инструментом) и ** (размер для справок).

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Таким образом, схема простановки размеров технологична, так как не вызывает затруднений при проведении прямых измерений. Исключение составляет размер «Н», который определяется косвенным измерением (пересчетом).

Деталь «Стакан технологический» представляет собой тело вращения правильной формы. Особенностью детали является «штуцер» – элемент, расположенный под углом 45° к центральной оси детали. Этот элемент не является технологичным, так как его сложно обработать без дополнительных приспособлений.

В конструкции детали предусмотрены канавки для свободного выхода режущего инструмента и фаски, которые являются унифицированными элементами.

Все обрабатываемые поверхности детали имеют свободный подвод и отвод режущего инструмента, а также доступны для контроля.

Существует два вида показателей технологичности: качественные и количественные.

2.1.1. Качественная оценка технологичности детали

Коэффициент точности:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (2.1)$$

где A_{cp} – средний квалитет точности размеров;

$$A_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.2)$$

где: T_i – квалитет точности;

n_i – число размеров заданного квалитета.

Таблица 1 – Данные для расчёта коэффициента точности обработки

Квалитет	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Количество размеров	1	3	2	2	6	21	2	13	4	3

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 6 + 12 \cdot 21 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 13 + 15 \cdot 4 + 16 \cdot 3}{57} = 12,3$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92$$

Если $K_T \geq 1$, это свидетельствует о невысокой точности большинства поверхностей детали. Если же $K_T \leq 0,8$, это говорит о том, что деталь обладает высокой точностью и, следовательно, не технологична.

В данном случае $0,8 \leq 0,92 \leq 1$, что говорит о том, что с точки зрения точности деталь считается технологичной.

2.1.2. Количественная оценка технологичности детали

Коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \quad (2.3)$$

где B_{cp} – средняя шероховатость поверхности.

Таблица 2 – Данные для расчёта коэффициента шероховатости

Значение шероховатости Ra , мкм	2,5	5,0	10,0	20,0
Количество поверхностей	10	42	27	1

$$B_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.4)$$

где Ra_i – число основных поверхностей детали с соответствующей шероховатостью.

$$B_{cp} = \frac{2,5 \cdot 10 + 5 \cdot 42 + 10 \cdot 27 + 20 \cdot 1}{80} = 6,56$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,56} = 0,2$$

Деталь считается технологичной, если выполняется условие: $K_{ш} < 0,32$.

В данном случае $0,2 \leq 0,32$. Следовательно, с точки зрения шероховатости деталь также является технологичной.

Проведя качественный и количественный анализ, можно сделать вывод, что деталь технологична по всем показателям, имеет базовые поверхности для

первоначальных операций, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, а так же обработку на станках с ЧПУ.

2.2. Анализ действующего технологического процесса

2.2.1 Анализ документации действующего технологического процесса

Анализ существующего технологического процесса должен быть проведён с точки зрения обеспечения требований, предъявляемых к продукции.

Рабочие чертежи должны содержать все данные, необходимые для их изготовления:

а) материал, применяемый для изготовления детали, с указанием его марки и ГОСТа (ОСТа);

б) размеры с указанием допускаемых отклонений; классы чистоты обрабатываемых поверхностей;

в) проекции, разрезы и сечения, обеспечивающие полное освоение конструктивных форм детали;

г) допускаемые отклонения от правильных геометрических форм; допускаемые пространственные отклонения;

д) прочие технические требования, предъявляемые к детали и ее элементам (термообработка, твердость, покрытие, балансировка и т.п.).

Как уже упоминалось в предыдущем разделе, рабочий чертеж детали выполнен в соответствии с требованиями ЕСКД.

В комплект технологической документации (далее – КТД) для операционного описания технологического процесса входят:

а) титульный лист (ТЛ), ГОСТ 3.1105-84, форма 2;

б) маршрутная карта (МК), ГОСТ 3.1118-82, форма 1 и 1б;

в) операционная карта (ОК), ГОСТ 3.1404-86, форма 3 и 2а;

г) карта эскизов (КЭ), ГОСТ 3.1105-84, форма 7а.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист

16

Карта контроля отсутствует. Имеется протокол производственного контроля (далее – ППК).

Все карты КТД заполнены корректно. Недостатком считаю не заполненные поля режимов резания в операционных картах.

Таблица 3 – Базовый маршрут обработки детали

№ п/п	Наименование операции	Содержание операции
000	Заготовительная	Отрезать заготовку длиной 175±1 мм. Отрезать заготовку длиной 65±1 мм (для образцов)
005	Токарная (ЧПУ)	Предварительная обработка с переустановкой с припусками по 1 мм на все размеры
010	Фрезерная	Предварительная обработка с переустановкой с припусками по 1 мм на все размеры
015	Термообработка	Термообработка. Нагрев до температуры 750±30 °С, выдержка в течении от 16 до 17 часов, охлаждение на воздухе.
020	Токарная (ЧПУ)	Обработка в центрах Ø58 _{-0,4}
025	Токарная	Зачистка от окалины заготовки для образцов.
030	Токарная (ЧПУ)	Предварительная обработка в патроне внутренних поверхностей с припуском 0,2 мм.
035	Токарная (ЧПУ)	Окончательная обработка в патроне внутренних поверхностей с припуском 0,2 мм.
040	Токарная	Обработка торца в размер 146±0,05 мм.
040а	Токарная (ЧПУ)	Окончательная обработка конуса
045	Фрезерная	Обработка в делительной головке технологической лыски, боковых поверхностей штуцера, плоскости Ж.
050	Токарная (ЧПУ)	Обработка в четырехкулачковом патроне штуцера стакана окончательно в размеры чертежа.
055	Фрезерная	Обработка шестигранника, рисунок.
060	Токарная (ЧПУ)	Окончательная обработка Ø52
065	Фрезерная	Обработка 4 пазов
070	КРС	Обработка отверстия Ø3±0,25 на штуцере
075	Слесарная	Опиливание детали
080	Контрольная	Контроль методом цветной дефектоскопии
085	Слесарная	Промывка, просушка детали
090	Гальваническая	Обезжиривание
095	Слесарная	Маркировка
100	Контрольная	Произвести контроль размеров по ППК.
110	Слесарная	Упаковка

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист

17

Маршрут технологического процесса в полной мере отображает правильную последовательность технологических операций, которые обеспечивают полное изготовление и технический контроль детали со всеми технологическими требованиями. Данный технологический процесс прошел нормирование и утверждение.

2.2.2. Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

Токарно-винторезный станок 16К20

Токарно-винторезный станок 16К20 (Рис. 2.1) предназначен для выполнения различных токарных работ и нарезания метрической, модульной, дюймовой и питчевой резьбы. Обрабатываемые детали устанавливаются в центрах или патроне.

Рисунок 2.1 – Токарно-винторезный станок 16К20

Таблица 4 – Технические характеристики станка 16К20

Технические характеристики	Параметры
Высота оси центров над плоскими направляющими станины, мм	215
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	400
Наибольшая длина заготовки, устанавливаемой в центрах, мм	2000
Наибольший диаметр сверла при сверлении стальных деталей, мм	25
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в центрах, кг	460..1300
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в патроне, кг	200
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	52
Частота вращения шпинделя в прямом направлении, об/мин	12,5..1600
Частота вращения шпинделя в обратном направлении, об/мин	19..1900
Количество прямых скоростей шпинделя	22
Количество обратных скоростей шпинделя	11
Коническое отверстие шпинделя по ГОСТ 2847-67	Морзе 6
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм	1000
Наибольшая длина продольного перемещения, мм	1935
Наибольшая длина поперечного перемещения, мм	300
Диапазон продольных подач, мм/об	0,05..2,8
Диапазон поперечных подач, мм/об	0,025..1,4
Конус отверстия в пиноли задней бабки по ГОСТ 2847-67	Морзе 5
Электродвигатель главного привода, кВт	10

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист

18

Габаритные размеры станка, мм	Длина	2795
	Ширина	1190
	Высота	1500
Масса станка, кг		3010

Токарно-винторезный станок 16К20ФС3 с ЧПУ

В базовом технологическом процессе используется токарно-винторезный станок 16К20ФС3 с ЧПУ (рис. 2.2).

Рисунок 2.2 - Токарно-винторезный станок 16А20ФС3 с ЧПУ

Таблица 5 – Технические характеристики станка с ЧПУ 16К20Ф3

Наименование параметра	Параметры
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм	500
Наибольший диаметр изделия, обрабатываемой над станиной, мм	320
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	200
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший ход суппорта поперечный, мм	210
Наибольший ход суппорта продольный, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость рабочей продольной подачи, мм/мин	2000
Максимальная рекомендуемая скорость рабочей поперечной подачи, мм/мин	1000
Количество управляемых координат	2
Количество одновременно управляемых координат	2
Точность позиционирования, мм	0,01
Диапазон частот вращения шпинделя, 1/об.	20,,2500
Максимальная скорость быстрых продольных перемещений, м/мин	15
Максимальная скорость быстрых поперечных перемещений, м/мин	7,5
Количество позиций инструментальной головки	6
Мощность привода главного движения, кВт	11
Суммарная потребляемая мощность, кВт	21,4
Габаритные размеры станка, мм	3700x2260 x1650
Масса станка (без транспортера стружкоудаления), кг	4000

Фрезерный станок модели 6P82Ш

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Рисунок 2.3 – Фрезерный станок 6P82Ш

Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок модели 6P82Ш (Рис. 2.3) предназначен для выполнения различных фрезерных работ любых форм и из любых материалов от чугуна до сплавов цветных металлов и пластмасс в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Для обработки различного вида поверхностей, а также крупногабаритных деталей, превышающих по своим размерам стол, шпиндельная головка смонтирована на выдвижном хоботе и может поворачиваться под любым углом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Горизонтальный шпиндель станка может быть использован при обработке плоскостей торцовыми и цилиндрическими фрезами. Возможна как отдельная, так и одновременная работа обоими шпинделями. При установке серег станок может быть использован как обычный горизонтально-фрезерный.

Таблица 6 – Технические характеристики станка 6P82Ш

Технические характеристики	Параметры
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250 x 320
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	320
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	420
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	от 30 до 450
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	от 31,5 до 1600
Ускоренное продольное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное поперечное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное вертикальное перемещение стола, мм/мин	1330
Максимальная масса обрабатываемой детали с приспособлением, кг	250 / 550
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт	7,5
Мощность электродвигателя привода стола, кВт	3
Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	2280 x 1965 x 2265
Масса станка с электрооборудованием, кг	3250

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист
20

Технологические возможности станка могут быть расширены с применением делительной головки, поворотного круглого стола и других приспособлений.

Координатно-расточной станок 2Д450

Координатно-расточной станок 2Д450 (Рис. 2.4) предназначен для обработки отверстий с точным расположением осей, размеры между которыми заданы в прямоугольной системе координат. На станке можно выполнять сверление, легкое (чистовое) фрезерование, разметку и проверку линейных размеров, в частности и межцентровых расстояний. Станок снабжен поворотными столами, что дает возможность производить обработку отверстий, заданных в полярной системе координат, наклонных и взаимно перпендикулярных отверстий и проточку торцовых плоскостей.

Рисунок 2.4 – Координатно-расточной станок 2Д450

Таблица 7– Технические характеристики станка 2Д450

Наименование параметра		2Д450
Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм		30
Наибольший диаметр расточки в стали 45, мм		10..250
Расстояние от оси шпинделя до стойки (вылет шпинделя), мм		710
Наибольшее вертикальное (ход) перемещение шпинделя, мм		270
Частота вращения шпинделя (б/с регулирование), об/мин		50...2000
Рабочая поверхность стола, мм		1120 x 630
Число Т- образных пазов на столе		7
Наибольший конус закрепляемого инструмента		Морзе 4
Цена деления растровой сетки установки координат, мм		0,001
Электродвигатель привода главного движения, кВт		2,2
Габариты станка	Длина, мм	3305
	Ширина, мм	2705
	Высота, мм	2800
Масса станка, кг		7800
Загрузка станка в технологическом процессе, %		34

Таким образом, рассмотрев технические характеристики, моральное состояние, а также степень загрузки основного технологического оборудования, применяемого в базовом технологическом процессе, можно сделать вывод о целесообразности его применения в прогрессивном технологическом процессе.

Таблица 8 – Оборудование базового технологического процесса

№ п/п	Модель станка	Тип станка	Год выпуска	Моральное состояние	Физическое состояние	К _{заг}
1	16К20	Токарно-винторезный	1982	Не удовл.	Не удовл.	0,5
2	16А20ФС3	Токарный (ЧПУ)	2003	Удовл.	Удовл.	0,85
3	ВМ127	Фрезерный (вертикальный)	1985	Не удовл.	Удовл.	0,63
4	2А450	Координатно-расточной	1973	Не удовл.	Не удовл.	0,24
5	СНО 34,2/И2	печь	1886	Не удовл.	Удовл.	0,78
6	Ванна	Ванна обезжиривания	1999	Не удовл.	Не удовл.	0,56

Кроме того, в действующем технологическом процессе используется большое количество приспособлений:

- а) трехкулачковый самоцентрирующий патрон по ГОСТ 2675-80;
- б) четырехкулачковый патрон по ГОСТ 3890-82;
- в) универсальная делительная головка УДГ-160 по ГОСТ 8615-89;
- г) тисы слесарные по ГОСТ 4045-75;
- д) оправки резрезные специальные.

Многokратные переустановки требуют значительных затрат вспомогательного времени, падает производительность, а главное, снижается точность изготовления детали из-за накапливающихся погрешностей. Вместе с тем возникает необходимость обслуживания и поддержания в рабочем состоянии множества приспособлений, что также ведет к дополнительным затратам.

Режущий инструмент, применяемый в действующем технологическом процессе – унифицированный, что отвечает требованиям технологичности.

Для токарной обработки используются:

- а) резцы проходные упорные отогнутые с твердосплавными пластинами, регламентированные в ГОСТ 18868-73 и ГОСТ 18877-73;
- б) резцы подрезные отогнутые с твердосплавными напайками по ГОСТ 18880-73;
- в) резцы расточные для обработки сквозных отверстий с твердосплавным напайками разного диаметра по ГОСТ 18882 -73;
- г) резцы канавочные твердосплавными пластинами по ГОСТ 10046-73;
- д) резцы фасочные твердосплавными пластинами по ГОСТ 18875-73.

Для фрезерной обработки используются фрезы концевые из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 17026-71

Для контроля детали «Корпус платы» применяются средства измерений:

- а) штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 по ГОСТ 166-89 и штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89;
 - б) микрометр МК 50-75 ГОСТ 6507-90;
 - в) угломер ГОСТ 5378-88;
 - г) нутромер индикаторный 18-50 ГОСТ 868-82;
 - д) индикаторы часового типа по ГОСТ 577-068,
- а также средства допускового контроля: резьбовые калибр-кольца и калибр-пробки, калибр-пробки гладкие, калибры-скобы.

2.2.3 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса

Представленный технологический процесс позволяет выполнить все требования чертежа, но, на мой взгляд, он имеет ряд недостатков:

- а) трудоемкость технологического процесса;
- б) использование большого количества приспособлений и, как следствие, увеличение вспомогательного времени, снижение точности изготовления и производительности;

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

- в) низкая эффективность применяемого режущего инструмента;
- г) простои оборудования.

Для устранения этих недостатков при разработке проектного варианта технологического процесса предлагаю следующее:

а) усовершенствовать технологический процесс таким образом, чтобы для его выполнения требовалось наименьшее количество единиц оборудования, что позволит добиться высокой производительности и качества обработки, а соответственно минимизирует затраты на производство;

б) частично отказаться от универсального оборудования, основную обработку детали на токарно-фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ EMCO MAXTURN 65, а также электроэрозионном станке SODIC. Токарно-винторезный станок 16K20 и токарный станок с ЧПУ 16A20ФС3 считаю целесообразным использовать на предварительных технологических операциях, так как:

- материал ХН35ВТЮ-ВД труднообрабатываемый;
- при его механической обработке при максимальных силах резания назначаются минимальные режимы резания, которые не допускают перегрева материала и разрушение инструмента;
- предварительные операции выполняются за один установ;

в) использовать современный режущий инструмент компании ISCAR. Компания ISCAR изготавливает все виды инструмента общего и специального назначения: токарного, фрезерного, осевого, резьбонарезного, вспомогательного, инструментальную оснастку различного функционального назначения для станков, сменные многогранные пластины из современных марок твердых сплавов с прогрессивными износостойкими покрытиями. Многообразная номенклатура инструмента и оснастки, выпускаемых компанией ISCAR, насчитывает более 40000 наименований.

Выпускаемый инструмент сертифицирован международным стандартом серии ISO 9001, ISO 14001 и поставляется во многие индустриально развитые страны мира.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2.3. Разработка проектного технологического процесса

2.3.1. Выбор исходной заготовки

При выборе заготовки необходимо стремиться к тому, чтобы форма и размеры заготовки максимально приближались к форме и размерам детали. На выбор заготовки влияют следующие факторы: форма детали, материал, программа годового выпуска изделий, а так же экономичность способа получения заготовки.

В качестве материала для изготовления детали используется жаропрочная жаростойкая сталь ХН35ВТЮ-ВД (ЭИ787-ВД) по ТУ 14-1-850-74. ВД в обозначении марки материала означает вакуумно-дуговой переплав (специальный метод получения сплава).

Назначение: рабочие лопатки газотрубных и других двигателей, работающие при температуре до 700–800°C, компрессорные лопатки, работающие до 700–800°C, диски, дефлекторы, кольца, работающие при температуре до 750°C.

Таблица 9 – Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	W	S	P	B	Cu	Mo
Не более								не более				
0,08	0,6	0,6	14,0–16,0	33,0–37,0	2,4–3,2	0,7–1,4	2,8–3,5	0,02	0,03	0,02	0,25	0,3

Таблица 10– Физические свойства

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	λ	γ	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Ом·м
20	2.15			8040	992
100	2.1	12.7	15.4		
200	2.02	14.1	17.5		
300	1.99	15	19.2		
400	1.92	15.4	20.9		
500	1.85	15.8	22.6		
600	1.73	16	24.7		
700	1.66	16.6	25.9		
800	1.51	16.8	27.6		

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист
25

900		18.4	29.3		
-----	--	------	------	--	--

где: T - Температура, при которой получены данные свойства , Град;

E - Модуль упругости первого рода , МПа;

α - Коэффициент температурного (линейного) расширения (диапазон 20° - T) , 1/Град;

λ - Коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала), Вт/(м·град);

ρ - Плотность материала , кг/м³;

R - Удельное электросопротивление, Ом·м.

Таблица 11 – Механические свойства

Режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0.2}$	σ_B	δ_5	Ψ	КСУ, Дж/см ²
		МПа		%		
		Не менее				
Закалка 1180–1200°С, 2,5-8ч, воздух. Закалка 1040–1060°С, 4ч, воздух. Старение 750–800°С, 16 ч, воздух	32-55	640	930	6	8	29

где: σ_B - Предел кратковременной прочности , МПа;

σ_T - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа;

δ_5 - Относительное удлинение при разрыве , % ;

ψ - Относительное сужение , % ;

КСУ - Ударная вязкость , кДж / м²;

НВ - Твердость по Бринеллю , МПа.

Таблица 12 – Твердость стали после термообработки

Режим термообработки	НВ
Прутки диаметром 45–90 мм. Закалка 1190°С, 2,5–8 ч, воздух. Закалка 1050°С, 4 ч, воздух. Старение 750–800°С, 16 ч, воздух.	302...354

Таблица 13 – Предел выносливости

σ_{-1} , МПа	n
304	10 ⁷

Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1110, конца 900. Сечение до 450 мм охлаждается на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая (для получения качественных сварных соединений требуются дополнительные операции: подогрев до 200-300 град. при сварке, термообработка после сварки – отжиг). Способ сварки: РДС электродами ЦТ-22. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием – в термообработанном состоянии при НВ 340...364 и $\sigma_B = 930$ МПа, $K_{V\text{ тв. спл}} = 0,15$, $K_{V\text{ б. ст}} = 0,1$.

Массово в машиностроении сталь ХН35ВТЮ-ВД поставляется в виде прутков и листов. Сталь ХН35ВТЮ-ВД для литья и штамповки не используется

Учитывая вышесказанное, в качестве заготовки следует использовать круглый прокат.

В зависимости от максимального наружного диаметра детали Ø58 мм предварительно по ГОСТ 2590-57 сортовой прокат Ø65.

Длина заготовки:

$$L_3 = L_d + 2z_{\text{подр.}}, \quad (2.5)$$

где: L_3 – номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм;

$z_{\text{подр.}}$ – припуск на подрезку торцевых поверхностей.

$$L_3 = 168,5 + 2 \cdot 2,5 = 173,5 \text{ (мм)}$$

Принимаем длину заготовки $L_3 = 175 \pm 2$ мм.

Для расчета коэффициента использования материала необходимо определить массу заготовки. Масса заготовки определена по 3D-модели в программе «КОМПАС 3D», $M_3 = 4,56$ кг. Масса детали согласно конструкторской документации составляет $M_d = 1,02$ кг.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (2.6)$$

где: M_d – масса детали, кг;
 M_3 – масса заготовки, кг.

$$\text{КИМ} = \frac{1,02}{4,56} = 0,22$$

2.3.2. Выбор и обоснование технологических баз

После выполнения первой операции необходимо установить технологические базы для последующей обработки заготовки. Такими базами будут уже обработанные поверхности. Они должны обеспечить обработку исполнительных поверхностей, конструкторских основных и вспомогательных баз по ГОСТ 21495-76 с необходимыми параметрами шероховатости, с заданными допустимыми отклонениями размеров, геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Они должны также обеспечить надежное закрепление заготовки, чтобы исключалось упругое деформирование различных ее поверхностей, и погрешности установки были минимальны.

Установочными базами называют такие поверхности деталей, на которые деталь устанавливается в определенном положении относительно станка, приспособления и инструмента, обеспечивая, при этом, минимальные изменения ориентирования поверхностей друг относительно друга. Для обеспечения точности изготовления деталей при проектировании технологических процессов нужно стремиться к тому, чтобы в качестве установочных баз использовалось как можно меньше поверхностей, а также минимальным было бы и количество установок.

Измерительными базами называются поверхности, от которых при измерении происходит непосредственный отсчет размеров.

Рисунок 2.5 – Классификация базовых поверхностей

Таблица 14 – Классификация поверхностей детали по служебному назначению

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Вид поверхностей	Номер поверхности
Конструкторские	А; Б; В и Г
Установочные	А и Д
Измерительные	Б; В; Г и Е

Анализируя требования рабочего чертежа в части назначения базовых поверхностей следует заметить, что такие конструкторские базы как: А и Б одновременно являются и технологическими. Они используются для закрепления детали при обработке большинства поверхностей. В то же время эти базы наряду с базами Г, Д и Е являются измерительными. Таким образом, можно считать, что принципы единства и постоянства баз соблюдены.

2.3.3 План операций и переходов проектного технологического процесса

Разработка плана операций и переходов проектного технологического процесса представлена в таблице 11.

Таблица 15- План операций прогрессивного технологического процесса

№ опер	Наименование и содержание операции	Эскиз обработки
1	2	3
000	Заготовительная 1) Отрезать заготовку $L = 175 \pm 2$. 2) Отрезать заготовку для изготовления образцов для проведения механических испытаний $L = 65 \pm 2$.	

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист
29

--	--	--

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Продолжение таблицы 11

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

<p>060</p>	<p>Комплексная на ОЦ Переход 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Подрезать торец 34 в размер $14+0,23$. 2) Сверлить отверстие 36 на глубину 28,5 мм. 3) Расточить отверстие 37 на глубину 22,5 мм. 4) Обработать резьбовую канавку (выносной элемент А) 5) Обработать фаску 38. 6) Обработать поверхность 35. <p>Переход 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Расточить отверстие 39 на глубину 23 мм. 2) Расточить поверхность 40. 3) Расточить поверхность В на глубину $11^{+0,12}$. 4) Расточить поверхность 41 на глубину $8^{+0,16}$. 5) Обработать поверхности 42 и 43. 	
<p>065</p>	<p>Токарно-фрезерная (ЧПУ) Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Точить поверхность 44. 2) Фрезеровать 4 паза (поверхность 45). <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Сверлить отверстие 46. 2) Фрезеровать шестигранник 47. 3) Выполнить риску. 	
<p>070</p>	<p>Координатно-расточная</p> <p>Сверлить отверстие 48.</p>	
<p>075</p>	<p>Слесарная Опиливание детали</p>	

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

080	Контрольная Контроль результатов проведения цветной дефектоскопии	
-----	---	--

Продолжение таблицы 11

085	Промывочная Электрохимическое обезжиривание деталей	
090	Маркировка	
095	Контрольная Контроль детали на соответствие КД	
100	Упаковка	

2.3.4. Выбор оборудования, оснастки, режущего инструмента

Выбор станочного оборудования является одним из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки заготовки, от правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономическое использование производственных площадей, электроэнергии и в итоге себестоимости изделия.

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

- а) соответствие основных размеров станка габаритам обрабатываемых деталей, устанавливаемых по принятой схеме обработки;
- б) соответствие станка по производительности заданной программе выпуска деталей;
- в) возможность работы на оптимальных режимах резания;
- г) соответствие станка по мощности;
- д) возможность механизации и автоматизации выполняемой обработки;
- е) наименьшая себестоимость обработки.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист
33

Выбор режущего инструмента осуществляется в зависимости от содержания операций, выбранного оборудования и, по возможности, из стандартного режущего инструмента.

К средствам технологического оснащения кроме оборудования относятся: стандартная и специальная технологическая оснастка, режущий и измерительный инструмент.

При контроле деталей предпочтение также отдается стандартным контрольно – измерительным приборам и инструментам.

Для предварительной токарной обработки предлагаю оставить токарный патронно-центровой станок с числовым программным управлением (ЧПУ) 16А20ФС3 (рис. 2.6).

Станок 16А20ФС3 предназначен для токарной обработки наружных (диаметром до 400 мм) и внутренних поверхностей деталей (длиной до 1000 мм) со ступенчатым и криволинейным профилем в осевом сечении в замкнутом полуавтоматическом цикле.

Рисунок 2.6 – Станок с ЧПУ модели 16А20ФС3

Токарный станок 16А20ФС3 сконструирован на базе токарно-винторезного станка 16К20Ф3. Поэтому компоновка, составные части и движения у этих станков одинаковы. Во многом унифицирована конструкция станков.

Особенности конструкции:

а) высокопрочная станина, выполненная литьем из чугуна марки СЧ20 с термообработанными шлифованными направляющими обеспечивают длительный срок службы и повышенную точность обработки;

б) привод главного движения, включающий главный двигатель 11 кВт и шпиндельную бабку обеспечивает наибольший крутящий момент до 800 Нм;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

в) высокоточный шпиндель с отверстием 55 мм (по заказу 64 мм), позволяющий обрабатывать детали из пруткового материала зона обработки может быть оснащена как линейной наладкой, так и револьверной головкой;

г) надежная защита шарико-винтовых пар обеспечивает долговечность работы механизмов перемещения по координатам X и Z станок оснащается системами ЧПУ и электроприводами, как отечественного производства, так и производства зарубежных фирм.

Область применения: Мелкосерийное серийное производство.

Класс точности П по ГОСТ 8—82.

Вид климатического исполнения по ГОСТ15150—69: УХЛ4.

Для токарно-фрезерной обработки предлагаю использовать токарно-фрезерный обрабатывающий центр EMCO MAXXTURN 65 MY (рис. 2.7) с приводным инструментом и осью Y.

Такие центры предназначены для токарной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, различной сложности, включая нарезания резьбы, сверление, зенкерование.

Обработку возможно производить в один или несколько проходов в замкнутом полуавтоматическом цикле одновременно по двум координатам. Продольное обтачивание и растачивание при управлении ЧПУ позволяет обрабатывать любую комбинацию типовых поверхностей.

Рисунок 2.7– Токарно-фрезерный обрабатывающий центр
EMCO MAXXTURN 65 MY

При наличии приводного инструмента можно производить такие операции как фрезерование, гравирование, маркировку и т. д.

Приводная инструментальная головка (Рис. 2.8) позволяет установить до 12 приводных инструментов под углами 0 или 90 градусов.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 2.8 – Приводная инструментальная головка

На координатно-расточной операции используется станок 2А450. Координатно-расточной станок 2А450 (Рис. 2.9) предназначен для обработки отверстий с точным расположением осей, размеры между которыми заданы в прямоугольной системе координат. На станке можно выполнять сверление, легкое (чистовое) фрезерование, разметку и проверку линейных размеров, в частности и межцентровых расстояний. Станок снабжен поворотными столами, что дает возможность производить обработку отверстий, заданных в полярной системе координат, наклонных и взаимно перпендикулярных отверстий и проточку торцовых плоскостей.

Рисунок 2.9 – Координатно-расточной станок 2А450

2.3.5. Расчет припусков

Припуск – слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью достижения заданных параметров обрабатываемой поверхности детали.

Припуск должен назначаться на все поверхности, подлежащие механической обработке, с целью удаления поверхностного слоя металла и придания деталям степени точности размеров и чистоты, обусловленных техническими условиями и чертежами.

Чем больше припуск, тем больше количество проходов необходимо сделать для его удаления или тем меньше скорости резания и подачи при обработке могут быть назначены при работе за один проход, что в том и другом случае ведет к увеличению трудоемкости механической обработки. Увеличение припусков вызывает повышение расходов на электроэнергию и режущий инструмент, увеличивает отходы металла, превращаемого в стружку, увеличивает

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

потребность в оборудовании механического цеха и площадях для его установки.

Таким образом, для снижения себестоимости механической обработки следует стремиться к уменьшению припусков, т.е. к более высокой точности заготовок. Однако не следует забывать, что повышение точности заготовок вызывает и повышение себестоимости их изготовления в заготовительных цехах. Следовательно, необходимо выбирать припуск по величине таким, чтобы, с одной стороны, этот припуск обеспечивал хорошее качество детали после её механической обработки (отсутствие брака по черноте) и, с другой стороны, минимальную себестоимость обработки детали как в механических, так и в заготовительных цехах.

Размер припуска определяют разностью между размером заготовки и размером детали по рабочему чертежу.

Припуски разделяют на общие, т.е. которые удаляются в течение всего процесса обработки данной поверхности, и межоперационные, которые удаляются при выполнении отдельных операций. Величина межоперационного припуска определяется разностью размеров, полученных на предыдущей и последующей операциях.

Общим припуском на обработку называется слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки на всех операциях.

Промежуточный припуск – слой металла, необходимый для выполнения технологического перехода. Он определяется разностью размеров, получаемых на смежных технологических переходах процесса обработки данной поверхности.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина промежуточного припуска для поверхностей тел вращения:

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + e_{yi}^2}), \quad (2.7)$$

где: $z_{i \min}$ – наименьший припуск на сторону;

Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предыдущем переходе;

									Лист
									37
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2017.009.00 ПЗ ВКР				

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхности заготовки после предыдущего перехода;

ρ_{i-1} – векторная сумма пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей, полученных на предыдущем переходе;

ϵ_{yi} – векторная сумма погрешностей установки и базирования детали на выполняемом переходе.

При обработке поверхностей вращения суммарное значение ρ_{i-1} определяется как векторная сумма пространственных отклонений поверхностей заготовки: смещения зацентровки $\rho_{ц}$ и кривизны заготовки $\rho_{к}$:

$$\rho_{i-1} = \rho_{ц} + \rho_{к} \quad (2.8)$$

В тех случаях, когда нельзя предвидеть направление вектора в пространстве, в целях получения наиболее вероятного значения ρ_{i-1} его значение суммируют по правилу квадратного корня:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{ц}^2 + \rho_{к}^2} \quad (2.8)'$$

В качестве примера рассчитаем припуск на внутреннюю цилиндрическую поверхность $\varnothing 42(+0,1/0)$. Шероховатость заданной поверхности согласно рабочему чертежу детали Ra 2,5. Так как в качестве заготовки предполагается использовать круглый прокат, последовательность обработки данной поверхности будет следующая: сверление, черновое и чистовое растачивание.

Суммарное значение пространственных отклонений при обработке в патроне:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{к\text{оп}}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (2.9)$$

где: $\rho_{к\text{оп}}$ - общая кривизна заготовки, мкм;

$\rho_{ц}$ - величина смещения после механической обработки, мкм. В данном случае после сверления, чернового и чистового растачивания.

Общая кривизна заготовки определяется как:

$$\rho_{к\text{оп}} = \Delta_k \cdot L \quad (2.10)$$

где: Δ_k - удельная кривизна (1 мкм/мм)

L – общая длина заготовки ($L=175$ мм)

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L = 1 \cdot 175 = 175 \text{ (мкм)}$$

Величина смещения оси в результате несоосности поверхностей заготовки определяем по формуле:

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{(\Delta_{\text{у}} \cdot L)^2 + C_0^2}, \quad (2.11)$$

где: $\Delta_{\text{у}}$ – удельное значение увода сверла, мкм. $\Delta_{\text{у}} = 0,4$ мкм/мм;

C_0 – смещение оси отверстия относительно номинального положения, мм.

$C_0 = 30$ мкм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{(0,4 \cdot 135)^2 + 3000} = 76,9 \text{ (мкм)}$$

Суммарное отклонение расположения поверхностей после сверления составит:

$$\rho_0 = \sqrt{175^2 + 76,9^2} = 191,2 \text{ (мкм)}$$

Величины отклонений расположения поверхностей на последующих переходах определяются по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = \rho_{i-1} \cdot K_{\text{у}}, \quad (2.12)$$

где: ρ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений на предыдущем переходе, мкм;

$K_{\text{у}}$ – коэффициент уточнения. Для черного растачивания $K_{\text{у}} = 0,05$, для чистового – $K_{\text{у}} = 0,005$, [2, с.22].

$$\rho_{\text{ост} 2} = 191,2 \cdot 0,05 = 9,56 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{\text{ост} 2} = 9,56 \cdot 0,005 = 0,048 \text{ (мкм)}$$

Аналогично определяется суммарное значение погрешностей установки детали:

$$\varepsilon_{\text{у}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2}, \quad (2.13)$$

где: ε_{δ} – погрешность базирования, мкм. $\varepsilon_{\delta} = 20$ мкм, [1, с.41, таблица 12];

$\varepsilon_{\text{з}}$ – погрешность закрепления, мкм. $\varepsilon_{\text{з}} = 400$ мкм, [1, с.42, таблица 13].

Таким образом, на первом технологическом переходе (сверление) суммарная погрешность установки составит:

$$\varepsilon_{\text{у}} = \sqrt{20^2 + 400^2} = 400 \text{ (мкм)}$$

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Остаточная погрешность установки на втором технологическом переходе составит:

$$\varepsilon_{\text{ост } 2} = \varepsilon_y \cdot 0,05 = 400 \cdot 0,05 = 20 \text{ (мкм)};$$

на третьем:

$$\varepsilon_{\text{ост } 3} = \varepsilon_{\text{ост } 2} \cdot 0,005 = 20 \cdot 0,005 = 0,1 \text{ (мкм)}$$

Величины R_z и T справочные.

Таблица 16 – Данные для расчета припусков

Переход	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, мкм	Передельные припуски, мкм		Расчетные размеры, мм	
	R_{zi}	h_i	ρ_i	ε_{ycti}				$2Z_{\min}$	$D_{i \text{ расч.}}$	δ_i	$2Z_{\min \text{ пр}}$
Заготовка	50	70	191,2	-	-	41,766	250	-	-	41,52	41,77
Токарная черновая	50	50	9,56	20	244	42,010	150	90	140	41,86	42,01
Токарная чистовая	20	25	0,048	0,1	90	42,100	100	240	340	42,00	42,10

Определяем величину минимального припуска на первом технологическом переходе:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{9,56^2 + 20^2}) = 244 \text{ (мкм)};$$

на втором технологическом переходе:

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{0,048^2 + 0,1^2}) = 90 \text{ (мкм)}$$

Чтобы обеспечить постоянство промежуточных припусков на каждом переходе, размер обрабатываемой поверхности должен находиться в определенных пределах, характеризующих допуск припуска. Значения допусков для каждого из технологических переходов принимаем по справочным таблицам [1, с.72., таблица 27].

Наибольший предельный размер на заданном переходе определяется последовательным вычитанием величин расчетных минимальных припусков из наибольшего размера, указанного в рабочем чертеже.

$$D_{\max i} = D_{\max i-1} - 2Z_{\min i} \quad (2.14)$$

$$D_{\max} = 42,1 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 2} = 42,1 - 0,090 = 42,010 \text{ (мм)}$$

$$D_{\max 1} = 42,010 - 0,244 = 41,766 \text{ (мм)}$$

Наименьший предельный размер определяется вычитанием допуска на припуск на заданном технологическом переходе из величины наибольшего диаметра.

$$D_{\min i} = D_{\max i} - IT_i \quad (2.15)$$

$$D_{\min 1} = 42,010 - 0,100 = 41,910 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min 2} = 42,1 - 0,100 = 42,000 \text{ (мм)}$$

Минимальные предельные значения припусков $2Z_{\min \text{ пр}}$ определяются как разность наибольших предельных размеров на выполняемом и предшествующем ему переходах.

$$2Z_{\min i} = D_{\max i} - D_{\max i-1} \quad (2.16)$$

$$2Z_{\min \text{ пр } 2} = 42,10 - 42,01 = 0,09 = 90 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\min \text{ пр } 1} = 42,01 - 41,77 = 0,24 = 240 \text{ (мкм)}$$

Максимальные предельные значения припусков $2Z_{\max i}$ определяются как разность наименьших предельных размеров на выполняемом и предшествующем ему переходах.

$$2Z_{\max i} = D_{\min i} - D_{\min i-1} \quad (2.17)$$

$$2Z_{\max \text{ пр } 2} = 42,00 - 41,86 = 0,14 = 140 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max \text{ пр } 1} = 41,86 - 41,52 = 0,34 = 340 \text{ (мкм)}$$

Общие припуски определяем $Z_{\max o}$ и $Z_{\min o}$ определяем, суммируя промежуточные припуски.

$$2Z_{\max o} = 340 + 140 = 480 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\min o} = 240 + 90 = 330 \text{ (мкм)}$$

Производим проверку правильности выполненных расчетов:

$$2Z_{\max \text{ пр } 2} - 2Z_{\min \text{ пр } 2} = \delta_1 - \delta_2 \quad (2.18)$$

$$140 - 90 = 150 - 100$$

$$50 = 50$$

$$2Z_{\max \text{ пр } 1} - 2Z_{\min \text{ пр } 1} = \delta_3 - \delta_2 \quad (2.19)$$

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$340 - 240 = 250 - 150$$

$$100 = 100$$

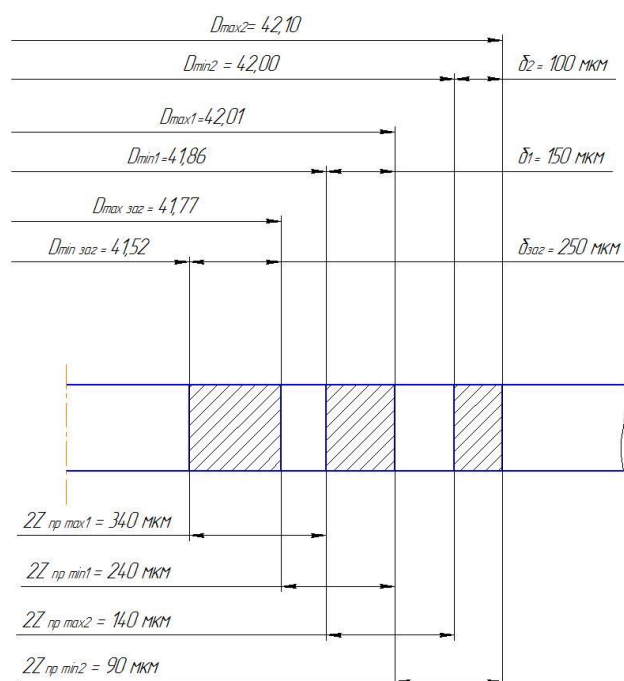


Рисунок 2.10 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\text{Ø}42^{+0,1}$

2.3.6. Расчет режимов резания

Режимом резания называется совокупность элементов, определяющих условия протекания процесса резания.

К элементам режима резания относятся:

- а) глубина резания или толщина срезаемого слоя металла t , измеряемая между обрабатываемой и обработанной поверхностью;
- б) подача S , измеряемая в миллиметрах на один оборот обрабатываемой детали или инструмента S_0 , за один рабочий ход $S_{p.x.}$, на один зуб инструмента S_z или в минуту S_m ;
- в) период стойкости режущего инструмента T , мин;
- г) скорость резания V , м/мин;
- д) частота вращения шпинделя n , об/мин;
- е) сила резания P , Н;
- ж) мощность резания N , Вт.

Режимы резания на производстве отличаются от рекомендуемых

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

общемашиностроительными нормативами. Это связано со спецификой производства, поскольку идеалистическое представление режима резания дает результат не всегда воспроизводимый на практике, т.к. математические расчеты представляют цифровую точность, а в реальности это недостижимо в силу несовершенства производственного оборудования. Мы можем только приближаться к определенным показателям, ограничиваясь допускаемыми параметрами.

2.3.6.1 Расчет режимов резания на операцию 005

Исходные данные

Заготовка: Прокат Ø65 ГОСТ 2590-2006
Сплав ХН35ВТЮ-ВД ТУ14-1-850-74, $\sigma_B=930$ МПа

Оборудование: Токарно-винторезный станок 16К20, N=10 кВт

Оснастка: Патрон 3-х кулачковый 7100-0001 ГОСТ 2675-80

Режущий инструмент:

- 1) Резец проходной отогнутый с пластиной из твердого сплава ВК8 по ГОСТ 18877-73;
- 2) Сверло спиральное ВК8 Ø16 ГОСТ 22736-77;
- 3) Сверло спиральное ВК8 Ø26 ГОСТ 22736-77;
- 4) Сверло с СМП SPD 36-С32-4D-104L;

Таблица 17 – Данные для расчетов режимов резания

Переход	t, мм	S, мм/об	C _v	T, мин	m	x	y	q
Обдирочное обтачивание	2,5	0,2	50	60	0,29	0,17	0,4	-
Сверление Ø16	8	0,1	0,98	15	0,12	-	0,45	0,50
Сверление Ø26	5			25				
Сверление Ø38	6			25				

где: t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

C_v – расчетный коэффициент для определения скорости резания при точении;

T – стойкость режущего инструмента;

m, x, y - показатели степени, [4, с.2067, таблица 19];

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.20)$$

K_v - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV}, \quad (2.21)$$

где: K_{MV} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, $K_{MV} = 0,8$, [1, с.262, таблица 3];

$K_{ПV}$ – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, $K_{ПV} = 0,9$, [1, с.262, таблица 5];

$K_{ИV}$ – поправочный коэффициент, учитывающий материал инструмента, для твердого сплава ВК8 $K_{ИV} = 1,0$, [1, с.263, таблица 6];

$K_{\varphi V}$ – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане реза, для $\varphi = 45$ $K_{\varphi V} = 1$;

K_{qV} – поправочный коэффициент, учитывающий сечение державки, для поперечного точения. Для державки сечением 20x20 $K_{qV} = 0,97$;

K_{OV} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние вида обработки, для наружного продольного и поперечного точения $K_{OV} = 1$.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V}, \quad (2.22)$$

где: K_{Γ} – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости. Для жаропрочных жаростойких сталей и сплавов XI группы, к которым относится сплав ХН35ВТЮ-ВД $K_{\Gamma} = 0,9$;

σ_B – предел прочности, $\sigma_B = 930$ МПа;

n_V – показатель степени, $n_V = 1,0$.

$$K_{MV} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{930}\right)^{1,0} = 0,725$$

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$K_V = 0,725 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,633$$

При обдирочном обтачивании:

$$V_1 = \frac{50}{60^{0,29} \cdot 2,5^{0,17} \cdot 0,2^{0,4}} \cdot 0,633 = 15,7 \text{ (м/мин)}$$

Скорость резания при сверлении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.23)$$

где: C_V – расчетный коэффициент;

D – диаметр сверла, мм;

T – стойкость, мин;

t – глубина резания, $t = 0,5 \cdot D$, мм;

S – подача, мм/об;

m, q, y – показатели степени при сверлении;

K_V – поправочный коэффициент на фактические условия резания.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (2.24)$$

где: K_{MV} – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала. Он нам уже известен, $K_{MV}=0,725$;

K_{IV} – коэффициент на инструментальный материал, $K_{IV}=1,0$.

K_{IV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления, $K_{IV}=0,6$.

$$K_V = 0,725 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,435$$

При сверлении отверстия $\varnothing 16$:

$$V_2 = \frac{0,98 \cdot 16^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 0,435 = 3,47 \text{ (м/мин)}$$

При рассверливании скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.25)$$

где: C_V – расчетный коэффициент;

D – диаметр сверла, мм;

T – стойкость, мин;

t – глубина резания, $t = 0,5 \cdot D$, мм;

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

S – подача, мм/об;

m, q, y – показатели степени при сверлении;

K_V – поправочный коэффициент на фактические условия резания, $K_V = 0,435$.

При рассверливании отверстия $\varnothing 26$:

$$V_3 = \frac{0,98 \cdot 16^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,435 = 3,02 \text{ (м/мин)}$$

$$V_4 = \frac{0,98 \cdot 38^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,435 = 3,52 \text{ (м/мин)}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.26)$$

где V - расчётная скорость резания, м/мин.

Таким образом, при обтачивании расчетная частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 15,7}{3,14 \cdot 60} = 83,3 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

При сверлении:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 3,47}{3,14 \cdot 16} = 69,1 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

При рассверливании:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 3,02}{3,14 \cdot 26} = 36,9 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 3,52}{3,14 \cdot 38} = 43,11 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

Принимаем значения частот вращения: $n_1 = 100 \text{ мин}^{-1}$;

$$n_2 = n_3 = n_4 = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

Зная частоты вращения шпинделя, можно определить фактические величины скоростей резания:

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.27)$$

$$V_{\phi 1} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 100}{1000} = 18,8(\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot 16 \cdot 80}{1000} = 4,1(\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 3} = \frac{\pi \cdot 26 \cdot 80}{1000} = 6,5(\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 4} = \frac{\pi \cdot 38 \cdot 80}{1000} = 9,6(\text{м/мин})$$

Таблица 18 – Данные для расчетов сил резания

Переход	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	C _p	C _м	n	q _м /q _p	x _м /x _p	y _м /y _p
Обдирочное обтачивание	2,5	0,2	15,7	204	300	0	-	0,75	1,0
Сверление отв. Ø16	8	0,1	3,47	143	0,041	-	2/1	-	0,7 0,7
Сверление отв. Ø26	5		3,02	140	0,106	-	1/-	0,9 1,2	0,8 0,65
Сверление отв. Ø38	6		3,52			-	1/-	0,9 1,2	0,8 0,65

где: C_м, C_p, n, q, x, y, [3, с.287, таблица 37].

Главная составляющая силы резания при точении:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.28)$$

где: K_p – поправочный коэффициент:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}, \quad (2.29)$$

где: K_{MP} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала;

K_{φp}, K_{γp}, K_{λp}, K_{Γp} – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания: K_{φp}=1,0; K_{γp}=1,25; K_{λp}=1,0; K_{Γp}=0,93.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad (2.30)$$

где: σ_B – предел прочности, $\sigma_B = 930$ МПа;

n – показатель степени. Для жаропрочных жаростойких сталей и сплавов XI группы, к которым относится сплав ХН35ВТЮ-ВД $n = 0,75$.

$$K_{MP} = \left(\frac{930}{750}\right)^{0,75} = 1,175$$

$$K_p = 1,175 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,366$$

Таким образом, сила резания при обдирочном точении составит:

$$P_{z1} = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 15,7^0 \cdot 1,366 = 2083 \text{ (Н)}$$

Осевая сила при сверлении определяется по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.31)$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 143 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,366 = 6219 \text{ (Н)}$$

Осевая сила при рассверливании определяется по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.32)$$

$$P_{z3} = 10 \cdot 140 \cdot 5^{1,2} \cdot 0,2^{1,65} \cdot 1,366 = 4634 \text{ (Н)}$$

$$P_{z4} = 10 \cdot 140 \cdot 6^{1,2} \cdot 0,2^{1,65} \cdot 1,366 = 5768 \text{ (Н)}$$

Крутящий момент при сверлении определяется по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.33)$$

$$M_{кр1} = 10 \cdot 0,041 \cdot 16^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,366 = 3,66 \text{ (Н/мм)}$$

При рассверливании:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.34)$$

$$M_{кр2} = 10 \cdot 0,106 \cdot 26^2 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,366 = 25,4 \text{ (Н/мм)}$$

$$M_{кр3} = 10 \cdot 0,106 \cdot 38^2 \cdot 6^{0,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,75 = 43,7 \text{ (Н/мм)}$$

Мощность резания при точении определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} \quad (2.35)$$

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$N_1 = \frac{2083 \cdot 15,7}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ (кВт)}$$

Мощность резания при сверлении и рассверливании определяется по крутящему моменту.

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (2.36)$$

Отталкиваясь от максимального значения крутящего момента, мощность резания составит:

$$N_3 = \frac{43,7 \cdot 80}{9750} = 0,4 \text{ (кВт)}$$

2.3.6.2 Расчет режимов резания на операцию 045

Исходные данные

Заготовка:	Прокат Ø65 ГОСТ 2590-2006 Сплав ХН35ВТЮ-ВД ТУ14-1-850-74, $\sigma_b=930$ МПа
Оборудование:	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр EMCO MAXXTURN65, мощность 30 кВт
Оснастка:	Патрон трехкулачковый, разрезная оправка Режущий инструмент: 1) Державка S25S SDNCL-11 Пластина DCMT 11T304-PF IC 907 2) Державка S16Q SDNCL-07 Пластина DCMT 070204-SM IC 907

В качестве примера произведем расчеты режимов резания для черновой и чистовой токарной обработки наружного размера $\text{Ø}58_{-0,2}$ и внутреннего – $\text{Ø}44,5^{+0,05}$.

Таблица 19 – Данные для расчетов режимов резания

Переход	t, мм	S, мм/об	C_v	T, мин	m	x	y
Черновое обтачивание	1	0,2	50	60	0,3	0,15	0,2
Чистовое обтачивание	0,1	0,05					

Формулы для расчета и поправочные коэффициенты принимаем из предыдущего расчета.

При черновом обтачивании:

$$V_1 = \frac{50}{60^{0,3} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,633 = 18,3 \text{ (м/мин)}$$

При чистовом обтачивании:

$$V_2 = \frac{50}{60^{0,3} \cdot 0,1^{0,15} \cdot 0,05^{0,2}} \cdot 0,633 = 23,8 \text{ (м/мин)}$$

При внутренней обработке согласно [2, с.269, таблица 17] принимается скорость резания, равная скорости резания при наружном точении с введением поправочного коэффициента 0,9. Соответственно принимаем значения скоростей при черновом растачивании:

$$V_3 = 18,3 \cdot 0,9 = 16,5 \text{ (м/мин)};$$

при чистовом растачивании:

$$V_4 = 23,8 \cdot 0,9 = 21,4 \text{ (м/мин)}.$$

При черновом и чистовом обтачивании расчетная частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 18,3}{3,14 \cdot 58} = 100,4 \text{ (мин}^{-1}\text{)};$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 23,8}{3,14 \cdot 58} = 130,6 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

При черновом и чистовом растачивании соответственно:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 16,5}{3,14 \cdot 44,5} = 118,1 \text{ (мин}^{-1}\text{)};$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 21,4}{3,14 \cdot 44,5} = 153,2 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

Принимаем значения частот вращения: $n_1 = n_2 = 100 \text{ мин}^{-1}$;

$$n_3 = n_4 = 150 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактические величины скоростей резания:

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$V_{\phi 1} = \frac{\pi \cdot 58 \cdot 100}{1000} = 18,2 (\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot 58 \cdot 150}{1000} = 27,3 (\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 3} = \frac{\pi \cdot 44,5 \cdot 100}{1000} = 13,9 (\text{м/мин})$$

$$V_{\phi 4} = \frac{\pi \cdot 44,5 \cdot 150}{1000} = 20,9 (\text{м/мин})$$

Таблица 20 – Данные для расчета сил резания

Переход	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	C _p	n	x	y
Черновое точение	1	0,2	18,2	204	0	0,75	1,0
Чистовое точение	0,1	0,05	27,3				
Черновое растачивание	1	0,2	13,9				
Чистовое растачивание	0,1	0,05	20,9				

Для расчетов также воспользуемся формулами и поправочными коэффициентами из предыдущего расчета.

$$P_{z1} = 10 \cdot 204 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 18,2^0 \cdot 1,366 = 833,4 (\text{Н})$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 204 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 27,3^0 \cdot 1,366 = 29,4 (\text{Н})$$

$$P_{z3} = 10 \cdot 204 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 13,9^0 \cdot 1,366 = 833,4 (\text{Н})$$

$$P_{z4} = 10 \cdot 204 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20,9^0 \cdot 1,366 = 29,4 (\text{Н})$$

Мощность резания с учетом максимальной силы и скорости резания:

$$N = \frac{833,4 \cdot 18,2}{1020 \cdot 60} = 0,3 (\text{кВт})$$

2.2.7.3 Расчет режимов резания на операцию 065

Исходные данные

Заготовка: Прокат Ø65 ГОСТ 2590-2006

Сплав ХН35ВТЮ-ВД ТУ14-1-850-74, $\sigma_B=930$ МПа

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Оборудование: Токарно-фрезерный обрабатывающий центр
EMCO MAXXTURN65, мощность 30 кВт

Оснастка: Патрон трехлачковый, разрезная оправка

Режущий инструмент:

- 1) Фреза ЕС-А4 100-22С10-72 IC903;
- 2) Фреза ЕС-А4 050-22С10-72 IC903

Таблица 21 – Данные для расчета режимов резания при фрезеровании

Переход	t, мм	S _Z	D, мм	B, мм	Z	T, мин	C _v	q	m	p	u	x	y
Фрезерование S=55 _{-0,4}	1,5	0,06	10	8	4	60	88	0,3	0,4	0,14	0,24	0,23	0,5
Фрезерование 4 пазов 5 ^{+0,3}	2		5	4	3	60							

где: t - глубина резания, мм;

S_Z – подача на зуб фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

Z – число зубьев фрезы;

T – период стойкости инструмента, мин;

C_v – коэффициент для расчета скорости резания;

m, p, q, u, x и y – коэффициенты.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v \quad (2.37)$$

где K_v - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания, K_v = 0,366 (из предыдущего расчета).

$$V_1 = \frac{41 \cdot 10^{0.3}}{60^{0.4} \cdot 1.5^{0.23} \cdot 0.06^{0.5} \cdot 8^{0.24} \cdot 3^{0.14}} \cdot 0.366 = 24.3 \text{ (м/мин)}$$

$$V_2 = \frac{41 \cdot 5^{0.3}}{60^{0.4} \cdot 2^{0.23} \cdot 0.06^{0.5} \cdot 4^{0.24} \cdot 3^{0.14}} \cdot 0.366 = 20.9 \text{ (м/мин)}$$

Частоты вращения фрезы:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 24,3}{3,14 \cdot 10} = 360 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 20,9}{3,14 \cdot 4} = 775 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

Назначаем частоту вращения фрезы $n_1=400 \text{ мин}^{-1}$.

Фактические скорости резания соответственно:

$$V_{\phi 1} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 400}{1000} = 12,6 \text{ (м/мин)}$$

$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 400}{1000} = 5,1 \text{ (м/мин)}$$

Таблица 22 – Данные для расчетов силы резания

Переход	C_P	t , мм	S_Z	B	Z	D	n	q	u	x	y	w	K_{MP}
Фрезерование $S=55_{-0,4}$	82	1,5	0,06	8	4	10	400	1,1	1,1	0,95	0,8	0	1,0
Фрезерование 4 пазов $5^{+0,3}$		2		4	3	5							

Сила резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.38)$$

$$P_{Z1} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1,5^{0,95} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 8^{1,1} \cdot 4}{10^{1,1} \cdot 400^0} \cdot 1,0 = 395,8 \text{ (Н)}$$

$$P_{Z2} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 4^{1,1} \cdot 3}{4^{1,1} \cdot 400^0} \cdot 1,0 = 498,7 \text{ (Н)}$$

Мощность резания:

$$N_1 = \frac{395,8 \cdot 12,6}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ (кВт)}$$

$$N_2 = \frac{498,7 \cdot 5,1}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ (кВт)}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

Режимы резания для механической обработки остальных поверхностей назначаем табличным методом и указываем в операционных картах комплекта технологической документации.

2.3.7 Расчет норм времени

Техническая норма времени обработки является одним из основных параметров для расчета себестоимости изготовления детали, количества производственного оборудования, заработной платы рабочих и планирования производства, а также одним из основных факторов для оценки совершенства технологического процесса.

Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей станочного оборудования, технологической оснастки, режущего инструмента и правильной организации рабочего места.

При единичном производстве, каким является производство детали «Стакан технологический» определяется величина штучного времени $T_{шт}$.

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (2.39)$$

где: $T_{шт}$ – штучное время, мин;

T_o – основное машинное время, мин;

T_v – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{от}$ – время на личные потребности, мин.

Основное время T_o – это время, затрачиваемое непосредственно на изготовление детали, т.е. на изменение формы, размеров, состояния заготовки. Оно определяется по формуле:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (2.40)$$

где: l – длина рабочего хода инструмента, т.е. путь, проходимый режущим инструментом в направлении подачи, мм;

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

l_1 – длина врезания, мм;

l_2 – длина перебега, мм;

i – число проходов;

n – частота вращения, об/мин;

S – продольная подача, мм/об.

T_B – вспомогательное время, мин состоит из затрат на отдельные приемы:

$$T_B = T_{yc} + T_{zo} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.41)$$

где: T_{yc} – время на установку и снятие детали, мин;

T_{zo} – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин.

Вспомогательное время T_B определяется по общемашиностроительным нормам, [10, с.212, таблица 5.19].

$T_{об}$ – время на организационное и техническое обслуживание рабочего места. Время на обслуживание рабочего места определяется в процентах от оперативного времени $T_{оп}$, которое в свою очередь определяется по формуле:

$$T_{оп} = T_o + T_B \quad (2.42)$$

Для единичного производства время $T_{об}$ составляет 3% от $T_{оп}$, [10, с.212, таблица 5.21].

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности при нормировании работ также определяется в процентах от оперативного времени. $T_{от}$ составляет 1,5% от $T_{оп}$, [10, с.212, таблица 5.21].

Таблица 23 – Сводная таблица технических норм времени по операциям

№ опер.	T_o	T_B			$T_{оп}$	$T_{об}$	$T_{от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$
		$T_{yc} + T_{zo}$	$T_{уп}$	$T_{из}$					
000	8,2	0,2	0,1	0,1	8,6	0,26	0,12	8,98	8
005	67,6	2,0	0,9	0,2	70,7	2,1	1,01	73,81	12
010	17,9	0,2	0,2	0,4	18,7	0,56	0,28	19,54	12
015	13,5	0,2	0,1	0,1	13,9	0,4	0,2	14,5	12
020	960	2,5	0,2	0,2	962,9	28,9	14,45	1006,25	12
025	60	2,0	0,9	0,2	63,1	1,9	0,95	65,95	8

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист

55

030	1,75	0,2	0,1	0,1	2,15	0,06	0,03	2,24	12
040	6,5	0,2	0,1	0,1	6,9	0,2	0,1	7,2	12
045	41,0	1,5	2,5	3,5	48,5	1,5	0,75	50,75	12
050	15,4	0,2	0,1	0,1	15,8	0,48	0,24	16,52	12
055	120	2,0	0,9	0,2	123,1	3,7	1,85	128,65	12
060	34	1,5	2,5	3,5	41,5	1,24	0,62	43,36	12
065	24,4	1,5	0,9	0,2	27	0,8	0,4	28,2	12
070	2,4	0,2	0,1	0,1	2,8	0,08	0,04	2,92	12
075	24	0,2	-	-	24,2	0,7	0,35	25,25	8
085	12	0,2	0,1	-	12,3	0,36	0,18	12,84	8
090	0,5	0,2	0,1	-	0,8	0,02	0,01	0,83	6
100	1,0	-	-	-	1,0	0,03	0,015	1,045	-

2.3.8. Расчет потребного количества оборудования

При непоточной форме организации производства расчет количества оборудования ведется по типам оборудования по формуле:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{F_d \cdot 60},$$

где: C_p – расчетное количество оборудования (станков) данного типа, шт.;

$T_{шт}$ – норма штучного время на операцию, выполняемую на данном типе оборудования, мин;

N – годовой объем выпуска изделий, шт. Принимаем условную партию деталей 1000 шт.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования, час. В 2016 году $F_d = 1912$ час;

60 – переводный коэффициент из часов в минуты (применяется в том случае, если $T_{шт}$ задано в минутах).

Таблица 24 – Расчетное и принятое количество оборудования

№ опер.	Оборудование	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования
000	DANOBAT	$C_p = \frac{8,56 \cdot 1000}{1912 \cdot 60} = 0,07$	1
005 010	16K20	$C_p = \frac{144,05 \cdot 1000}{1912 \cdot 60} = 1,25$	2

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

030 040			
020	CHO 34,2/И2	$C_p = \frac{1006,25 \cdot 40}{1912 \cdot 60} = 0,35$	1
015 050	16A20ФС3	$C_p = \frac{31,12 \cdot 1000}{1912 \cdot 60} = 0,27$	1
045 060 065	EMCO MAXXTURN 65	$C_p = \frac{122,31 \cdot 1000}{1974 \cdot 60} = 1,03$	2
025 055	SODIC SDL 400	$C_p = \frac{128,65 \cdot 1000}{1912 \cdot 60} = 1,12$	2
070	2A450	$C_p = \frac{4,1 \cdot 1000}{1912 \cdot 60} = 0,035$	1

Для каждого станка должны быть рассчитаны коэффициент загрузки и коэффициент использования по основному времени.

Коэффициент загрузки станка η_3 определяется как отношение расчётного количества станков m_p , занятых на данной операции процесса, к принятому (фактическому) – m_{np} :

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_{np}} \quad (2.43)$$

Таблица 25 – Коэффициент загрузки станков

№ п/п	Оборудование	Коэффициент загрузки %
1	DANOBAT	$\eta_3 = (0,07 / 1) \times 100 = 7 \%$
2	16K20	$\eta_3 = (1,25 / 2) \times 100 = 62,5 \%$
3	CHO 34,2/И2	$\eta_3 = (0,35 / 1) \times 100 = 35 \%$
4	16A20ФС3	$\eta_3 = (0,27 / 1) \times 100 = 27 \%$
5	EMCO MAXXTURN 65	$\eta_3 = (1,03 / 2) \times 100 = 51,5 \%$
6	SODIC SDL 400	$\eta_3 = (1,12 / 2) \times 100 = 56\%$
7	2A450	$\eta_3 = (0,035 / 1) \times 100 = 3,5 \%$

Рисунок 2.11 – График загрузки оборудования

Коэффициент использования оборудования по основному времени η_0 свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка. Он определяется как отношение основного времени к штучному.

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}} \quad (2.44)$$

Таблица 26 – Коэффициент загрузки станков по основному времени

№ п/п	Оборудование	Коэффициент загрузки %
1	DANOBAT	$\eta_3 = (8,2 / 8,56) \times 100 = 95 \%$
2	16K20	$\eta_3 = (93,75/144,05) \times 100 = 65 \%$
3	СНО 34,2/И2	$\eta_3 = (960/1006,25) \times 100 = 95,4 \%$
4	16A20ФСЗ	$\eta_3 = (28,9/31,12) \times 100 = 92,8 \%$
5	EMCO MAXXTURN 65	$\eta_3 = (109,06/122,31) \times 100 = 89,2 \%$
6	SODIC SDL 400	$\eta_3 = (120,06/128,65) \times 100 = 93,3 \%$
7	2A450	$\eta_3 = (2,4/4,1) \times 100 = 58,5 \%$

Рисунок 2.12 – График использования оборудования по основному времени

Высокий коэффициент использования оборудования по основному времени характеризует рациональное использование оборудования. Тогда как низкий коэффициент свидетельствует о значительных затратах времени на вспомогательные приемы: установку и снятие заготовки, подналадку и смену инструмента и др. Желательно, чтобы этот коэффициент был как можно выше, т.е. стремился к единице.

Средний коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле:

$$K_{з\text{ ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{zi}}{n}, \quad (2.45)$$

где n – общее количество станков.

$$K_{з\text{ ср}} = \frac{1 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,62 + 1 \cdot 0,35 + 1 \cdot 0,27 + 2 \cdot 0,51 + 2 \cdot 0,56 + 1 \cdot 0,035}{10} = 0,48$$

$K_{з\text{ ср}}$ _____

Рисунок 2.13 – Средний коэффициент загрузки оборудования

2.4. Описание планировки участка

Состав производственных отделений и участков механических цехов определяется характером изготавливаемых изделий, технологическим процессом, объемом и организацией производства. Относительно просто этот вопрос решается для цехов массового и крупносерийного типов производства, где естественной является целевая предметная специализация цехов и участков. Число поточных линий обработки, расстановка оборудования, как правило, определяется числом изготавливаемых деталей. Такая структура обеспечивает прямоточность производственного процесса, когда в конце поточных линий обработки рас полагаются участки узловой сборки, а дальше – сборка агрегатов или изделий.

Вспомогательные отделения механического цеха:

- а) заготовительное отделение;
- б) заточное отделение;
- в) контрольное отделение;
- г) ремонтное отделение;
- д) мастерская для ремонта приспособлений и инструмента;

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

- е) мастерская энергетика цеха;
- ж) отделение для приготовления и раздачи охлаждающих жидкостей;
- з) цеховой склад заготовок и материалов;
- и) межоперационный склад;
- к) инструментально-раздаточный склад;
- л) склад приспособлений;
- м) склад абразивов;
- н) склад масел.

При проектировании участка некоторые из указанных отделений и складов допускается объединять.

2.4.1 Расчет производственной площади

Производственную площадь участка по обработке комплекта деталей определяем из удельной площади станка f_{Ci} и числа станков. В удельную площадь включаются площадь станка, площадь необходимая для рабочего, проходов и проездов, m^2 (для укрупненного расчета удельная площадь станка равна $14 m^2$):

$$F_{пр} = \sum_{Ci}^m n_{Ci} \cdot (f_{Ci} + 10), \quad (2.46)$$

где: $\sum_{Ci}^m n_{Ci}$ – общее количество станков, шт.;

f_{Ci} – удельная площадь станка, m^2 ;

$$F_{пр} = 10 \cdot (14 + 10) = 240 (m^2)$$

2.4.2 Расчет площади вспомогательных помещений

$$F_b = F_з + F_p, \quad (2.47)$$

где: $F_з$ – площадь заточного отделения, m^2 ;

F_p – площадь ремонтно-механического отделения, m^2 .

Площадь каждого из этих отделений определяется так же, как и для производственных участков по числу станков. Количество заточного и

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

ремонтного оборудования было определено выше, когда определяли вспомогательное оборудование.

Удельная площадь станков в заточном отделении составляет 8 м^2 , в ремонтно-механическом – 8 м^2 .

Количество заточных станков составляет от 4 до 6% от количества основного оборудования:

$$C_{\text{зат}} = 6\% \cdot C_{\text{пр}}, \quad (2.48)$$

$$C_{\text{зат}} = 10 \cdot 0,05 = 0,5$$

Принимаем $C_{\text{зат}} = 1$. Соответственно, площадь заточного отделения составит:

$$F_3 = 1 \cdot (8+10) = 18 \text{ (м}^2\text{)}$$

Количество станков ремонтного отделения составляют от 2,6 до 4,3% от количества основного оборудования:

$$C_{\text{рем}} = 4,3\% \cdot C_{\text{пр}}, \quad (2.49)$$

$$C_{\text{рем}} = 0,04 \cdot 10 = 0,4$$

Принимаем $C_{\text{зат}} = 1$. Соответственно, площадь ремонтного отделения составит:

$$F_3 = 1 \cdot (8+10) = 18 \text{ (м}^2\text{)}$$

Таким образом, площадь вспомогательных помещений составит:

$$F_в = 18+18 = 36 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4.3 Расчет площади обслуживающих отделений участка

Площадь обслуживающих отделений участка определяется в процентном соотношении от производственной: от 20 до 30%.

$$F_{\text{об}} = F_{\text{к}} + F_{\text{конт}}, \quad (2.50)$$

где: $F_{\text{к}}$ – площадь контрольного отделения, м^2 , равная 5% производственной площади $F_{\text{пр}}$;

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$F_{\text{конт}}$ – площадь конторских помещений, м², равная 30% производственной площади $F_{\text{пр}}$.

$$F_{\text{об}} = 0,05 \cdot 240 + 0,3 \cdot 240 = 84 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4.4 Расчет площади инструментальной кладовой

$$F_{\text{ик}} = F_c \sum_{n_c}^m + 15, \quad (2.51)$$

где: F_c – площадь кладовой приходящийся на один станок ($F_c = 0,5 \text{ м}^2$);

15 м² – дополнительная площадь по мелкому ремонту инструментов и приспособлений.

$$F_{\text{ик}} = 0,5 \cdot 10 + 15 = 20 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4.5 Расчет площади склада заготовок

$$F_{\text{сз}} = \frac{Q}{q \cdot k}, \quad (2.52)$$

где: Q – общая масса заготовок за год, т;

q – допустимая нагрузка на пол, $q = 4 \text{ т/м}^2$;

k – коэффициент использования площади склада, $k = 0,3$.

$$Q = m \cdot \Pi \quad (2.53)$$

где: m – масса заготовки составляет, $m = 4,65 \text{ кг}$.

$$F_{\text{сз}} = \frac{4,65 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 0,3} = 3,8 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4.6 Расчет площади склада готовой продукции

$$F_{\text{сг}} = \frac{Q}{q \cdot k}, \quad (2.54)$$

где: Q – общая масса деталей за год, т;

q – допустимая нагрузка на пол, $q = 2,5 \text{ т/м}^2$;

k – коэффициент использования площади склада, $k = 0,3$.

$$F_{\text{сг}} = \frac{1,02 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 0,3} = 1,3 \text{ (м}^2\text{)}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.4.7. Расчет площади бытовых помещений

Площадь бытовых помещений F_b , определяется исходя из числа основных и вспомогательных рабочих, работающих в одну смену, m^2 . Норматив площади на одного человека – $0,7m^2$.

Таблица 27 – Количество основных производственных рабочих

Профессии рабочих	Количество рабочих
1. Оператор DАNOBАТ	1
2. Токарь	3
3. Оператор ОЦ	2
4. Оператор - электроэрозионист	2
5. Термист	1
6. Расточник	1
7. Слесарь	1
8. Гальваник	1
9. Упаковщик	1
Итого:	13

Таблица 28 – Количество вспомогательных рабочих

Профессии вспомогательных рабочих	Количество рабочих
1. Наладчик	1
2. Слесарь по ремонту оборудования	1
3. Контролер	2
4. Кладовщик	2
5. Подсобный рабочий	1
6. Уборщик	1
Итого:	8

$$F_b = (13+8) \cdot 0,7 = 14,7 (m^2)$$

2.4.8. Расчет общей площади участка

$$F_o = F_{п} + F_{в} + F_{об} + F_{ик} + F_{сз} + F_{сг} + F_b \quad (2.55)$$

$$F_o = 240 + 36 + 84 + 20 + 3,8 + 1,3 + 14,7 = 399,8 (m^2)$$

В зависимости от габаритных размеров заготовок и вида транспортного оборудования принимаем ширину проходов пролёта 3000мм – для проездов передаточных тележек [16, приложение 9]. Межоперационная транспортировка заготовок и деталей осуществляется на рольганге, в пределах пролёта – мостовым краном.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проектирование станочного приспособления

Станочные приспособления используют для установки и закрепления обрабатываемых заготовок и инструментов на станках, сборки, контроля деталей, захвата и перемещения грузов.

Специальные приспособления (СП) используют для выполнения определенной операции при обработке конкретной детали, они являются одноцелевыми. При смене объекта производства такие приспособления, как правило, приходится списывать независимо от степени их физического износа. Эти приспособления трудоемки и дороги в изготовлении, и их изготавливают в единичном производстве, а применяют главным образом в крупносерийном и массовом производствах.

Предлагаю конструкцию приспособления для закрепления детали на координатно-расточной операции 070 (Рис. 3.1).

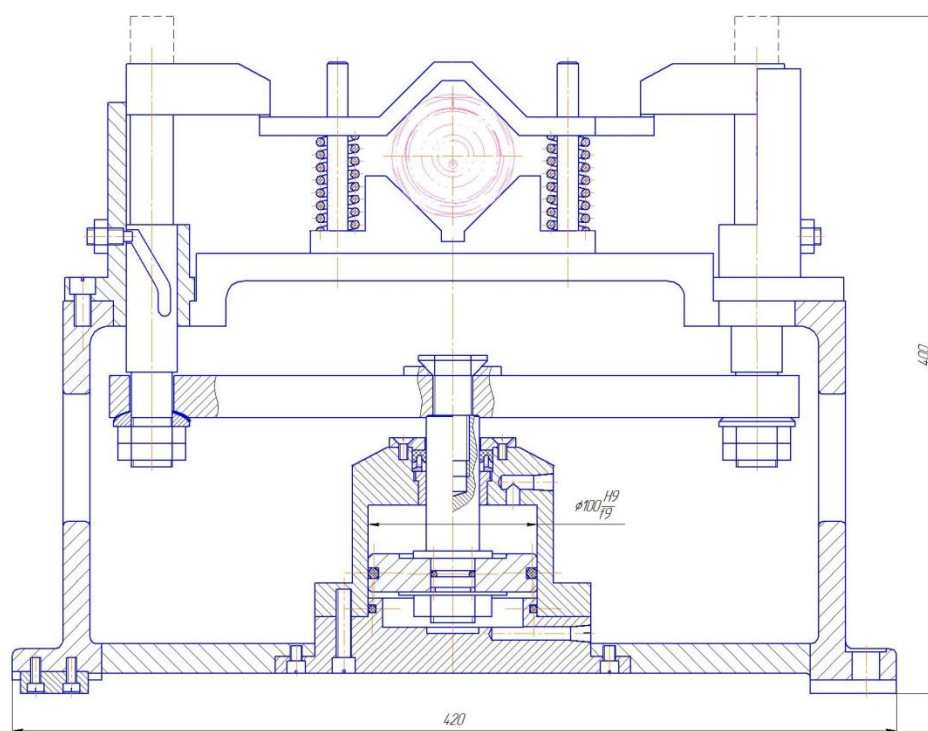


Рисунок - 3.1 Приспособление зажимное

Приспособление предназначено для установки и закрепления детали на расточной операции при сверлении бокового отверстия $\varnothing 3$ в штуцере.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2017.009.00 ПЗ ВКР

Лист

64

Приспособление состоит из основания, в котором смонтирован пневмоцилиндр, корпуса, к которому крепятся прихваты, соединенные с приводным штоком пневмоцилиндра коромыслом, призмы с направляющими шпильками и пружинами и прижима.

Деталь устанавливается в призму – 1 (Рис. 3.2) и прижимается прижимом – 2, который установлен на направляющих шпильках.

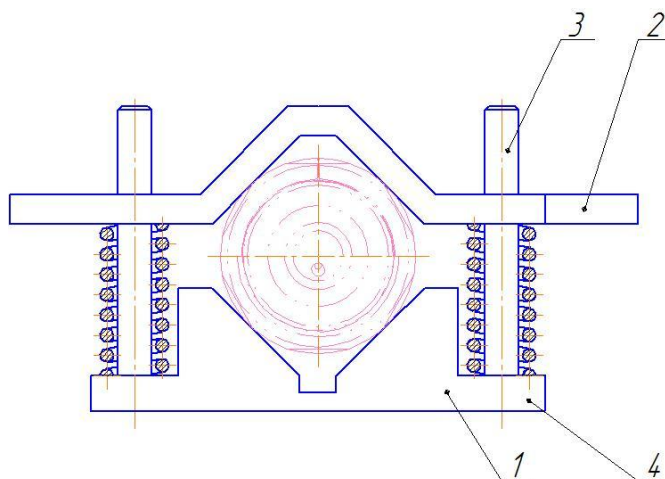


Рисунок 3.2 - Схема установки

Зажим производится двумя прихватами, которые приводятся в действие через коромысло штоком пневмоцилиндра. Освобождение детали происходит под действием пружин при стравливании воздуха.

Усилие зажима определяется по формуле:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot D_2}{n \cdot F \cdot D_1}, \quad (3.1)$$

где: K – коэффициент запаса;

P_z – сила резания, Н;

$F = 0,35$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях губок;

D_1 , мм – диаметр (размер) обрабатываемой поверхности;

D_2 , мм – диаметр (размер) зажимаемой поверхности.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.2)$$

где: $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,0$ – коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$K_2 = 1,05$ – коэффициент учитывающий увеличение силы резания в следствии затупления инструмента;

$K_3 = 1,2$ – коэффициент учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,0$ – коэффициент непостоянства зажимного усилия;

$K_5 = 1,0$ – степень удобства расположения рукояток.

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,89$$

По ГОСТ 12.20.099 минимальный запас надежности закрепления $K = 2,5$.

Силу резания P принято раскладывать на составляющие силы, направленные согласно осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x). Расчетная формула для определения радиальной составляющей силы резания при фрезеровании плоскости определяется по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.3)$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\zeta p} \cdot K_{gp} \quad (3.4)$$

Коэффициенты учитывают влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости и влияние геометрических параметров режущей части инструмента на силу резания. Значения и коэффициенты для расчета силы резания, взятые из [3, с.273, таблица 22] и сведены в таблицу 16.

Таблица 29.

C_p	$D, \text{ мм}$	S	K_{Mp}	$K_{\lambda p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\zeta p}$	K_{gp}	y	q
143	1,5	0,1	1,0	1,0	1,0	1,05	1,25	0,8	2

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 3^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,05 \cdot 1,25 = 2533 \text{ (Н)}$$

Диаметр поршня находится из формулы:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \eta \cdot p}}, \quad (3.5)$$

где: $p = 0,4$ МПа – давление сжатого воздуха;

η - КПД пневмоцилиндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2533}{\pi \cdot 0,85 \cdot 0,4}} = 97,4 \text{ мм}$$

В соответствии с ГОСТ 15608-73 из размерного ряда диаметров встроенных пневмоцилиндров выбираем $D = 10\text{мм}$.

Расчет точности обработки производится с целью определения условия – будет ли разрабатываемая конструкция специального приспособления обеспечивать точность обработки, требуемую по техпроцессу.

В основе расчетов используют условие:

$$\Delta_{\Sigma} \leq T, \quad (3.6)$$

где: Δ_{Σ} – суммарная погрешность обработки;

T – допуск на проверяемый размер.

Если условие выполняется, то точность обработки считается удовлетворительной.

Суммарная погрешность обработки Δ_{Σ} складывается из большого числа систематических и случайных погрешностей.

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma}' + \Delta_{\Sigma}'', \quad (3.7)$$

где: Δ_{Σ}' – погрешность первого рода, равны произведению коэффициента K_1 , зависящего от точности выполняемого параметра, на величину погрешности $\Delta_{\text{МО}}$, равную величине средней экономической точности применяемого метода обработки;

- Δ_{Σ}'' – погрешности второго рода. К ним относятся:
- погрешность применяемого метода обработки $\Delta_{\text{МО}}$;
- погрешность от геометрической неточности применяемого оборудования $\Delta_{\text{с}}$;
- погрешность от неточности изготовления режущего инструмента и его износа $\Delta_{\text{и}}$;
- погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$;
- погрешности, связанные с установкой $\Delta_{\text{уп}}$;
- погрешности базирования $\Delta_{\text{БП}}$;
- погрешности закрепления $\Delta_{\text{ЗП}}$.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Учитывая изложенное, суммарную погрешность обработки можно определить по формулам:

по предельным значениям:

$$\Delta_{\Sigma} = k_1 \cdot \Delta_{M.O.} + \Delta_C + \Delta_{II} + \Delta_{изм} + \Delta_{y.n.} + \Delta_{p.l.} + \Delta_{н.п.} \quad (3.8)$$

вероятностным методом:

$$\Delta_{\Sigma} = k_1 \cdot \sqrt{(\Delta_{M.O.})^2 + \Delta_C^2 + \Delta_{II}^2 + \Delta_{изм}^2 + \Delta_{y.n.}^2 + \Delta_{p.l.}^2 + \Delta_{н.п.}^2} \quad (3.9)$$

Δ_C - можно определить по ГОСТ на нормы точности металлорежущих станков или паспортным данным;

Δ_{II} - в одних случаях определяется с учетом поднастройки на заданный размер экспериментально, в других – учитывается влияние изменения размера инструмента на проверяемый размер (изменение диаметра осевого инструмента (сверл, разверток, зенкеров) приводит к появлению погрешностей межцентровых расстояний).

$\Delta_{изм}$ - составляет определенную часть допуска на измеряемый параметр.

$\Delta_{изм} = 30\%T$ – если точность выше 9 качества точности;

$\Delta_{изм} = 20\%T$ – если точность 10 качество и грубее;

$\Delta_{б.п.}$ - появляется вследствие отклонения фактически достигнутого положения в СП от требуемого, зависит от принятого способа установки, определяется расчетами или по табличным значениям литературы;

$\Delta_{з.п.}$ - определяется величиной отклонения расположения базы Зг от ее положения, достигнутого при базировании от действия на Зг сил зажима и связанных с ним перемещений.

$\Delta_{з.п.} = 0$ при постоянной силе закрепления заготовок $W = const$, одинаковом качестве базовых поверхностей и при смещении заготовок перпендикулярно выдерживаемому размеру ($\alpha = 90^0$);

$\Delta_{н.п.}$ - по данным, приводимым в литературе.

Таким образом, определяем суммарную погрешность обработки:

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

по предельным значениям:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,45 \cdot 0,025 + 0,018 + 0,0005 = 0,029 \text{ (мм)}$$

вероятностным методом:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,45 \cdot \sqrt{0,025^2 + 0,018^2 + 0,0005^2} = 0,014 \text{ (мм)}$$

Таким образом, суммарная погрешность установки детали в приспособлении, рассчитанная, как вероятностным методом, так и по предельным размерам не превышает допуска на расположение отверстия.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Предлагаю расточной резец (Рис. 3.3), который предназначен для чистового растачивания внутренней поверхности штуцера.

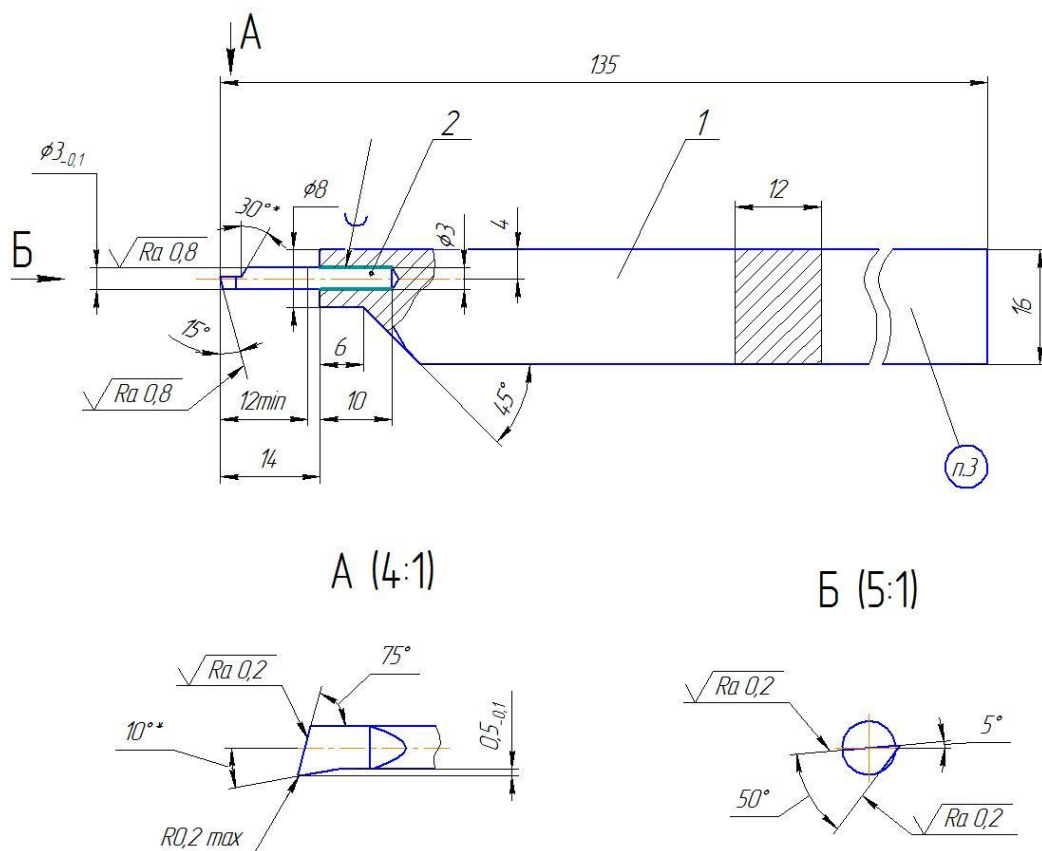


Рисунок 3.3 - Резец расточной.

Державка выполнена из конструкционной стали 45 по ГОСТ 1050-88, вставка из твердого вольфрамокобальтового сплава ВК8 . Вставка впаивается в

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

тело резца. Тело резца шлифованное, что обеспечивает точность установки и позиционирования резца в резцовом блоке.

Углы заточки резца обусловлены свойствами обрабатываемого материала - ХН35ВТЮ (жаростойкая жаропрочная сталь) и режимами резания, в именно:

- передний угол γ выбирается в пределах от 4° до 8° , принимаем 5° ;
- угол заострения 50° ;
- задний угол α , соответственно принимается равным 35° ;
- главный и вспомогательный углы в плане ϕ и ϕ_1 75° и 10°

соответственно;

- радиус при вершине резца $R0,2$ max, выполняется с целью обеспечения требований чертежа в части размеров, а именно, внутренних радиусов от $0,3$ до $0,5$ мм.

Принятые параметры заточки обеспечивают требования к качеству и размерам поверхностей внутреннего контура штуцера, что было подтверждено экспериментально.

3.3 Описание работы контрольного приспособления

3.3.1 Приспособления для комплексного контроля радиального биения

Приспособление состоит из основания, на котором установлены две индикаторные стойки (горизонтальная и вертикальная).

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

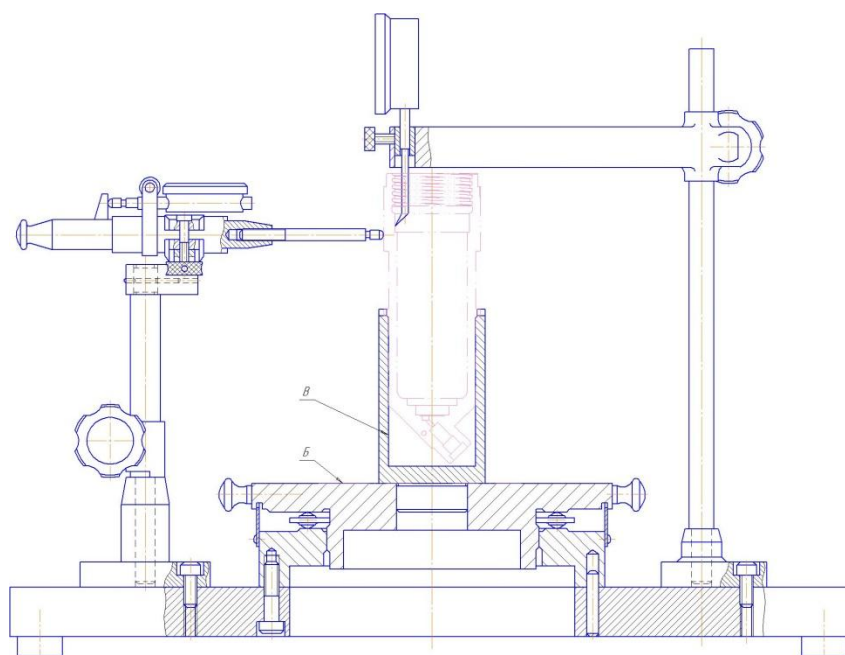


Рисунок 3.4 - Контрольное приспособление

На вращающейся платформе установлен стакан, в который помещается контролируемая деталь. Базирование происходит по наружному диаметру и боковым пазам детали.

Показания индикаторов снимаются при вращении платформы с деталью. Для обеспечения контроля биения по всей высоте детали индикатор вертикальной стойки комплектуется индикаторными вставками разной длины.

3.3.2 Применение координатно-измерительной машины

Ввиду того, что конструкция детали «Стакан технологический» достаточно сложна и при техническом контроле необходимо проконтролировать около 100 геометрических размеров, предлагаю проводить контроль на координатно-измерительной машине «DEA Micra».

Координатно-измерительная машина «DEA Micra» (далее – КИМ) (Рис. 4.5) разработана специально для контроля размеров и качества малогабаритных высокоточных деталей. Машина обеспечивает высокоточные контрольные измерения и особо точный контроль по выделенным точкам при обеспечении

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

точного сканирования поверхностей и профилированных деталей. При использовании высокоточной системы контактного 3D-сканирования машина MICRA стандартно обеспечивает возможность применения, как режима поточечного контроля, так и режима поверхностного сканирования.

Рисунок 4.5 - Координатно-измерительная машина «DEA Micra»

В машине MICRA, разработанной для применения в микромеханике и для контроля деталей с криволинейными поверхностями, идеально сочетаются малые габариты, бескомпромиссная точность и функциональная универсальность.

Независимо от использования САД-информации о конструкции или применения для измерения размерных параметров объектов сложной геометрической формы с труднодоступными зонами машина марки DEA MICRA с инсталлированным ПО PC-DMIS или QUINDOS представляет собой самый современный инструмент для контроля качества при измерении размерных параметров малых деталей.

Номенклатура применяемых измерительных наконечников (Рис. 4.6) изменяется в зависимости от их применений. Вне зависимости от того, применяется ли рубиновый шар, полусферический или цилиндрический щуп, контакт к обрабатываемой детали может быть обеспечен применением различных компонентов держателя измерительного наконечника. Поэтому номенклатура изделий содержит наряду с другими изделиями полусферический наконечник, цилиндрический наконечник, звездообразный щуп, а также заказные щупы.

Рисунок 4.6 – Измерительные наконечники

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе предложена модернизация технологического процесса механической обработки детали «Корпус платы» и выполнены следующие мероприятия:

а) место универсального оборудования, используемого в базовом варианте, используется токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ EMCO MAXXTURN 65 и электроэрозионный станок SODIC;

б) в конструкторской части спроектированы приспособления для закрепления детали при обработке на координатно-расточной операции, а также специальный измерительный инструмент;

в) для контроля детали используется координатно-измерительная машина «DEA Micra».

Проведение этих мероприятий позволит получить экономию штучного времени, поднять производительность, снизить себестоимость детали.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ансеров М.А «Приспособление для металлорежущих станков», Л. Машиностроение, 1975.
2. Балабанов А.Н. «Краткий справочник технолога - машиностроителя», М. «Издательство станков» 1982.
3. Горбацевич А.Ф. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения», Минск Высшая школа 1975.
4. Добрыднев И.С. «Курсовое проектирование по предмету по технологии машиностроения», Москва. Машиностроения 1985г.
5. Егоров М.Е. «Основы проектирования машиностроительных заводов».Сорокин В.Г. «Марочник сталей и сплавов», М.: Машиностроение, 1989.
6. Маталин А.А «Технология машиностроения», Л. Машиностроение 1985.
7. Нефедов Н.Е «Сборник задачи примеров по резанию металлов и режущему инструменту», Москва. Машиностроение 1977.
8. Сахаров С.Н. «Металлорежущие инструменты» Москва Машиностроения 1989.
9. Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических задач: Учебное пособие в 3 ч. – Челябинск: Изд-во. ЧГТУ, 2009. – 572 с.
10. Справочник технолога том 1 и 2 под редакцией Косилова А.А. Москва, Машиностроение 1986.
11. «Общемашиностроительные нормативы режимов резанья для технического нормирования работ на металлорежущих станках», Москва. Машиностроение 1967.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

12. «Общемашиностроительные нормативы времени». М.
Машиностроение 1989.

					150305.2017.009.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75