

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
_____ К.М. Виноградов
_____ 03 июля _____ 2021 г.

Проектирование участка механической обработки детали
"Крестовина карданного вала"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2021.409.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
преподаватель
_____ П.С. Мальцев
_____ 2021 г.

Автор работы
студент группы ДО-516
_____ Д.А. Ситнов
_____ 2021 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2021 г.

Челябинск 2021

Аннотация

Ситнов Д.А. Проектирование участка механической обработки детали «Крестовина» – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», кафедра ТТС, 2021. Пояснительная записка – 65 лист, ил. – 22, табл. – 15, чертежей формата А1 – 7 листов, чертежей формата А3 – 1 листа, спецификация – 6 листа, плакаты – 4 листов, технологическая документация – 42 листа, библиографический список – 9 наименований.

В выпускной квалификационной работе был модернизирован базовый технологический проект обработки детали «Крестовина» путем использования современного высокопроизводительного оборудования, путем сравнительных расчетов был выбран вид и метод получения заготовки, рассчитаны режимы резания, припуски на обработку, спроектирован специальный режущий инструмент – сверло, спроектировано специальное приспособление для закрепления детали при выполнении токарной операции с ЧПУ и контрольно-измерительный инструмент для контроля допуска перпендикулярности.

					15.03.05.06.2021.409.00.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ситнов Д.А.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мальцев П.С.			Д	5	65
Реценз.					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ТТС		
Н. контр.		Микерина О.С.					
Утверд.		Виноградов К.М.					
					Проектирование участка механической обработки детали «Крестовина»		

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время предъявляются особые требования к проектированию промышленных предприятий, к срокам и качеству выполнения проектных работ. Проектирование становится сферой, аккумулирующей новейшие научные достижения и преобразующей их в действующие производственные силы. От того, насколько быстро и качественно совершенствуются этот процесс, зависит во многом эффективность производства и темпы научно-технического прогресса.

Основой проекта участка, цеха и завода в целом является детально разработанная технологическая часть, что отводит главную роль инженеру-технологу при проектировании машиностроительного производства. Но круг задач, стоящих перед инженером-технологом, не ограничивается только умением проектировать технологические процессы. В настоящее время испытывается потребность в гибких технологиях, в способности к оперативной перестройке производственного механизма. Процесс функционирования современного цеха, предприятия является в высшей степени динамичным, что и определяет основные требования к решениям при формировании структуры и конструкций производственных зданий.

Изготовление крестовин представляет собой сложную и трудоемкую отрасль производства в машиностроении. Технология изготовления крестовин при крупносерийном производстве должна обеспечивать высокую долговечность передач и максимальное снижение трудоемкости. Автоматизация производства крестовин, использование переналаживаемых автоматических линий и наиболее совершенные технологические процессы повышают производительность труда и качество изготавливаемых зубчатых колес.

При крупносерийном производстве принятый тип заготовки должен обеспечить минимальные припуски на последующую механическую обработку поверхностей, к которым конструкцией детали предъявляются специальные технические требования. Точность изготовления заготовки в этом случае должна обеспечивать минимальное колебание припусков на механическую обработку, что позволяет наиболее полно проявить все достоинства высокопроизводительного автоматического и полуавтоматического оборудования: минимальное штучное время обработки; стабильная высокая точность изготавливаемых деталей, не зависящая от субъективных факторов (исполнителя); возможность многостаночного обслуживания станков операторами низкой квалификации.

Цель выпускной квалификационной работы спроектировать участок механического цеха по обработке детали «Крестовина» на базе станков с ПУ с применением многостаночного обслуживания.

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Описание узла изделия и служебное назначение детали.

Крестовина карданного вала в соответствии с рисунком 1.1 предназначена для передачи крутящего момента в условиях изменяемого угла передачи на механических транспортных средствах.

Крестовина является соединительным элементом между фланцем-вилкой и скользящей вилкой дифференциала и коробкой переменных передач.

Вилка вала, соединяется со скользящей и фланцевой вилками крестовиной с помощью игольчатых подшипников. Подшипники запрессованы в отверстия вилок, надеты на шлифованные цапфы (шпы) крестовины $\varnothing 22-0,013$ и зафиксированы в отверстиях вилок пружинными стопорными кольцами.

Допуск соосности цапф относительно друг друга $0,01$ мм., допуск перпендикулярности цапф относительно друг друга $0,2$ мм., допуск симметричности цапф относительно друг друга $0,01$ мм., допуск цилиндричности цапф $0,005$ мм.

Крестовина цементируется на глубину $h=0,8...1,2$ мм. с твердостью HRC 59. Материал крестовины сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71.

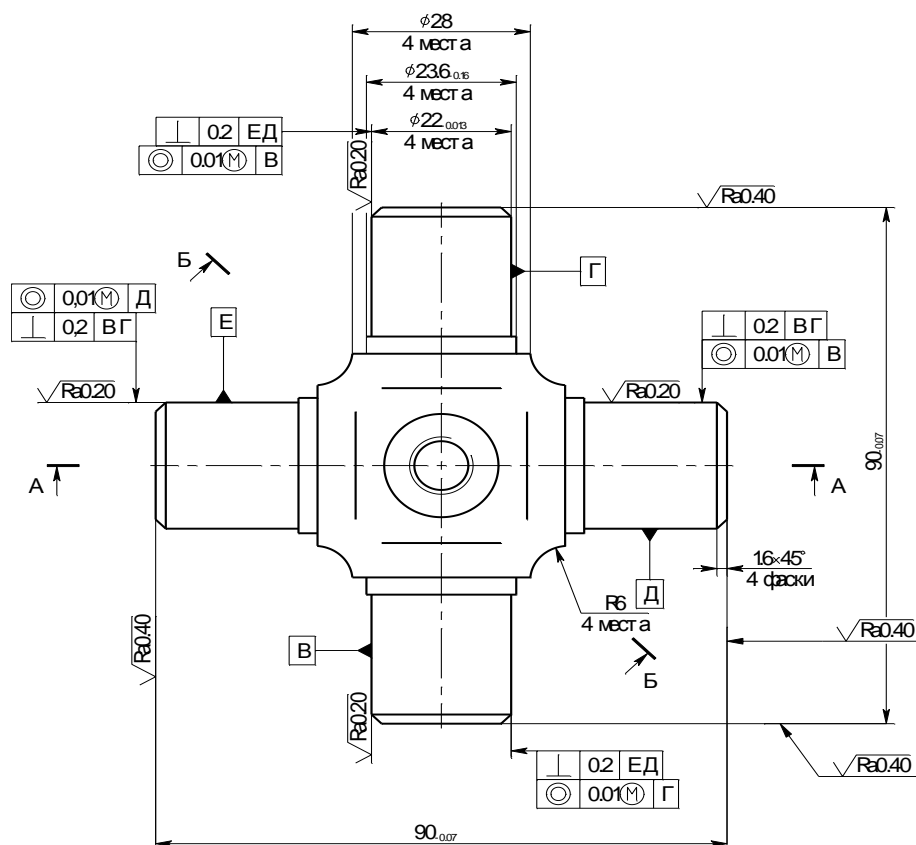


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Сравнение отечественных и зарубежных технологий.

Глобализация мировой экономики – давно уже свершившийся факт, несущий с собой как большие преимущества, так и серьезные недостатки. Это в полной мере относится к машиностроению, в частности к станкостроению, и отражается на всех странах - производителях и потребителях станочной продукции, в том числе и на России. Происходивший с начала 90-х годов и вызванный целым рядом политических (в первую очередь распад Союза) и экономических причин обвал национального станкостроения привел к наплыву в страну большого числа зарубежных фирм-производителей станков, инструментов и комплектующих. Здесь сыграли свою роль 2 важнейших фактора: практическое отсутствие обновления станочного парка России в течение последних 10 ÷ 12 лет и относительно быстрый рост ряда отраслей промышленности, начиная с 1999 г., вызванный дефолтом и ростом цен на нефть и другое сырье. В числе таких отраслей можно назвать автомобилестроение, топливно-энергетический комплекс, авиационную (ее военная составляющая) и оборонную промышленность.

Российское станкостроение, подорванное в результате длительного спада, не могло выдерживать конкуренции с высококлассной продукцией таких стран, как Германия, Швейцария, Япония, Италия и ряда других. Значительную часть требуемого оборудования оно не производило и раньше, а фактическое прекращение выпуска комплектующих (в значительной мере из-за отсутствия стабильного спроса на них со стороны российских потребителей, не говоря об иностранных), привело к тому, что даже станки, изготавливаемые российскими фирмами, из-за необходимости сбыта в своей стране и за рубежом, чаще всего оснащались немецкими, отчасти японскими, швейцарскими и итальянскими комплектующими.

Германия (в том числе бывшая ГДР) всегда была основным зарубежным поставщиком станков, КПО и комплектующих на советские, а в дальнейшем и на российские заводы. Она остается им в настоящее время, несмотря на рост конкуренции со стороны испанских, южнокорейских, тайваньских и отчасти американских фирм. Причины этого состоят прежде всего в традиционно высокой культуре производства, высоком техническом уровне, в том числе сервисного обслуживания и широком ассортименте выпускаемой продукции. Однако относительно высокие цены, характерные для германской продукции, дают немалые шансы, особенно в российских условиях, другим производителям, которые эти шансы нередко с успехом реализуют. На российском рынке немецкие фирмы часто действуют объединенными усилиями, организуя для знакомства со своей продукцией потенциальных потребителей из различных отраслей симпозиумы и семинары. Одним из таких симпозиумов стал состоявшийся 10-11 ноября 2004 г. симпозиум «Станки и технологии из Германии – компетентный партнер для российской автомобильной промышленности». В нем приняло участие 19 ведущих фирм-производителей обрабатывающих центров, зубообрабатывающих, протяжных и шлифовальных станков, а также гидравлических, штамповочных, гибочных, вырубных и лазерных прессов,

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

которые продемонстрировали широкие возможности немецких станкостроителей. Немалый интерес специалистов вызвал и ноябрьский симпозиум фирмы DMG, посвященный использованию ее многоцелевых, лазерных и ультразвуковых станков в авиакосмической промышленности.

Однако Россия еще с советских времен имеет давние связи в области станкостроения не только с Германией, но также со Швейцарией, Италией, Японией, Великобританией, Францией, Болгарией и Чехией. Некоторые из этих стран (Швейцария, Италия, Япония) эти связи сохранили и расширили, другие (Великобритания, Франция, Болгария и Чехия) подрастеряли и только начинают восстанавливать. Появились на российском рынке и третьи страны (Южная Корея, Тайвань, Испания, Китай и др.), начавшие практически с чистого листа и уже добившиеся определенных успехов в сбыте своей продукции.

В итоге сегодня российских для потребителей станкоинструментальной продукции наибольший интерес представляет продукция следующих стран: Германии, Швейцарии, Италии, Испании, Японии, Кореи и Тайваня. Китайская продукция в парке российских станков занимает пока незначительное место (поставки инструментов более существенны), поскольку китайцы, выпуская в основном станки невысокого уровня и качества, играют сегодня на одном поле с российскими производителями. Однако серьезные зарубежные инвестиции в китайское станкостроение, несколько заводов ведущих западных и японских фирм, уже построенных в Китае и выпускающих высокотехнологичную продукцию (правда, пока в основном на китайский рынок) – все это заставляет предположить, что уже недалеко то время, когда на российском рынке появится серьезный и опасный конкурент, которому, тем не менее, долго придется убеждать потенциальных потребителей в высоком качестве и надежности своей продукции. В дальнейшем планируется проанализировать динамику производства за последние годы станков в семи указанных выше странах, представляющих наибольший интерес для российских потребителей теперь и могущих стать серьезными партнерами в будущем.

Ниже представлены станки ведущих стран производителей с их кратким описанием.

Новое поколение токарных станков (в соответствии с рисунком 1.2) QTN — новые возможности повысить производительность. Такие преимущества как широкая линейка 49 моделей обрабатывающих центров позволяет удовлетворить любые потребности заказчика. Мах. длина обработки до 3000 мм, мах. диаметр обработки до 580 мм Отличительные особенности серии QTN: Высокая точность позиционирования по всем осям X/Y/Z/C например у оси C 0,0001° Возможность оснастить все модели роботом загрузчиком и программируемым люнетом. В стандартной комплектации приводная задняя бабка и закрыты все направляющие качения. Во всех моделях применяются мотор-шпиндели с принудительным охлаждением и высоким крутящим моментом. Так же есть и другие серии станков не менее популярные во всем Мире. Например серия CYBERNTCH TURN – мощные токарные станки мах. длина обработки до 4 000 мм с возможностью

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обработки одновременно двумя револьверными головками и использовать спец инструмент для расточки на глубину до 800 мм.



Рисунок 1.2 – Токарный станок с ЧПУ фирмы Mazak

Новое поколение токарных станков мирового уровня с ЧПУ.

Следующий токарный станок с ЧПУ. Неизменно высокая производительность и стабильные рабочие характеристики. Производится на кибер-заводах компании Mazak. Сочетание в станках NEXUS II передовых технологий , высокой производительности и разумные цены гарантируют покупателям необходимый кпд. Токарные станки с ЧПУ отличаются улучшенной стабильностью обработки, повышенной безопасностью и простотой управления благодаря системе ЧПУ 6-го поколения Mazatrol Matrix Nexus. Производство станков серии Nexus II началось на всех 7 кибер-заводах компании Mazak, что гарантирует техническую поддержку на высоком уровне по всему миру.

Созданы, чтобы соответствовать всем требованиям — станки серии NEXUS II (в соответствии с рисунком 1.3).



Рисунок 1.3 – Токарный станок с ЧПУ фирмы Mazak серии Quick Turn Nexus II

Токарные станки с ЧПУ с 2-мя шпинделями, 2- / 3-мя инструментальными головками.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

Лист

Производительность 1G. Появление серии станков Multiplex (в соответствии с рисунком 1.4), разработанной для среднесерийного производства было благосклонно встречено металлообрабатывающей промышленностью во все мире. Все станки данной серии (включая модель MULTIPLEX 8200У с нижней револьверной головкой, которая дает возможность осуществлять одновременную обработку по 4 осям) удовлетворяют разнообразным технологическим требованиям.



Рисунок 1.4 – Токарный станок с ЧПУ фирмы Mazak серии Multiplex

Отличительные особенности фрезерных обрабатывающих центров корпорации Утазакі Mazak (в соответствии с рисунком 1.5) является использование мотор-шпинделей (высокий крутящий момент!), не превзойденная точность и скоростные характеристики. Предлагаются различные компоновки оборудования.

Консольного типа — серии VCN, SUPER VELOCITY CENTER, VTC, MAZATECH

Портального типа — серии FJV, VERSATECH, VORTEX, HYPERSONIC, MOLD MAKER

Размеры столов: от 800 x 460 мм до 3100 x 10000 мм

Управляемые оси: от 3-х до 5-ти

Новое поколение многоцелевых станков вертикальной компоновки мирового уровня.

Новый многоцелевой станок вертикальной компоновки. Неизменно высокая производительность и стабильные рабочие характеристики. Производительность на кибер-заводах компании Mazak. Сочетание в станках серии Nexus II передовых технологий, высокой производительности и разумной цены гарантирует покупателям необходимый КПД. Многоцелевые станки вертикальной компоновки отличаются улучшенной стабильностью обработки, повышенной безопасностью и простотой управления благодаря системе ЧПУ 6-го поколения Mazatrol Matrix Nexus. Производство станков серии Nexus II (в соответствии с рисунком 1.6) началось на всех 7 кибер-заводах компании MAZAK, что гарантирует техническую поддержку на высоком уровне по всему миру.

						15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			



Рисунок 1.7 – Фрезерный станок с ЧПУ фирмы Mazak серии Vortex II



Рисунок 1.8 – Фрезерный станок с ЧПУ фирмы Mazak серии Super Mold Maker

Конструкция с подвижной стойкой и высокоскоростной шпиндель (в соответствии с рисунком 1.9) обеспечивает высокую точность и производительность не имеющие себе равных. А большое разнообразие столов различных размеров (от 1300 × 550 мм до 3240 × 810 мм) позволяют удовлетворить практически любые технологические требования.



Рисунок 1.9 – Фрезерный станок с ЧПУ фирмы Mazak серии Slant Turn

Тайваньская машиностроительная компания DAN LIH Machinery Industry Co. Ltd. с момента основания 29 апреля 1960 г. и по сегодняшний день постоянно развивается и совершенствует свою продукцию. За 49 лет работы DAN LIH Machinery Industry Co. Ltd. стала одним из лидирующих специализированных производителей современного фрезерного оборудования с ЧПУ не только на Тайване, но и в мировом станкостроении. Некоторые из

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

станков производимые компанией DAHLIN представлены на рисунках 1.10 – 1.13.

Производство DAHLIN сертифицировано EMC ISO9001:2000 и CE. Горизонтальные и вертикальные фрезерные обрабатывающие центры DAHLIN неоднократно завоевывали высшие места на промышленных выставках TIMTOS и были награждены престижными наградами правительства Тайваня Symbol of Excellence за инновационность технических решений и высокое качество.



Рисунок 1.10 – Фрезерный станок с ЧПУ фирмы Dahlih



Рисунок 1.11 – Фрезерный станок с ЧПУ фирмы Dahlih

Компания DAHLIN специализируется на выпуске фрезерных станков с 1966 г.. Тысячи фрезерных станков с ЧПУ DAHLIN работают по всему миру, в т.ч. десятки обрабатывающих центров DAHLIN работают на украинских предприятиях в различных сферах промышленности. Высокое качество изготовления, проверенные временем конструктивные решения, долговременная точность и надежность станков позволили DAHLIN приобрести репутацию надежного и ответственного производителя.

1.3 Задачи проектирования.

В данной выпускной квалификационной работе необходимо спроектировать участок механического цеха по обработке детали «Крестовина». Спроектировать сверло одностороннего действия, приспособление для закрепления детали на токарном станке. Разработать контрольное

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

приспособление для контроля перпендикулярности цапф. В строительном разделе разработать планировку участка механического цеха. Рассмотреть вопросы по безопасности жизнедеятельности.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса.

Деталь «Крестовина» представляет собой крестовину с четырьмя шипами (смотреть рисунок 1.1).

Торцовые поверхности крестовины с размером $90_{-0,07}$ сопрягаются с торцовой поверхностью подшипника скольжения, поэтому для обеспечения минимального трения и износа, должны быть обработаны с высокой точностью: точность размеров 8-й квалитет, шероховатость $R_a \leq 0,4$ мкм, допуск симметричности относительно поверхностей шипов В, Г, Д, Е 0,1 мм. Такое соотношение параметров точности является технологичным и обеспечивается тонким шлифованием торцев.

Поверхность цапф крестовины $\varnothing 22_{-0,013}$ должна иметь высокую точность поэтому для обеспечения минимального трения и износа: точность размера 6-й квалитет, шероховатость $R_a \leq 0,32$ мкм, так как на эти поверхности при сборке крестовины будет устанавливаться игольчатый подшипник, допуск соосности цапф В, Г, Д, Е относительно друг друга 0,01 мм., допуск на перпендикулярность 0,2 мм., так как на объекте крестовина карданного вала устанавливается по этим поверхностям

Параметры точности являются технологичными и обоснованными.

На поверхности $\varnothing 23,6$ устанавливается маслосъёмная шайба, поэтому они обрабатываются с точностью размеров 11-го квалитета и шероховатостью $R_a = 3,2$ мкм и обеспечиваются точением на токарном станке.

В целом, заданные параметры точности поверхностей детали могут быть обеспечены типовыми методами обработки с применением высокопроизводительного оборудования и стандартного режущего, контрольного инструмента и приспособлений.

Конструкция детали «Крестовина карданного вала» является технологичной. Рекомендаций по улучшению технологичности детали нет.

Обработка детали ведется по типовому технологическому процессу деталей типа крестовина.

00 Заготовительная. Штамповка.

10 Токарно-винторезная (обработка цапф и оформление центровых фасок на токарно-винторезном станке модели 16К20 с переустановкой детали при обработке каждого шипа) – требуется применение токарного полуавтомата с ЧПУ и токарного патрона с пневмозажимом для обработки шипов крестовины с одного постанова. При этом обеспечивается снижение вспомогательного времени, повышение точности обработки и возможность обслуживания оператором низкой квалификации, что повысит производительность обработки.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

является конструкционная низколегированная сталь марки 18ХГТ, поэтому возможными способами получения заготовки являются: свободная ковка или штамповка в открытых или закрытых штампах. Свободная ковка используется в единичном и редко в мелкосерийном производстве. Поэтому для данного типа производства (серийное) принимаем горячую объемную штамповку в открытых штампах (в соответствии с рисунком 2.1), так как нет необходимости в получении точных по массе заготовок, что также увеличивает производительность. Форма детали, а значит и форма заготовки (крестовина) определяет выбор наиболее рационального вида КГШП (кривошипно-горячий штамповочный пресс).

К ее достоинствам, по сравнению с кривошипными прессами, относятся:

- получение заготовки со значительно меньшими уклонами или без них, ввиду наличия двух плоскостей разъема штампа (две полуматрицы и пуансон) по сравнению с одной плоскостью разъема штампа на прессах.

- производительность, точность, шероховатость получаемых заготовок на этих видах оборудования практически не отличается.

Точность получения заготовок на КГШП:

-размеры.-15-й..квалитет

- шероховатость - $R_z 160$ мкм

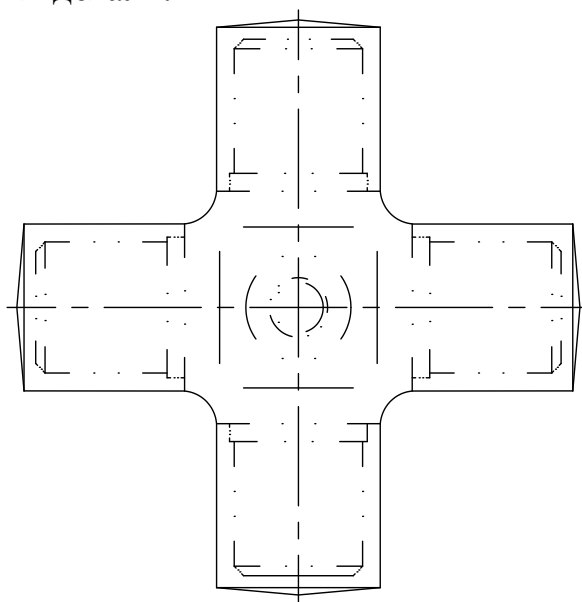
Заключительной заготовительной операцией принимаем горячую калибровку штамповок на кривошипно-чеканочном прессе модели КБ 8040. После проведения калибровки заготовки имеют следующие параметры точности:

размеры –14-й квалитет

шероховатость- $R_z 80$ мкм

Отклонения формы и расположения поверхностей штамповок (изогнутость, смещение, нецилиндричность) уменьшаются в 2 раза в соответствии с ГОСТ 7505-89.

Другие виды заготовок (пруток, литьё) неприемлемы из-за высокой себестоимости обработки детали.



					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 2.1 — Эскиз заготовки

2.3.1 Выбор технологических баз для механической обработки

По рекомендациям на первой операции базируются за основные базовые поверхности, от них обрабатываются вспомогательные базовые поверхности. Затем базируются за обработанные вспомогательные базовые поверхности и обрабатывают основные базовые поверхности. Далее, по возможности, базируются за основные базовые поверхности и обрабатывают все остальные поверхности.

На основании вышеизложенных рекомендаций в качестве технологических баз принимаем следующие поверхности:

В качестве основных базовых поверхностей принимаем две поверхности $\varnothing 26^{-0,080}$ и правый торец $\varnothing 55^{-0,050}$.

В качестве вспомогательных базовых поверхностей принимаем поверхности центровых отверстий и левый торец детали.

2.3.2 Определение последовательности обработки поверхностей детали

В соответствии с рекомендациями в качестве черновых баз принимаются основные базовые поверхности $\varnothing 22_{-0,013}$ а также торцы и обрабатываются остальные базовые поверхности – отверстия и торцы детали (размер $90_{-0,07}$). Обработка торцов и цапф с одного установка позволяет обеспечить необходимую точность расположения (перпендикулярность) торцов относительно осей. На последующих операциях базируются за обработанные поверхности и обрабатывают все остальные поверхности, в том числе основные базовые поверхности. После окончательной термообработки, на плоскошлифовальной операции базируются за одну из основных баз (поверхность $\varnothing 22_{-0,013}$) и шлифуют торец крестовины, затем деталь переворачивают и обработку повторяют. На последующей операции производится окончательная обработка цапф крестовины, при этом, на каждой операции в качестве баз используются поверхности цапф. Таким образом, практически на всех операциях обеспечивается принцип постоянства баз, что позволяет получить высокую точность обрабатываемой детали.

2.3.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали

Для обработки поверхностей детали устанавливаем методы обработки и необходимое количество переходов табличным методом из справочной литературы [7].

Размер $\varnothing 22_{-0,013}$; $R_a=0,32$ мкм получаем следующими способами обработки:

- 1) обтачивание полуступенчатое $T=0,21(h12)$; $R_a=6,3$ мкм;
- 2) обтачивание чистовое $T=0,052(h9)$; $R_a=3,2$ мкм;

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 3) шлифование чистовое $T=0,021(h7)$; $R_a=0,8$ мкм;
- 4) шлифование тонкое $T=0,015(h6)$; $R_a=0,32$ мкм
- Размер $\varnothing 90_{-0,07}$; $R_a=0.4$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) обтачивание чистовое $h12$;
 - 2) шлифование чистовое $h10$;
 - 3) шлифование тонкое $h8$
- Размер $\varnothing 23.6_{-0.1}$; $R_a=3.2$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) обтачивание получистовое $h14$; $R_a=6.3$ мкм;
 - 2) обтачивание чистовое $h11$; $R_a=3,2$ мкм;
- Размер $3^{+0.3}$; $R_a=6.3$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) фрезерование паза получистовое $h12$; $R_a=6.3$ мкм.
- Размер $\varnothing 18^{+0.5}$; $R_a=3,2$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) сверление $H14$; $R_a=6.3$ мкм.
 - 2) зенкерование $H14$; $R_a=3,2$ мкм.
- Размер $\varnothing 4,5^{+0.5}$; $R_a=6,3$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) сверление $H14$; $R_a=6.3$ мкм.
- Размер $1,0 \pm 0,4$; $R_a=6.3$ мкм получаем следующими способами обработки:
- 1) протачивание фаски получистовое $h16$; $R_a=6.3$ мкм.

2.3.4 Формирование операций

000 Заготовительная

а) штамповка на горизонтально-ковочной машине модели ВВ1136.01

010 Заготовительная

б) калибровка на кривошипно-чеканочном прессе модели КБ 8040

015 Контрольная

020 Термическая

а) нормализация;

б) высокий отпуск $HV \leq 227$

025 Контрольная

030 Токарная с ЧПУ.

Оборудование – токарно-револьверный автомат с ЧПУ модели 16К20Ф3С5

а) точение поверхностей ($\varnothing 22_{-0,013}$; $\varnothing 23,6_{-0,1}$; $\varnothing 28$)

035 Электрохимическая

Оборудование – электрохимический станок модели 4420

а) зачистка заусенцев после точения поверхностей ($\varnothing 22_{-0,013}$; $\varnothing 23,6_{-0,1}$; $\varnothing 28$).

040 Сверлильная

Оборудование – сверлильный модели SL-500

а) сверление 4^x отверстий $\varnothing 4,5^{+0,5}$ на глубину 50 мм.;

б) зенкерование 4^x мест $\varnothing 6,5^{+0,5}$ на глубину $12,5_{-0,3}^{+0,9}$.

045 Сверлильная

Оборудование – вертикально-сверлильный модели НС-2

а) одновременное сверление отверстия $\varnothing 8,95^{+0,17}$ под резьбу М10х1-6Н

и зенкерование цековки $\varnothing 18^{+0,5}$

						15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

050 Электрохимическая

Оборудование – электрохимический станок модели 4420

055 Резьбонарезная

Оборудование – резьбонарезной Ультромат

а) нарезание резьбы М10х1-6Н

060 Фрезерная с ЧПУ.

Оборудование – фрезерный с ЧПУ модели MCV-300

а) фрезерование паза $3^{+0,5}$

065 Электрохимическая

Оборудование – электрохимический станок модели 4420

075 Плоскошлифовальная

Оборудование – плоскошлифовальный модели 3E711

а) шлифование торцов крестовины на размер $90,4_{-0,07}$

080 Контрольная

085 Термическая

а) цементация h 0,8...1,2

б) закалка 57...59 HRC; сердцевина 25...45 HRC.

в) низкотемпературный отпуск

090 Промывочная

095 Контрольная

100 Плоскошлифовальная

Оборудование - плоскошлифовальный модели 3E711

а) шлифование торцов крестовины на размер $90_{-0,07}$

105 Электрохимическая

Оборудование – электрохимический станок модели 4420

а) притупление острых кромок после шлифования

110 Бесцентрово-шлифовальная

Оборудование – бесцентрово шлифовальный модели 3E-184B

а) шлифование чистовое поверхностей цапф $\varnothing 22_{-0,013}$

115 Промывочная

120 Контрольная

2.4 Размерный анализ

На основе разработанного маршрута обработки строим схемы осевых и диаметральных размеров. На рисунках 2.2 и 2.3 показаны преобразованные чертежи детали.

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.1 – Технологический маршрут

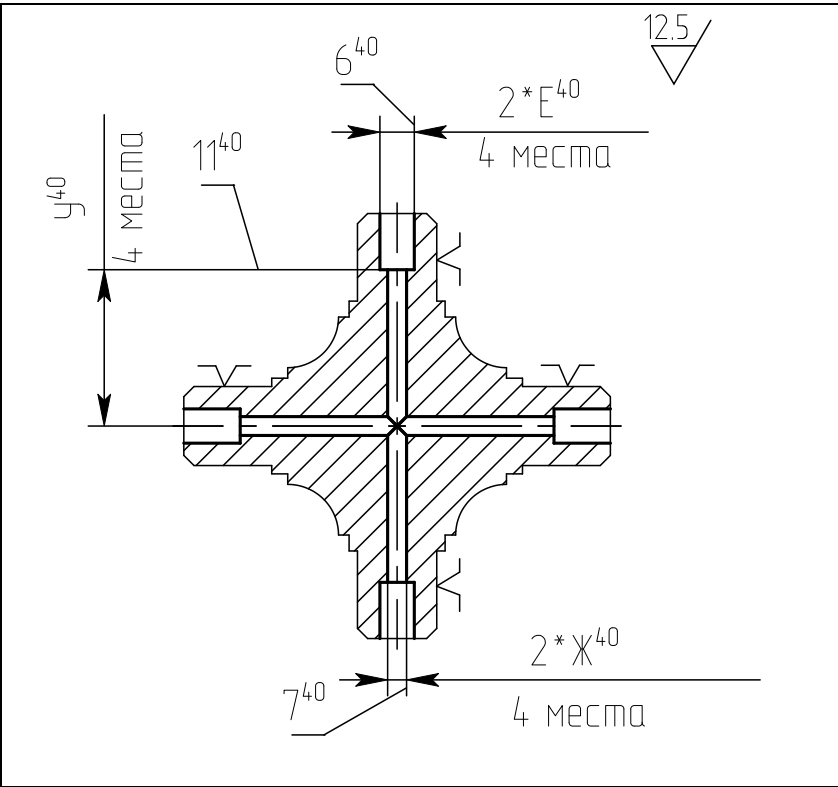
Номер и название операции	Эскиз	Допуски и технические требования
1	2	3
00 Заготовительная		$T2^*A^0=0,52$ $TI^0=0,88$ $1^0_{11}0^0_3=0,1$ $1^0_{21}0^0_4=0,1$ $1^0_{11}9^0_2=0,16$ $1^0_{21}9^0_1=0,16$ $1^0_{21}9^0_2=0,16$ $1^0_{41}9^0_1=0,16$
30 Токарная с ЧПУ		$T2^*B^{30''}=0,21$ $T2^*B^{30''}=0,084$ $T2^*B^{30''}=0,21$ $T2^*B^{30''}=0,06$ $TP^{30''}=0,4$ $TP^{30''}=0,345$ $TC^{30''}=0,52$ $TC^{30''}=0,465$ $TI^{30''}=0,25$ $TI^{30''}=0,1$ $3^{30''}_{13}3^{30''}_3=0,025$ $3^{30''}_{23}3^{30''}_4=0,025$ $3^{30''}_{13}3^{30''}_3=0,025$ $3^{30''}_{23}3^{30''}_4=0,025$ $3^{30''}_{19}3^{30''}_2=0,03$ $3^{30''}_{29}3^{30''}_1=0,03$ $3^{30''}_{39}3^{30''}_2=0,03$ $3^{30''}_{49}3^{30''}_1=0,03$ $3^{30''}_{19}3^{30''}_2=0,03$ $3^{30''}_{29}3^{30''}_1=0,03$ $3^{30''}_{39}3^{30''}_2=0,03$ $3^{30''}_{49}3^{30''}_1=0,03$ $10^{30''}_{19}2=0,03$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

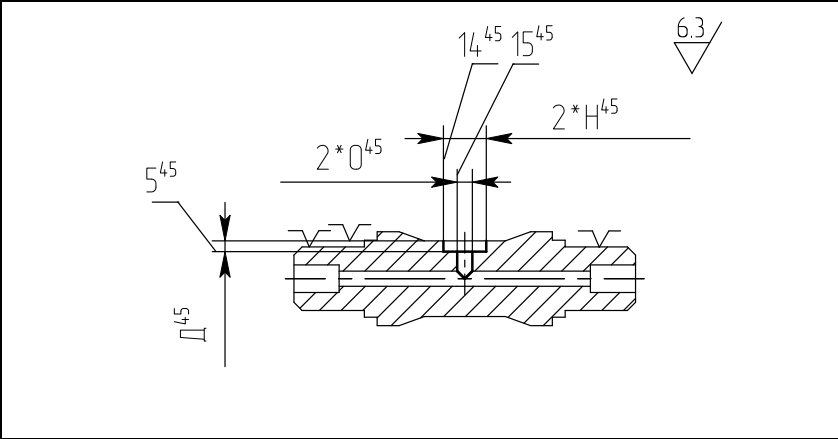
Лист

40 Сверлильная



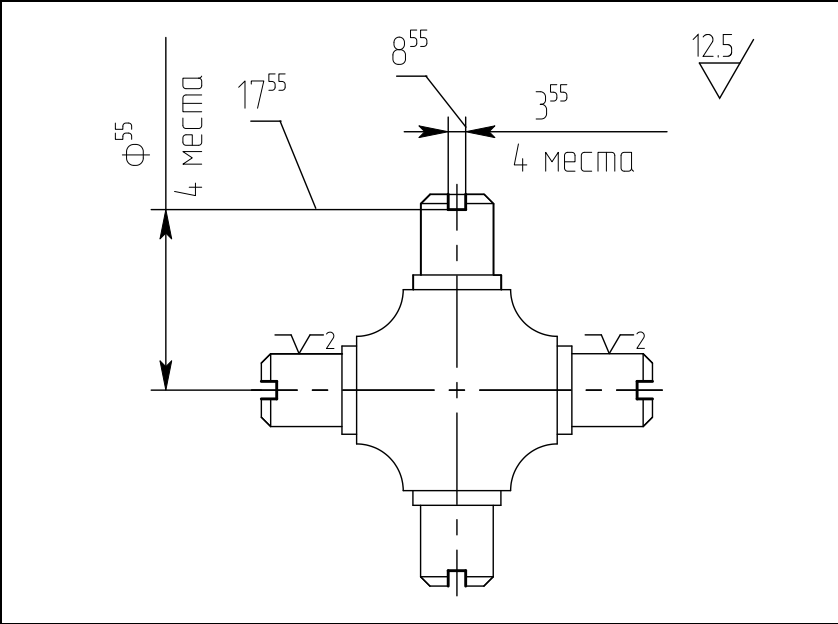
$T2 * E^{40} = 0,4$
 $T2 * Ж^{40} = 0,2$
 $TУ^{40} = 0,915 + 0,03 =$
 $0,945$

45 Сверлильная



$T2 * H^{45} = 0,46$
 $T2 * O^{45} = 0,26$
 $TД^{45} = 0,46 + 0,1 =$
 $0,56$

55 Фрезерная



$T3^{55} = 0,26$
 $TФ^{55} = 0,715 + 0,03 =$
 $0,745$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

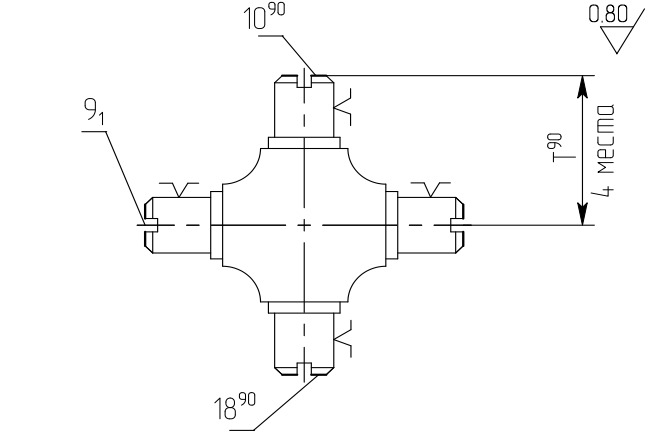
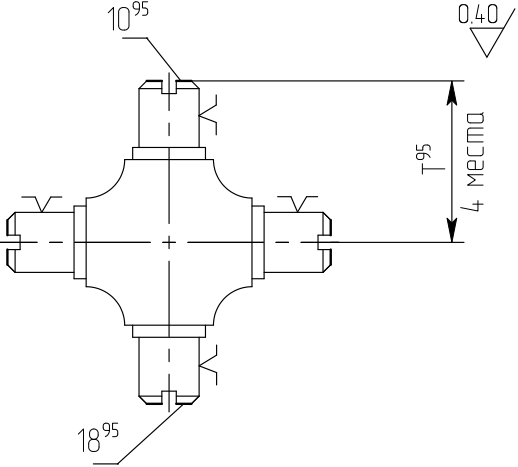
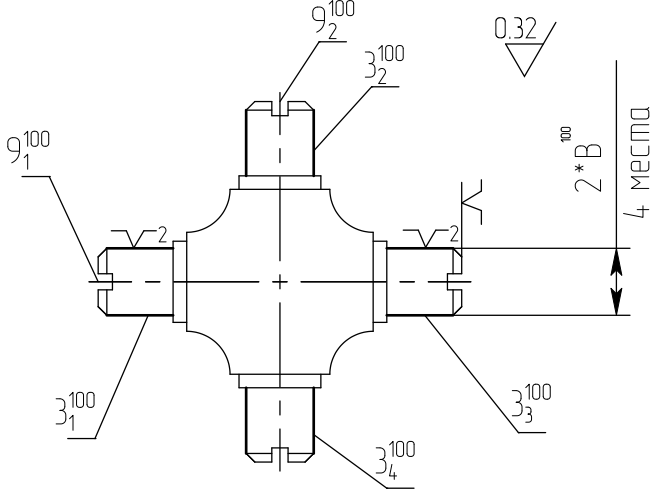
Лист

Продолжение таблицы 2.1

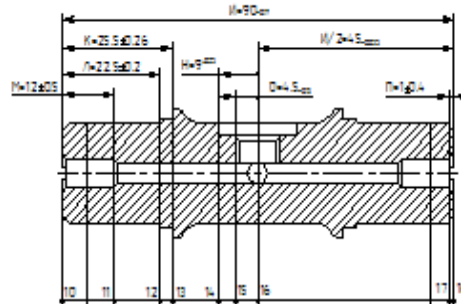
1	2	3
75 Термическая		$G_{3=10}^{75} = G_{18}^{75} = 0,7 \dots 1,2$ $L_{1 \dots 18}^{75} = 0 \dots 0,02$ $T_{13^75_1}^{30''} = 0,03$ $T_{23^75_2}^{30''} = 0,03$ $T_{33^75_3}^{30''} = 0,03$ $T_{43^75_4}^{30''} = 0,03$ $T_{19^75_1}^{30'} = 0,03$ $T_{29^75_2}^{30'} = 0,03$
85 Бесцентровшлифовальная		$T_{2 \times B^85} = 0,033$ $3_{13^85_3}^{85} = 0,02$ $3_{23^85_4}^{85} = 0,02$ $T_{13^85_1}^{75} = 0,03$ $T_{23^85_2}^{75} = 0,03$ $T_{33^85_3}^{75} = 0,03$ $T_{43^85_4}^{75} = 0,03$ $T_{19^85_1}^{75} = 0,03$ $T_{29^85_2}^{75} = 0,03$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
90 Плоскошлифовальная		$T T^{90} = 0,04 + 0,03 = 0,07$ $10^{90} 9_1 = 0,01$
95 Плоскошлифовальная		$T T^{95} = 0,025 + 0,01 = 0,035$
100 Безцентровшлифовальная		$T * 2B^{100} = 0,013$ $3^{100}_1 3^{100}_3 = 0,01$ $3^{100}_2 3^{100}_4 = 0,01$ $T 3^{85}_1 3^{100}_1 = 0,02$ $T 3^{85}_2 3^{100}_2 = 0,02$ $T 3^{85}_3 3^{100}_3 = 0,02$ $T 3^{85}_4 3^{100}_4 = 0,02$ $T 9^{85}_1 9^{100}_1 = 0,02$ $T 9^{85}_2 9^{100}_2 = 0,02$

На основании технологического маршрута изготовления детали разрабатываем размерные схемы: линейных размеров (рисунок 2.2) и диаметральных размеров (рисунок 2.3).



№ опера-ции	Величина припуска	TAI		Уречения размерних цепов	Операционне размери
1	2	3		4	5
95 Шлифоване	$Z_{10}^{25} \min = Rz_{10}^{T90} \pm_{H} T90 = 0,004 + 0,020$ $= 0,024$ $Z_{10}^{25} \max = 0,129$ $Z_{10}^{25} \min = Rz_{10}^{T90} \pm_{H} T90 = 0,004 + 0,020$ $= 0,024$ $Z_{10}^{25} \max = 0,129$	$TT^{R} = 0,035$		$(M) = T^{15} \pm_{-0,01} (N) = T^{15} \pm_{-0,01}$ $(K) = T^{15} \pm_{-0,01} (M) = T^{15} \pm_{-0,01}$ $(N) = T^{15} \pm_{-0,01} (Z_{10}^{25}) = T^{15} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{25}) = T^{15} \pm_{-0,01}$	$\psi^{R} = 330,0^{+0,1}$ $R^{R} = 22,50_{-0,005}^{+0,005}$ $c^{10} = 19,50_{-0,005}^{+0,005}$ $T^{R} = 45,00_{-0,005}^{+0,005}$ $\phi^{R} = 44,20_{-0,005}^{+0,005}$ $T^{R} = 45,09_{-0,007}^{+0,007}$
90 Шлифоване	$Z_{10}^{20} \min = Rz_{10}^{T30} = 0,015$ $Z_{10}^{20} \max = 0,205$ $Z_{10}^{20} \min = Rz_{10}^{T30} = 0,015$ $Z_{10}^{20} \max = 0,205$	$TT^{R} = 0,07$		$(Z_{10}^{20}) = T^{10} \pm_{-0,01} T^{R}$ $(Z_{10}^{20}) = T^{10} \pm_{-0,01} T^{R}$	$T^{R} = 45,20_{-0,01}^{+0,01}$
75 Герби четкане		$D_0 - D_1 = 0,002$ $0,0 - 0,0 = 0,0$ $0,1 - 1,2 = 0,0$		$(D_0) = D^{R} \pm_{-0,01}$ $(D_1) = D^{R} \pm_{-0,01}$	$D_0^{R} = 0,0_{-0,005}^{+0,005}$ $D_1^{R} = 4,5_{-0,005}^{+0,005}$ $H^{R} = 9,02_{-0,01}^{+0,01}$
55 Фрезе ризи		$T \phi^{R} = 0,745$			
65 Обрива выкат		$TI^{R} = 0,23$ $TO^{R} = 0,13$			
60 Обрива выкат		$T \psi^{R} = 0,905$			
30 Ребрыверане с шп	$Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{C30} = 0,025$ $Z_{10}^{30} \max = 1,01$ $Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{P30} = 0,025$ $Z_{10}^{30} \max = 0,77$ $Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{T30} = 0,025$ $Z_{10}^{30} \max = 0,375$ $Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{T30} = 0,025$ $Z_{10}^{30} \max = 0,375$ $Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{H0,2} \pm_{H} H0,2 = 0,05 + 0,2 = 0,25$ $Z_{10}^{30} \max = 0,97$ $Z_{10}^{30} \min = Rz_{10}^{H0,2} \pm_{H} H0,2 = 0,05 + 0,2 = 0,25$ $Z_{10}^{30} \max = 0,97$	$TC^{10} = 0,455$ $TP^{10} = 0,245$ $TT^{10} = 0,1$ $TC^{10} = 0,52$ $TP^{10} = 0,40$ $TT^{10} = 0,25$		$(Z_{10}^{30}) = C^{10} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{30}) = P^{10} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{30}) = T^{10} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{30}) = T^{10} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{30}) = H^{10} \pm_{-0,01}$ $(Z_{10}^{30}) = H^{10} \pm_{-0,01}$	$c^{10} = 19,99_{-0,005}^{+0,005}$ $R^{10} = 22,50_{-0,005}^{+0,005}$ $T^{10} = 45,45_{-0,005}^{+0,005}$ $H^{10} = 9,02_{-0,005}^{+0,005}$
00 Завесе выкатане		$TI^{R} = 0,80$			

Рисунок 2.2- Схема линейных размеров

0,25=0,02+0,20+0,03=0,25-обеспечивается

$$[B]=\alpha_2+B^{30''}-2^{30''}2^{75}$$

$$TB\geq T\alpha_2+TB^{30''}-T2^{30''}2^{75}$$

0,08=0,02+0,03+0,03=0,08- обеспечивается

$$[3]=2\cdot\alpha_8+3^{55}$$

$$3\geq T2\cdot\alpha_8+T3^{55}$$

0,3=2\cdot0,02+0,26=0,3-обеспечивается

в) по схеме пространственных отклонений

$$[3_13_3]=3^{100}3^{100}$$

$$T3_13_3\geq T3^{100}3^{100}$$

0,01=0,01-обеспечивается

$$[3_23_4]=3^{100}3^{100}$$

$$T3_23_4\geq T3^{100}3^{100}$$

0,01=0,01-обеспечивается

$$[3_39_2]=3^{85}3^{100}+3^{75}3^{85}+3^{30''}3^{75}+3^{30''}3^{90''}+9^{30''}2^{90''}+9^{75}2^{90''}+9^{85}2^{90''}$$

$$T3_39_2\geq T3^{85}3^{100}+T3^{75}3^{85}+T3^{30''}3^{75}+T3^{30''}3^{90''}+T9^{30''}2^{90''}+T9^{75}2^{90''}+T9^{85}2^{90''}$$

0,2>0,02+0,03+0,03+0,03+0,03+0,03+0,02=0,19-обеспечивается

$$[3_19_2]=3^{85}3^{100}+3^{75}3^{85}+3^{30''}3^{75}+3^{30''}3^{90''}+9^{30''}2^{90''}+9^{75}2^{90''}+9^{85}2^{90''}$$

$$3_19_2=3^{85}3^{100}+3^{75}3^{85}+3^{30''}3^{75}+3^{30''}3^{90''}+9^{30''}2^{90''}+9^{75}2^{90''}+9^{85}2^{90''}$$

0,2>0,02+0,03+0,03+0,03+0,03+0,03+0,02=0,19-обеспечивается

$$[3_29_1]=9^{85}9^{100}+9^{75}9^{85}+9^{30''}9^{75}+3^{30''}2^{90''}+3^{30''}2^{75}+3^{75}2^{85}+3^{85}2^{100}$$

$$T3_29_1\geq T9^{85}9^{100}+T9^{75}9^{85}+T9^{30''}9^{75}+T3^{30''}2^{90''}+T3^{30''}2^{75}+T3^{75}2^{85}+T3^{85}2^{100}$$

0,2 > 0,02+0,03+0,03+0,03+0,03+0,03+0,02=0,19- обеспечивается

$$[3_49_1]=9^{85}9^{100}+9^{75}9^{85}+9^{30''}9^{75}+3^{30''}9^{30''}+3^{30''}4^{75}+3^{75}4^{85}+3^{85}4^{100}$$

$$T3_49_1=T9^{85}9^{100}+T9^{75}9^{85}+T9^{30''}9^{75}+T3^{30''}9^{30''}+T3^{30''}4^{75}+T3^{75}4^{85}+T3^{85}4^{100}$$

0,2>0,02+0,03+0,03+0,03+0,03+0,03+0,02=0,19-обеспечивается

Вывод: Размерный анализ предлагаемого варианта тех. процесса обеспечивает получение годных деталей в соответствии с требованиями чертежа.

2.4.2 Расчет размерных цепей

Производим последовательно расчет размерных цепей по схеме радиальных размеров (10 уравнений-10 искомым номиналов)

$$1. [Z_3^{100}] = B^{85} - 3^{85}3^{100} - B^{100}$$

$$B^{100} = 11_{-0,0065} \quad B^{85} = 11_{-0,0165} \quad T3^{85}3^{100} = 0,02$$

$$Z_{13}^{100} \min = Rz^{B^{85}} + h^{B^{85}} = 0,004 + 0,020 = 0,024$$

$$Z_3^{100} \min = B^{85} \min - 3^{85}3^{100} \max - B^{100} \max$$

$$B^{85} \min = Z_3^{100} \min + 3^{85}3^{100} \max + B^{100} \max$$

$$B^{85} \min = 0,024 + 0,01 + 11 = 11,034$$

$$B^{85} \max = B^{85} \min + TB^{85} = 11,034 + 0,0165 = 11,0505$$

$$Z_3^{100} \max = B^{85} \max - 3^{85}3^{100} \min - B^{100} \min =$$

$$= 11,0505 - (-0,01) - 10,9935 = 0,067$$

$$B^{85} = 11,0505_{-0,0165}$$

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T^{30'} = 45,484_{-0,250} TI^0/2 = 0,44$$

$$Z^{30'}_{18} \min = Rz^{I^0/2} + h^{I^0/2} = 0,08 + 0,2 = 0,28$$

$$TZ^{30'}_{18} = TI^0/2 + TT^{30'} = 0,44 + 0,25 = 0,69$$

$$Z^{30'}_{18} \max = Z^{30'}_{18} \min + TZ^{30'}_{18} = 0,28 + 0,69 = 0,97$$

$$\Delta_0 Z^{30'}_{18} = \Delta_0 I^0/2 - \Delta_0 T^{30'} = 0,07 - (-0,125) = 0,195$$

$$Z^{30'}_{18 \text{ HOM}} = Z^{30'}_{18} \min - (\Delta_0 Z^{30'}_{18} - TZ^{30'}_{18}/2) = 0,28 - (0,195 - 0,69/2) = 0,43$$

$$I^0/2_{\text{HOM}} = Z^{30'}_{18 \text{ HOM}} + T^{30'}_{\text{HOM}} = 0,43 + 45,484 = 45,914$$

$$I^0/2 = 45,914^{+0,29}_{-0,15} I^0 = 91,83^{+0,58}_{-0,30}$$

$$14. [Z^{30''}_{13}] = C^{30''} - C^{30''}$$

$$C^{30''} = 19,5^{+0,205}_{-0,260} TC^{30''} = \pm 0,26$$

$$Z^{30''}_{13} \min = Rz^{C^{30''}} = 0,025$$

$$TZ^{30''}_{13} = TC^{30''} + TC^{30''} = 0,165 + 0,52 = 0,985$$

$$Z^{30''}_{13} \max = Z^{30''}_{13} \min + TZ^{30''}_{13} = 0,025 + 0,985 = 1,01$$

$$\Delta_0 Z^{30''}_{13} = \Delta_0 C^{30''} - \Delta_0 C^{30''} = 0 - (-0,0275) = 0,0275$$

$$Z^{30''}_{13 \text{ HOM}} = Z^{30''}_{13} \min - (\Delta_0 Z^{30''}_{13} - TZ^{30''}_{13}/2) = 0,025 - (0,0275 - 0,985/2) = 0,49$$

$$C^{30''}_{\text{HOM}} = Z^{30''}_{13 \text{ HOM}} + C^{30''}_{\text{HOM}} = 0,49 + 19,5 = 19,99$$

$$C^{30''} = 19,99 \pm 0,26$$

$$15. [Z^{30''}_{12}] = P^{30''} - P^{30''}$$

$$P^{30''} = 22,5^{+0,145}_{-0,20} TP^{30''} = \pm 0,2$$

$$Z^{30''}_{12} \min = Rz^{P^{30''}} = 0,025$$

$$TZ^{30''}_{12} = TP^{30''} + TP^{30''} = 0,4 + 0,345 = 0,745$$

$$Z^{30''}_{12} \max = Z^{30''}_{12} \min + TZ^{30''}_{12} = 0,025 + 0,745 = 0,77$$

$$\Delta_0 Z^{30''}_{12} = \Delta_0 P^{30''} - \Delta_0 P^{30''} = 0 - (-0,0275) = 0,0275$$

$$Z^{30''}_{12 \text{ HOM}} = Z^{30''}_{12} \min - (\Delta_0 Z^{30''}_{12} - TZ^{30''}_{12}/2) = 0,025 - (0,0275 - 0,745/2) = 0,37$$

$$P^{30''}_{\text{HOM}} = Z^{30''}_{12 \text{ HOM}} + P^{30''}_{\text{HOM}} = 0,37 + 22,5 = 22,87$$

$$P^{30''} = 22,87 \pm 0,2$$

$$16. [O^{75}] = O^{45} - \alpha_{15}$$

$$O^{75} = 4,5_{-0,15} \alpha_{15} = 0 \dots 0,02$$

$$O^{75} \min = O^{45} \min - \alpha_{15} \max$$

$$O^{45} \min = O^{75} \min + \alpha_{15} \max = 4,35 + 0,02 = 4,37$$

$$O^{45} \max = O^{75} \max + \alpha_{15} \min = 4,5 + 0 = 4,5$$

$$O^{45} = 4,5_{-0,13}$$

$$17. [H^{45}] = H^{45} - \alpha_{14}$$

$$H^{45} = 9^{+0,25} \alpha_{14} = 0 \dots 0,02$$

$$H^{75} \min = H^{45} \min - \alpha_{14} \max$$

$$H^{45} \min = H^{75} \min + \alpha_{14} \max = 9 + 0,02 = 9,02$$

$$H^{45} \max = H^{75} \max + \alpha_{14} \min = 9,25 + 0 = 9,25$$

$$H^{45} = 9,02^{+0,23}$$

$$18. [G_{10}^{95}] = T^{95} - T^{30} + G_{10}^{75}$$

$$T^{95} = 45_{-0,035} \quad T^{30} = 45,209_{-0,1} \quad G_{10}^{95} = 0,7 \dots 1,2$$

$$G_{10}^{95} \max = T^{95} \max - T^{30} \min + G_{10}^{75} \max$$

$$G_{10}^{75} \max = G_{10}^{95} \max - T^{95} \max + T^{30} \min$$

$$G_{10}^{75} \max = 1,2 - 45,109 = 1,309$$

$$G_{10}^{75} \min = G_{10}^{95} \min - T^{95} \min + T^{30} \max$$

$$G_{10}^{75} \min = 0,7 - 44,965 + 45,209 = 0,944$$

$$G_{10}^{75} = 0,944 \dots 1,309$$

$$19. [G_{18}^{95}] = T^{95} - T^{30} + G_{18}^{75}$$

$$T^{95} = 45_{-0,035} \quad T^{30} = 45,209_{-0,1} \quad G_{18}^{95} = 0,7 \dots 1,2$$

$$G_{18}^{95} \max = T^{95} \max - T^{30} \min + G_{18}^{75} \max$$

$$G_{18}^{75} \max = G_{18}^{95} \max - T^{95} \max + T^{30} \min$$

$$G_{18}^{75} \max = 1,2 - 45,109 = 1,309$$

$$G_{18}^{75} \min = G_{18}^{95} \min - T^{95} \min + T^{30} \max$$

$$G_{18}^{75} \min = 0,7 - 44,965 + 45,209 = 0,944$$

$$G_{18}^{75} = 0,944 \dots 1,309$$

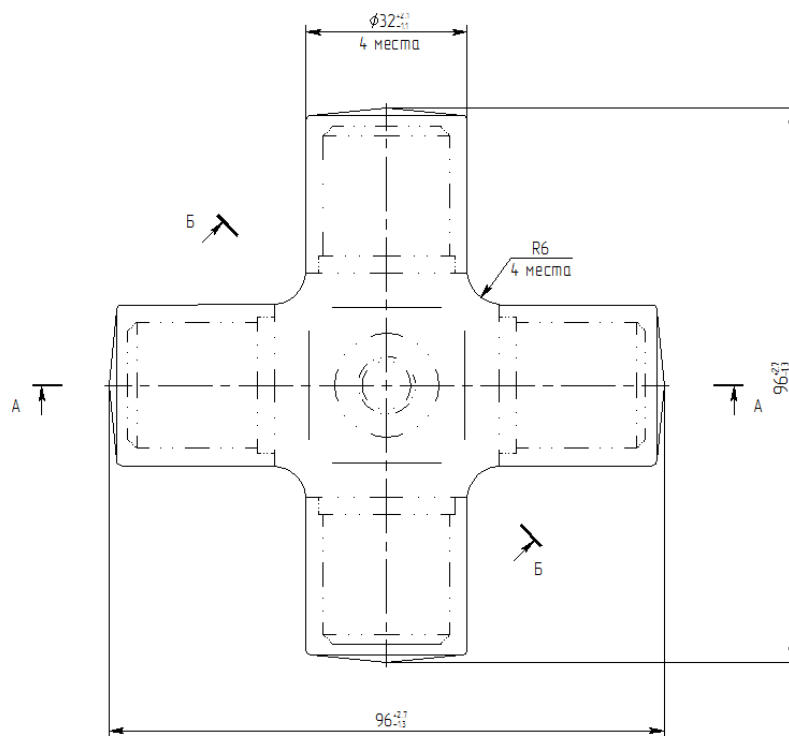


Рисунок 2.4-Эскиз заготовки

Так как величина слоя насыщения углеродом при цементации деталей устанавливается равной для всех поверхностей детали, то в качестве предельных значений цементированного слоя принимаем наибольшее значение из нижних предельных значений и наименьшее значение из верхних предельных значений, полученных при расчёте слоёв насыщения. Согласно результатам расчёта, принимаем слой цементации $G^{75} = 0,95 \dots 1,25$ мм, фактическая величина которого позволяет получить заданную чертежом

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

глубину слоя при снятии с поверхностей детали максимального или минимального припуска.

2.5 Расчет режимов резания

На одну из операций режимы резания рассчитаем по эмпирическим формулам, для остальных примем значения по таблицам. Проведем расчет на револьверную операцию №30. Исходными данными для расчета режимов резания будет являться припуск на обработку, материал обрабатываемой детали. Скорость резания при подрезке торца рассчитаем по следующей формуле:

где $S = 0.3 \text{ мм/об}$

$C_v = 292$, $x = 0.15$, $y = 0.7$, $m = 0.2$, $K_v = 0.77$

$$V = \frac{292}{90^{0.2} \cdot 1.5^{0.15} \cdot 0.3^{0.7}} \cdot 0.77 = 199 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 199}{3.14 \cdot 30.11} = 2104 \text{ об/мин}$$

Полученную частоту вращения корректируем по паспортным данным станка и округляем в меньшую сторону: $n_{\phi} = 2000 \text{ об/мин}$.

Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 30.11 \cdot 2000}{1000} = 189 \text{ м/мин}$$

Осевая сила:

$$P_x = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

где C_p , x , y , n , K_p – коэффициенты резания.

$$P_x = 10 \cdot 243 \cdot 1.5^{0.9} \cdot 0.3^{0.6} \cdot 189^{-0.3} \cdot 1 = 312 \text{ Н}$$

При точение $\varnothing 22,3 \text{ Н12}$:

$S = 0.2 \text{ мм/об}$

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$C_v=292, x=0.15, y=0.7, m=0.2, K_v=0.77$

$$V = \frac{292}{90^{0.2} \cdot 2.91^{0.15} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.77 = 240 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 240}{3.14 \cdot 16.1} = 2506 \text{ об/мин}$$

Полученную частоту вращения корректируем по паспортным данным станка и округляем в меньшую сторону: $n_{\phi}=2500$ об/мин.

Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 16.1 \cdot 2500}{1000} = 338 \text{ м/мин}$$

Осевая сила:

$$P_x = 10 \cdot 243 \cdot 2.91^{0.9} \cdot 0.2^{0.6} \cdot 340^{-0.3} \cdot 1 = 421 \text{ Н}$$

При точение $\varnothing 23, 6\text{H}13$:

$S = 0.12 \text{ мм/об}$

$C_v = 292, x = 0.15, y = 0.7, m = 0.2, K_v = 0.77$

$$V = \frac{292}{90^{0.2} \cdot 1.23^{0.15} \cdot 0.12^{0.7}} \cdot 0.77 = 364 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 364}{3.14 \cdot 20} = 2530 \text{ об/мин}$$

Полученную частоту вращения корректируем по паспортным данным станка и округляем в меньшую сторону: $n_{\phi}=2500$ об/мин.

Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 20 \cdot 2500}{1000} = 350 \text{ м/мин}$$

Осевая сила:

$$P_x = 10 \cdot 243 \cdot 1.95^{0.9} \cdot 0.12^{0.6} \cdot 350^{-0.3} \cdot 1 = 214 \text{ Н}$$

Сверление центровых отверстий.

Исходные данные:

Сверление центровочными сверлами h12;

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

максимальный диаметр отверстия 6,5 мм

Глубина резания:

Для цилиндрической части (сверло) $t=2$ мм

Для конической части (зенковка) $t=2,5$ мм

Режущий инструмент – сверло центровочное; диаметр цилиндрической части 4 мм; конической 10 мм; материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5К5.

Геометрические параметры режущей части

Режимы резания:

Для обработки центровых отверстий принимаем подачу на оборот

$S_o = 0.10$ мм/об.

Период стойкости сверла $T=25$ мин.

Скорость резания определяем для конической части сверла (зенковки) – на участке с максимальной скоростью резания $\varnothing 6,5$ мм.

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где, $C_v = 16,2$; $g = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$; $x = 0,20$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} = 0,7 \cdot (750/530)^{0,9} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,96$$

$$V = \frac{16,2 \cdot 9^{0,4} \cdot 0,96}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 2,5^{0,2}} = 31 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = 1026 \text{ об/мин}$$

Корректируем полученную частоту вращения по паспортным данным станка

$n_{п} = 1000$ об/мин

Фактическая скорость резания

$$V = \pi \cdot D \cdot n_{п} / 1000 = 3,14 \cdot 9 \cdot 1000 / 1000 = 28 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент от сил сопротивления резания

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^g \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p$$

где $C_m = 0,09$; $g = 1,0$; $y = 0,8$; $x = 0,9$;

$$K_p = (\sigma_{вр} / 750)^{0,75} = (530 / 750)^{0,75} = 0,77$$

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Последовательность переходов, режимы резания на операцию №055 приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4 - Режимы резания на операцию №055

Наименование перехода	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота, об/мин
1. Нарезание резьбы М10х1-6Н		1,0	0,47	17

Операция №060-Фрезерная

Оборудование – Универсально-фрезерный

Последовательность переходов, режимы резания на операцию №060 приведены в таблице 2.5

Таблица 2.5 - Режимы резания на операцию №060

Наименование перехода	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота, об/мин
1. Фрезерование 2-х пазов	1,0	0,2	2,5	800

2.5.1 Нормирование технологического процесса

Основной задачей нормирования является систематическая работа по изысканию источников повышения производительности труда, уменьшению затрат времени на единицу продукции.

Техническая норма времени на операцию состоит из двух основных частей:

а) норма подготовительно-заключительного времени.

б) норма штучного времени.

Составными частями нормы штучного времени $T_{шт}$ являются:

а) Основное (технологическое) время – T_0

б) Вспомогательное время – $T_в$

в) Время технического обслуживания – $\alpha_{обсл.}$

г) Время перерывов (отдых и личные надобности) – $\alpha_{отл.}$

(время $\alpha_{обсл.}$ и $\alpha_{отл.}$ составляют каждое по 4% от оперативного времени).

Основное время определяется по формуле [6]

$$T_0 = L_i/n \cdot S,$$

где $L = e + y + \Delta$ – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм.

e – размер обрабатываемой поверхности, мм

y – величина врезания, мм/об.

Δ – выход режущего инструмента, мм.

n – число оборотов шпинделя, об/ мин.

S – подача на один оборот, мм/об.

i – число проходов.

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_v = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм},$$

где $T_{уст}$ - время на установку и снятие детали, мин.

$T_{пер}$ – время на смену инструмента, связанное с переходом, мин.

$T_{изм}$ – время, связанное с контрольными измерениями, мин.

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_v) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{обсл} + \alpha_{отл}}{100}\right), \text{ мин},$$

где T_o – основное время, мин.

T_v – вспомогательное время, мин.

$\alpha_{обсл}$ – время на обслуживание рабочего места, мин.

$\alpha_{отл}$ – время на отдых и личные нужды, мин.

Подготовительно-заключительное время на партию деталей определяется по формуле:

$$T_{п.з} = T_{н.ст} + T_{пр.д} + T_{п.и},$$

где $T_{н.ст}$ – время, связанное с наладкой станка, инструмента и приспособления, мин.

$T_{пр.д}$ – время на пробную обработку детали, мин.

$T_{п.и}$ – время на получение инструмента, приспособления до начала работы и сдачу после окончания обработки, мин.

Нормирование технологических операций проводим с использованием литературы.

Для операции №040 основное время будет равно:

$$T_o = 6.3 \text{ мин.}$$

Время на установку и снятие детали определяется по заводским нормативам.

Полученные расчетные данные заносим в операционные карты обработки.

Вспомогательное время:

$$T_v = 0.1 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_v = 6,3 + 0,1 = 6.4 \text{ мин.}$$

Для остальных операций данные занесем в таблицу 2.6

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.6 – Время на обработку

№ операции	Время		
	T_o	T_B	$T_{шт}$
030	12,5	1,6	14,3
035	1,0	0,05	1,05
040	6,3	0,1	6,4
045	5,6	0,1	5,7
055	1,0	0,5	1,5
060	7,3	0,8	8,1
070	7,8	1,0	8,8
075	7,8	0,5	8,8
100	7,8	0,5	8,8
110	9,6	1,3	10,9

Вывод по разделу два

В технологическом разделе рассмотрена конструкция детали и ее назначение, была выбрана заготовка, разработан технологический процесс, по которому приведен размерный анализ, и просчитаны режимы резания на токарную операцию.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Проектирование приспособления для закрепления детали на токарном станке

3.1.1 Характеристика выполняемой операции

На токарном станке с ЧПУ выполняется обтачивание цапф крестовины с подрезкой торцов и последующей центровкой.

3.1.2 Требования, предъявляемые к приспособлению

С учётом характеристики выполняемой операции в качестве зажимного приспособления на операции №030 проектируем приспособление, которое должно удовлетворять нижеприведённым требованиям:

- а) конструкция приспособления должна обеспечивать заданную точность обработки;
- б) зажимные элементы приспособления должны обеспечивать надёжное крепление обрабатываемой детали;
- в) конструкция приспособления должна обеспечивать быструю установку, поворот и снятие обрабатываемой детали с условием обеспечения безопасности эксплуатации.

3.1.3 Обоснование принятого способа базирования и закрепления детали

В качестве баз для базирования детали на операции №030, являющейся первой механической операцией, принимаем, в соответствии с рекомендациями, основные конструкторские базы – поверхности $\varnothing 22_{-0,013}$, (в соответствии с рисунком 3.1).

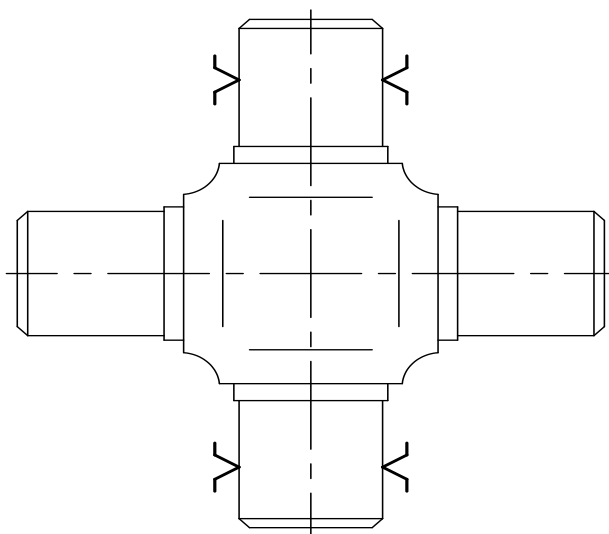


Рисунок 3.1 – Схема базирования

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.1.4 Проектирование схемы приспособления

Исходя из принятой теоретической схемы базирования детали разрабатываем расчётную схему приспособления, представленную в соответствии с рисунком 3.2.

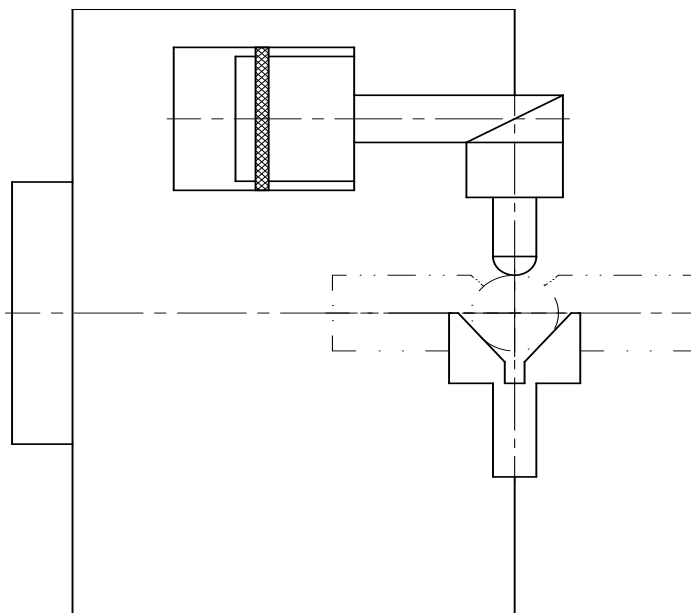
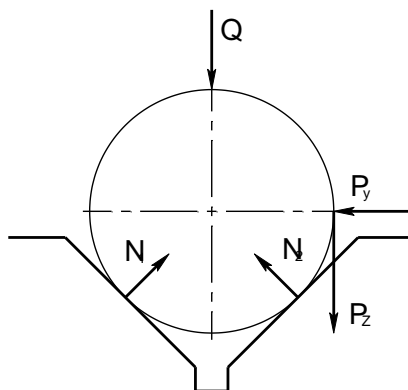


Рисунок 3.2 – Схема приспособления

3.1.4 Определение необходимой силы зажима и конструктивных размеров гидропривода

Расчёт сводится к решению задачи статики о равновесии твёрдого тела при воздействии на него системы сил. При точении детали, на обрабатываемую деталь от резца действуют: окружная сила P_z , радиальная P_y , осевая сила P_x , в соответствии с рисунком 3.3.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 3.3 – Расчётная схема
Условие равновесия (неподвижности) детали

$$Q_{шт} = P_z + 2 \cdot P_y,$$

где $Q_{шт}$ – сила зажима на штоке, развиваемая гидроцилиндром, Н;

P_z - окружная сила, Н; $P_z = 517$ Н

P_y - радиальная сила, Н; принимаем $P_y = 0,4 \cdot P_z$

Для обеспечения надёжного закрепления заготовки, необходимо, чтобы сила зажима была больше сил резания на коэффициент запаса надёжности $K=2,5$; подставляя значение K в правую часть выражения получим [8]:

$$Q_{шт} \geq K \cdot (P_z + 2 \cdot P_y);$$

$$Q_{шт} \geq K \cdot 1,8 \cdot P_z;$$

$$Q_{шт} \geq 4,5 \cdot P_z;$$

$$Q_{шт} \geq 4,5 \cdot 517 = 2326 \text{ Н.}$$

Определение конструктивных размеров гидроцилиндра сводится к определению диаметра гидроцилиндра, в зависимости от которого принимаются все остальные размеры гидроцилиндра.

Осевая сила ($Q_{шт}$), развиваемая гидроцилиндром определяется по формуле [8]

$$Q_{шт} = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot \rho \cdot H,$$

где D – диаметр гидроцилиндра, мм;

ρ – давление в системе

H – коэффициент полезного действия гидроцилиндра; принимаем $H=0,8$

Из формулы выражаем D

$$D \geq 4 \cdot Q_{шт} / \pi \cdot \rho \cdot H;$$

$$D \geq 4 \cdot 2326 / 3,14 \cdot 0,39 \cdot 0,8 = 97,5 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр гидроцилиндра $D = 100$ мм.

3.1.5 Описание конструкции приспособления и его работы

Деталь устанавливается цапфами крестовины на поверхности призм. При подаче давления в левую полость гидроцилиндра поршень 7 перемещаясь вправо в свою очередь давит на клин 10, который перемещает зажимной

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

глубины отверстия; длина хвостовика. Схематичный чертеж сверла представлен на рисунке 3.5.

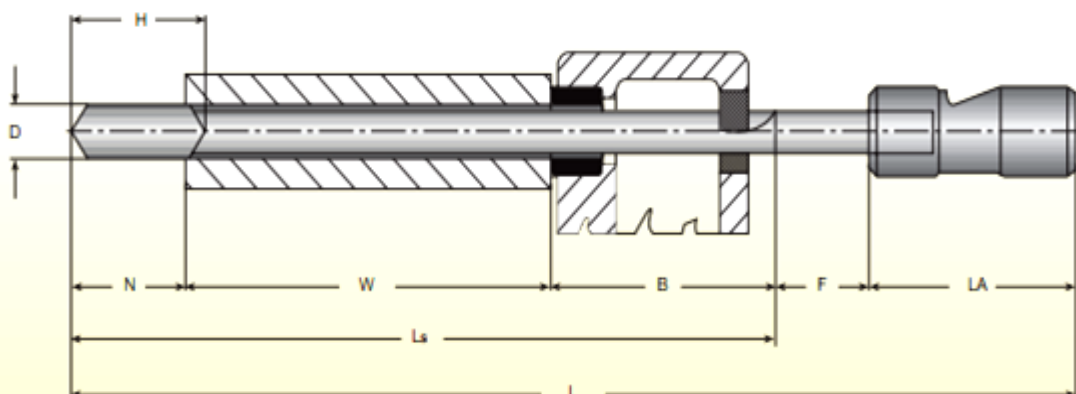


Рисунок 3.5 - Сверло для глубокого сверления - основные размеры

Длину сверла рассчитываем по формуле:

$$L=N+W+B+F+LA$$

где N - Длина под переточку;

$$N = H - D = 25 - 4,5 = 20,5 \text{ мм};$$

D=4,5мм - Диаметр сверления;

W = 90мм - Глубина отверстия;

B = 19,5мм - Место для отвода стружки;

F = 20мм

LA = 40мм - Длина хвостовика;

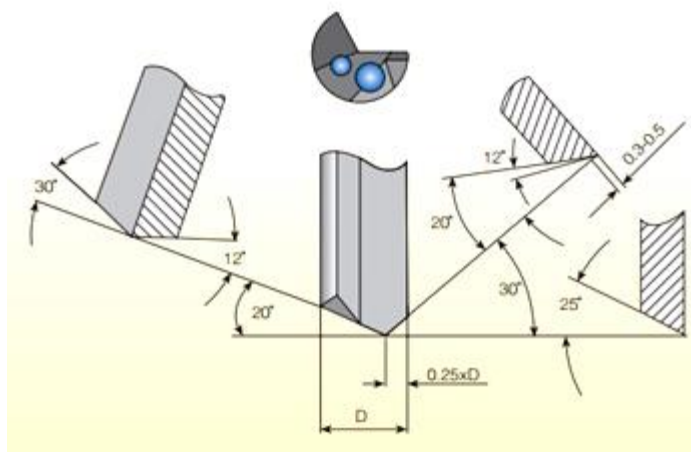
Длину канавки находим по формуле:

$$LS = N + W + B$$

$$LS = 20,5 + 90 + 19,5 = 130 \text{ мм}$$

L = 20,5 + 90 + 19,5 + 20 + 40 = 190 мм Геометрия сверла представлена на рисунке

3.6.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

Лист

Рисунок 3.6 - Геометрия сверла

3.3 Проектирование приспособления для контроля перпендикулярности цапф крестовины Ø22_{-0,013}

3.3.1 Характеристика контролируемого параметра точности

На круглошлифовальной операции №090 производится чистовое шлифование наружной цапф Ø22_{-0,013} с обеспечением допуска перпендикулярности поверхности Ø22_{-0,013} относительно других цапф в пределах 0,2 мм.

3.3.2 Разработка схемы контроля параметра точности

Исходя из характеристики контролируемого параметра точности и базовых поверхностей детали, в качестве наиболее рациональной может быть принята следующая схема контроля, представленная на рисунке 3.7, в соответствии с которой базовые поверхности детали (Ø22_{-0,013}) принимаются за направляющие или двойные опорные базы. Контролируемая деталь поворачивается вокруг своей оси, а величина перпендикулярности контролируемой поверхности в виде перемещения в горизонтальной плоскости определяется по показаниям электроконтактного датчика.

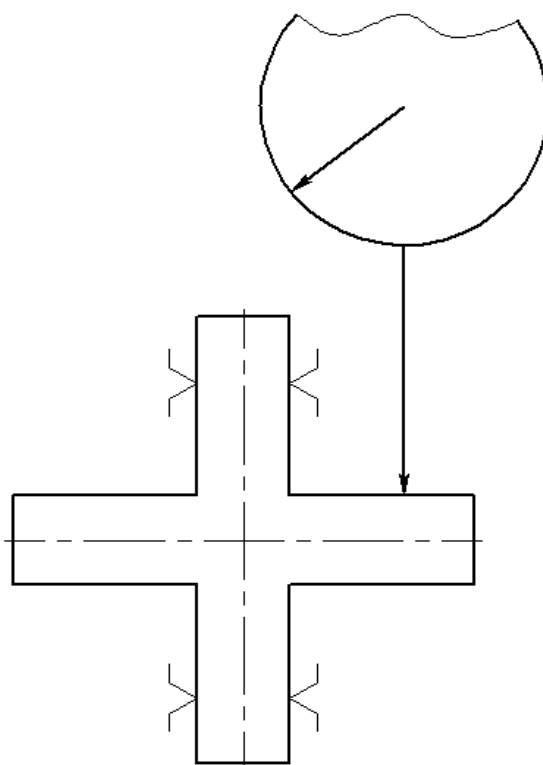


Рисунок 3.7 – Схема контроля перпендикулярности

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3.3 Проектирование контрольного приспособления для контроля перпендикулярности цапф $\varnothing 22_{-0,013}$

На основании схемы контроля параметра точности и величины допуска контролируемого параметра разрабатываем конструкцию контрольного приспособления, представленную на рисунке 3.8.

Приспособление состоит из плиты 4, на которой закреплены: призмы 2 с углом при вершине 90° , служащие для установки контролируемой детали; кронштейна 6, в отверстии которого с помощью разрезной втулки установлен электроконтактный датчик 7.

Контроль в данном приспособлении осуществляется следующим образом: контролируемая деталь устанавливается базовыми поверхностями $\varnothing 22_{-0,013}$ на призмы 2 и электроконтактный датчик 7 включением лампы «годен» или «брак» показывает годность детали по допуску перпендикулярности.

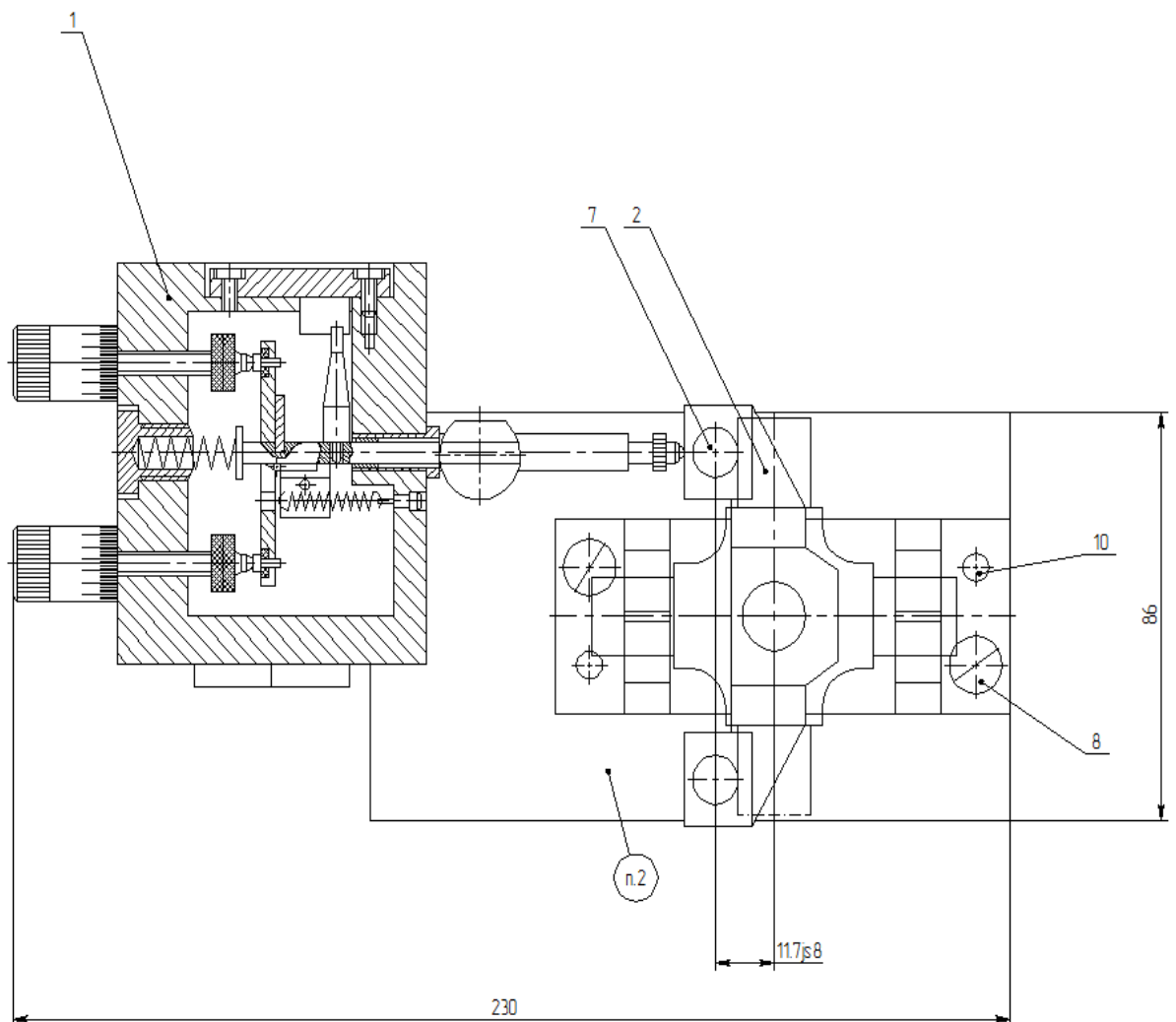


Рисунок 3.8 – Приспособление для контроля перпендикулярности цапф

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

Лист

3.3.4 Принцип работы электроконтактного датчика

В электроконтактном датчике используется рычажная передача перемещений от измерительного стержня 10 на подвижные контакты 17. Первое малое плечо рычажной передачи, равное 3 мм, образуется между точкой контакта измерительного стержня с рычагом 16 и осью опоры 14, на которой располагается с помощью призмы подвижный рычаг 16. На рычаге 16 находятся подвижные контакты 17. Длина рычага от опоры до подвижных контактов равно 15 мм. Измерительные усилия создаются пружиной 19, а поворот рычага при его свободном ходе осуществляется с помощью пружины 15, неподвижные при работе контакты 17 регулируются с помощью маховиков 18.

3.3.5 Расчёт контрольного приспособления на точность

Приспособление обеспечивает заданную точность измерения, если погрешность измерения не превышает 35% от допуска контролируемого параметра точности; в данном случае при допуске перпендикулярности поверхности $\text{Ø}22_{-0,013}$ 200 мкм, погрешность измерения контрольного приспособления не должна превышать 70 мкм.

Погрешность измерения приспособления складывается из погрешности показаний измерительной головки и погрешности приспособления.

Формула для расчета погрешности измерения будет иметь вид [8]:

$$\omega_{\text{изм}} = \omega_y + \omega_c + \omega_d,$$

где ω_y – погрешность установки детали в контрольном приспособлении ($\omega_y = 0$);

ω_c – погрешность статической настройки ($\omega_c = 0.02$ мм);

ω_d – погрешность динамической настройки ($\omega_d = 0$).

$\omega_{\text{изм}} = 0 + 0.02 + 0 = 0.02$ мм.

Это составляет 10% от значения контролируемого требования, а значит точность измерения – обеспечивается.

Вывод по разделу три: в конструкторском разделе спроектированы приспособления: токарное, для контроля перпендикулярности цапф крестовины $\text{Ø}22_{-0,013}$. Также разработано сверло для глубокого сверления.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Маршрут обработки детали

Исходные данные для разработки плана расположения оборудования - технологический маршрут обработки детали. Эти данные приведены в таблице 4.1. N=17000шт.

Таблица 4.1 – Маршрут обработки детали

№ опер.	Модель станка	Нгод., н/час.	Фд, час	Тшт- кал, мин	Срасч.	Сприн.	Кз
005	16К20Ф3С5	17000	4015	3,41	1,04	2	0,52
010	SL-500		4015	6,43	0,87	1	0,874
015	НС-2		4015	5,73	0,5	1	0,5
020	Ультромат		4015	1,08	0,8	1	0,8
025	МСV-300		4015	8,13	0,6	1	0,6
030	3Е-184В		4015	17,6	1,25	2	0,62
035	3Е711		4015	19,7	1,4	2	0,7
040	верстак		4015	42	1,01	1	1,01
Итого						11	

Состав технологического оборудования:

1. Операция – токарно-карусельная: Токарно-револьверный станок 16К20Ф3С5 с ЧПУ; Габаритные размер: 3360 × 1710 × 1750 мм.

2. Операция – сверлильная: Сверлильный станок SL-500; Габаритные размеры: 2350 × 785 × 915

3. Операция – сверлильная: Настольно - сверлильный станок НС - 2; Габаритные размеры: 770 × 370 × 950

4. Операция – резьбонарезная: Резьбонарезной “Ультромат”; Габаритные размеры: 725 × 395 × 705

5. Операция – фрезерная: Фрезерный станок модели МСV-300; Габаритные размеры: 2735 × 1865 × 2615

6. Операция – плоскошлифовальная: Плоскошлифовальный станок 3Е711; Габаритные размеры: 2680 × 1770 × 1920

7. Операция - бесцентрово-шлифовальная: Бесцентрово-шлифовальный станок 3Е-184В; Габаритные размеры: 2640 × 1580 × 1770

4.3 Определение состава и количества работающих

Расчет численности производственных рабочих был произведен в машинном расчете экономического раздела (приложение А). Состав и численность рабочих приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Состав и численность производственных рабочих

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ					

№	Профессия раб.	Спр, шт	Разр. раб.	Тшк	Фд, час	S м	Rп рас	Rп прин.
30	оператор	11	4	3,41	1860	2	1,12	1
40	сверловщик		4	6,43		1	0,98	1
45	сверловщик		4	5,73		1	0,87	1
50	слесарь		3	1,08		1	0,16	1
60	фрезеровщик		4	8,13		1	1,24	1
100	шлифовщик		4	17,6		1	3,01	3
110	шлифовщик		3	19,7		1	2,69	3
	слесарь		2	42		1	6,41	6
Итого								

Определяем количество основных производственных рабочих на участке по формуле

$$R_{ст} = n \cdot \sum C_{пi} / m_i$$

где n – режим работы оборудования; в данном случае n=2 (двухсменный режим)

$$R_{ст} = 16 \text{ чел}$$

Определяем количество вспомогательных рабочих на участке по формуле

$$R_{всп} = (0,20 \dots 0,25) \cdot R_{ст}$$

где $R_{ст}$ – число основных производственных рабочих, чел

$$R_{всп} = 0,23 \cdot 16 = 3,68$$

Определяем количество инженерно-технических работников (ИТР) для участка механического цеха по формуле

$$R_{итр} = (0,21 \dots 0,15) \cdot \sum C_{пi}$$

где $\sum C_{пi}$ – количество основного технологического оборудования на участке, шт

$$R_{итр} = 0,19 \cdot 11 = 2,09$$

Принимаем $R_{итр} = 2$ чел.

Определяем количество служащих по формуле

$$R_{сл} = (0,006 \dots 0,016) \cdot R_{ст}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

где $R_{ст}$ – число основных производственных рабочих, чел

$$R_{ст} = 0,014 \cdot 16 = 0,224$$

4.4 Выбор типов и определение количества транспортных средств

В качестве многооперационных средств для транспортирования заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей служат устройства с различной степенью механизации и автоматизации.

Для межоперационного транспортирования деталей применяется ленточный приводной конвейер с шагом расположения тары $l = 0,5$ м и вместимости тары – 5 деталей.

Основной характеристикой конвейера является скорость его движения (скорость перемещения деталей).

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V = l/(r \cdot n)$$

где $l = 0,5$ м – шаг расположения тары;

r – такт работы конвейера, мин;

$n = 5$ шт – число деталей в таре,

Такт работы конвейера определяется по формуле

$$r = F_0 \cdot 60 / N$$

где F_0 – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

N – годовая программа выпуска деталей, шт

$$r = 4060 \cdot 60 / 17000 = 14,3 \text{ мин}$$

$$v = 0,5 / (14,3 \cdot 5) = 0,006 \text{ м/мин}$$

Для внутрицехового транспортирования деталей, погрузки и разгрузки контейнеров с деталями и стружкой на межцеховой транспорт применяются мостовые краны.

Расчет потребного количества мостовых кранов проводится на основе массы перемещаемых грузов и количества крановых операций

Потребное количество кранов определяется по формуле

$$K = (D \cdot i / \Phi \cdot m) \cdot (l_{cp} / V_{cp} + t_3 + t_p) / \Phi_n \cdot K_1$$

где D – количество перевезенных грузов (контейнеров с деталями)

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ

$$D = N \cdot G_1 / G_K,$$

где $N=17000$ – годовая программа выпуска деталей, шт;
 $G_1 = 1,55$ кг – масса одной заготовки;
 $G_K = 250$ кг – масса заготовок в контейнере;
 $i = 4$ – количество крановых операций на один перевезённый груз;
 $\Phi = 240$ – количество рабочих дней в году;
 $m = 2$ – количество рабочих смен в сутки;
 $l_{cp} = 80$ м – средняя длина пути на одну крановую операцию;
 $V_{cp} = 18$ м/мин – средняя скорость движения крана;
 $t_3 = t_p = 2$ мин – время на одну загрузку и одну разгрузку;
 $\Phi_H = 480$ мин – номинальный фонд времени работы крана;
 $K_1 = 0,85$ – коэффициент, учитывающий простои крана

$$D = 17000 \cdot 1,55 / 250 = 105,4$$

$$K = 105,4 \cdot 4 / 240 \cdot 2 \cdot ((80 / 18 + 2 + 2) / 480 \cdot 0,85) = 0,8$$

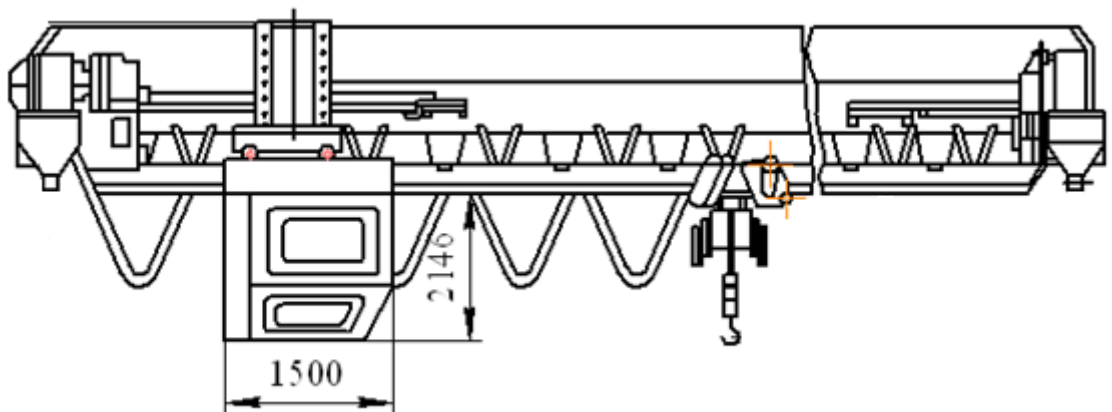


Рисунок 4.1 - Мостовой кран

Принимаем $K_H = 1$ – мостовой однобалочный подвесной кран с электроталью грузоподъёмностью 10 тонн с управлением от подвесной кнопочной станции, так как применение мостового опорного крана связано со значительным повышением стоимости здания.

4.5 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

При большом объеме выпуска изделий целесообразно, чтобы склады металла находились при соответствующих цехах – потребителях. Цеховой склад заготовок предназначен для обеспечения бесперебойного снабжения станков и поточных линий материалами и заготовками.

Площадь цехового склада материалов и заготовок определяются по формуле

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

$$F_{o.з.} = Q_{\text{чер}} \cdot t / 260 \cdot q \cdot K_{и},$$

где $Q_{\text{чер}} = 17000 \cdot 1,55 = 26350 \text{ кг} = 26,35 \text{ т}$ – масса материалов и заготовок годового объема выпуска, т;

$t = 6$ – среднее количество рабочих дней, в течении которых металл и заготовки хранятся на складе до поступления на обработку;

$q = 10 \text{ кН/м}^2$ (1 Т/м^2) – средняя допустимая нагрузка на 1 м^2 полезной площади пола, Н;

$K_{и} = 0,4$ – коэффициент использования площади складирования.

$$F_{o.з.} = 26,35 \cdot 6 / 260 \cdot 1 \cdot 0,4 = 2,4 \text{ м}^2$$

Местом накопления и хранения, окончательно обработанных деталей, ожидающих поступление на сборку, является промежуточный склад.

Площадь промежуточного склада определяется по формуле

$$F_{с.д} = Q \cdot t_1 / 260 \cdot q_1 \cdot K_{и},$$

где $Q = 0,35 \cdot 17000 = 5950 \text{ кг} = 5,95 \text{ т}$ – масса деталей годового объема выпуска, подлежащих хранению, т;

$t_1 = 2$ смены (1 день) – число рабочих дней запаса;

$q_1 = 10 \text{ кН/м}^2$ (1 Т/м^2) – средняя допустимая нагрузка на 1 м^2 полезной площади пола;

$K_{и} = 0,25$ – коэффициент использования площади складирования

$$F_{с.д.} = 5,95 \cdot 1 / 260 \cdot 1 \cdot 0,25 = 1,44 \text{ м}^2$$

Принимаем $F_{с.д} = 1,5 \text{ м}^2$

4.6 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которое определяем как разность массы заготовок и деталей из расчета годового объема выпуска.

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки, образованного на 1 м^2 участка цеха.

Площадь цеха определяется по удельной площади, приходящейся на единицу оборудования по формуле

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3$$

где n_1, n_2, n_3 – количество станков, соответственно мелких, средних и крупных;

						15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Выбор основных параметров здания – определяется технологическим процессом и рациональным размещением производства (рисунок 4.3).

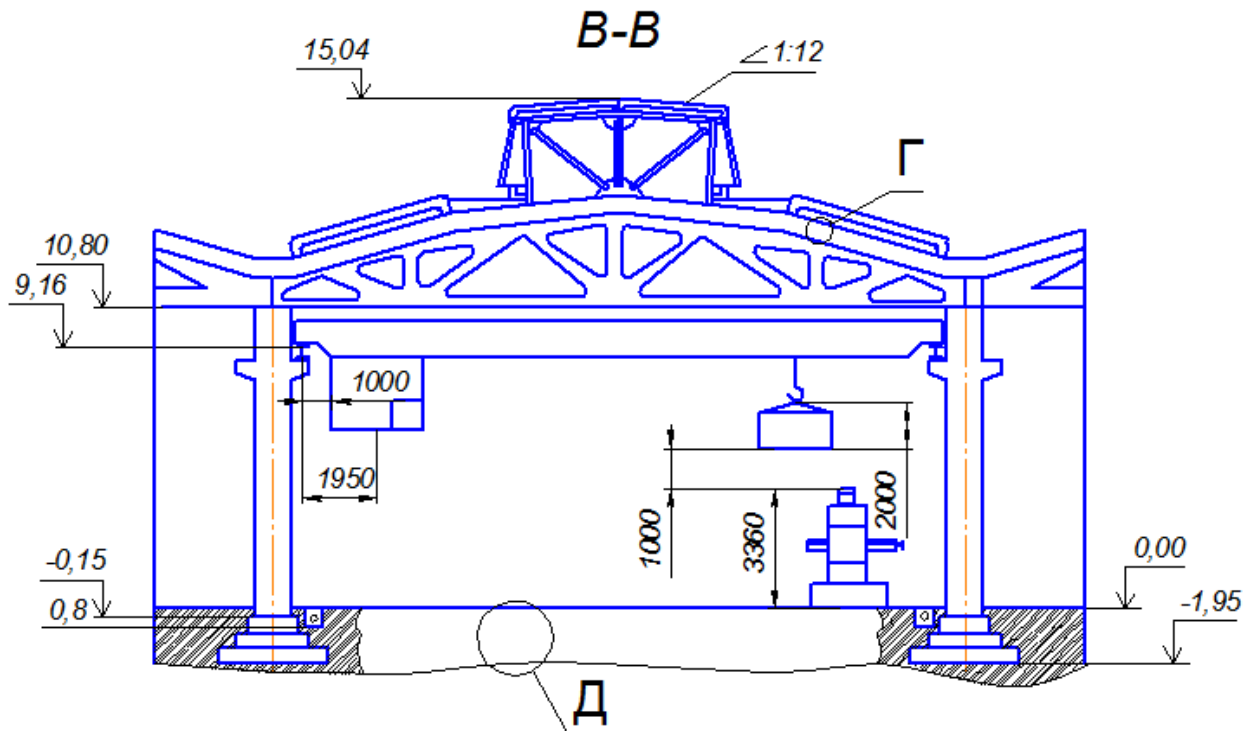


Рисунок 4.3 – Схема здания в поперечном сечении

Принимаем одноэтажное четырёхпролётное здание прямоугольной формы с сеткой колонн ($L \times t$), равной 18×12 м.

Высота пролета здания H , определяется по формуле

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

где $h_1 = 2,6$ м – максимальная высота оборудования;

$h_2 = 0,5$ м – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом;

$h_3 = 2,1$ м – высота транспортируемых грузов;

$h_4 = 1,7$ м – высота крана с учетом недохода крюка;

$$H_k = 2,6 + 0,5 + 2,1 + 1,7 = 6,9 \text{ м}$$

По величине H_k принимаем определяем минимальную высоту H пролета. При $H_k = 6,943$ принимаем $H = 10,8$ м.

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов $8,4 \dots 10,8$ м, оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью 10 и 20 т, ставят колонны прямоугольного сечения (60×80 см) серии КЭ-01-49.

Основные размеры колонн приведены на рисунке 4.4.

				Лист	
				15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

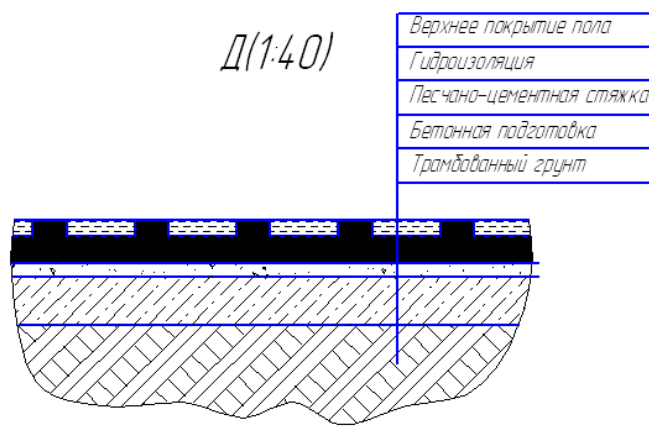
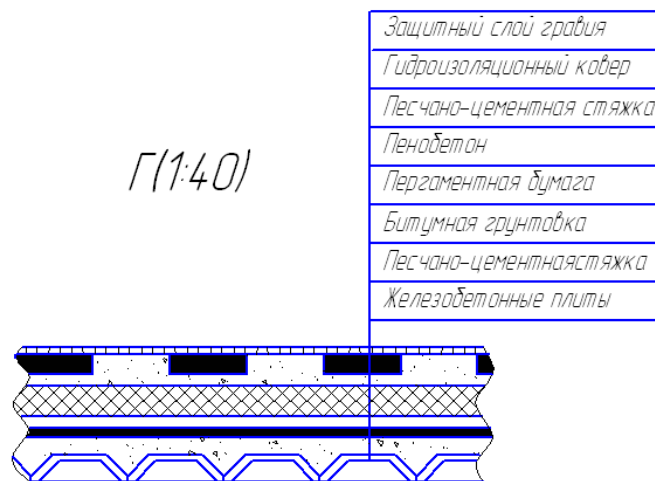


Рисунок 4.8 – Многослойная конструкция кровли и пола.

Вывод по разделу четыре: в строительном разделе спроектирована планировка участка, расстановка станков в порядке выполнения операций, уборка стружки выполняется конвейером и передача деталей ленточным конвейером.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение защиты от механического травмирования на производственном участке

Предупреждение травмирования движущимися частями станка, обрабатываемой деталью и режущим инструментом, предупреждение глазных травм отлетающей стружкой и порезов ленточной стружкой, обеспыливание, требует серьезного внимания. Эти задачи решаются комплексно: непрерывным повышением безопасности самих станков и роботизированных станочных комплексов, т.е. оснащением их всё более совершенными средствами безопасности в процессе проектирования.

Для обеспечения безопасной эксплуатации производственное оборудование оснащено надежно работающими тормозными устройствами, гарантирующими в нужный момент остановку машины, сигнализацией, оградительными и блокировочными устройствами, устройствами аварийного отключения, устройствами дистанционного управления, устройствами электробезопасности.

К станкам, на которых происходит обработка резанием, предъявляются высокие требования по технике безопасности. Основным руководством по обеспечению безопасности при проектировании станков и их модернизации является ГОСТ 12.2.009-80 “ССБТ. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности”.

В проектном варианте технологического процесса на всех станках, где происходит обработка резанием предусмотрены предохранительные устройства.

При работе на токарных станках наиболее частым травмированием является ранение ленточной (сливной) стружкой, образующейся при обработке вязких металлов (сталей) на высоких режимах резания, а также травмирование глаз отлетающей стружкой, образующейся при точении хрупких металлов (чугуна, бронзы). Поэтому для безопасности на токарных станках предусмотрены средства, которые изменяют форму стружки в процессе резания путём завивания в винтовую спираль или дробления на отдельные элементы. Это осуществляется приданием передней грани резца криволинейной формы, а также устройством на передней грани резца постоянный или регулируемых порогов и канавками (Рисунок 5.1)

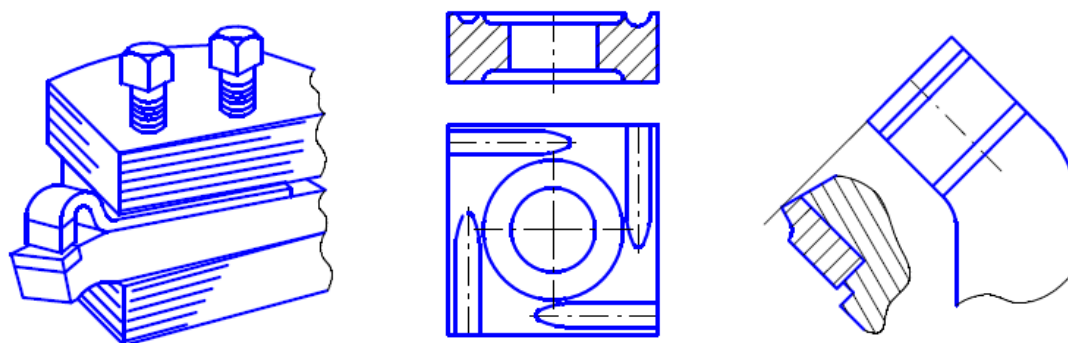


Рисунок 5.1 – Устройства для дробления и завивания стружки

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следует иметь в виду, что при использовании средств дробления стружки в процессе резания элементы, разлетаясь на значительное расстояние, представляют определённую опасность для травмирования глаз. Поэтому для этого предусмотрены защитные экраны и очки.

Все пусковые и переключающие устройства станка отвечают одному из важнейших требований - это устранение возможности их самопроизвольного (случайного) включения и выключения. Все рукоятки должны иметь надёжную фиксацию в заданных положениях.

При работе на фрезерных станках травмы станочнику могут быть нанесены фрезой во время её вращения, а также в результате измерения детали во время работы станка либо при удалении из - под фрезы стружки руками или случайными предметами.

Для предупреждения травмирования на всех фрезерных станках установлены ограждения фрезы (рисунок 5.2), а также имеется специальная щетка для удаления стружки со станка.

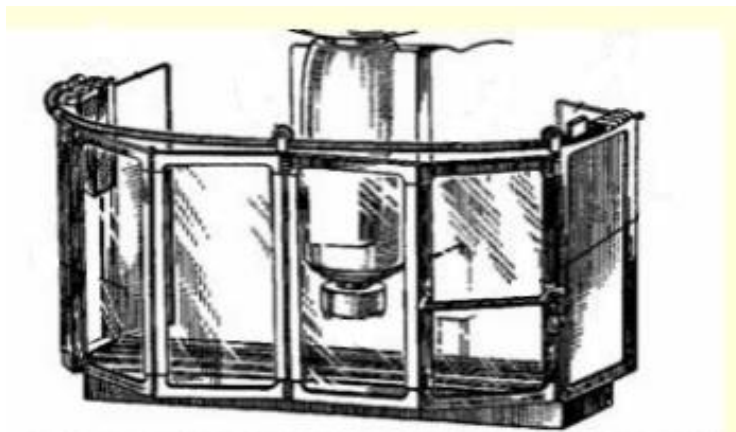


Рисунок 5.2 – Ограждение фрезы

Большое значение имеет защита от травм отлетающей стружки, поэтому ограждение зоны резания препятствует отлетанию стружки в сторону рабочего места. Основной поток стружки, образующейся при фрезеровании дисковыми и торцевыми фрезами, во многих случаях можно направлять “от себя” путем соответствующего сочетания направления вращения фрезы и подачи. Направленный “от себя” поток улавливается с помощью простейших стружкосборников.

При работе на сверлильных станках наибольшую опасность представляют вращающиеся части станка – шпиндель, патрон, полумка сверла в связи с нарушением правил эксплуатации станка или несоблюдением режимов резания при глубоком сверлении. Для этого в целях безопасности при таком сверлении применяются средства дробления стальной стружки. Дробление осуществляется сверлами со стружкодробящими канавками или прерывистой подачей сверла.

При сверлении громоздких деталей предусмотрены устройства, исключаящее проворачивание детали, что особенно опасно при заедании сверла, а для сверления

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

отверстий в деталях малого размера используются ручные зажимы. Сметание стружки со станка осуществляется только специальной щеткой.

5.2 Расчет устройства молниезащиты

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

Проектируемое здание относится ко II категории по тяжести возможных последствий поражения молнией. Во II категорию попадают производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или срабатыванием дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках.

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений II категории с неметаллической кровлей должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми или тросовыми молниеотводами, обеспечивающими зону защиты в соответствии со следующими требованиями: здания и сооружения или их части, помещения которых согласно [ПУЭ] относятся к зонам классов В-Ia; местоположение: в местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более; тип зоны защиты при

использовании стержневых и тросовых молниеотводов: при ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N < 1 - A$. Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габаритные размеры.

Для зоны А:

$$\begin{aligned}h_0 &= 0,85h, \\r_0 &= (1,1 - 0,002h)h, \\r_x &= (1,1 - 0,002h)(h - h_x \div 0,85).\end{aligned}$$

Принимаем одиночный стержневой молниеотвод высотой $h = 50$ м. Он обеспечивает не менее двух токоотводов, которых достаточно для обеспечения молниезащиты данного объекта. Высота защищаемого здания 15 м. Производим вычисления.

$$\begin{aligned}h_0 &= 0,85 \cdot 50 = 42,5 \text{ м}; \\r_0 &= (1,1 - 0,002 \cdot 50) \cdot 50 = 50 \text{ м}; \\r_x &= (1,1 - 0,002 \cdot 50)(50 - 15 \div 0,85) = 32,4 \text{ м}\end{aligned}$$

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода изображена на рисунке 5.2.

Материал и сечения элементов молниезащитной системы (МЗС). Принимаем металлические МЗС с сечениями: молниеприемника – 50 мм, токоотвода – 50 мм, заземлителя – 80 мм.

Молниеприемник установлен на защищаемом объекте, состоит из стержня и натянутых проводов (тросов).

В целях снижения вероятности возникновения опасного искрения токоотводы располагаются таким образом, чтобы между точкой поражения и землей:

- а) ток растекался по нескольким параллельным путям;
- б) длина этих путей была ограничена до минимума.

Токоотводы располагаются по периметру защищаемого объекта таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было не меньше 10 м. Желательно, чтобы токоотводы равномерно располагались по периметру защищаемого объекта. По возможности они прокладываются вблизи углов зданий. Не изолированные от защищаемого объекта токоотводы прокладываются следующим образом: т.к. стена выполнена из негорючего материала, токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены или проходить в стене. Не следует прокладывать токоотводы в водосточных трубах.

Рекомендуется размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон. Их прокладываются по прямым и вертикальным линиям, так чтобы путь до земли был по возможности кратчайшим. Не рекомендуется прокладка токоотводов в виде петель.

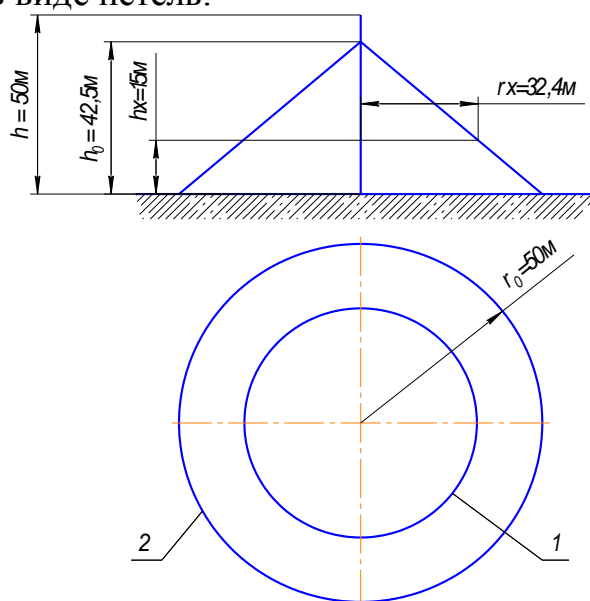


Рисунок 5.2 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода
1 - граница зоны защиты на уровне h_x , 2 - то же на уровне земли

Заземлитель молниезащиты в данном проектируемом здании совмещается с заземлителями электроустановок.

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заземлители, которых выбраны заземляющие электроды должны располагаться на глубине не менее 0,5 м за пределами защищаемого объекта и быть как можно более равномерно распределенными; при этом надо стремиться свести к минимуму их взаимное экранирование.

Также в качестве заземлителя могут служить естественные заземлители: горизонтально и вертикально расположенные электроды, находящиеся как на глубине не менее 0,5 м так и на поверхности земли.

Защита от вторичных воздействий молнии обеспечивается следующими мероприятиями. От электростатической индукции и заноса высокого потенциала - ограничением перенапряжений, наведенных на оборудовании, металлических конструкциях и вводимых коммуникациях, путем их присоединения к заземлителям определенных конструкций; от электромагнитной индукции - ограничением площади незамкнутых контуров внутри зданий путем наложения перемычек в местах сближения металлических коммуникаций. Для исключения искрения в местах соединений протяженных металлических коммуникаций обеспечиваются низкие переходные сопротивления - не более 0,03 Ом, например, во фланцевых соединениях трубопроводов этому требованию соответствует затяжка шести болтов на каждый фланец.

5.3 Мероприятия по защите при чрезвычайных ситуациях техногенного характера

К основным видам ЧС техногенного характера относятся:

- пожары и взрывы;
- аварии с выбросом радиоактивных веществ;
- аварии с выбросом химически опасных веществ;
- транспортные аварии;
- аварии вызванные электричеством;
- обрушение зданий и сооружений.

5.3.1 Мероприятия по безопасности при чрезвычайных ситуациях, вызванные пожарами и взрывами

В число предупредительных мероприятий включены мероприятия, направленные на устранение причин, которые могут вызвать пожар (взрыв), на ограничение (локализацию) распространения пожаров, создание условий для эвакуации людей и имущества при пожаре, своевременное обнаружение пожара и оповещение о нем, тушение пожара, поддержание сил ликвидации пожаров в постоянной готовности.

Соблюдение технологических режимов производства, содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину возгорания.

При обнаружении возгорания следует реагировать на пожар быстро, используя все доступные способы для тушения огня (песок, воду, огнетушители и т.д.). Если

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ					

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

6.1 Организация работы на участке

Расчеты экономического раздела включают три части: организационную, экономическую и результирующую.

При расчетах организационной части было определено, что на участке изготавливается 17000 деталей, из них деталей «Крестовина» 1000шт.

Составлена калькуляция цеховой себестоимости, ее сумма равна 686 руб.

6.2 Техничко-экономическое обоснование результатов работы

В результирующей части выполнен анализ применения в технологическом процессе изготовления детали «Крестовина» станка модели 16К20Ф3С35. За базу сравнения был принят станок модели 16К20, на котором деталь изготавливается по базовому техпроцессу.

Применение станка модели 16К20Ф3С35 позволяет значительно сократить трудоемкость обработки при использовании многостаночного обслуживания. В результате производительность повышается на 25%, себестоимость снижается на 18%.

Выводы по разделу шесть

В данном разделе произведено экономическое сравнение технологических процессов, и выявлена экономическая целесообразность внедрения спроектированного.

					15.03.05.2021.409.000.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

