

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)

Политехнический институт»

Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ В.И. Гузеев
_____ 2019 г.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ
ВАЛ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ–150305.2019.375 ПЗ ВКП

Нормоконтролёр

_____ Т.В. Столярова
_____ 2019 г.

Руководитель проекта

_____ П.В. Шаламов
_____ 2019 г.

Автор работы

студент группы П-453

_____ А.П. Петунин
_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Петунин А.А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя». – Челябинск: ЮУрГУ, П-453, 102 с., 82 ил., 8 табл., библиографический список – 16 наименований, 5 листов чертежей формата А2, 6 листов чертежей формата А1.

В выпускной квалификационной работе описан узел «газотурбинный двигатель», в котором работает деталь «распределительный вал», и его назначение и условия эксплуатации; описано служебное назначение детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя» и технические требования, предъявляемые к ней; сформированы цели и задачи проектирования; проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый; проведён аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента; спроектирован и рассчитан комбинированный режущий инструмент; спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование, в том числе спроектирован комплексный калибр. Выбран состав станочного комплекса ГПУ для производства детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя»; произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПУ как единого производственного комплекса. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

Практическая значимость данной работы заключается в уменьшении времени, затрачиваемого на производство детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя» в проектно-технологическом процессе относительно

150305.2019.361 ПЗ				
действующего.				
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб.	Петунин А.А.			
Пров.	Шаламов П.В.			
Н. контр.	Столярова Т.В.			
Изм	Лист	Гузев В.И.	Подпись	Дата
Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Крышка шибера задвижки»				
Лит.		Лист		Листов
		6		
ЮУрГУ Кафедра ТАМ				

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	6
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	12
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	12
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	12
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	247
2.1.4 Выводы по разделу	258
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта	28
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса	304
Для определения величины припусков на обработку поверхностей заготовки, необходимо выполнить следующие действия:	30
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	48
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	480
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	694
3.1 Анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	69
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	8096
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА	8197
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	8197
ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	8704
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	88

ВВЕДЕНИЕ

Для того чтобы постоянно удовлетворять растущие потребности производства, машиностроение на базе новейших достижений науки и техники должно не только улучшать конструкции различных технических устройств, но и непрерывно совершенствовать технологии их производства.

Отличительной особенностью современного этапа развития технологии машиностроения является широкое использование достижений фундаментальных наук (математика, теоретическая механика, физика, материаловедение и др.) для решения теоретических проблем и практических задач технологии машиностроения. Распространяется применение вычислительной техники при проектировании технологических процессов и математическое моделирование механической обработки.

В настоящее время продолжают развиваться разработки методов оптимизации технологических процессов по достигаемой точности, производительности и экономичности. Создаются системы автоматизированного управления ходом технологического процесса с его оптимизацией по всем основным параметрам изготовления и требуемым эксплуатационным качествам. Развертываются работы по созданию гибких производственных систем на основе использования ЭВМ, станков с ЧПУ, автоматизации межоперационного транспорта и контроля и робототехники.

Одним из направлений развития современного машиностроения является автоматизация производственных процессов. Автоматизация необходима для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

Данное направление успешно развивается в таких сферах и отраслях промышленности как приборостроение, фармацевтика, машиностроение и т.д. Внедрение средств автоматизации, таких как, станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные транспортная и складская системы и многое другое, позволяет ускорить производственный процесс, повысить качество изготавливаемой

										Лист
										4
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

прямобоочные шлицы, глубокое отверстие длиной 1143 мм. и Ø19 мм., подвергается термообработке (токи высокой частоты), шлифованию. Помимо этого необходимо при обработке обеспечить заданные конструктором размеры, соответствующие 6-му качеству точности, допуски радиального биения шеек (самый точный допуск 0,03 мм). При этом подавляющая часть поверхностей должна быть с шероховатостью Ra2,5...1,25.

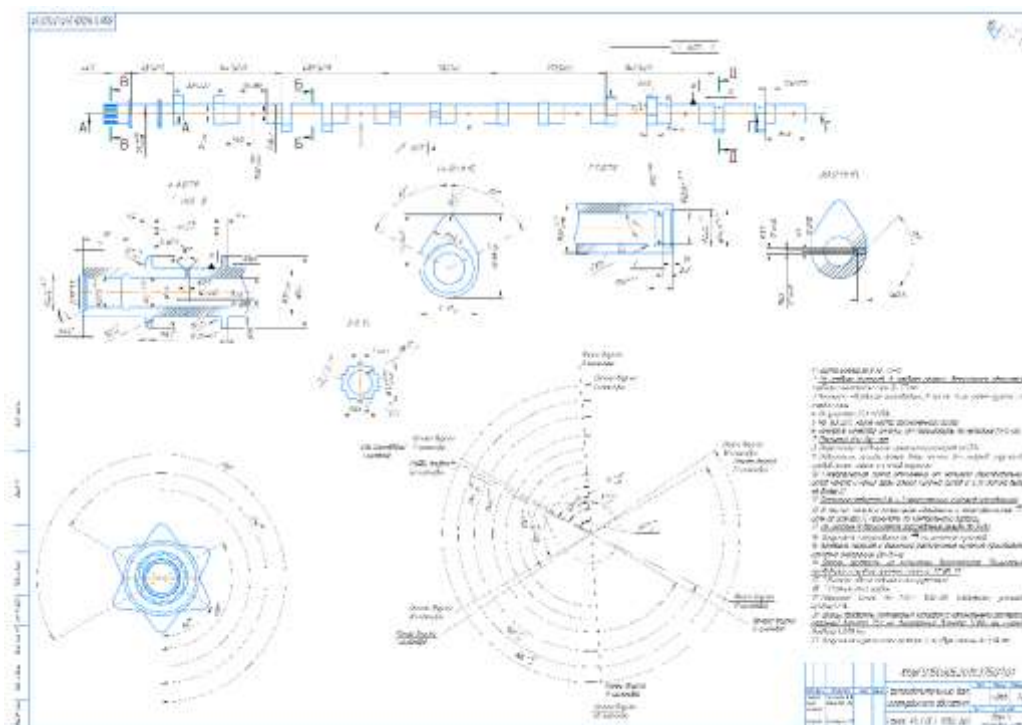


Рисунок 1 – деталь «Распределительный вал газотурбинного двигателя»

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.

В нашей стране существует годами отработанная типовая технология изготовления валов (которая в зависимости от конструкций или программы выпуска изделий может различаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций). Типовую схему процесса изготовления валов можно представить следующим образом [1, с.16]:

1) подготовка технологических баз – подрезание торцов и центрование. Эту операцию при серийном и массовом производстве выполняют на центровальных и фрезерно-центровальных станках двустороннего или барабанного типа;

2) черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;

3) чистовая токарная обработка, осуществляемая в той же последовательности, что и черновая. Наружные поверхности валов обтачивают на токарно-копировальных и многорезцовых одно- и многошпиндельных автоматах;

4) черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;

5) правка заготовки при изготовлении нежестких валов;

6) черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей – нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и т.д.;

7) выполнение последующих операций – сверления, развертывания, нарезания резьбы, фрезерования лысок, шпоночных канавок;

8) термическая обработка всей детали или отдельных ее поверхностей;

9) правка вала;

10) черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;

11) доводка особо точных поверхностей.

Оборудование для выполнения типового процесса может быть разным, но порядок и характер операций при изготовлении валов должны оставаться неизменными.

Статей и информации о зарубежных достижениях в области обработки валов немного. В одном из источников кратко описан метод электролитической обработки металлов, трудно поддающихся обработке резанием (высоколегированные стали, твердые металлы). Заготовку, предназначенную для обработки, и инструмент погружают в раствор электролита (какой-нибудь соли) заготовку подсоединяют к положительному полюсу источника тока, а инструмент – к отрицательному полюсу. На заготовке протекает анодное окисление, т.е, часть ее материала переходит в

										Лист
										8
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					150305.2019.361 ПЗ	

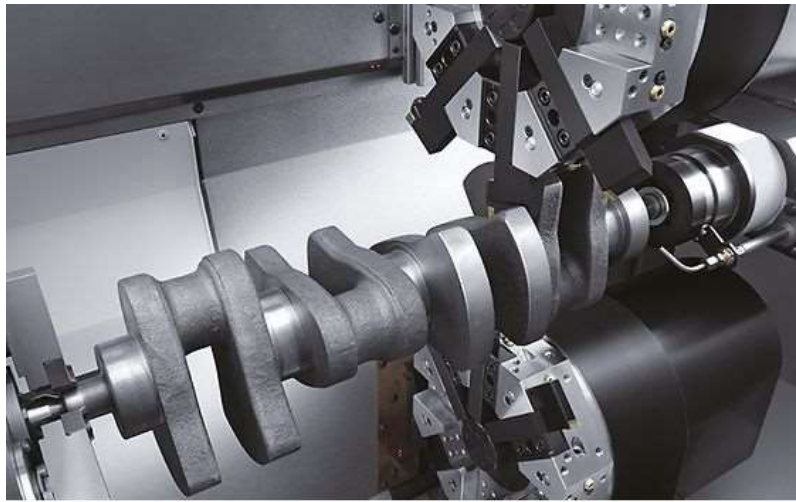


Рисунок 2 – Компоновка станка



Рисунок 3 – Варианты обрабатываемых деталей

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2019.361 ПЗ

Лист

10

1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проектного варианта технологического процесса, повышающего производительность и снижающего себестоимость изготовления детали.

Задачи:

1. Анализ и выбор способа получения заготовки
2. Разработка проектного варианта технологического процесса
3. Подбор технологического оборудования
4. Расчёт норм времени
5. Подбор стандартизованного и проектирование специального режущего инструмента
6. Подбор стандартизованной оснастки
7. Оформление технологической документации проектного варианта

									Лист
									11
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				150305.2019.361 ПЗ	

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.

Чертеж детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя» выполнен на формате А1. В расположении видов и технических требований отсутствует эстетика. Шероховатость проставлена в соответствии со старой редакцией, что можно объяснить экономией пространства, т.к. по новым требованиям запись получается длинной. На чертеже отсутствует база Б, при этом относительно нее задаются допуски формы. В основной надписи указан материал по ГОСТ 4543-71, который заменен на ГОСТ 4543-2016. В целом чертеж выполнен в соответствии с ЕКСД.

Технологический процесс выполнен на бланках ЕСТД, состоит из:

- маршрутной карты;
- операционных карт;
- карты эскизов операций;
- ведомости оснастки.

Для операций проставлены нормы штучного времени, но отсутствуют режимы обработки. Не во всех операциях прописан режущий инструмент. На карте эскиза 025 операции отсутствует схема базирования заготовки, которая указана в операционной карте. Во всех операциях есть ссылка на ИОТ, указано оборудование, цех, участок. Ведомости оснастки выполнены на двух разных формах, соответствующих ЕСТД. В графе, содержащей информацию о заготовке и материале указано, что материал соответствует ТУ 14-1-950-86, хотя в чертеже задан ГОСТ 1050-88. На первом листе маршрутной карты имеется указание о внедрении технологического процесса, что означает, что технология прошла отработку на производстве и изготовление по ней деталей не приведет к браку по вине технолога.

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.

										Лист
										12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

В технологическом процессе отсутствуют операционные карты. Необходимое минимальное описание операции приведено в маршрутной карте, карте наладки и карте эскизов. В ТП также введены операции обработки образцов-свидетелей, необходимых для контроля процесса обработки, твердости, при необходимости химанализа. Операции для образца-свидетеля не будут описаны, т.к. в этом нет необходимости, потому что главная задача – анализ процесса обработки детали.

В качестве заготовки на предприятии используется штамповка.

Операция 005 Фрезерно-центровальная. Содержание операции: профрезеровать торцы заготовки. Станок фрезерно-центровальный. Эскиз операции приведен на рисунке 5. В действующем технологическом процессе эскиз отсутствует.



Рисунок 4 –005 фрезерно-центровальная.

Затем следует 010 операция сверлильная, выполняется глубокое сверление.

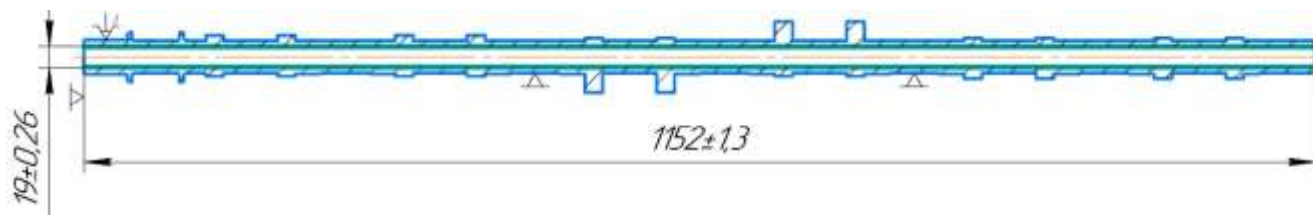


Рисунок 5 –010 Сверлильная

Операция 015 Токарная. Содержание операции: предварительная обработка поверхностей под трехкулачковый патрон и люнет. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон, применяется откидной упор. Эскиз операции приведен на рисунке 6.

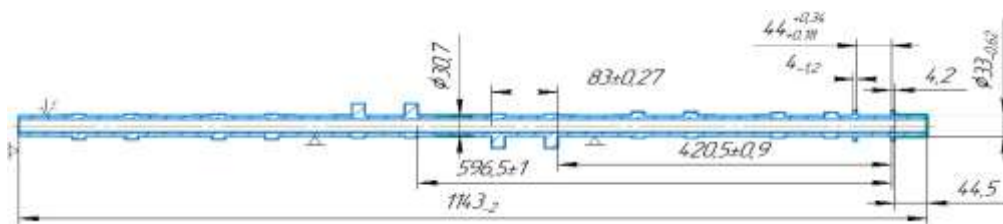


Рисунок 7 –015 Токарная

Операция 020 Токарная. Содержание операции: предварительная обработка поверхностей под шлифование, так же выполняются канавки на внутренней поверхности с обеих сторон. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон с упором в торец. Эскиз операции приведен на рисунке 8.

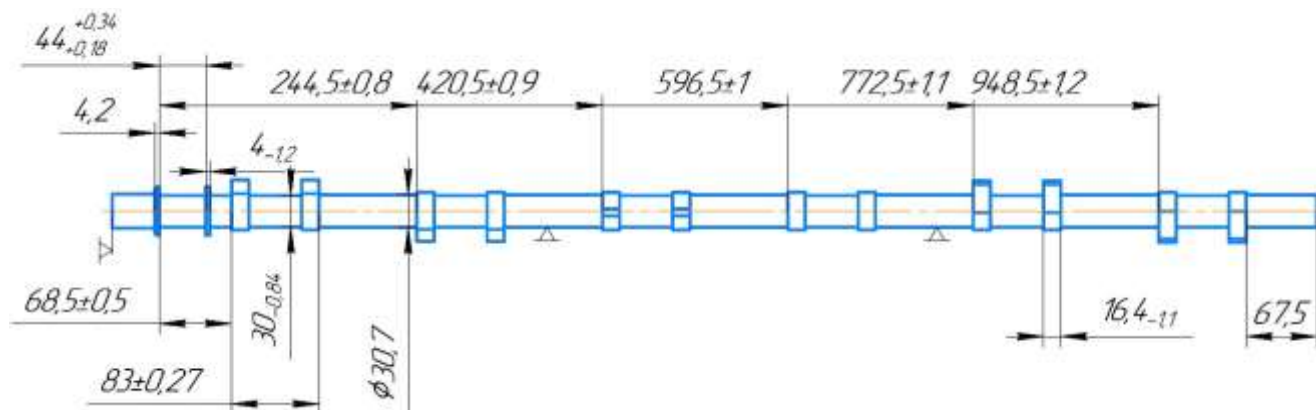


Рисунок 8 – 020 Токарная с ЧПУ

Операция 025 Круглошлифовальная. Содержание операции: предварительное шлифование шеек вала с целью обеспечения заданной точности выполняемых размеров на последующих операциях. Заготовка устанавливается в жесткие центра, с поддержкой люнетов. Эскиз операции приведен на рисунке 9.

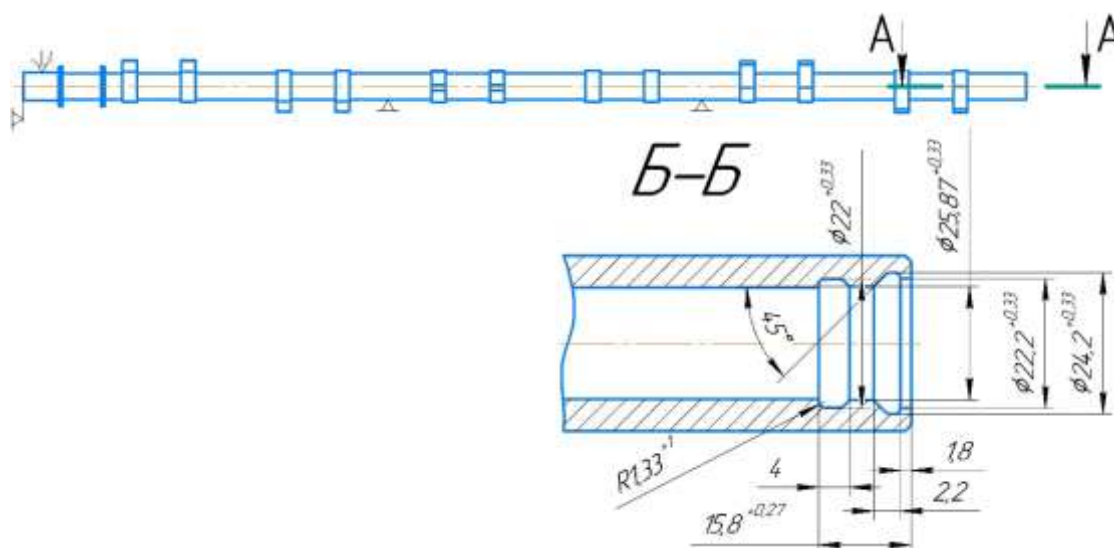


Рисунок 9 – 025 Круглошлифовальная с ЧПУ

Операция 030 Круглошлифовальная. Содержание операции: шлифование шеек под втулки. Заготовка устанавливается в жесткие центра и неподвижный люнет, движение осуществляется при помощи поводка. Эскиз операции приведен на рисунке 10. Эскиз в действующем ТП отсутствует.

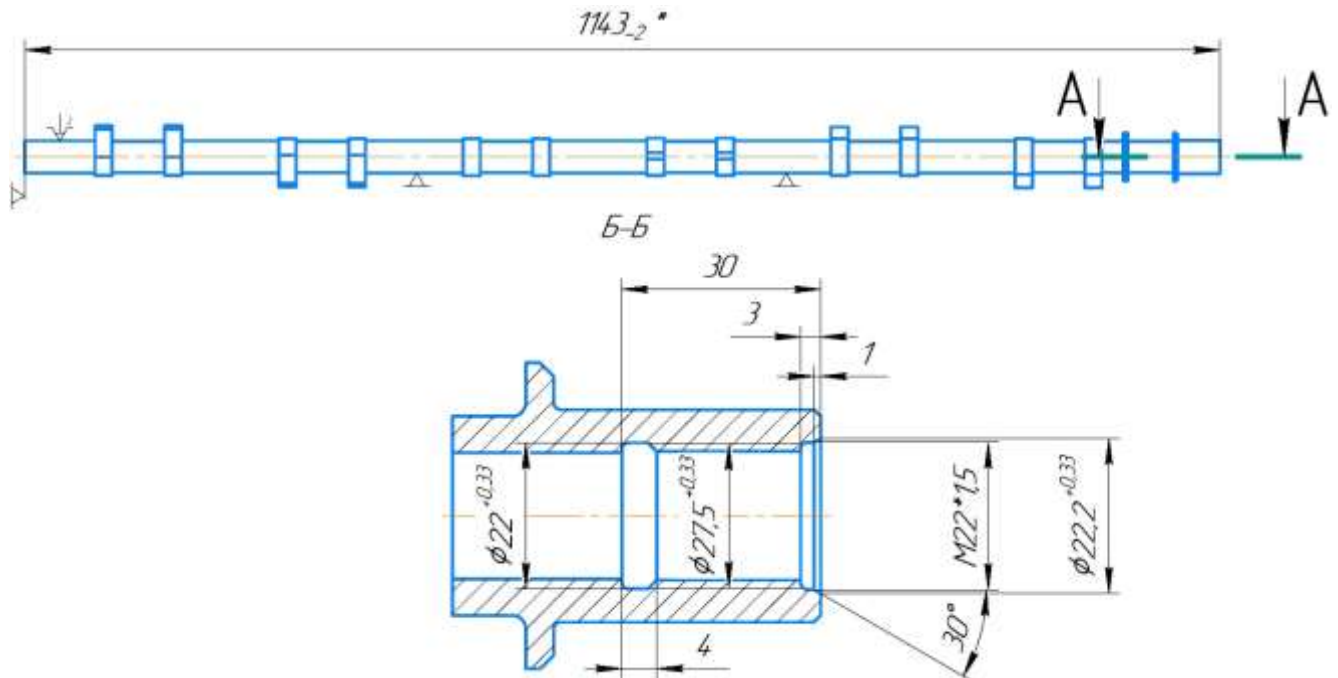


Рисунок 10 – 030 Круглошлифовальная с ЧПУ

Операция 035 Фрезерная. Содержание операции: выполняется фрезерование кулачков для последующего шлифования. Заготовка устанавливается в трехкулачковом патроне для обеспечения допуска расположения. Эскиз приведен на рисунке 10.

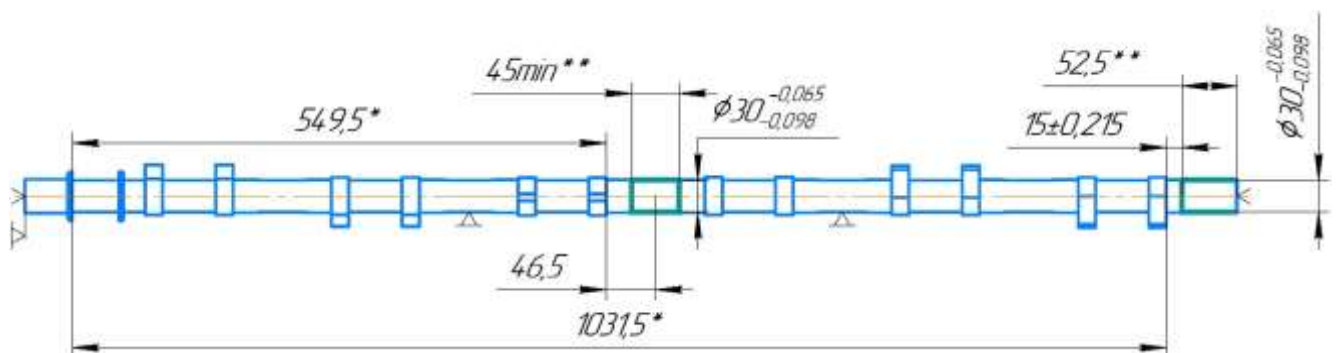


Рисунок 10 – 035 Фрезерная

040 Круглошлифовальная с ЧПУ. Содержание операции: шлифуются кулачки вала. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон, с поддержкой люнетов. Эскиз операции приведен на рисунке 11.

Операция 045 Сверлильная. Содержание операции: Сверление отверстий под подачу масла. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон. Эскиз приведен на рисунке 12.

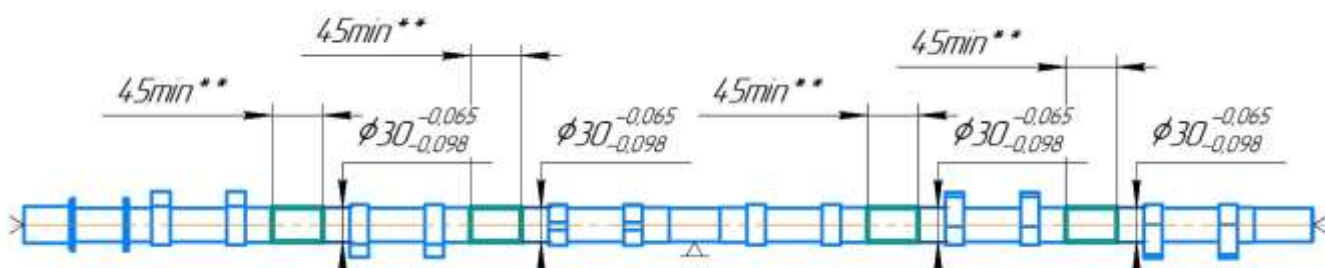


Рисунок 6 – 045 Фрезерная

Операция 050 Шлицефрезерная: фрезерование шлицев червячной фрезой. Деталь устанавливается в центра, вращение передается через подовок. Эскиз приведен на рисунке 13.

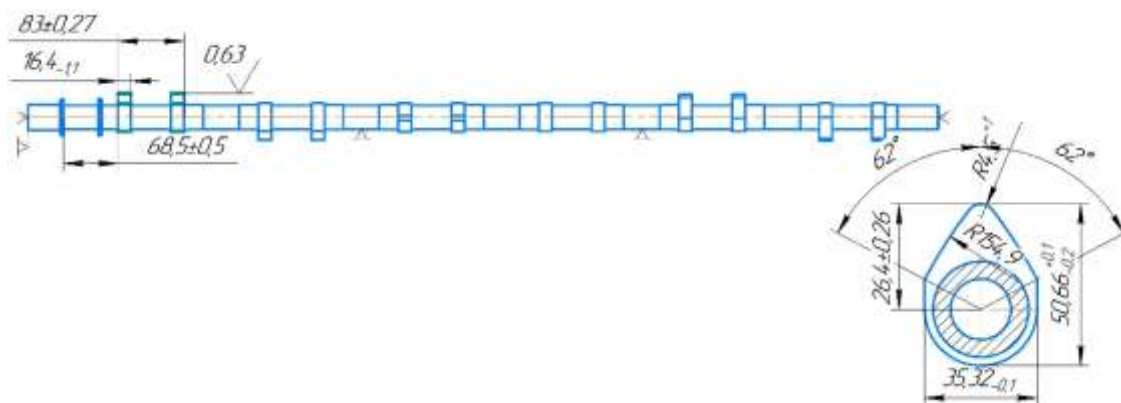


Рисунок 13 – 050 Шлицефрезерная

Операция 080 Токарная. Содержание операции: выставление заготовки с биением не более 0,01 мм, обработка поверхности под резьбу, нарезание резьбы М10х1 LH-6g. Станок 1К62. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон. Эскиз приведен на рисунке 13, в действующем ТП – отсутствует.

Операция 085 Фрезерная. Содержание операции: фрезерование двух пазов. Станок VM130. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон делительной головки через цеховую разрезную втулку. Эскиз приведен на рисунке 14, в действующем ТП – отсутствует.

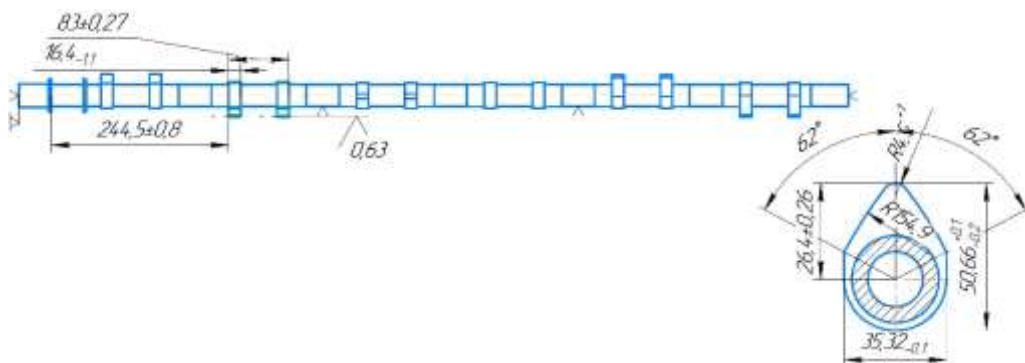


Рисунок 7 – 080 Токарная

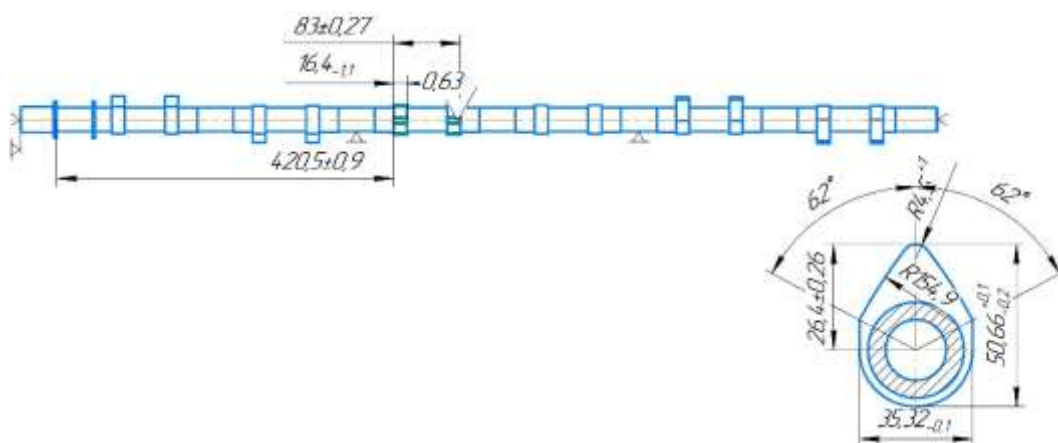


Рисунок 8 – 085 Фрезерная

Операция 090 Слесарная: зачистка после фрезерования.

Операция 095 Координатно-сверлильная. Содержание операции: центровка, сверление и развертывание отверстия $\varnothing 2,5$. Станок 2А430. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон. Эскиз приведен на рисунке 15, в ТП – отсутствует.

смазки к подшипникам.

Применяемый станок: 9А223

Для фиксации заготовки используются штифты и вилкообразные прихваты.

Комплект баз: установочная, двойная направляющая, двойная опорная.

В качестве режущего инструмента используются:

Т9342-3288 – сверло $\varnothing 11,2$;

2301-0035 сверло $\varnothing 11,2$ ГОСТ 10903-77;

Измерительный инструмент:

- Т8133-0925 – пробка $11,1^{+0,24}$ ГОСТ 14810-69;

- штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89;

Станочные приспособления:

Т9307-2664 – установочное – при станке;

Т9643-8349 – плита кондукторная левая;

Операция 020 сверлильная.

На 020 операции осуществляется сверление отверстий.

Применяемый станок: 9А223

Для фиксации заготовки используются штифты и вилкообразные прихваты.

Комплект баз: установочная, двойная направляющая, двойная опорная.

В качестве режущего инструмента используются:

Т9342-3288 – сверло $\varnothing 11,2$;

2301-0035 сверло $\varnothing 11,2$ ГОСТ 10903-77;

Измерительный инструмент:

- Т8133-0925 – пробка $11,1^{+0,24}$ ГОСТ 14810-69;

- штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89;

Станочные приспособления:

Т9307-2664 – установочное – при станке;

Т9643-8349 – плита кондукторная левая;

										Лист
										20
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					150305.2019.361 ПЗ	

- Т9578-12944 – контрольное приспособление;
- Станочные приспособления:
- Т9674-3958 – фрезерное приспособление;

Операция 055 Фрезерная с ЧПУ.

На 055 операции осуществляется фрезерование поверхностей, контактирующих с заплечниками валов.

Применяемый станок: 6Р82Г.

Для фиксации заготовки используются штифты и вилкообразные прихваты.

Комплект баз: установочная, двойная направляющая, двойная опорная.

В качестве режущего инструмента используются:

- 03363-42 – фреза 25х65;

Измерительный инструмент:

- Т9520-403 – штангенглубиномер;
- Т8141-0027 – пробка 113Н14 ГОСТ 14826-69;

Станочные приспособления:

- Т9674-3838 – фрезерное приспособление;

										Лист
										23
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					150305.2019.361 ПЗ	

2.1.4 Выводы по разделу

Исходную заготовку получают литъём в песчано-глинистые формы. Материал исходной заготовки: СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

В качестве станочных приспособлений и технологической оснастки в действующем технологическом процессе используются стандартные и специальные приспособления и оснастка. В качестве межоперационного контрольных приспособлений используются стандартные приспособления, что эффективно для серийного производства. Для итогового контроля применяются специальные приспособления для контроля диаметральных и линейных размеров.

Существенным недостатком базового технологического процесса является невысокий показатель КИМ, который рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{КИМ} = \frac{M_{\text{заг}}}{M_{\text{дет}}} = \frac{14,8}{11,52} \approx 0,77$$

По результатам размерного анализа действующего технологического процесса видно, что припуски на обработку являются чрезмерно высокими. Причиной низкого КИМ является низкая точность заготовки, которая требует увеличения припусков на обработку, что сказывается на количестве удаляемого материала.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Исходя из материала детали СЧ20 и сложности формы, выбран способ получения заготовки методом литья в кокиль, в условиях серийного производства рационально использовать многоразовые формы, при этом большинство поверхностей имеют 14 квалитет точности, что достигается выбранным методом литья и позволяет уменьшить величины припусков на обработку, что повышает показатель $\text{КИМ} = \frac{13,6}{11,52} \approx 0,84$. Также плюсом выбранного метода является возможность автоматизации процесса получения заготовок. Эскиз отливки представлен на рисунке 16.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

В проектом варианте вся обработка детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя» производится на универсальном обрабатывающем центре фирмы DMG: DMU 65 monoBLOCK (рисунок 17). Он оснащён глобусным столом и имеет возможность опционального модернизирования для работ в ГПС посредством манипулятора поддонов PH 150|8, это позволит производить замену заготовок без участия человека. Станок оснащён автоматической системой отвода стружки. На станке имеется автоматическая замена режущего инструмента, что исключает участие рабочего снижая вспомогательное время. Также станок имеет возможность загрузки краном без ограничений сверху по центру стола в стандартном исполнении, дверь открывается на 1310 мм. Инструментальный

										Лист
										25
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

магазин позволяет хранить до 30 инструментов. Небольшая занимаемая площадь 7,5 м². Технические данные обрабатывающего центра приведены в таблице 1. Таблица 1 – Технические данные станка DMU 65 monoBLOCK

Рабочая зона	Единицы измерения	Значение
Оси X/Y/Z	мм	3000 / 650 / 560
Объем рабочей зоны	дм ³	268
Стол/зажимная поверхность/инструменты		
Жесткий стол		
Размер стола (Д x Ш)	мм	1 000 × 650
Максимальная нагрузка	кг	3000
Максимальные размеры заготовки	мм	1 000 × 840×560
Наклонно-поворотный стол с ЧПУ		
Поддон/стол	мм	ø 650 in 800 × 650
Максимальная нагрузка	кг	600
Максимальные размеры заготовки	мм	ø 840 × 500
Главный привод (стандартное исполнение)		
Скорость вращения шпинделя	об/мин	15000
Момент (S6 40 % цикла нагрузки)	Нм	111
Мощность (S6 40% цикла нагрузки)	кВт	21
Устройство смены инструмента		
Установка инструмента	-	SK40 / HSK-A63
Инструментальный магазин	шт	30
Диаметр (свободные прилегающие места)	мм	80/160
Длина	мм	315
Масса	кг	8
Время крепления инструмента	с	4,9**
Линейные оси (X/Y/Z)		
Скорость подачи	мм/мин	40 000
Скорость быстрого хода	м/мин	40
Ускорение	м/с ²	6
Мощность подачи (X/Y/Z)	кН	7
Линейные направляющие (X/Y/Z)	мм	45
Шариковинтовые передачи (X/Y/Z)	мм	40
Характеристики станка		
Площадь, занимаемая станком	м ²	8
Высота станка	мм	2 897
Вес станка	кг	12 300



Рисунок 17 – DMU 65 моноBLOCK

									Лист
									27
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2019.361 ПЗ

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Основным преимуществом проектного варианта является экономия времени благодаря использованию универсального обрабатывающего центра, позволяющего концентрировать операции, снижая общее число установов детали.

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная	Кокильная машина
005 Фрезерная с ЧПУ	Универсальный обрабатывающий центр DMU 65 monoBLOCK
010 Фрезерная с ЧПУ	
015 Фрезерная с ЧПУ	
020 Фрезерная с ЧПУ	

Операция 005 фрезерная с ЧПУ

На данной операции выполняется фрезерование поверхности крышки контактирующей с корпусом двигателя, выдерживая допуск плоскостности, и сверление всех отверстий в этой поверхности с соблюдением позиционных допусков. Эскиз 005 операции представлен на рисунке 18.

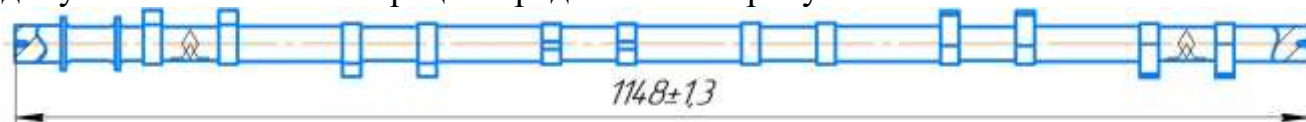


Рисунок 18 – Операционный эскиз 005 операции

Операция 010 фрезерная с ЧПУ

На данной операции выполняется фрезерование поверхности стыка крышки с корпусом уравновешивающего механизма, выдерживая допуск плоскостности, сверление всех отверстий в этой поверхности. Эскиз 010 операции представлен на рисунке 19.

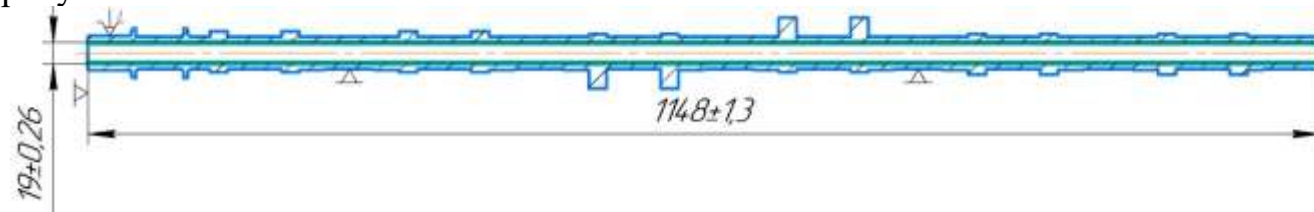


Рисунок 19 – Операционный эскиз 010 операции

Операция 015 фрезерная с ЧПУ

На данной операции выполняется фрезерование (снятие напуска) внешней поверхности фланца крышки и сверление системы отверстий для подвода смазки к подшипникам. Эскиз 015 операции представлен на рисунке 20.

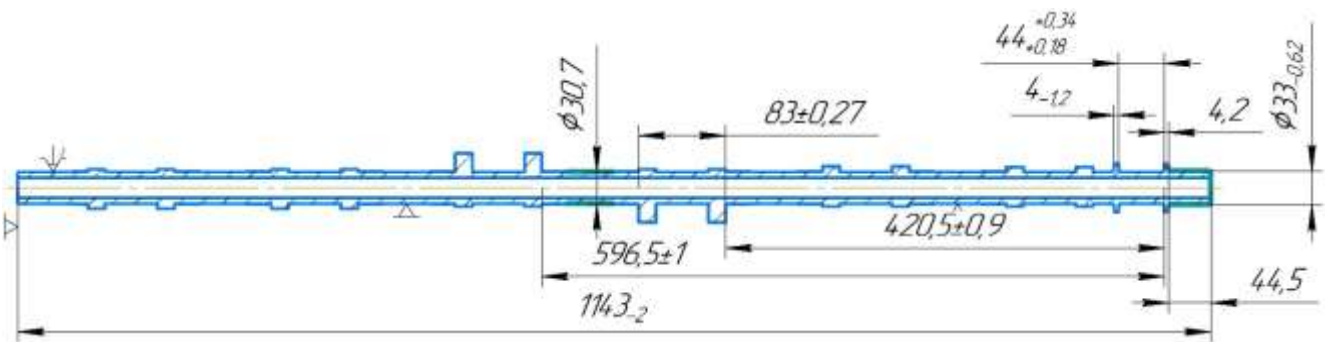
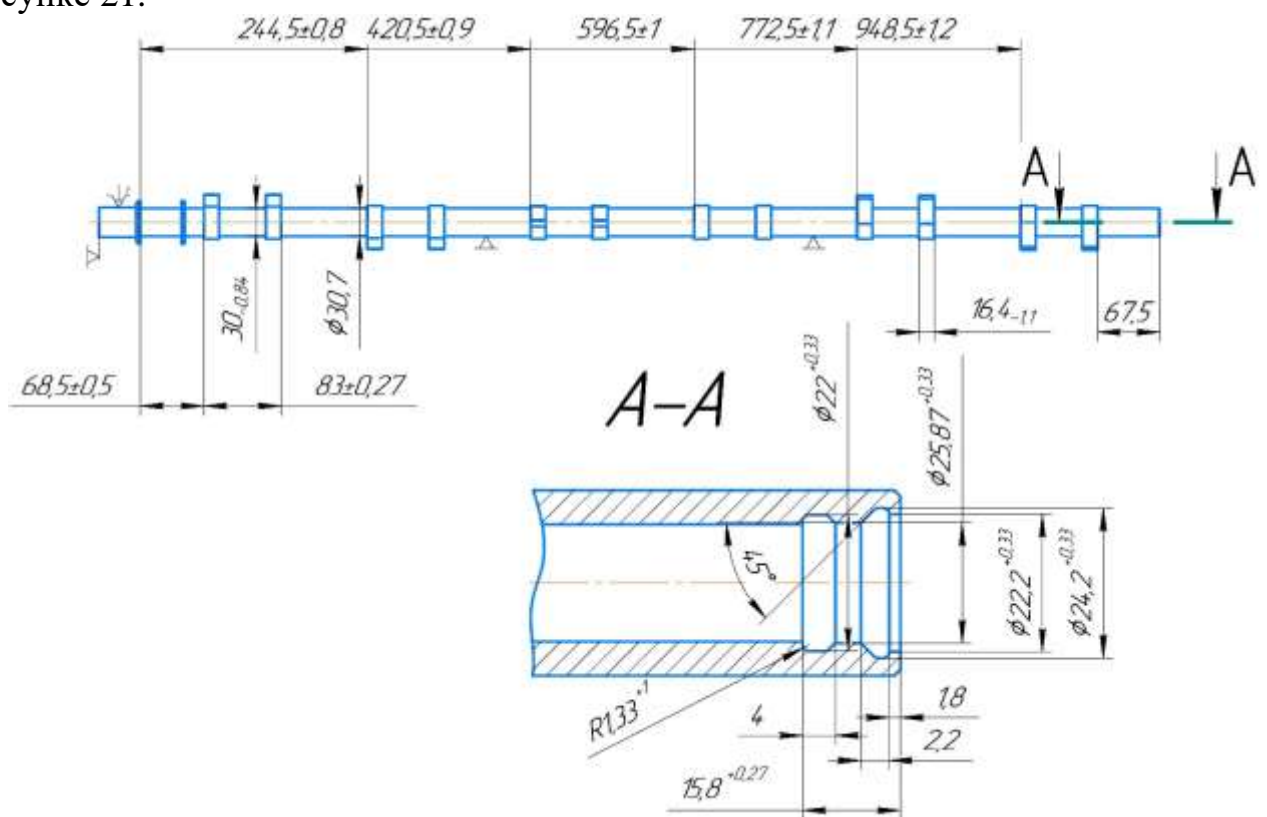


Рисунок 20 – Операционный эскиз 015 операции

Операция 020 фрезерная с ЧПУ

На данной операции выполняется растачивание отверстий для подшипников удерживающих валы в сборе с корпусом. Эскиз 020 операции представлен на рисунке 21.



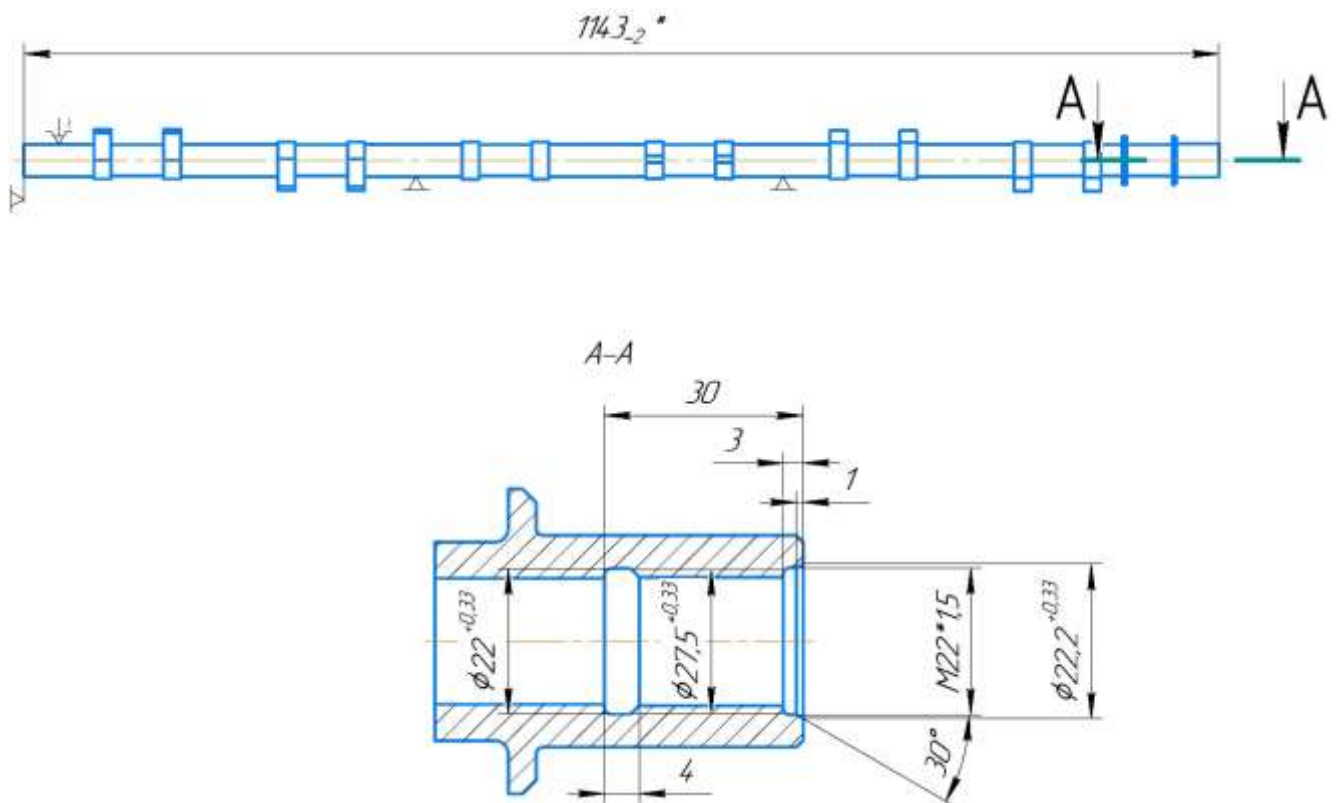


Рисунок 21 – Операционный эскиз 020 операции

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Для определения величины припусков на обработку поверхностей заготовки, необходимо выполнить следующие действия:

1) Для проектного варианта технологического процесса необходимо выявить и рассчитать замыкающие звенья. Затем составить уравнения замыкающих звеньев и проверить выполнение условия: $T_{\Delta} \geq \sum T_i$

$$T_{[18-28]} \geq T_{(28-38)} + T_{(38-18)}$$

$$0,62 \geq 0,4 + 0,11$$

$$0,62 = 0,62 \text{ мм}$$

Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$z_{min} = Rz + Df,$$

где Rz – величина шероховатости поверхности, полученная на предшествующей операции; Df – величина дефектного слоя.

Литьё в металлические формы имеет $Rz = 200$ мкм и $Df = 300$ мкм, соответственно получено:

$$z_{min} = 200 + 300 = 0,5 \text{ мм.}$$

Формула расчёта номинальных припусков на обработку:

$$z_{ном} = z_{min} + \frac{W}{2} - [\Delta_0],$$

2) Рассчёт номинальных значений операционных размеров.

Расчёт замыкающего звена $33 \pm 0,62$

$$[18: 28] = (18: 38) - (38: 28) = 135,5 \pm 0,2 - D \pm 0,11 = ? \pm 0,31;$$

$$A[18 \dots 28] = 33 - (0,31) = 32,69$$

$$D = 135,5 - 32,69;$$

$$D = 102,81 \text{ мм};$$

Припуск [18: 17]:

$$[17: 18] = -(18: 38) + (38: 17) = -135,5 \pm 0,2 + B \pm 0,315 = ? \pm 0,515$$

$$z_{\text{НОМ}} = 0,5 + 0,515 - 0 \approx 1,02 \Rightarrow ? \pm 0,515 = 1,02 \pm 0,515;$$

Размер [38...48]

$$B \pm 0,315 = 135,5 \pm 0,2 + 1,02 \pm 0,63;$$

$$B = 136,52 \text{ мм};$$

Припуск [38: 37]:

$$[38: 37] = (37: 17) + (17: 38) = A \pm 0,5 - 136,52 \pm 0,515 = ? \pm 1,015$$

$$z_{\text{НОМ}} = 0,5 + 1,015 + 0 \approx 1,52 \Rightarrow ? \pm 1,02 = 1,52 \pm 1,02$$

Размер [28...48]

$$A \pm 0,5 = 136,52 \pm 0,63 + 1,52 \pm 1,02$$

$$A = 138,04 \text{ мм};$$

Припуск [28: 27]:

$$[28: 27] = (27: 17) - (17: 38) + (38: 28)$$

$$= -C \pm 0,62 + 135,5 \pm 0,2 - 102,81 \pm 0,11 = ? \pm 0,93$$

$$z_{\text{НОМ}} = 0,5 + 0,93 + 0 \approx 1,43 \Rightarrow ? \pm 0,11 = 1,43 \pm 0,11$$

Размер [28...48]

$$C \pm 0,62 = 135,5 \pm 0,2 - 102,81 \pm 0,11 - 1,43 \pm 0,11$$

$$C = 31,26 \text{ мм};$$

Для определения величины припусков на фрезерование поверхностей, контактирующих с заплечником вала необходимо рассчитать вторую размерную цепь, представленную на рисунке 23.

Уравнения замыкающих звеньев и проверим выполнение условия:

$$T_{\Delta} \geq \sum T_i$$

$$T_{[58-38]} \geq T_{(38-48)} + T_{(48-28)} + T_{(28-58)}$$

$$0,43 \geq 0,12 + 0,14 + 0,14$$

$$0,43 \geq 0,40 \text{ мм}$$

Рассчитаем номинальные значения операционных размеров.

Расчёт замыкающего звена $11,5 \pm 0,43$ мм

$$[38: 58] = (58: 28) - (28: 48) + (48: 38) = K^{+0,14} - 102,6^{+0,14} + 6^{+0,12} = ?^{+0,26}_{-0,14} \text{ мм};$$

$$A[18 \dots 28] = 11,5 - (0,06) = 11,44 \text{ мм};$$

$$K = 102,6 - 6 + 11,44 \text{ мм};$$

$$K = 108,04 \text{ мм};$$

Припуск [58: 57]:

$$\begin{aligned} [58: 57] &= (57: 28) - (28: 48) + (48: 38) - (38: 58) \\ &= 108,04^{+0,14} - 102,6^{+0,14} + 6^{+0,12} - H^{+0,43} = ?_{-0,57}^{+0,26} \text{ мм} \end{aligned}$$

$$z_{\text{НОМ}} = 0,5 + 0,415 + 0,155 = 1,07 \Rightarrow ?_{-0,57}^{+0,26} = 1,07_{-0,57}^{+0,26} \text{ мм}$$

Размер [38...58]:

$$H^{+0,43} = 108,04^{+0,14} - 102,6^{+0,14} + 6^{+0,12} - 1,07_{-0,57}^{+0,26} \text{ мм};$$

$$H = 10,37 \text{ мм};$$

Припуск [18: 17]:

$$[17 \dots 18] \lambda = \frac{1}{6} \quad t = 2$$

$$\Delta\Delta_0[17 \dots 18] = (18: 58) - (58: 28) + (28: 48) - (48: 37) + (37: 57) - (57: 17) = ?$$

$$\text{ТА}\Delta_0 = 2\sqrt{0,167(0,87^2 + 0,14^2 + 0,14^2 + 0,12^2 + 0,43^2 + 0,87^2)} = 1,08 \text{ мм};$$

$$\Delta_0\Delta\Delta = 0 \text{ мм};$$

$$\text{ВО}\Delta\Delta = 0 + \frac{1,08}{2} = 0,54 \text{ мм};$$

$$\text{НО}\Delta\Delta = 0 - \frac{1,08}{2} = -0,54 \text{ мм};$$

$$\Delta\Delta = ? \pm 0,54 \text{ мм};$$

$$z_{\text{НОМ}} = 0,5 + \frac{1,08}{2} - 0 = 1,04 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} G^{+0,87} &= +113,3^{+0,87} - 108,04^{+0,14} + 102,6^{+0,14} - 6^{+0,12} + 10,37^{+0,43} - 1,04 \\ &\pm 0,54 = 111,19^{+0,87} \text{ мм}; \end{aligned}$$

2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

1) Фрезерование торцевой фрезой RM8EC(M)4000:

Материал инструмента: Твёрдый сплав PC6510;

Диаметр фрезы: 160 мм.

Число зубьев: 10.

Глубина резания поверхностей: $t=1,5$ мм, $t=1,0$ мм.

Длина обработки: 486 мм, 243 мм.

Ширина обработки: 110 мм и 31 мм.

Необходимую подачу на зуб определим по карте 56 [1], для черновой стадии обработки величину подачи выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра и числа зубьев Фрезы, ширины и глубины фрезерования:

$$T_M = \frac{7 + 5}{918,05} = 0,02 \text{ мин};$$

Для Ø 10,3 мм с учётом вывода сверла:

$$T_M = \frac{20 + 5}{1001,1} = 0,03 \text{ мин};$$

- Сверление отверстий сверлом MLD:

Материал инструмента: PS205F;

Для отверстия Ø 8 мм;

Стойкость инструмента T: 35 мин;

Глубина сверления: l=253 мм, l=43 мм, l=180 мм, l=96 мм.

Выбор подачи для сверления производится по карте 46:

$$S_{от} = 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

$$V_T = 28 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Выбранную скорость и подачу умножаем на поправочные коэффициенты которые выбираем по карте 53 [1]:

$K_{ви} = 2,2$ – зависит от инструментального материала;

$K_{во} = 1$ – зависит от группы обрабатываемого материала;

$K_{вП} = 1$ – зависит от состояния поверхности заготовка;

$K_{вМ} = K_{СМ} = 1$ – зависит от твердости обрабатываемого материала;

$K_{вЖ} = 0,8$ – зависит от наличия охлаждения;

$K_{вТ} = 1$ – зависит от периода стойкости режущей части;

$$V = 28 \cdot 0,8 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 49,28 \text{ м/мин};$$

$$S_0 = 0,1 \cdot 0,8 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,17 \text{ м/мин};$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 49,28}{3,14 \cdot 8} = 1960,78 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Принятая частота вращения:

$$n = 1960 \text{ об/мин};$$

Минутная подача:

$$S_M = 0,17 \cdot 1960 = 163,2 \frac{\text{мм}}{\text{мин}};$$

Для l=256 мм:

Время необходимое на переход с 4-х кратным выводом сверла:

$$T_M = \frac{253 + 5}{163,2} + 0,01 \cdot 4 + \frac{1,58}{4} + \frac{1,58}{2} + \frac{3 \cdot 1,58}{4} = 3,99 \text{ мин};$$

Для l=43 мм:

Время необходимое на переход с учётом вывода сверла:

$$T_M = \frac{43 + 5}{163,2} = 0,3 \text{ мин};$$

Для l=180 мм:

Время необходимое на переход с учётом вывода сверла:

$$V = V_T \cdot K_v;$$

$$K_v = K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vT} \cdot K_{vj};$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по картам 21 и 22:

$K_{vi} = 1$ – инструментального материала;

$K_{vc} = 1$ – группы обрабатываемости материала;

$K_{vo} = 1$ – вида обработки;

$K_{vm} = 1$ – механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{v\phi} = 1$ – геометрических параметров резца;

$K_{vT} = 0,8$ – периода стойкости режущей части;

$K_{vj} = 0,75$ – наличия охлаждения;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 0,6;$$

Скорость резания выбираем по карте 21:

$$V_T = 290 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$V = 290 \cdot 0,6 = 174 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения:

Для $\varnothing 36$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 174}{3,14 \cdot 36} = 1538,49 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Принятая частота вращения:

$$n = 1540 \text{ об/мин};$$

Для $\varnothing 65$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 174}{3,14 \cdot 65} = 852 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Принятая частота вращения:

$$n = 850 \text{ об/мин};$$

Для $\varnothing 36$ мм:

$$S_M = 0,35 \cdot 1540 = 538,47 \frac{\text{мм}}{\text{мин}};$$

Для $\varnothing 65$ мм:

$$S_M = 0,35 \cdot 850 = 298,2 \frac{\text{мм}}{\text{мин}};$$

Время необходимое на переход:

Для $\varnothing 36$ мм:

$$T_M = \frac{80 + 5 + 2}{538,47} + 0,1 = 0,17 \text{ мин};$$

Для $\varnothing 65$ мм:

$$T_M = \frac{90 + 5 + 2}{298,2} + 0,1 = 0,32 \text{ мин};$$

2.2.6 Выводы по разделу

В проектном варианте технологического процесса для введения автоматизации и увеличения показателя КИМ, за счёт увеличения точности полученной заготовки выбран метод литья в кокиль (металлические формы), показатель КИМ при таком методе составляет 0,84.

Выполнен размерно-точностной анализ нового варианта технологического процесса и посчитаны величины минимальных припусков.

Приведено применяемое станочное оборудование и его характеристики. Сформирована операционно-маршрутная технология, разработаны операционные эскизы и произведён расчёт режимов резания для всех переходов.

									Лист
									47
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2019.361 ПЗ				

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Процесс обработки детали «Распределительный вал газотурбинного двигателя» происходит на универсальном обрабатывающем центре с ЧПУ фирмы DMG MORI. Патрон станка предназначен для использования хвостовики типа: SK40 и HSK-A63. Главные достоинства HSK-соединения: автоматическая быстрая смена инструмента (что очень важно в обрабатывающих центрах с ЧПУ), небольшой вес, хорошая повторяемость, жесткость повторяемости и установка в шпиндель станка без штревелия. Т.к. на выбранном стандартном инструменте используется хвостовик отличный от HSK, требуется использование переходных оправок.

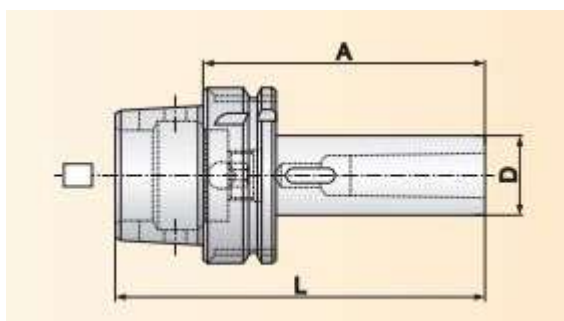


Рисунок 24 – Оправка для конусов Морзе

Таблица 3 – технические характеристики

HSK 63A- MT 1100	Морзе	A	D	L
	1	100	25	132
MT 2120	2	120	32	152



Рисунок 25 – Цанговый патрон

Таблица 4 – технические характеристики

HSK 63A- SDC 26-125	D	C	C1	L	L1	L2	H	G	цанга
	3-26	63	63	125	99	83	71	M28	GER40

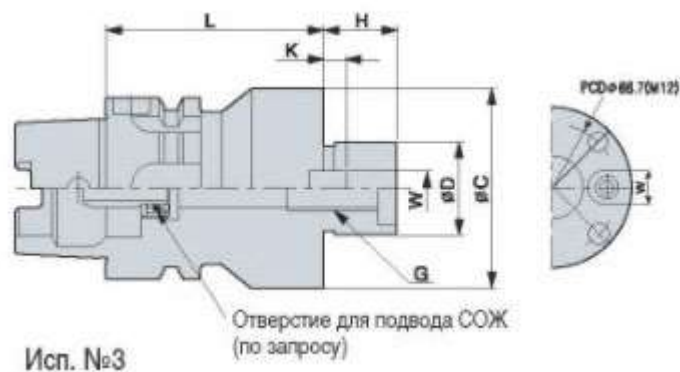


Рисунок 26 – Оправка для торцевой фрезы

Таблица 5 – технические характеристики

HSK 63A-FMC40-60	диаметр фрезы	D	L	C	H	W	K	G
	125-160	40	60	89	27	16	8	M20



Рисунок 27 – Оправка для цилиндрических хвостовиков

Таблица 6 – технические характеристики

HSK 63A-SLA32-105	D	C	L	L1	L2	H	H1	M	G
	32	72	105	79	63	72	30	M20	M12

Для обработки по проектируемому технологическому процессу не требуется специальной оснастки. На комплексной операции с ЧПУ заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон 160-45K Bison, который изображен на рисунке 34. На шлифовании применяются жесткие центра и поводки, изображенные на рисунке 35.

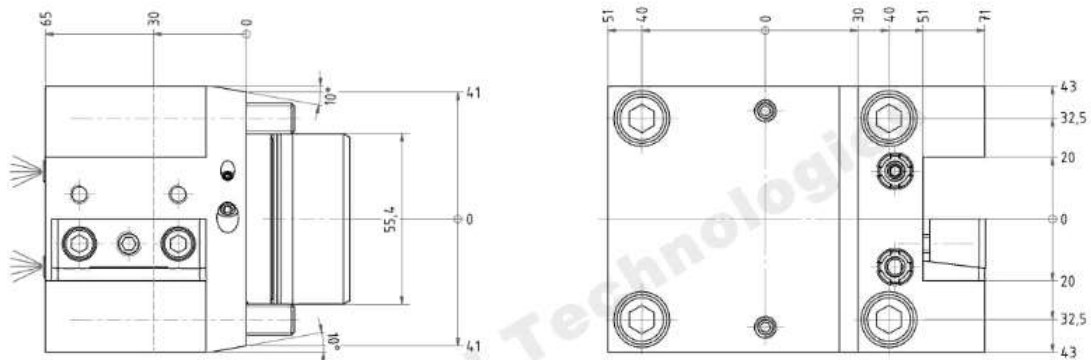


Рисунок 14 – Резцедержатель SH 20 4.BMT20LT2000V16

Для установки и закрепления осевого инструмента выбираются две радиальные сверлильно-фрезерные головки с цангой RD/ER 25 430 E (зажимаемые диаметры 1-16) 60.55.425LT2000V16IKGLIM (рисунок 37) и 40.55.425LT2000V16IKIM (рисунок 38) [8].

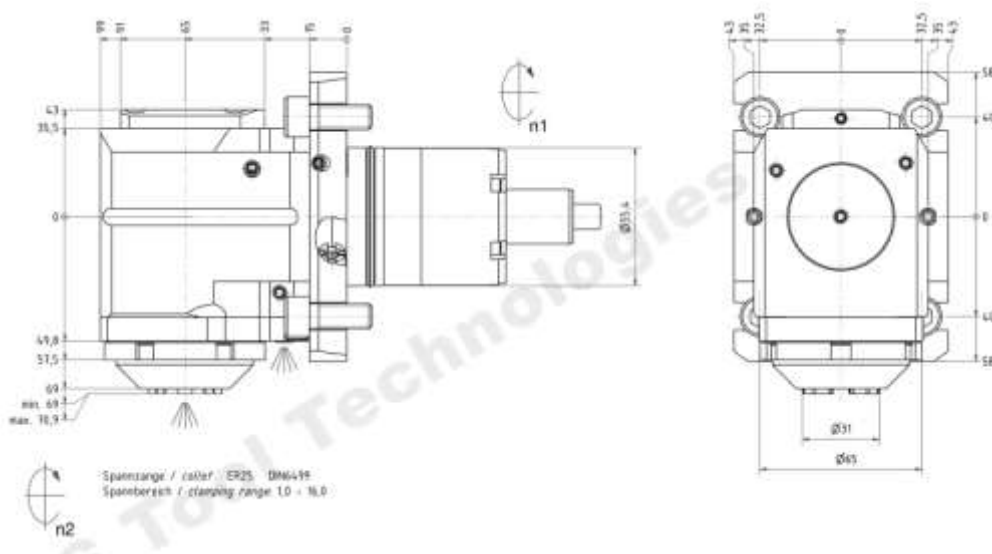


Рисунок 15 – Сверлильно-фрезерная головка 60.55.425LT2000V16IKGLIM

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Основной задачей при подборе режущего инструмента было уменьшение номенклатуры. При изготовлении детали «Крышка уравнивающего механизма» можно использовать следующий стандартный режущий инструмент.

Для предварительного рассверливания отверстий 9 и 13 используем цельное сверло диаметром 9,6 мм, для отверстий 7 диаметром 16,8, для сверления отверстий 14 и 16 – диаметром 12 мм, для отверстия 20 – 16 мм и диаметром 10,2 мм для отверстий 12 и 15. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 37 и в таблице 8.

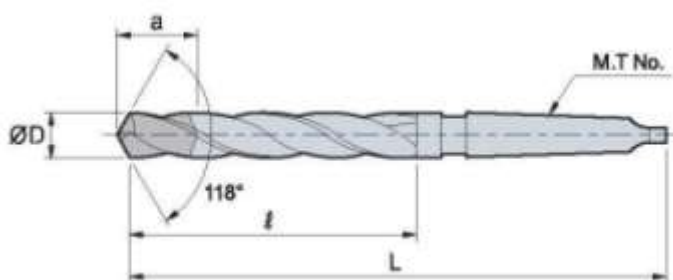


Рисунок 37 – Чертеж и таблица размеров цельного сверла

Таблица 8 – таблица размеров сверла

TSDM	D	L	l	a	Конус Морзе
095-100	9,5-10,0	175	92	26	1
101-105	10,1-10,5	182	30		
116-120	11,6-12	192	108		
156-160	15,6-16	230	130	27	2
166-170	16,6-17	234	135		

Для развёртывания отверстий 7 используем развёртку с СМП RI 15 маркой сплава ВРК110 (RI 22-A00) с передним углом 0° марки KORLOY диаметром 17 мм и для отверстий 9 и 13 диаметром 10 мм. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 40 и в таблице 9.

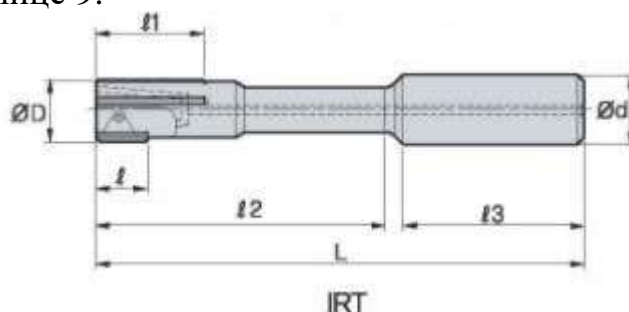


Рисунок 38 – Чертеж и таблица размеров развёртки

Таблица 9 – таблица размеров развёртки

IRB 10.000-16125-15	D	l	l1	l2	l3	L	d	СМП
	10	15	30	75	45	125	16	RI 15

IRT 17.000-20155-16	17	16	30	100	50	155	20	RI 16
---------------------	----	----	----	-----	----	-----	----	-------

Для сверления отверстий 6, 11, 17, 18, 19 используем удлиненное сверло цельное твёрдосплавное сверло из твёрдого сплава PS205F марки KORLOY диаметром 8 мм, длиной рабочей части 256 мм и общей длиной 306 мм. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 39 и в таблице 10.

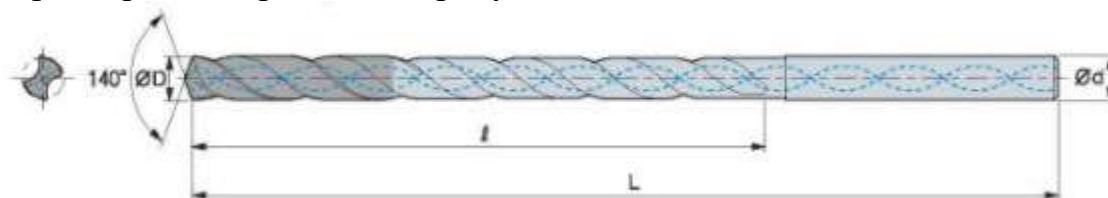


Рисунок 39 – Чертеж и таблица размеров удлиненного сверла

Таблица 10 – таблица размеров удлиненного сверла

MLD	D	d	l	L
0800-32	8	8	256	306

Для нарезания резьбы в отверстиях 15 и 12 использован метчик фирмы YAMAWA для глухих отверстий диаметром M12x1,75 6H из HSSE (аналог P6M5K5). Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 41 и в таблице 11. Для нарезания резьбы в отверстии 20, использован конический метчик фирмы YAMAWA SP-VA DIN NPT 1/4-18

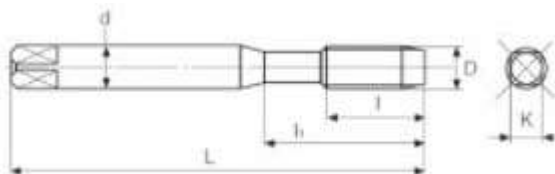


Рисунок 40 – Чертеж и таблица размеров удлиненного сверла

Таблица 11 – таблица размеров метчика

NPT 1/4-18	D	p	Dotв	L	l	d	k
	M12	1,75	10,3	110	42	9	7

Для обработки поверхностей 1 и 2: фрезерования поверхности стыка крышки с корпусом, поверхности контактирующей с корпусом двигателя и для фрезерования внешних поверхностей фланца 4 и 3 использована фреза марки KORLOY диаметром 160 мм с главным углом в плане 75°, твёрдосплавной пластиной с покрытием PC6510. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 41 и в таблице 12.

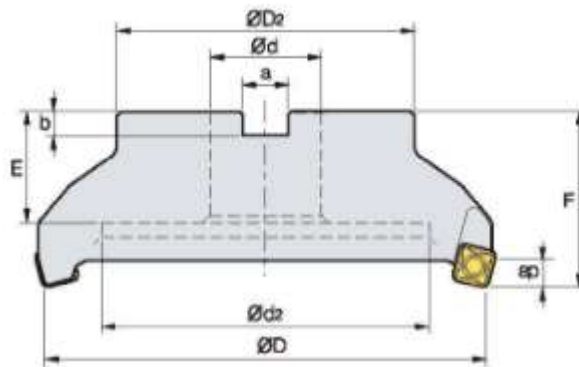


Рисунок 41 – Чертеж и таблица размеров торцевой фрезы

Таблица 12 – таблица размеров торцевой фрезы

RM8EC(M)400 0	D	D2	d	d2	a	b	E	F	ap	z
4160R	160	107	50,8(40)	107	19,0(16,4)	11(9)	38(32)	63	9	10

Для обработки поверхностей 3 и 4: фрезерования внешней поверхности фланца, использована фреза марки KORLOY диаметром 100 мм, твёрдосплавной пластиной с покрытием PC6510. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 42 и в таблице 13.

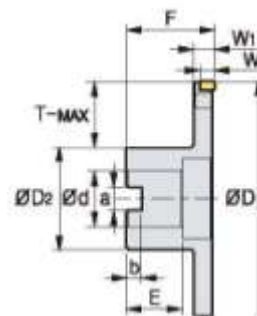


Рисунок 42 – Чертеж дисковой фрезы

Таблица 13 – таблица размеров дисковой фрезы

ТАНСВ (М)	d	F	D2	a	b	E	T-max	D	W	W1	Z
10014R	38.1 (40)	60	60	15.9(16.4)	10	30	25	125	9	13.25	8

Для обработки уступа поверхностей 3 и 4 с наклоном 15° после снятия напуска дисковой фрезой, использована концевая фреза марки KORLOY диаметром 100 мм, твёрдосплавной пластиной с покрытием PC320. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 43 и в таблице 14.

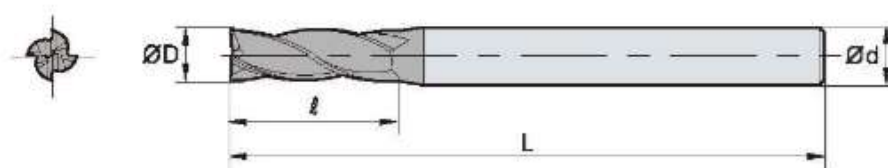


Рисунок 43 – Чертеж концевой фрезы

Таблица 14 – таблица размеров концевой фрезы

IPLFE4000	D	d	D2	l	L
4060-075	8	8	60	20	75

Для рассверливания отверстия 10, использовано сборное сверло с твёрдосплавной СМП NPMT 252808 PC6510 марки KORLOY диаметром 26 мм. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 44 и в таблице 15.

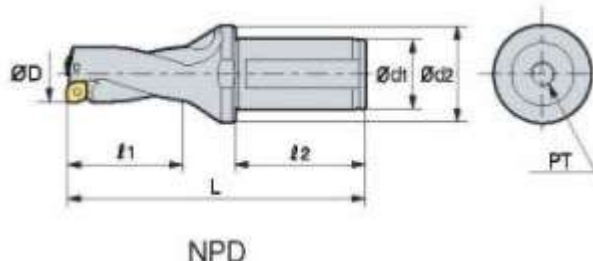


Рисунок 44 – Чертеж и таблица размеров сборного сверла с СМП

Таблица 15 – таблица размеров сверла с СМП

NPD	D	d1	d2	l1	l2	L	PT
260-32-2	26	32	44	52	60	137	¼
СМП	Винт						
NPMT 252808	FTKA0307						

Для обработки поверхностей 21: фрезерования поверхностей контакта крышки с валами использована цилиндрическая фреза марки KORLOY диаметром 50 мм с СМП ARMT 11T308PDSR-MM из быстрорежущей стали PC5400 и главным углом в плане 90°. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 45 и в таблице 15.

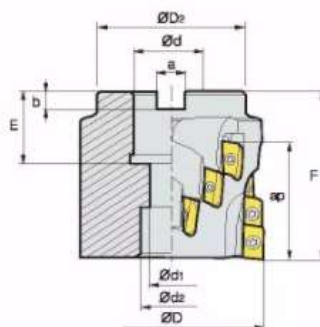


Рисунок 45 – Чертеж и таблица размеров торцевой фрезы

Таблица 15 – таблица размеров цилиндрической фрезы

AMCM	D	D2	d	d1	d2	a	b	E	F	Z	ap
2050M	50	40	22	11	18	10,4	6,3	21	58	4	39

Для чернового растачивания отверстия 22, использована расточная система с СМП ССMT120408 FBV130-C12 марки KORLOY диаметром 35-46 мм. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 46 и в таблице 16.

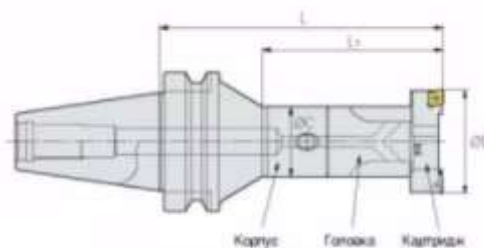


Рисунок 46 – Чертеж и таблица расточной системы

Таблица 16 – таблица размеров расточной системы

DBC3235S	Dmin	Dmax	L	Максимальная глубина растачивания
	35	46	145	114

Для чистового растачивания отверстия 22, использована расточная система с СМП ССМТ120408 FVB130-C12 марки KORLOY с диапазоном диаметров 33-43 мм и 53-70 мм для отверстий 2. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 47 и в таблице 17.

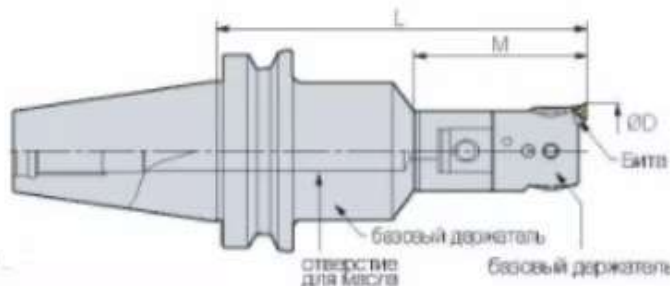


Рисунок 47 – Чертеж и таблица размеров расточной системы

Таблица 17 – таблица размеров расточной системы

HSK-FBHB	Dmin	Dmax	L	Максимальная глубина растачивания
HSK-FBH3233B	33	43	121	80
HSK-FBH5053B	53	70	127	97

3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

Для обработки отверстий под валы будем использовать расточную оправку. Обработка будет осуществляться в 2 этапа: черновой, а затем чистовой оправкой. Конструктивное исполнение зависит от типа обработки (черновой или чистовой) и от вида отверстия (глухое или сквозное). В данном случае проектируется оправка для черновой обработки сквозного отверстия. Для диаметра 65 мм целесообразно использовать двурезцовый расточной блок с СМП из ВК6 ГОСТ 3882-74, и корпусом из конструкционной стали 40Х ГОСТ 5632-72. Для чернового растачивания выберем диаметр 63,5 мм с полем допуска Н9.

Хвостовик инструмента выполнен в виде конуса HSK-63A ГОСТ Р ИСО 12164, чертеж которого показан на рисунке 48.

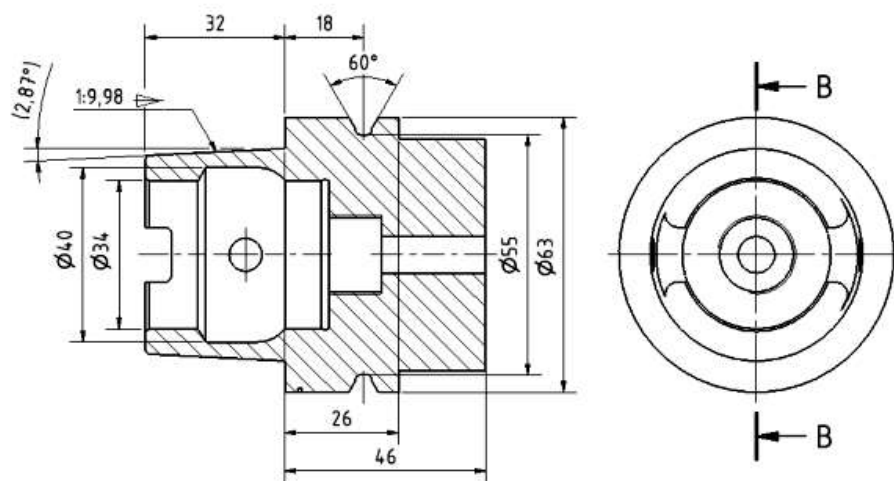


Рисунок 48 – Конус HSK-63A

1.1.1 Инструментальный материал

Материал заготовки СЧ 20 ГОСТ 1412-85. В качестве материала режущей части выбран твердый сплав ВК6 ГОСТ 3882-74, который предназначен для рассверливания и растачивания, зенкерования отверстий при обработке серого чугуна. Состав сплава: карбид вольфрама – 94%, кобальт – 6%. Основные характеристики: предел прочности при изгибе 1519 Н/мм², плотность 14.6 – 15.0 г/см³, твердость HRA не менее 88.5.

1.1.2 Геометрические параметры СМП

Для чернового растачивания выбрана пластина SCMW120408 (рис. 14) расшифруем обозначение пластины:

S – Квадратная Равносторонние и равноугольные

C – задний угол 7°

U – обозначает предельное отклонение по диаметру ±0,25 мм

M – исполнение: с односторонним тороидальным отверстием для винта с потайной головкой с углом от 40° до 60°

12 – Длина режущей кромки L = 12,7 мм

04 – Толщина пластины s = 4,76 мм

08 – Радиус при вершине r = 0,8 мм

Для чернового растачивания отверстий под валы приняты следующие геометрические параметры твердосплавной пластины:

α – задний угол = 7°;

γ – передний угол = 5°;

φ – главный угол в плане = 75°;

φ_1 – вспомогательный угол в плане = 15°.

m – масса пластины = 2,301 гр

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

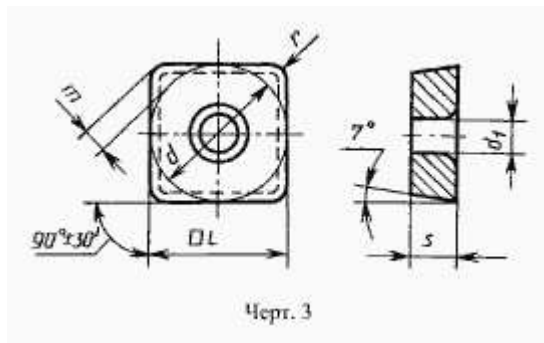


Рисунок 50 – Геометрия твёрдосплавной СМП

1.1.3 Назначение режимов резания

Глубина резания определяется по формуле: $t = \frac{D-d}{2} = \frac{64-62}{2} = 1$ мм, где D – диаметр до расточки; d – диаметр после расточки.

Подачу выбирается исходя из толщины срезаемого припуска, материала заготовки и диаметра обрабатываемого отверстия. По карте 56 [1] принята подача $S = 0,8$ мм/об.

Скорость резания устанавливается в зависимости от значений глубины резания t и подачи S .

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

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} , состояния поверхности K_{pv} , материала инструмента K_{iv} .

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{190}{210} \right)^{1,25} = 0,88;$$

$K_{iv} = 1$ (для серого чугуна обрабатываемого твердосплавной пластиной ВК6);

$$K_{pv} = 0,85;$$

$$K_v = 0,88 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,75$$

$$C_v = 56,9 ;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,4;$$

$$V = \frac{56,9}{60^{0,4} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,75 = 8,63 \text{ мм/мин}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8,63}{\pi \cdot 64,5} = 42,58 \text{ об/мин}$$

Принятая частота:

$$n = 40 \text{ об/мин};$$

Сила резания находится по формуле:

$$P_z = 10 K_{mp} C_p t^x S^y V^n$$

$$C_p = 92; x = 1,0; y = 0,75; n = 0;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{190}{HB} \right)^n = \left(\frac{120}{210} \right)^{0,5} = 0,755$$

K_{mp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества

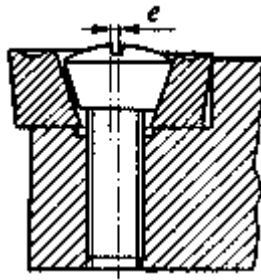


Рисунок 50 – Схема закрепления СМП винтом с эксцентричным зажимом
 Для правильного базирования по обеим сторонам гнезда необходимо, чтобы точка контакта К эксцентрического штифта и отверстия СМП, ось O_2 эксцентрического штифта и ось O отверстия СМП находились на биссектрисе угла «ε» при вершине пластины.

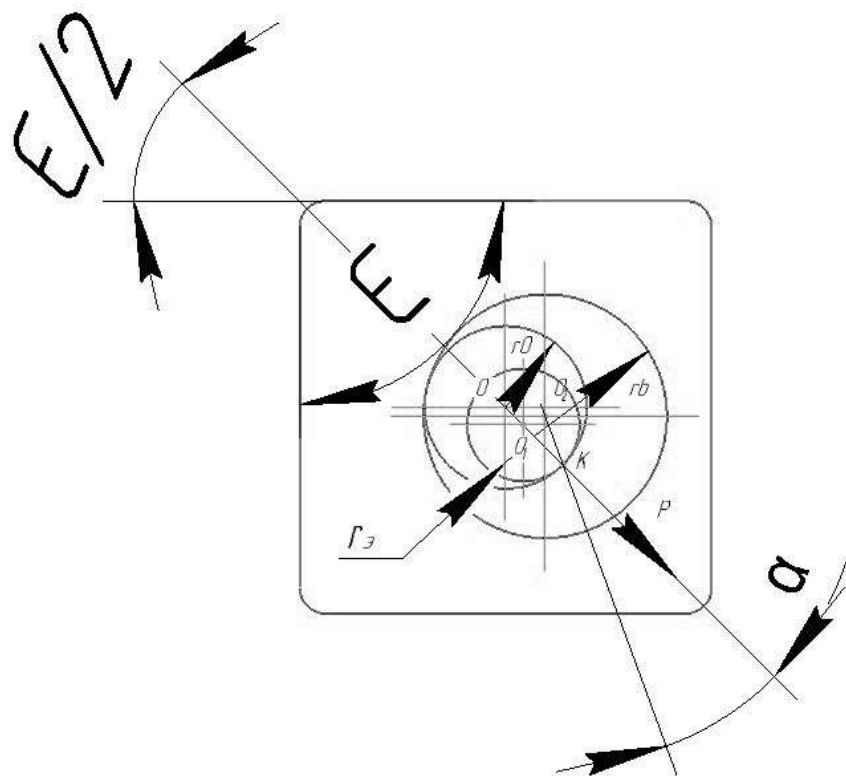


Рисунок 60 – Расчётная сема эксцентрического закрепления
 Поворот эксцентричного штифта осуществляется относительно оси O_1 винта. Устойчивое положение узла крепления достигается при выполнении условия самоторможения, это выполняется, если $\text{tg}\alpha \leq f$ – коэффициент трения в зоне контакта К. Для обеспечения технологичности изготовления гнезда в корпусе, необходимо чтобы ось O_1 винта располагалась на прямой OO_1 , параллельно одной из сторон паза. Для определённости проектирования примем

$$OO_1 = r_b - r_0;$$

Рассматривая ΔOO_1K запишем:

$$\frac{OK}{\sin(180 - (\alpha + \frac{\epsilon}{2}))} = \frac{OO_1}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{rb - r_0}{\sin \alpha}$$

$$\frac{rb}{r_0} = 1 + \frac{\sin \alpha}{\sin(180 - (\alpha + \frac{\varepsilon}{2}))} = 1 + \frac{\sin \alpha}{\cos \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\sin \frac{\varepsilon}{2}}{\operatorname{tg} \alpha}};$$

Учитывая условия самоторможения, получим соотношения между радиусом винта и радиусом отверстия в СМП.

$$\frac{rb}{r_0} \leq 1 + \frac{\sin \alpha}{\cos \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\sin \frac{\varepsilon}{2}}{f}};$$

$$\frac{rb}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos 45 + \frac{\sin 45}{0,2}} = 1,23;$$

$$\frac{rb}{r_0} \leq 1,23, \text{ т.к. } r_0 = 2,75 \text{ мм, то } rb \leq 3,38 \text{ мм};$$

Величину эксцентриситета O_1O_2 определим

$$O_1O_2 = \sqrt{(O_1K)^2 + (O_2K)^2 - 2(O_1K)(O_2K)\cos \alpha},$$

$$\text{где } \frac{O_1K}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} = \frac{OK}{\sin(180 - (\alpha + \frac{\varepsilon}{2}))} = \frac{OK}{\sin(\alpha + \frac{\varepsilon}{2})} \Rightarrow$$

$$O_1K = \frac{O_1K \sin \frac{\varepsilon}{2}}{\sin(\alpha + \frac{\varepsilon}{2})},$$

$$\text{тогда } OK = r_0; O_1O_2 = \sqrt{r_0^2 \frac{\sin^2 \frac{\varepsilon}{2}}{\sin^2(\alpha + \frac{\varepsilon}{2})} + r_3^2 - \frac{2r_3r_0}{1 + \operatorname{tg}(\alpha) * \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{2,75^2 \frac{\sin^2 45}{\sin^2(11,3 + 45)} + 2,25^2 - \frac{2 * 2,25 * 2,75}{1 + \operatorname{tg}(11,3) * \operatorname{tg} 45}} = 0,4 \text{ мм}$$

3.5 Проектирование операций технического контроля и выбор измерительного оборудования и оснастки

Основным видом контроля детали «Крышка уравновешивающего механизма» является пооперационный контроль, проводимый после каждой операции обработки детали и приемочный контроль готовой продукции, захватывающий выборочные детали из партии. Как правило контролю подвергается около 10% всей продукции, так как общая точность изготовления зависит от настройки оборудования и точности измерительных датчиков, установленных на металлорежущем оборудовании.

Для контроля размеров детали на операционном и выборочном в ОТК контроле используется стандартный мерительный инструмент, что уменьшает себестоимость детали при любом типе производства.

- 1) Штангенциркуль ШЦЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80 ГОСТ 166-80 для контроля охватываемых линейных размеров детали.

Для контроля линейных размеров непосредственно на рабочем месте применяется штангенциркуль с электронным индикатором (рисунок 61).

										Лист
										62
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

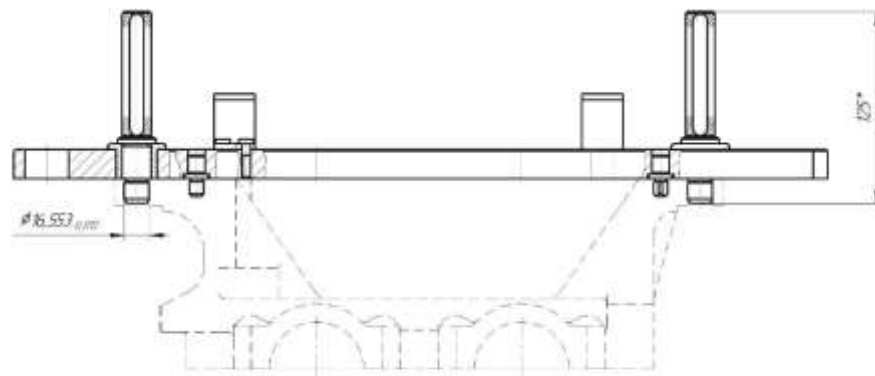


Рисунок 64 – контрольное приспособление

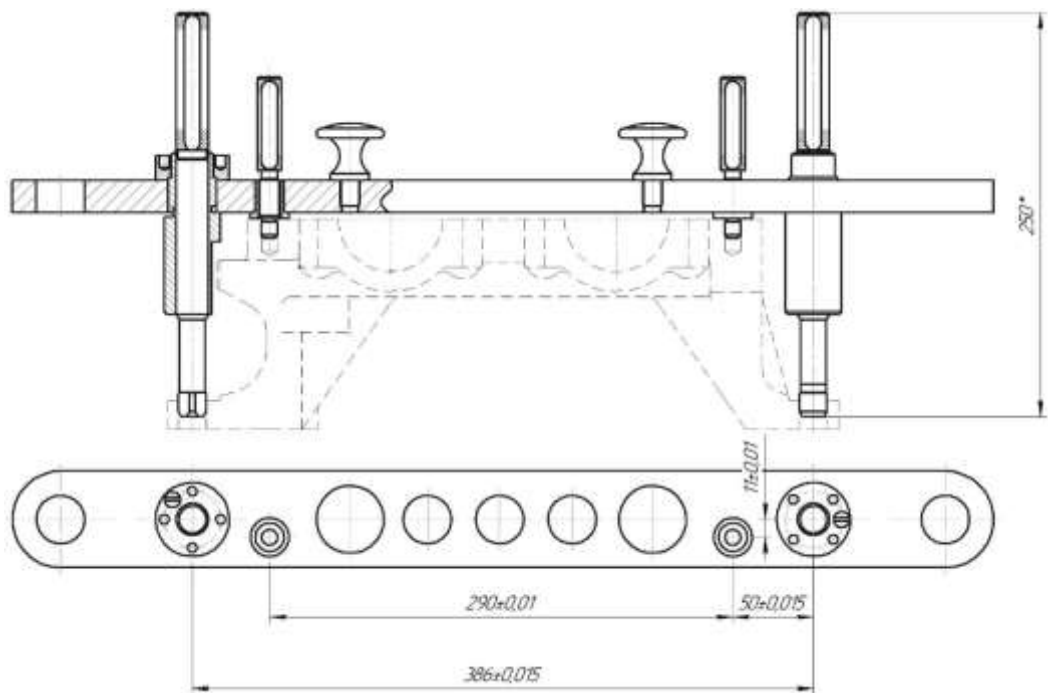


Рисунок 65 – контрольное приспособление

Выбор модели КИМ и средств оснащения

Основными критериями выбора определённой модели координатно-измерительной машины (далее – КИМ) являются:

- 1) величина рабочей зоны;
- 2) тип компоновки (мостовой, порталный и т.д.);

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\Delta 1 = \pm(0,9 + L350) = \pm(0,9 + 33350) = \pm 0,994 \text{ мкм};$$

$$\Delta 2 = \pm(0,5 + L800) = \pm(0,5 + 33800) = \pm 0,541 \text{ мкм};$$

$$\Delta 3 = \pm(3 + 4 \cdot L1000) = \pm(3 + 4 \cdot 331000) = \pm 3,132 \text{ мкм}.$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 20% от допуска на измеряемый параметр:

$$\Delta 1_{\text{измТ}} = 1,98833 \cdot 100\% = 6,024\%;$$

$$\Delta 2_{\text{измТ}} = 1,08233 \cdot 100\% = 3,279\%;$$

$$\Delta 3_{\text{измТ}} = 6,26433 \cdot 100\% = 18,981\%.$$

Лимитирующим линейным размером является межосевое расстояние 105 мм по 7 качеству (Отклонение $\pm 0,0175$)

Проведем проверку:

$$\Delta 1 = \pm(0,9 + L350) = \pm(0,9 + 35350) = \pm 1 \text{ мкм};$$

$$\Delta 2 = \pm(0,5 + L800) = \pm(0,5 + 35800) = \pm 0,54 \text{ мкм};$$

$$\Delta 3 = \pm(3 + 4 \cdot L1000) = \pm(3 + 4 \cdot 351000) = \pm 3,14 \text{ мкм}.$$

$$\Delta 1_{\text{измТ}} = 2120 \cdot 100\% = 1,16\%;$$

$$\Delta 2_{\text{измТ}} = 1,08120 \cdot 100\% = 0,9\%;$$

$$\Delta 3_{\text{измТ}} = 6,28120 \cdot 100\% = 5,23\%.$$

Следующим параметром является параллельность оси отверстия и основания (База Б) с допуском 0,05.

Проведем проверку:

$$\Delta 1 = \pm(0,9 + L350) = \pm(0,9 + 50350) = \pm 1,04 \text{ мкм};$$

$$\Delta 2 = \pm(0,5 + L800) = \pm(0,5 + 50800) = \pm 0,563 \text{ мкм};$$

$$\Delta 3 = \pm(3 + 4 \cdot L1000) = \pm(3 + 4 \cdot 501000) = \pm 3,2 \text{ мкм}.$$

$$\Delta 1_{\text{измТ}} = 2,08100 \cdot 100\% = 2,08\%;$$

$$\Delta 2_{\text{измТ}} = 1,13100 \cdot 100\% = 1,13\%;$$

$$\Delta 3_{\text{измТ}} = 6,4100 \cdot 100\% = 6,4\%.$$

Так как ни одно из отношений не превышает 20%, то можем сделать вывод, что все выбранные КИМ пригодны для контроля детали КД-26, поэтому можно выбрать любую их них.

										Лист
										67
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Выбираем КИМ фирмы Leitz Reference HP – 5.4.3 (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – КИМ Leitz Reference HP – 5.4.3

В качестве ПО используется QUINDOS, современные версии которого обеспечивают выполнение всех процедур координатной метрологии: средства для получения, обработки и анализа измерительной информации, удобные графические интерфейсы пользователя, настраиваемые на конкретную операцию измерения, а также средства для формирования подробных отчетов и статистической обработки результатов измерения

Достоинства КИМ Leitz Reference HP – 5.4.3:

- подвижный портал по запатентованной технологии TRICISION™;
- стальные шкалы высокого разрешения от компании Heidenhain с автоматической температурной компенсацией;
- гранитный стол со встроенными направляющими типа «ласточкин хвост»;
- направляющая система с предварительно напряженными аэростатическими направляющими на воздушной подушке;
- трехкоординатная зондовая измерительная система фирмы Leitz, пригодная для измерения с измерительными наконечниками длиной до 800 мм;
- дополнительно: дооборудование устройством для автоматической смены измерительных головок и наконечников.

										Лист
										68
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					150305.2019.361 ПЗ	

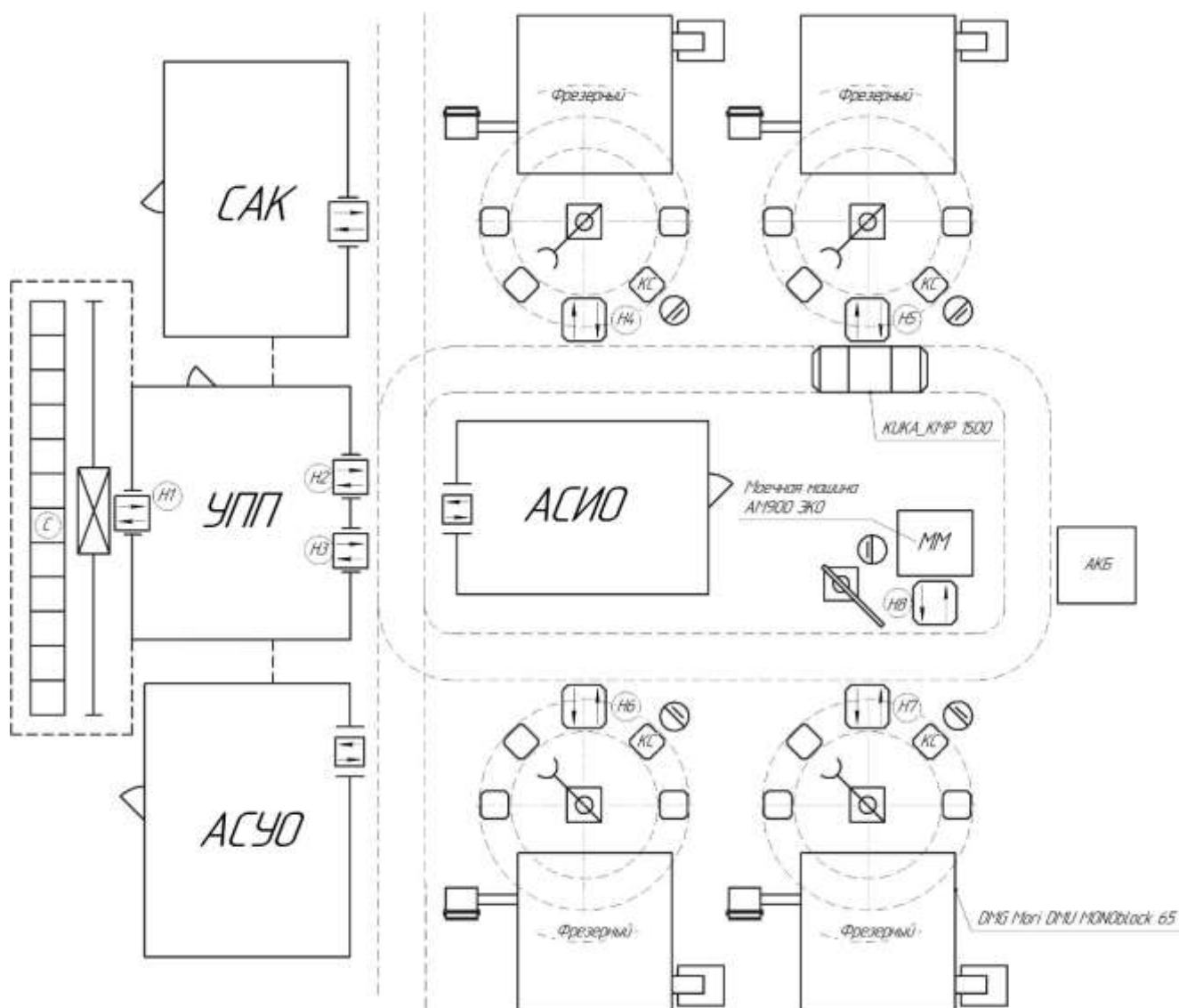


Рисунок 66 – Схема расположения станков с прямоугольной компоновкой оборудования

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 18).

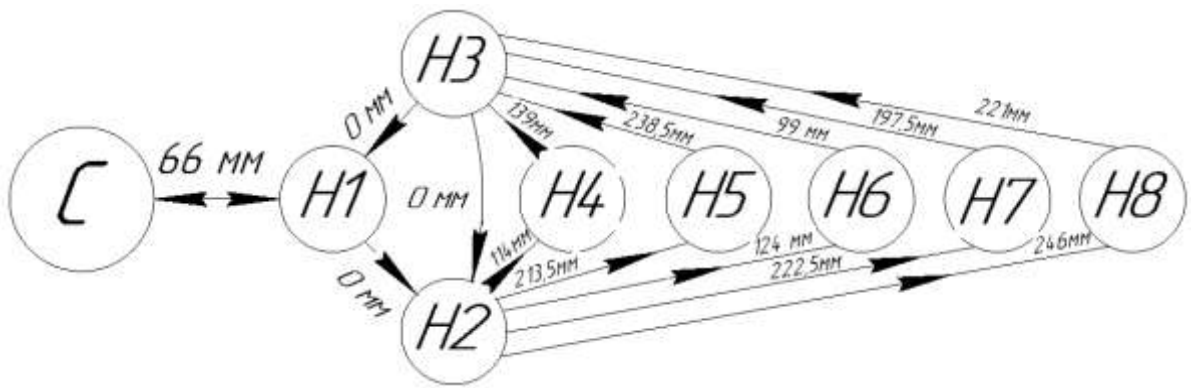


Рисунок 67 – Граф перемещений детали в транспортной системе с прямоугольной компоновкой оборудования

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 68. Отличие данного варианта заключается в уменьшении расстояния транспортировки деталей к моечной машине сразу из УПП с помощью конвейера, за счёт смещения склада и увеличения расстояния перемещения заготовок краном-штабелёром до УПП.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица перемещений (таблица 19).

Граф перемещений для второго варианта компоновки транспортного механизма в ГПУ представлен на рисунке 69.

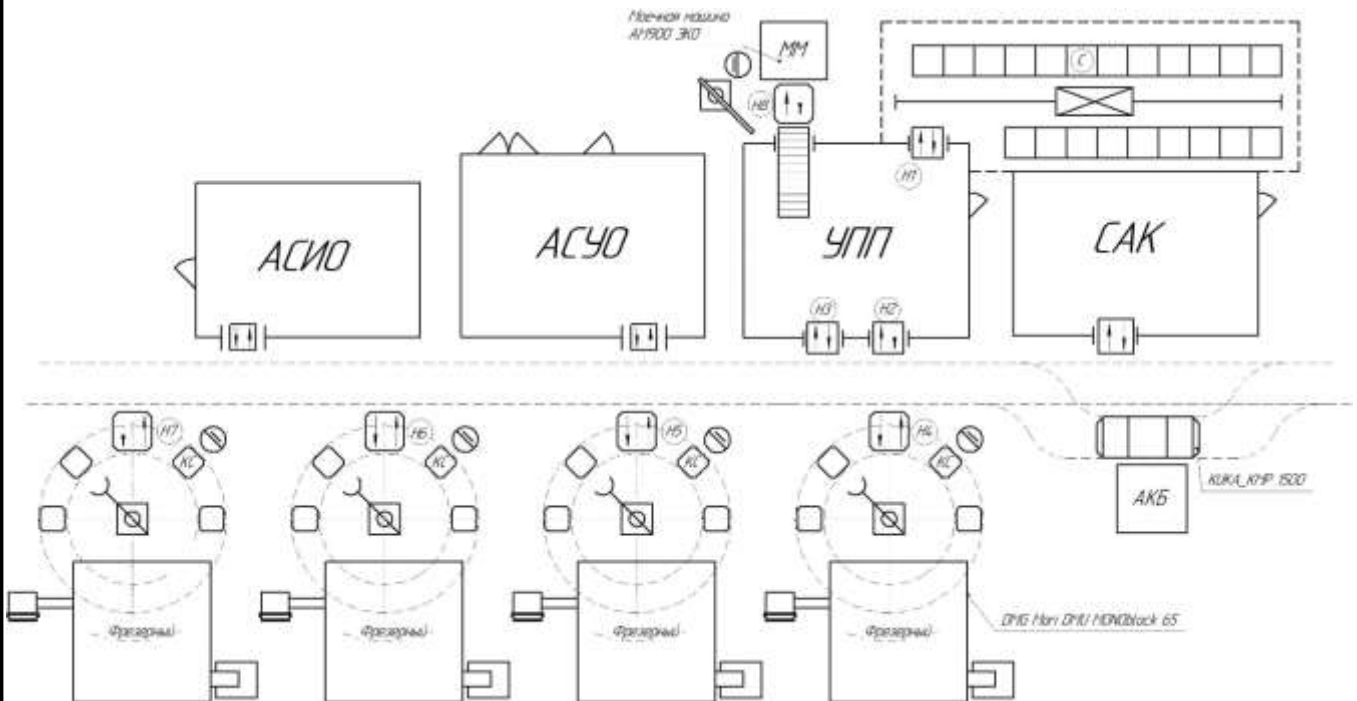


Рисунок 68 – Схема расположения станков линейной компоновкой оборудования

Таблица 19 – матрица перемещений для схемы расположения станков с линейной компоновкой

	С	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8
--	---	----	----	----	----	----	----	----	----

С		130							
Н1	130		0						
Н2					0	98,5	197	295,5	0
Н3		0	0						
Н4				25					
Н5				73,5					
Н6				172					
Н7				270,5					
Н8		0							

Суммарное перемещение при такой компоновке ГПУ равно $l=1392$ мм, учитывая масштаб схемы 1:50: $L=69,6$ м

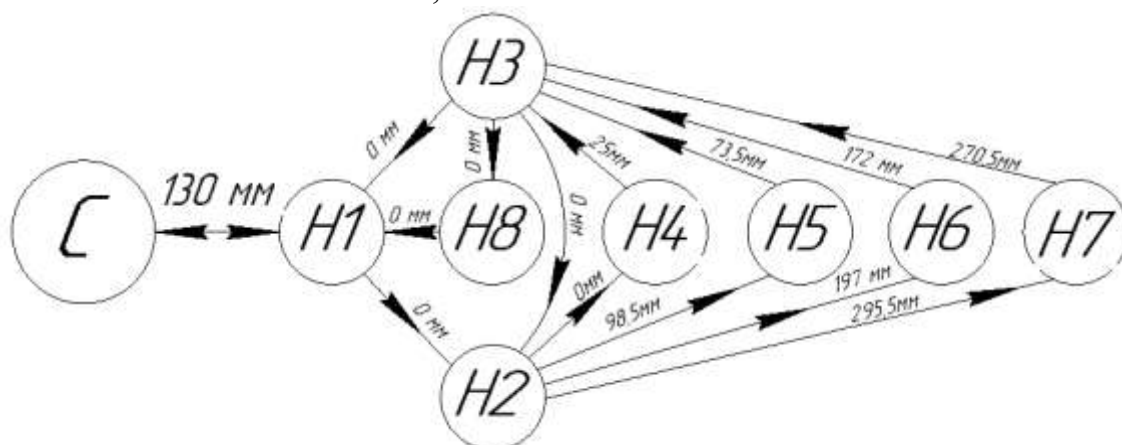


Рисунок 69 – Граф перемещений детали в транспортной системе с линейной компоновкой оборудования

Исходя из расчетов, выбрана схема расположения станков с линейной компоновкой оборудования.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

К вспомогательному относится оборудование, которое содействует процессу производства, но не влияет на свойства, передаваемые изделию. К вспомогательному оборудованию относятся транспортные механизмы, промышленные роботы, моечные машины и др.

Для транспортировки паллет между станками выбрана мобильная платформа КУКА КМР 1500 (рисунок 70). Характеристики платформы приведены в таблице 20.



Рисунок 70 – КМР 1500

Таблица 20 – характеристики КМР 1500

Параметры	Значения параметров
Габаритные размеры	
-длина (мм)	2000
-ширина (мм)	800
-высота (мм)	470
Максимальная нагрузка, кг	1500
Скорость передвижения, мм/с	1
Погрешность позиционирования (мм)	± 5
Масса платформы (кг)	935
Минимальное время работы от 1 заряда батареи (ч)	4
Время полного заряда батареи (ч)	1

Основные плюсы использования КМР 1500:

- 1) высокая мобильность благодаря использованию колёс Илона;
- 2) минимальные затраты времени на подзарядку;
- 3) низкая погрешность позиционирования;

Для установки паллет на стол станка был разработан механизм, чертёж которого представлен на рисунке 71.

4.3.1 Расчет числа кранов-штабелёров

Для определения необходимого количества мобильных платформ КУКА КМР 1500, необходимо произвести расчёт коэффициента загрузки транспортного механизма по формуле:

$$K_{шт.1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{ТМ} \cdot 60'}$$

где $T_{обсл}$ – суммарное время работы крана, мин.

$\Phi_{ТМ}$ – фонд работы транспортного механизма, ч.

Расчёт суммарного времени $T_{обсл}$ работы крана производится по формуле:

$$T_{обсл} = K_{стел-н} \cdot t_{стел-н},$$

где $K_{стел-н}$ – количество перемещений между накопителем и стеллажом, $t_{стел-н}$ – среднее время на перемещение детали или заготовки с накопителя на стеллаж и обратно в минутах.

$$t_{стел-н} = t_1 + t_2,$$

где t_1 – время, затрачиваемое на перемещение крана к нужной ячейке стеллажа и взятие заготовки в минутах, t_2 – время, затрачиваемое на перемещение детали или заготовки со стеллажа к накопителю в минутах.

$$t_1 = t_k + t_{под} + t_{в.с},$$

$$t_2 = t_k + t_{под} + t_{п.с},$$

где t_k – время на расчёт и передачу команды от систем управления краном к устройству ЧПУ транспортного механизма в минутах, принято $t_k = 0,01$ мин.

$t_{в.с}$ – время, затрачиваемое на взятие заготовки из ячейки стеллажа в минутах. $t_{п.с}$ – время, затрачиваемое на установку заготовки в накопитель в минутах. Принято $t_{в.с} = t_{п.с} = 0,2$ мин. $t_{под}$ – время, затрачиваемое на подход крана к заданной ячейке в минутах, рассчитывается по формуле:

$$t_{под} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y},$$

где L_x и L_y – среднее расстояние пройденное краном по горизонтали и вертикали при подходе к ячейке в метрах. V_x и V_y – скорость передвижения крана соответственно по горизонтали и вертикали, М/мин.

Приняты следующие значения:

$$V_x = 60 \frac{\text{М}}{\text{МИН}};$$

$$V_y = 6 \frac{\text{М}}{\text{МИН}};$$

$$L_x = 2,6 \text{ мм};$$

$$L_y = 1,4 \text{ мм};$$

Тогда время на подход крана к заданной ячейке:

$$t_{под} = \frac{2,6}{60} + \frac{1,4}{6}, = 0,27 \text{ мин}$$

Среднее время на перемещение детали или заготовки с накопителя на стеллаж и обратно

Таким образом исходя из полученного значения $K_{шт.1} < 1$, принято количество мобильных платформ равное 1.

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Крышка уравнивающего механизма». Деталь устанавливается на станок с паллетой-спутником на которую она устанавливается на участке подготовки производства (УПП).

									Лист
									79
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2019.361 ПЗ

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Под охраной труда подразумевают обеспечение безопасных и безвредных условий труда всеми доступными средствами.

Вредный производственный фактор – это фактор среды или трудового процесса, влияние которого на работника при определённых условиях, таких как интенсивность или продолжительность воздействия, может вызвать профессиональное заболевание, постоянное или временное снижение работоспособности, повысить частоту соматических или инфекционных заболеваний. К ним относятся химические, физические, биологические и психофизические факторы.

По действующему трудовому законодательству работник имеет следующие права на охрану труда:

- Отсутствие в трудовом договоре положений, которые противоречат нормативно-правовым актам по охране труда или законам;
- Невозможность выполнения определённого рода работы, противопоказанной по состоянию здоровья (при наличии соответствующего заключения);
- Допуск к выполнению работ повышенной опасности только при наличии заключения психофизиологической экспертизы;
- Обязательное государственное социальное страхование от несчастных случаев;
- Право не выполнять работу, связанную с явной опасностью для жизни;

Лица, в служебные обязанности которых входит организация безопасного выполнения работ, в начале исполнения своих обязанностей и в последующем раз в три года, обязаны проходить обучение и проверку знаний по вопросам охраны труда. Также в их обязанности входит разработка инструкции по охране труда для каждого вида выполняемой работы или по профессии. Такой перечень инструкций должен утверждаться у руководителя предприятием.

Согласно статье 153 КЗоТ и ЗУ «Об охране труда», требованиям нормативных актов об охране труда должны соответствовать:

- условия труда на рабочем месте;
- Безопасность технологических процессов машин, механизмов, оборудования и других средств производства;
- Состояние средств коллективной и индивидуальной защиты;

										Лист
										81
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					150305.2019.361 ПЗ	

Производственные помещения подразделяются на сухие, влажные, пыльные, нормальные, сырые и т.д. Исходя из данной классификации можно разделить все помещения по степени электроопасности на следующие виды:

- Особо опасные. Помещения имеющие особо высокую сырость, запыленность, загазованность и т.д.;
- С повышенной опасностью. Характерны следующие факторы: пыль, высокая температура, сырость и т.д.;
- Без повышенной опасности. В помещениях без повышенной опасности.

Во избежание возможных инцидентов, связанных с поражением током проводятся мероприятия по электробезопасности.

Мероприятия по электробезопасности разделяют на индивидуальные и общие. К общим средствам защиты относятся:

- Защитное заземление создаёт электроконтакт между электрооборудованием и землёй, для чего в землю на глубину 1,5-2,5 м забиваются металлические стержни диаметром 25-50 мм, соединённые между собой. К этим стержням подсоединяют корпуса электрооборудования с помощью болтов или сварки. Так же заземлителем может выступать арматура железобетонных зданий.
- Защитное зануление применяется в электросистемах с напряжением до 1000 В, в сетях с заземляющей нейтралью. Данный способ представляет собой соединение корпуса оборудования с неоднократным заземлением нулевым проводом. В случае пробоя происходит короткое замыкание, через предохранитель проходит большой ток, который может вызвать перегорание предохранителя или отключить автоматический переключатель. В результате оборудование обесточивается и прикосновение к нему становится безопасным.
- Защитное отключение – самый совершенный способ защиты, применяется при любых напряжениях в сети. В случае замыкания оборудования срабатывает специальное автоматическое приспособление в котором при появлении напряжения на зажимах электромагнитной катушки моментально срабатывают выключатели.

										Лист
										83
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- Огнеупорные стенки с высоким пределом стойкости к огню, которая пересекает здание поперёк или вдоль. Обычно устанавливается на фундамент и заканчивается чуть выше кровли, что мешает быстрому распространению пламени.

									Лист
									86
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2019.361 ПЗ				

ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В данной выпускной квалификационной работе проанализирован действующий технологический процесс, выявлены его недостатки и разработан проектный вариант. Для проектного варианта был выбран способ получения заготовки (литьё в кокиль), позволяющее автоматизировать и ускорить процесс литья, снизив при этом припуски на обработку, рассчитанные с помощью размерно-точностного анализа, выбрано основное технологическое оборудование (универсальный обрабатывающий центр фирмы DMG: DMU 65 monoBLOCK), обладающее наклонно-поворотным столом, что позволяет обрабатывать деталь в разных положениях за один установ и снизить количество операций. В конструкторской части были проанализированы и выбраны: станочная оснастка, стандартный режущий инструмент, спроектировано и рассчитано специальное станочное оборудование, спроектирован и рассчитан специальный режущий инструмент, а также спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

По итогам проделанной работы на основании результатов расчётов режимов резания и норм времени, было уменьшено штучное время на обработку детали на 13%, снижен расход материала на 13%. Учитывая все расчётные данные была сформирована операционно-маршрутная технология

									Лист
									87
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2019.361 ПЗ				

