

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____/ А.В. Прохоров
« ___ » _____ 2018г.

Проектирование участка механической обработки детали
«Уголок» с разработкой
конструкторско-технологического оснащения
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.05.2018.004 ПЗ

Консультанты:
к.т.н., доцент

_____/ Д.В. Ардашев
« ___ » _____ 2018г.

доцент

_____/ В.В. Ахлюстина
« ___ » _____ 2018г.

ст. преподаватель

_____/ А.В. Акинцева
« ___ » _____ 2018г.

Руководитель работы
к.т.н., доцент

_____/ В.В. Ахлюстина
« ___ » _____ 2018г.

Автор работы

студент группы ДО – 449
_____/ Л.С. Максимов
« ___ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер
ст. преподаватель

_____/ Л.А. Силаева
« ___ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Общая часть	
1.1 Назначение и описание узла и работы детали в узле.....	9
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней.....	9
2 Технологическая часть	
2.1 Анализ технологичности детали.....	12
2.2 Анализ действующего технологического процесса	
2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса.....	13
2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки.....	18
2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса.....	24
2.2.4 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса.....	26
2.3 Разработка проектного технологического процесса	
2.3.1 Разработка маршрута проектного техпроцесса.....	28
2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса.....	29
2.3.3 Выбор исходной заготовки.....	29
2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса.....	34
2.3.5 Размерный анализ проектного техпроцесса.....	37
2.3.6 Расчет режимов резания.....	38
2.3.7 Расчет потребного количества оборудования.....	70
2.4 Описание планировки участка.....	71
3 Конструкторская часть	
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	79
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	87
3.3 Описание работы контрольного приспособления.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является:

1) Полный анализ действующего технологического процесса, документации, применяемого оборудования, инструмента и оснастки.

2) Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Уголок», зажимного и контрольного приспособления, для операций контроля. Расчет промежуточных операционных размеров, а также размеров заготовки, основываясь на размерных цепях. Выбор метода её получения, и расчет режимов резания на операции механической обработки. Проектирование специального участка механической обработки.

Машиностроение — главная отрасль мировой промышленности. Развитие машиностроения во многом определяет в целом уровень развития той или иной страны. В этой отрасли наиболее заметен разрыв между развитыми и развивающимися странами. Общие особенности машиностроения:

Технология машиностроения - наука, занимающаяся изучением закономерностей процессов изготовления машин с целью использования результатов исследований для обеспечения выпуска машин заданного качества, в установленном производственном производственной программой количестве и при наименьших экономических затратах.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Оно занимает первое место по числу занятых (80 млн. чел.). Особенно высокой трудоемкостью отличаются приборостроение, электротехническая и аэрокосмическая промышленность, атомное машиностроение и другие отрасли, выпускающие сложную технику. В связи с этим одним из главных условий размещения машиностроения является обеспечение его квалифицированной рабочей силой, наличие определенного уровня производственной культуры, центров научных исследований и разработок. Близость к сырьевой базе важна лишь для некоторых отраслей тяжелого машиностроения (производство металлургического, горно-шахтного оборудования, котлостроение и др.).

Машиностроение – одна из самых наукоемких отраслей промышленности. Достижения НТП внедряются прежде всего в производствах данной отрасли.

Машиностроение имеет самый сложный отраслевой состав (более 300 различных производств), который постоянно меняется. Новейшие отрасли быстро переходят в новые, а затем становятся уже старыми. В мире имеется громадный спрос на продукцию машиностроения, который постоянно увеличивается.

Машиностроение имеет самый большой, постоянно расширяющийся ассортимент выпускаемой продукции (несколько миллионов наименований). При этом продукция отрасли различна по массовости выпуска (например, самолетов – около 1 тыс. в год, металлорежущих станков – 1,2 млн, тракторов – 1,3 млн, автомобилей – 40-50 млн, электронной техники – 150 млн, часов – 1 млрд штук). Различные отрасли машиностроения предъявляют различные требования к сырью. При этом наблюдается тенденция уменьшения доли продукции черной металлургии, а увеличения доли продукции цветной металлургии и химической промышленности. Машиностроение занимает ведущее место в международных экономических связях (38% от стоимости всех товаров международной торговли). Например, машиностроение обеспечивает 2/3 экспорта Японии и экспорта таких стран, как США и Германия. Машиностроение в наибольшей степени способствует углублению специализации и кооперации в мировом хозяйстве.

В связи с вступлением России в новые мировые рыночные отношения, в машиностроении на первое место стали выходить такие понятия, как производи-

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

тельность и себестоимость. На решение этих главных задач направленно применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхности детали машины, повышение полноты использования минерального сырья и увеличение извлечения из него полезных составляющих, сокращение отходов и потерь металлоконструкций за счет замены технологических процессов основанных на резании металла на экономичные методы формообразования, сокращения затрат времени на обработку и количества основных рабочих.

Если рассматривать современное состояние проектирования и изготовления машиностроительных изделий, то можно отметить несколько направлений решения этой проблемы: развитие системы модульного проектирования на базе типизации, унификации и стандартизации; широкое использование ЭВМ, организация обмена опытом между различными отраслями машиностроения.

Творческая разработка и выполнение современных технических требований к технологической подготовке производства узлов и деталей машин сводится тщательному анализу служебного назначения и условий эксплуатации узла или детали, на которые разрабатывается технологический процесс, а также себестоимость изготовления, как основного показателя затрат общественного труда.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и описание узла и работы детали в узле

Представленная деталь – уголок. Деталь “уголок” - это металлическая конструкция изогнутого типа, которая служит основой для надежного крепления или соединения деталей между собой и используется в приборостроении. В данном узле он служит для обеспечения точной работы в разных плоскостях других деталей, закрепленных на этом уголке, то есть работа в координатах.

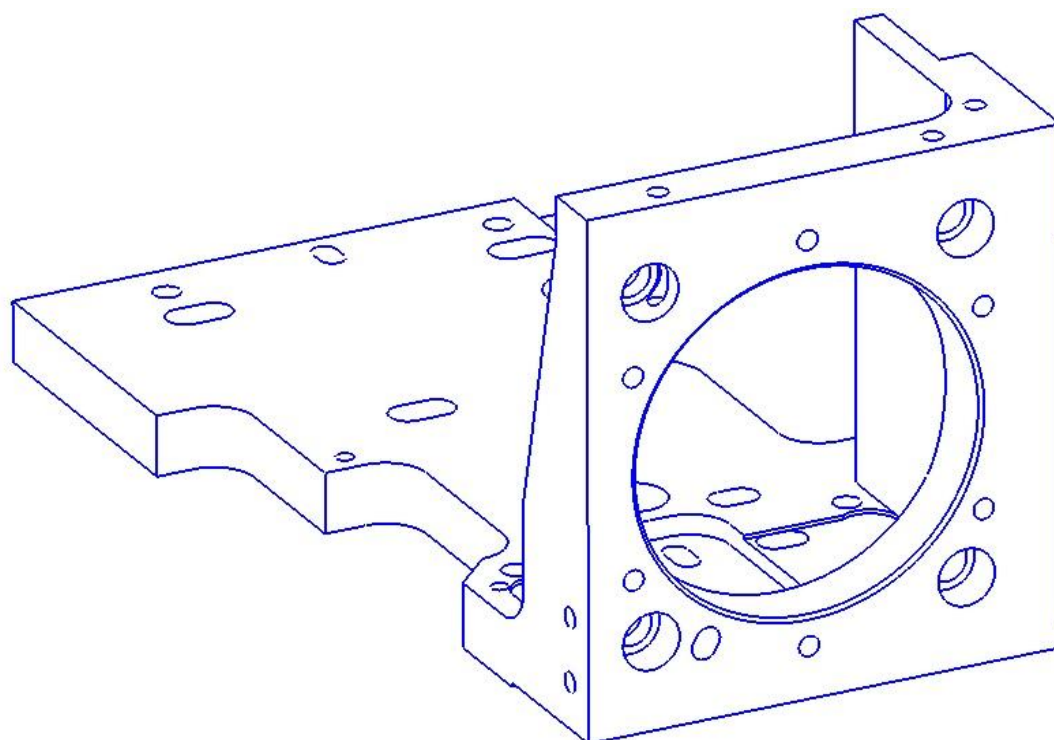


Рисунок 1 – Деталь «Уголок»

1.2 Служебное назначение детали и технические требования

Корпусные детали в большинстве случаев являются базовыми деталями, на которые монтируют отдельные сборочные единицы и детали, соединяемые между собой с требуемой точностью относительного положения. Корпусные детали должны обеспечить постоянство точности относительного положения деталей и механизмов как в статическом состоянии, так и в процессе эксплуатации машин.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Технические требования регламентируются как параметры точности изготовления поверхностей детали. Поэтому на чертеже детали, исходя из её служебного назначения в узле, задан не только материал, размеры, их допустимые отклонения, но и все технические требования, которые необходимо выполнить при изготовлении данной детали.

Основной конструкторской базой данной детали является основание, так как оно определяет её положение в изделии. Вспомогательной базой являются отверстия, посредством которых корпус крепится и определяет положение присоединенной к нему детали.

Выбранные высотные параметры шероховатости соответствуют служебному назначению заданной детали.

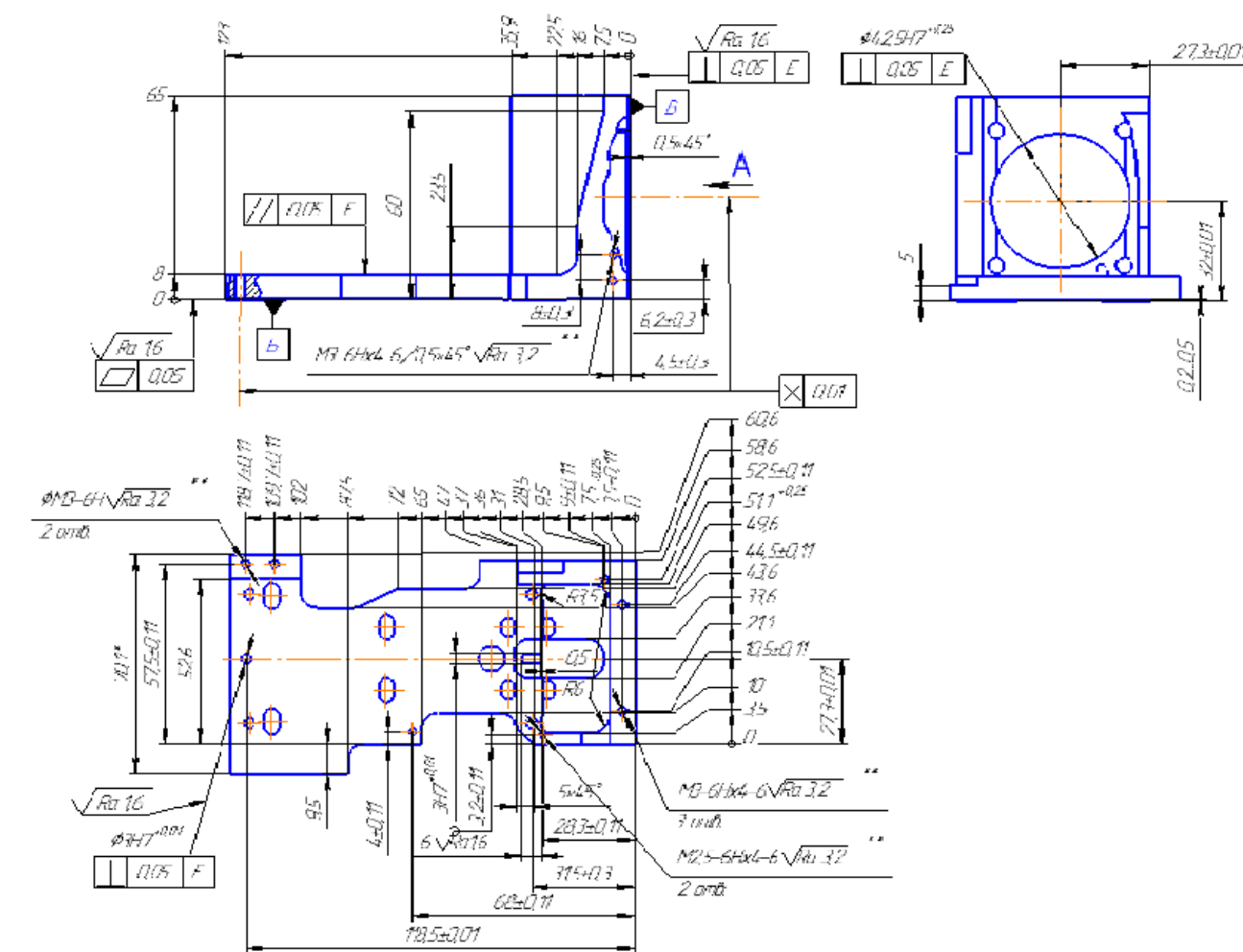


Рисунок 2 – Эскиз детали

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2018.004.00 ПЗ ВКР				

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых партиями и сравнительно большим объемом выпуска. Поэтому для участка серийного производства необходимо подобрать номенклатуру обрабатываемых деталей. Номенклатура подбирается в зависимости от конфигурации и размеров деталей, а также от материала заготовок.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ технологичности детали

Целью такого анализа является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Обработка поверхностей производится различными инструментами: резцы, фрезы, сверла, метчики всё это многообразие инструментов указывает на не технологичность детали.

Для детали уголок, заготовкой служит разрезанная плита с габаритными размерами 1200x1300 мм, из сплава ВТ1-0, что приводит к большому и нерациональному расходу материала в стружку.

Материал ВТ1-0 имеет прочность к коррозии легкость. Температура плавления 1668. Высокая механическая плотность. У оборудования в гальваническом производстве большой срок службы из этого материала. Также не реагирует на резкий перепад температуры и легко полируется.

Точность и шероховатость большинство поверхностей получаются на комплексных операциях. С точки зрения механической обработки деталь имеет следующие недостатки в отношении технологичности.

Значительные трудности вызывает обработка крепежных отверстий, так как они расположены близко относительно друг друга – в большинстве случаев на расстоянии менее 25 мм, так же многие крепежные отверстия заданы угловыми размерами, что делает невозможной их одновременную обработку.

В целом деталь технологична и проста по конструкции. Остальные обрабатываемые поверхности не представляют значительных технологических трудностей, позволяют вести обработку на проход и допускают применение высокопроизводительных режимов обработки.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2.2 Анализ действующего технологического процесса

2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса

Анализ маршрутных карт

На АО «Радиозавод» в настоящее время объем продукции сократился и выпуск данной детали сведен к мелкосерийному производству. На многие изделия отсутствует технологический процесс. В случае с данной деталью «уголок» имеется «маршрутный техпроцесс» где перечислены только операции с переходами, написанными от руки. Указаны все отклонения на размеры, количество проходов инструмента, а так же сделаны ссылки на чертеж детали с указанием видов и сечений. Оборудование не указано, отсутствуют указания по набору инструмента. Отсутствуют маршрутные, операционные и контрольные карты, так же нет операционных эскизов, следовательно, качество оформления технологической документации – неудовлетворительное.

В маршрутной технологии предусмотрены следующие операции:

Операция 005 – Заготовительная

Данная операция производится на строгальном станке 7А110. Плиту разрезают на полосы 170x135x3000

Операция 010 – Заготовительная

Данная операция производится на ленточнопильном станке по металлу «PEGASUS». Полосы разрезаются на заготовки в размере 70x75x130 согласно эскизу.

Операция 015 – контроль

Операция 020 – Стабилизация

Производится по ГОСТу 17535-77

Операция 025 – Фрезерование

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50

Операция 030 – Слесарная

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Выполняется вручную слесарем на верстаке с применением напильника, зачищаются все острые кромки по контуру детали.

Операция 035 – контроль

Операция 040- стабилизация 2

Производится по ГОСТу 17535-77

Операция 045 – Фрезерная

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50

Операция 050 – Слесарная

Операция 055 – Фрезерная

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50 по программе №2

Операция 060 – Фрезерная

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50 фрезой Ø80 по программе №5

Операция 065 – Фрезерная

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50 по программе №4

Операция 070 – моечная

Очищение детали после выполнения программ №5-4

Операция 075 – Слесарная

Выполняется вручную слесарем на верстаке с применением напильника, зачищаются все острые кромки по контуру детали.

Операция 080 – Шлифовальная

Деталь обрабатывается на станке JC-510CM

Операция 85 – Фрезерная

Осуществляется на станке с программным числовым управлением Leadwell V50 по программе №6

Операция 090 – Слесарная

Операция 095 – Контрольная

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Проверяем размеры детали и отверстия, их координаты, фаски, плоскостность, перпендикулярность, параллельность, визуальное отсутствие заусенцев

Операция 100 – Координатная

Осуществляется на станке 2E450AФ30

Операция 105 – Слесарная

Операция 110 – контрольная

Проверяем размеры детали и отверстия, их координаты, фаски, плоскостность, перпендикулярность, параллельность, визуальное отсутствие заусенцев

Операция 115 – покрытие

Деталь обрабатывается по ТУ

Вывод: деталь обрабатывается как на станке с ЧПУ, так и на специальных станках. Много переходов и операций.

Анализ карт эскизов.

Карта эскизов составлена в форме 7а, для формата А4 с горизонтальным расположением поля подшивки. При разработке КЭ графу 3 основной надписи не заполняют.

При разработке одной КЭ к нескольким операциям графы 8 — 11 основной надписи не заполняют, а номера операций в этом случае проставляют:

—при одном общем эскизе к нескольким операциям — под основной надписью;

—при нескольких эскизах — над каждым эскизом.

Вывод : карты эскизов составлены согласно ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения.

Анализ карт контроля в предлагаемом техническом процессе представлен не был.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

Ленточнопильный станок «PEGASUS»



Рисунок 3 – Ленточнопильный станок «PEGASUS»

Ленточнопильный станок «PEGASUS» предназначен для резания заготовок, как из черных, так и из цветных металлов, различной формы и размеров. Данный станок состоит из пильной рамы, имеющей два шкива на которых закреплена ленточная пила. Тип ленточной пилы и шаг зубьев выбирается в соответствии с разрезаемым материалом. Тиски зажимают заготовку, которую необходимо разрезать. Пильная рама поворачивается вдоль режущей плоскости для распила под определенным углом. Корпус станка состоит из станины. Перемещение движущейся части тисков и повороты пильной рамы вниз и вверх, а так же зажим и ослабление тисков осуществляется при помощи гидравлической системы, используя кнопки. Ленточная пила в зоне резания движется между двумя направляющими, с закрепленными в них опорными роликами и твердосплавными пластинами. Верхняя (подвижная) направляющая позволяет регулировать размер выступающей части режущей кромки пилы.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Движение ленточной пилы приводится электродвигателем при помощи механического вариатора, подсоединенного к ведущему шкиву. Движение включается нажатием кнопки, движение автоматически прекращается по окончании резания, когда срабатывает концевой выключатель. Кожух, закрепленный на нижней части пильной рамы, защищает ленточную пилу и шкивы ленточной пилы.

Таблица 5.1 – Технические характеристики станка «PEGASUS»

Вес, кг	850
Габаритные размеры, мм	1300 x2150 x1600
Главный двигатель, кВт	2,2
Двигатель насоса для подачи смазочно-охлаждающей эмульсии, кВт	0,037
Двигатель гидравлического насоса, кВт	0,37
Скорость ленточной пилы, м/мин	от 16 до 80
Размер ленточной пилы, мм	4120(± 5)x 34x 1,1
Стандартное электрическое напряжение, В	400
Стандартная электрическая частота, Гц	50

Leadwell V50 Вертикальный обрабатывающий центр



Рисунок 4 – Станок Leadwell V50

Таблица 5.2 – Технические характеристики Leadwell V50 вертикального обрабатывающего центра:

Продольный ход X	1270 мм
Поперечный ход Y	510 мм
Вертикальный ход Z	610 мм
ЧПУ	

Координатно расточной станок 2E450AФ30



Рисунок 5 - Станок 2E450AФ30

Таблица 5.3 – Технические характеристики координатно расточного станка 2E450AФ30

Расстояние от оси шпинделя до стойки (вылет шпинделя), мм	710
Рабочая поверхность стола, мм	1120 x 630
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	600
Наибольшее перемещение стола, мм	
Продольное	1000
поперечное	630
Число скоростей перемещения стола и салазок шпиндельной бабки	14

Число скоростей шпинделя, об/мин	25
Частота вращения шпинделя, об/мин	10...2500
Число рабочих подач шпинделя, мм	30
Диаметр гильзы шпинделя, мм	140
Внутренний конус шпинделя	Конус 45, 7:24
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Н*м	200
Мощность двигателя главного привода, кВт	7,2
Скорость (ускоренная) перемещения стола и бабки, мм/мин	935
Габаритные размеры станка, мм	2800 x 3000 x 3000
Масса станка, кг	7900

Вывод: в производстве детали «уголок» видно, что задействованное оборудование является устаревшим и менее эффективным по сравнению с современными аналогами. В процессе обработки происходит множество переустановок детали, что приводит к возникновению погрешностей установки и базирования. Это сказывается на качестве изготовления детали, возникает необходимость промежуточного контроля выполнения размеров на операции, что приводит к увеличению времени обработки, а соответственно и к повышению затрат на изготовление детали.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

В маршрутной карте, которая имеется на данном производстве для детали «уголок» не указано, каким именно инструментом будет вестись обработка. В результате анализа режущего инструмента, применяемый в процессе обработки, видно, что весь инструмент стандартный, без применения сменных твёрдосплавных пластин, что вызывает повышенный расход инструментального материала, частую смену инструмента и необходимость заточных операций.

Станочным приспособлением в машиностроении называют дополнительное устройство к металлорежущим станкам, предназначенное для базирования и закрепления заготовки, обрабатываемых на этих станках. Такие приспособления необходимы для закрепления заготовки на станках в требуемом положении относительно режущих инструментов. На фрезерных станках чаще всего применяют различного вида тиски.

При изготовлении данной детали «уголок» использовались тиски станочные с ручным приводом предназначены для закрепления заготовок при механической обработке на металлорежущих станках.

Установка тисков станочных на столе станка производится с помощью шпонок, крепление — с помощью прихватов. Конструкция неповоротных тисков станочных позволяет производить установку нескольких тисков рядом друг с другом, а также на три взаимно перпендикулярные опорные поверхности (нижнюю, боковые). Высокая твердость рабочих поверхностей обеспечивает долговечность тисков станочных с сохранением точности. В станочных тисках имеется встроенный подшипник и ломающаяся рукоятка.

Из анализа применяемого приспособления видно, что используемая на участке оснастка нуждается в некотором совершенствовании, приспособления не автоматизированы, что увеличивает время на установку и закрепление детали, так же в большом объеме применяется ручной труд.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

2.2.3. Размерный анализ действующего техпроцесса

Обратная (проверочная) задача

Составим и решим уравнения замыкающих звеньев:

$$\Delta 1 = 47,5^{+0,2} - 25_{-0,2} = 27^{0,4}$$

$$\Delta 2 = 85^{+0,25} - 25_{-0,2} = 60^{0,45}$$

Составим и решим уравнения припусков для действующего технологического процесса:

$$Z_{min} = Rz + Df = 160 + 150 = 310 \text{ мкм} = 3,1 \text{ мм}$$

$$Z1 = 105,5_{-0,175}^{+0,175} - 102^{+0,25} = 3,5_{-0,425}^{+0,175}$$

Следовательно брака не будет

$$Z_{min2} = Rz + Df = 0,036$$

$$Z2 = 102^{0,25} - 40^{0,2} - 62_{-0,17} = 0_{-0,2}^{0,43}$$

Будет брак, так как $Z2 < Z_{min2}$

$$Z3 + Z4 = 40^{0,2} - 15^{0,06} - 25_{-0,2} = 0_{-0,06}^{0,4}$$

Будет брак, так как $Z3 + Z4 < 2 * Z_{min2}$

Вывод: представленный тех. процесс составлен не удачно, так как высока вероятность брака.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

2.2.4. Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса

В целом деталь технологична и проста по конструкции. Остальные обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и чистоты не представляют значительных технологических трудностей, позволяют вести обработку на проход и допускают применение высокопроизводительных режимов обработки.

В процессе анализа тех. процесса видно:

так как в качестве заготовки выбрали лист, то очень много материала уйдет в стружку.

деталь обрабатывается как на станке с ЧПУ, так и на специальных станках. Много переходов и операций .

представленный тех. процесс составлен не удачно, так как высока вероятность брака.

В результате анализа режущего инструмента, применяемый в процессе обработки, видно, что весь инструмент стандартный, без применения сменных твёрдосплавных пластин, что вызывает повышенный расход инструментального материала, частую смену инструмента и необходимость заточных операций.

Из анализа применяемого приспособления видно, что используемая на участке оснастка нуждается в некотором совершенствовании, приспособления не автоматизированы, что увеличивает время на установку и закрепление детали, так же в большом объеме применяется ручной труд.

Выше были описаны недостатки базового техпроцесса, которые значительно повышают себестоимость детали. Поэтому при разработке проектного техпроцесса необходимо выполнить следующие требования:

Перейти от единичного производства к серийному.

Заменить старое оборудование на новое с числовым программным управлением.

Использовать стандартный инструмент со сменными многогранными пластинами, что выгодно при серийном производстве.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Усовершенствовать техпроцесс, чтобы деталь обрабатывалась за меньшее количество операций, что повысит производительность и качество изготовления, а соответственно уменьшит затраты на производство.

Использовать как можно меньше приспособлений, которые в свою очередь должны быть универсальными, чтобы можно было использовать для других деталей.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2.3 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.3.1 Разработка маршрута проектного техпроцесса

№ операции	Название операции	Оборудование
000	Заготовительная	Оборудование для литья под давлением
005	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
010	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
015	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
020	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
025	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
030	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
035	Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ	станок с ЧПУ MCV-700N Siemens 828D-MB
040	Контроль	Стол контрольный

2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса

Серия monoBLOCK® NEXT GENERATION имеет конструкцию, которая подходит для применения в любой сфере: одновременная обработка по 5 осям, высоко динамичная высокоскоростная обработка, высокоэффективная обработка с высоким моментом или серийное производство деталей с обработкой по 3 - 5 осям.

Широкая сфера применения для обработки деталей диаметром до 1040 мм, высотой 590 мм и максимальной массой 1500 кг на поворотном/вращающемся столе, а также деталей размерами до 1200 × 1040 × 650 мм и максимальной массой 4000 кг на неподвижном столе.

Загрузка краном без ограничений сверху по центру стола в стандартном исполнении.

Доступ и удобство: дверь открывается на 1500 мм, загрузка инструмента спереди в течение основного времени и также полный доступ с передней части во время автоматизации.

Небольшая занимаемая площадь 11,6 м².

2.3.3 Выбор исходной заготовки

Методы получения заготовок определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а так же экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ её получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность обработки.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все перечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

В действующем технологическом процессе заготовкой служила разрезанная плита из сплава АМгб, что приводило к большому и нерациональному расходу материала в стружку. В связи с этим, предлагается заменить метод получения заготовки и материал для нее. Заготовку детали «Корпус» можно получить различными методами литья.

В нашем случае наиболее оптимальным вариантом получения заготовки является литье под давлением. Так как данным видом литья получают заготовки массой 0,1 – 20 кг. Из цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов. Также литье под давлением является одним из производительных способов и может быть рентабельной для определенного вида заготовок.

В качестве материала детали принимаем сплав АК12ч, так как он обладает высокой жидкотекучестью, малой усадкой и не склонен к образованию горячих и холодных трещин, широко применяется для литья под давлением, обладает хорошими литейными свойствами, имеет оптимальный химический состав и наиболее приемлемые механические свойства, что вполне удовлетворяет замене материала АМгб.

Сплав АК12ч (ГОСТ 1583–93) Буква А обозначает принадлежность данного сплава к алюминиевым сплавам, буква К обозначает содержание кремния и его количество в данном сплаве, буква ч - чистый.

Химический состав сплава АК12ч: алюминий (Al) – основа, кремний (Si) – 10-13%, примесей % не более: железо (Fe) – 0,50, марганец (Mn) – 0,40, кальций (Ca) – 0,08, титан (Ti) – 0,13, медь (Cu) – 0,02, цинк (Zr) – 0,06.

Механические свойства данного сплава: временное сопротивление - 157 МПа, относительное удлинение – 1,0%, твердость по Бринеллю – 50 НВ, также имеют высокую теплопрочность, коррозионную стойкость и хорошо работает при вибрационных нагрузках.

Расчет коэффициента использования металла произведем по формуле

$$K = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100\%$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

где m_1 – масса исходной заготовки: $m_1=0,90$ кг;

m_2 – масса получаемой детали: $m_2=0,71$ кг.

$$K = \frac{0,71}{0,90} \cdot 100\% = 79\%$$

Коэффициент использования материала достаточно высок, это говорит о том, что в стружку уходит 16 % материала, следовательно, выбранный способ получения исходной заготовки экономичен.

Литье под давлением занимает одно из ведущих мест в литейном производстве. Все направления развития литья под давлением можно условно разбить на три группы:

первая – литье с низкими скоростями впуска через толстые питатели, обеспечивающие заполнение сплошными потоками и эффективную подпрессовку; применяют для толстостенных отливок несложной конфигурации, к которым предъявляют высокие требования по прочности и герметичности;

вторая – литье с высокими скоростями впуска через тонкие питатели с образованием дисперсного заполнения; применяют для тонкостенных отливок сложной конфигурации, к которым предъявляют высокие требования по качеству поверхности и четкости рельефа;

третья – литье со средними скоростями впуска с образованием совмещенных турбулентных и дисперсных потоков; требует обязательной подпрессовки, применяют для отливок с неравномерной толщиной стенок; пористость в таких отливках уменьшают за счет установки фильтров, промывников или изменением газового режима пресс-форм.

В каждом из этих направлений возможно вакуумирование прессформ, для которого многими фирмами созданы специальные вакуумные машины с горячими и холодными камерами прессования.

Номенклатура отливок под давлением очень велика. Этим способом изготавливают отливки самой разнообразной конфигурации, со сложными криволинейными каналами и полостями, сложной конструкцией и многочисленными

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

отверстиями, с тонкими стенками и ребрами и малыми радиусами закругления, уменьшать припуски на последующую механическую обработку, получать заготовки с высокими механическими свойствами, максимально приближенные к форме и размерам готовой детали.

Таким образом, деталь – уголок, представляющий собой отливку угловой формы из сплава ВТ1-0 Отливка, довольно проста по конфигурации, получена литьем под давлением и припуски на обработку минимальны – 1 мм. на сторону, следовательно условию минимальной металлоемкости данная деталь удовлетворяет.

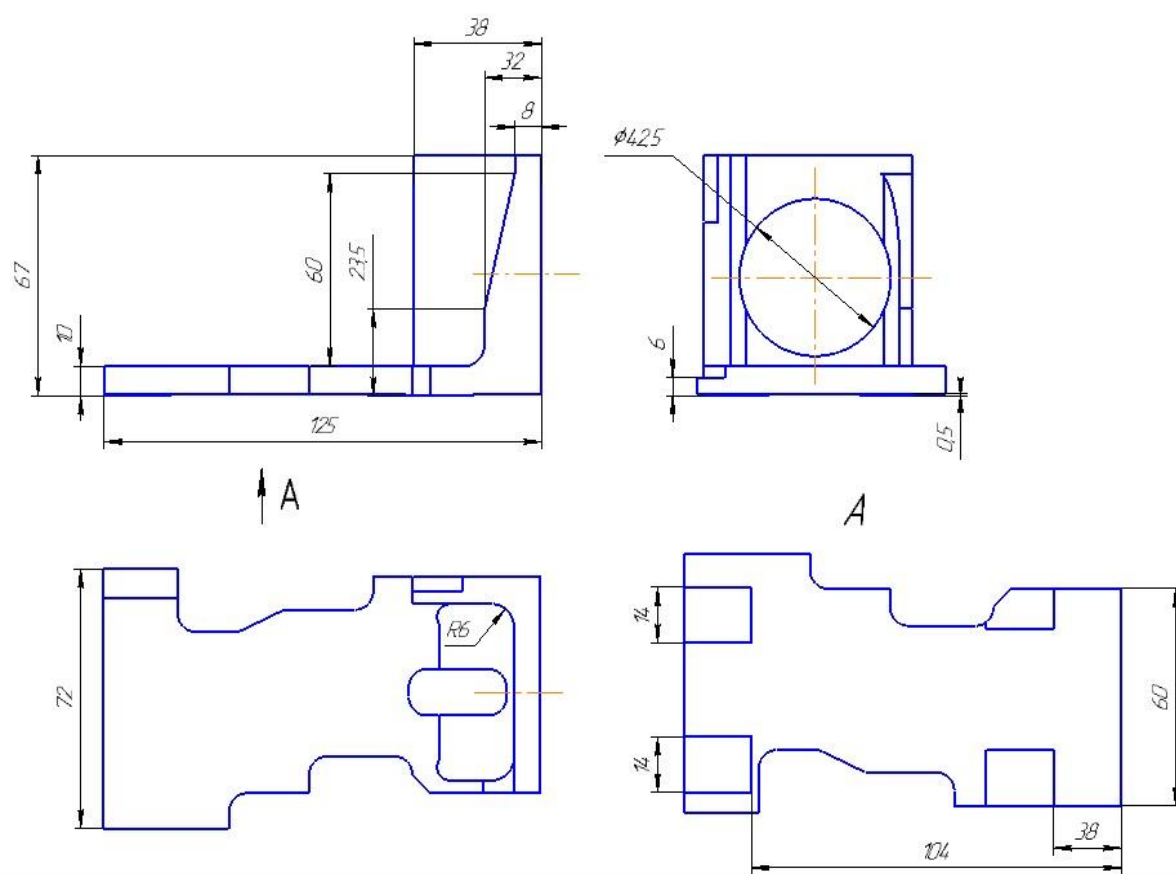
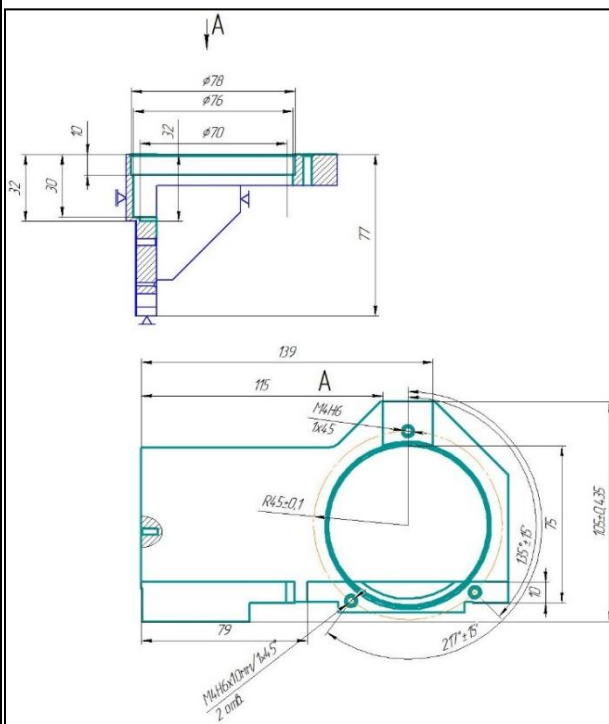


Рисунок 6 – Эскиз заготовки

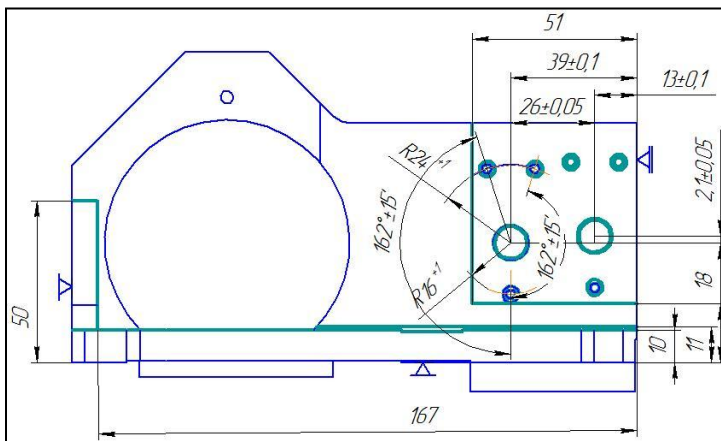
2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса

020 Фрезерная с ЧПУ



Выполняется на станке с ЧПУ DMU 85 monoBLOCK.. Производится чистовое фрезерование плоскостей и обнижений, расфрезерование отверстия, сверление и зенкерование отверстий, снятие фасок. В качестве режущего инструмента применяются: концевые фрезы со сменными многогранными пластинами ВКЗ ГОСТ 3882-80 и фрезы торцевые Р6М5 ГОСТ 26595-85, сверла центровочные Р6М5 ГОСТ 14952-75, сверла спиральные ВКЗ ГОСТ 10903-77, зенкер 2320-2401 ВКЗ ГОСТ 14953-69, зенкер 2321-2085 ГОСТ 14953-69, метчики ГОСТ 9150-81. В качестве измерительного инструмента применяются пробки, штангенциркуль, глубиномер и шаблоны. Заготовка устанавливается в тиски пневматические, базируясь на одну из стенок и боковым поверхностям корпуса.

025 Фрезерная с ЧПУ



Выполняется на станке с ЧПУ DMU 85 monoBLOCK. Производится чистовое фрезерование плоскостей и скоса на стенке отливки, сверление, развертка и зенкерование отверстий, снятие фасок. В качестве режущего инструмента применяются: концевые фрезы со сменными многогранными пластинами ВКЗ ГОСТ 3882-80, сверла центровочные Р6М5 ГОСТ 14952-75, сверла спиральные ВКЗ ГОСТ 10903-77, зенкер 2320-2401 ВКЗ ГОСТ 14953-69, зенкер 2321-2085 ГОСТ 14953-69, развертки Р6М5 ГОСТ 1672-71, метчики ГОСТ 9150-81. В качестве измерительного инструмента применяются пробки, штангенциркуль, глубиномер и шаблоны. Заготовка устанавливается в тиски пневматические, базируясь на боковые поверхности и основание корпуса

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

150305.2018.004.00 ПЗ ВКР

Лист

32

Продолжение таблицы 2.3.4

<p>030 Фрезерная с ЧПУ</p>		<p>Выполняется на станке с ЧПУ DMU 85 monoBLOCK. Производится чистовое фрезерование скоса на стенке отливки. В качестве режущего инструмента применяются концевая фреза со сменными многогранными пластинами ВКЗ ГОСТ 3882-80. В качестве измерительного инструмента применяются штангенциркуль и шаблоны. Заготовка устанавливается в тиски пневматические, базирясь на боковую поверхность и двум стенкам корпуса (рисунок 2.10).</p>
<p>035 Фрезерная с ЧПУ</p>		<p>Выполняется на станке с ЧПУ DMU 85 monoBLOCK. Производится чистовое фрезерование плоскости, сверление и зенкерование отверстия, снятие фаски и нарезание резьбы. В качестве режущего инструмента применяются: концевая фреза со сменными многогранными пластинами ВКЗ ГОСТ 3882-80, сверло центровочное Р6М5 ГОСТ 14952-75, сверло спиральное ВКЗ ГОСТ 10903-77, зенкер 2320-2401 ВКЗ ГОСТ 14953-69, метчик ГОСТ 9150-81. В качестве измерительного инструмента применяются пробки, штангенциркуль, глубиномер и шаблоны. Заготовка устанавливается в тиски пневматические, базирясь на боковую поверхность и две стенки корпуса</p>

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

2.3.5. Размерный анализ проектного техпроцесса

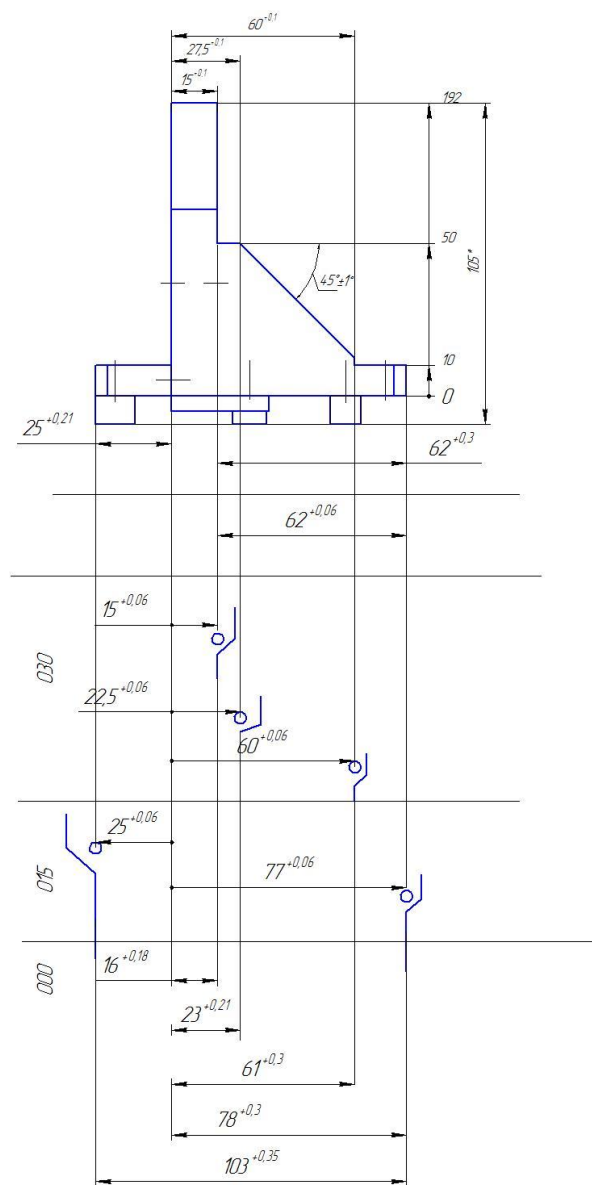


Рисунок 2.3.5 Размерная цепь

$$Zn2 = Zn3 = Zn1$$

$$Zn4 = 0,31 + 0,135 - 0,075 = 0,37$$

$$Zn5 = 0,31 + 0,165 + 0,105 = 0,57$$

$$A = Zn1 + 15^{0,06} = 15,31^{0,06} \approx 16$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$B = Zn2 + 2,25^{0.06} = 22,81^{0.06} \approx 23$$

$$B = Zn3 + 60^{0.06} = 60,31^{0.06} \approx 61^{0.06}$$

$$\Gamma = Zn4 + 102^{0.08} = 102,37^{0.08}$$

$$D = Zn5 + 102,37^{0.08} = 102,9^{0.08} \approx 103^{0.08}$$

2.3.6. Расчет режимов резания

Определим режимы резания для чистовой фрезерной операции 015 на станке DMU 85 моноBЛОК мощностью 15 кВт.

Фрезеруем поверхность (1).

T2 – фреза торцовая диаметром 80 с СМП ГОСТ 26595-85. Число зубьев у фрезы $z = 12$, ширина фрезерования $B = 51,5$ мм, глубина фрезерования $t = 1$ мм. Стойкость фрез $T = 90$ мин.

При фрезеровании различают подачу на зуб s_z , мм/зуб, подачу на один оборот фрезы s , мм/об, и минутную подачу s_M , мм/мин, которые связаны между собой формулой :

$$s_M = s \cdot n = s_z \cdot z \cdot n$$

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина её на один зуб s_z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы s , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб

$$s_z = \frac{s}{z}$$

Выбираем $s = 0,4$ мм/об.

$$s_z = \frac{0,4}{12} = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$V_{фр.} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

где D – диаметр фрезы, мм;

C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_v = 245$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

t – глубина резания, мм;

s_z – подача на зуб, мм/зуб;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания, $K_v = 0,8$;

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,25$, $x = 0,1$, $y = 0,2$, $u = 0,15$, $p = 0,1$, $m = 0,2$.

$$V_{фр.1} = \frac{245 \cdot 80^{0.25}}{90^{0.2} \cdot 1^{0.1} \cdot 0,03^{0.2} \cdot 51,5^{0.15} \cdot 12^{0.1}} \cdot 0,8 = 138,7 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения фрезы по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 138,7}{3,14 \cdot 80} = 552 \text{ об/мин}$$

$n_{ф} = 600$ об/мин — принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{мп.},$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{мп.}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания , $K_{мп.} = 0,74$;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

q, x, y, u, w – показатели степени, x = 0,86, y = 0,72, u = 1,0, q = 0,86, w = 0.

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 51,5^1 \cdot 12}{80^{0,86} \cdot 600^0} \cdot 0,74 = 322,6 \text{ Н}$$

Крутящий момент, вычисляем по формуле:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{322,6 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 129 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{ф}}}{60 \cdot 1020} = \frac{322,6 \cdot 151}{60 \cdot 1020} = 0,8 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 , определяем по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_{\text{ф}}} i = \frac{120}{0,4 \cdot 600} 1 = 0,5 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 102 + 9 + 9 = 120 \text{ мм.}$

Фрезеруем поверхность.

T2 – фреза торцовая диаметром 20 с СМП ГОСТ 26595-85. Число зубьев у фрезы z = 12, ширина фрезерования B = 123,5 мм, глубина фрезерования t = 5 мм. Стойкость фрез T = 90 мин.

Выбираем s = 0,4 мм/об.

$$s_z = \frac{0,4}{12} = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{\text{фр.}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где D – диаметр фрезы, мм;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_v = 245$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания, $K_v = 0,8$;

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,25, x = 0,1, y = 0,2, u = 0,15, p = 0,1, m = 0,2$.

$$V_{фр.1} = \frac{245 \cdot 80^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 0,03^{0,2} \cdot 123,5^{0,15} \cdot 12^{0,1}} \cdot 0,8 = 99,3 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения фрезы:

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 99,3}{3,14 \cdot 80} = 395 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 450$ об/мин – принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 123,5^1 \cdot 12}{80^{0,86} \cdot 450^0} \cdot 0,74 = 3094 \text{ Н}$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{мр.}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания, $K_{мр.} = 0,74$;

q, x, y, u, w – показатели степени, $x = 0,86, y = 0,72, u = 1,0, q = 0,86, w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3094 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 1238 \text{ Нм.}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{3094 \cdot 113}{60 \cdot 1020} = 5,7 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} i = \frac{223}{0,4 \cdot 450} 1 = 1,2 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 204 + 9 + 9 = 223 \text{ мм}$.

Фрезеруем поверхность .

T5 – фреза концевая диаметром 25 со сменными твердосплавными пластинами. Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 5 \text{ мм}$, глубина фрезерования $L = 25 \text{ мм}$. Стойкость фрезы $T = 90 \text{ мин}$.

Выбираем $s = 0,12 \text{ мм/об}$.

$$s_z = \frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ мм/зуб}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр.1} = \frac{185,5 \cdot 25^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 25^{0,3} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 75,3 \text{ м/мин}$$

где D – диаметр фрезы, мм;

C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_v = 185,5$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90 \text{ мин}$;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания, $K_v = 0,8$;

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы:

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 75,3}{3,14 \cdot 25} = 959 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 1000$ об/мин – принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 25^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 5^1 \cdot 2}{25^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 0,74 = 217 \text{ Н}$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{мр.}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания , $K_{мр.} = 0,74$;

q, x, y, u, w – показатели степени, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{217 \cdot 25}{2 \cdot 100} = 27 \text{ Н·м.}$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_{\Phi}}{60 \cdot 1020} = \frac{217 \cdot 78,5}{60 \cdot 1020} = 0,3 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_{\Phi}} i = \frac{587}{0,12 \cdot 1000} 1 = 4,8 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 568 + 9 + 9 = 587$ мм.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Фрезеруем контур детали.

T1 – фреза концевая диаметром 18 Т5К10 ГОСТ 26595-85. Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 10$ мм, глубина фрезерования $t = 1$ мм. Стойкость фрезы $T = 90$ мин.

Выбираем $s = 0,08$ мм/об.

$$s_z = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ мм/зуб.}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр.1} = \frac{185,5 \cdot 18^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,04^{0,2} \cdot 10^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 166 \text{ м/мин}$$

Где: C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки,

$$C_v = 185,5;$$

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания,

$$K_v = 0,8 ;$$

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы по формуле:

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 166}{3,14 \cdot 18} = 2937 \text{ об/мин}$$

$n\Phi = 2000$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 2}{18^{0,86} \cdot 2000^0} \cdot 0,74 = 28 \text{ Н}$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{\text{мр.}}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания, $K_{\text{мр.}} = 0,74$;

q, x, y, u, w – показатели степени, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{28 \cdot 18}{2 \cdot 100} = 2,52 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{60 \cdot 1020} = \frac{28 \cdot 113}{60 \cdot 1020} = 0,05 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_{\phi}} i = \frac{543}{0,04 \cdot 2000} 1 = 6,8 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 525 + 9 + 9 = 543$ мм.

Фрезеруем выборки.

T_1 – фреза концевая диаметром 18 Т5К10 ГОСТ 26595-85. Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 9$ мм, глубина фрезерования $t = 18$ мм.

Стойкость фрезы $T = 90$ мин.

Выбираем $s = 0,08$ мм/об.

$$s_z = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ мм/зуб.}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр.1} = \frac{185,5 \cdot 18^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 18^{0,3} \cdot 0,04^{0,2} \cdot 9^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 74 \text{ м/мин}$$

где C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_v = 185,5$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания, $K_v = 0,8$;

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы:

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 18} = 1315 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 1500$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 18^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 9^1 \cdot 2}{18^{0,86} \cdot 1500^0} \cdot 0,74 = 301 \text{ Н}$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{мр.}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания , $K_{мр.} = 0,74$;

q, x, y, u, w – показатели степени, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{301 \cdot 18}{2 \cdot 100} = 27 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{301 \cdot 85}{60 \cdot 1020} = 0,4 \text{ кВт}$$

Основное время T₀

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} i = \frac{131}{0,04 \cdot 1500} 1 = 2,2 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 113 + 9 + 9 = 131 \text{ мм}.$

Фрезеруем выборку R4 и скругления R8.

T3 – фреза концевая диаметром 8 Т5К10 ГОСТ 26595-85. Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 10 \text{ мм}$, глубина фрезерования $t = 1 \text{ мм}$. Стойкость фрезы $T = 90 \text{ мин}.$

Выбираем $s = 0,04 \text{ мм/об}.$

$$s_z = \frac{0,04}{2} = 0,02 \text{ мм/зуб}.$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр.1} = \frac{185,5 \cdot 8^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 10^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 74 \text{ м/мин}$$

где C_v – коэффициент, характеризующий материал и условия обработки, $C_v = 185,5$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90 \text{ мин}$;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания, $K_v = 0,8$;

q, x, y, u, p, m – показатели степени, $q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 8} = 2945 \text{ об/мин}$$

$n\Phi = 3000$ об/мин – принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 3000^0} \cdot 0,74 = 34 \text{ Н}$$

где C_p – постоянная резания, $C_p = 22,6$;

$K_{мр.}$ – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания , $K_{мр.} = 0,74$;

q, x, y, u, w – показатели степени, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{34 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 1,36 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_{\Phi}}{60 \cdot 1020} = \frac{34 \cdot 75}{60 \cdot 1020} = 0,04 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_0 = \frac{L_{p,x}}{S_o \cdot n_{\Phi}} \cdot i = \frac{68}{0,02 \cdot 3000} \cdot 1 = 1,1 \text{ мин}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 50 + 9 + 9 = 68$ мм.

Центруем 34 отверстия.

T4 – сверло центровочное диаметром 1 P6M5 ГОСТ 14952-75.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 1 = 0,5$ мм.

Подача $S_0 = 0,09$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 1^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} 1 = 80,6 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 36,3$; $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 80,6}{3,14 \cdot 1} = 25669 \text{ об/мин}$$

$n\Phi = 3000$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 3000}{1000} = 9,42 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 1^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 0,0075 \text{ Н·м}$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 1^2 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 1 = 17,64$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{0,0075 \cdot 3000}{9750} = 0,002 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} \cdot i = \frac{1}{0,09 \cdot 3000} \cdot 34 = 0,13 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 1 + 0 + 0 = 1$ мм,

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 0,5 \cdot \operatorname{ctg} 90 = 0.$$

Сверлим 6 отверстий диаметром 1,6 под М2-6Н.

Т6 – сверло спиральное диаметром 1,6 Р6М5 ГОСТ 10903-77.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 1,6 = 0,8$ мм.

Подача $S_0 = 0,09$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 1,6^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} 1 = 90 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 28,1$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 1,6} = 17914 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 3000$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n_{\Phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1,6 \cdot 3000}{1000} = 15 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 1,6^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 0,02 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 1,6^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 37,6 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_{\Phi}}{9750} = \frac{0,02 \cdot 3000}{9750} = 0,006 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_{\Phi}} = \frac{12}{0,09 \cdot 3000} = 0,04 \cdot 6 = 0,24 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 12$ мм.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Сверлим 6 отверстий под МЗ – 6Н, 4 отверстия под диаметр ЗК7, 2 отверстия под диаметр 4Н9.

Т7 – сверло ступенчатое диаметром 2,5 Р6М5.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 2,5 = 1,25$ мм.

Подача $S_0 = 0,09$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_V = \frac{36,3 \cdot 2,5^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} 1 = 105 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_V = K_M \cdot K_I \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 2,5} = 13376 \text{ об/мин}$$

$n_\Phi = 3000$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 3000}{1000} = 23,6 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 2,5^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 0,05 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 2,5^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 92 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{0,05 \cdot 3000}{9750} = 0,015 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_\Phi} = \frac{12}{0,09 \cdot 3000} + \frac{21}{0,09 \cdot 3000} = 0,04 \cdot (7 + 2) + 0,08 \cdot 4 = 0,68 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 12$ мм.

Развернуть 4 отверстия диаметром ЗК7.

Т8 – развертка машинная диаметром ЗК7, Р6М5 тип I ГОСТ 1672-71.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Глубина резания

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{3-2,5}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Подача $S_0 = 0,56$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V = \frac{23,2 \cdot 3^{0,2}}{20^{0,3} \cdot 0,25^{0,1} \cdot 0,56^{0,5}} 1 = 18 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 23,2$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,5$; $m = 0,3$.

$$K_V = K_M \cdot K_{II} \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 3} = 1910 \text{ об/мин}$$

$n_\phi = 2000$ об/мин — принимаем по паспорту станка.

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 2000}{1000} = 18,8 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \cdot K_p = \frac{17,2 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,09^{0,4} \cdot 3 \cdot 6}{2 \cdot 100} \cdot 1 = 0,15 \text{ Н·м}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\phi}{9750} = \frac{0,15 \cdot 2000}{9750} = 0,03 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} = \frac{21}{0,56 \cdot 2000} = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 19 + 1 + 1 = 21$ мм.

Развернуть 2 отверстия диаметром 4Н9.

T9 – развертка машинная диаметром 4Н9, Р6М5 тип I ГОСТ 1672–71.

Глубина резания

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{4-2,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

Подача $S_0 = 0,56 \text{ мм/об.}$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V = \frac{23,2 \cdot 4^{0,2}}{20^{0,3} \cdot 0,75^{0,1} \cdot 0,56^{0,5}} \cdot 1 = 16,6 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 23,2$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,5$; $m = 0,3$.

$$K_V = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,6}{3,14 \cdot 4} = 1321 \text{ об/мин}$$

$n_\Phi = 1400 \text{ об/мин}$ — принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1400}{1000} = 17,6 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \cdot K_p = \frac{17,2 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,09^{0,4} \cdot 4 \cdot 6}{2 \cdot 100} \cdot 1 = 0,6 \text{ Н·м}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{0,6 \cdot 1400}{9750} = 0,08 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} = \frac{12}{0,56 \cdot 1400} = 0,015 \cdot 2 = 0,03 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 10 + 1 + 1 = 12 \text{ мм.}$

Сверлим 9 отверстий диаметром 4 под заход фрезы в пазы.

T10 – сверло спиральное диаметром 4, Р6М5 ГОСТ 10903–77.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 4 = 2 \text{ мм.}$

Подача $S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 4^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,1^{0,55}} 1 = 113 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 113}{3,14 \cdot 4} = 8997 \text{ об/мин}$$

$n_\phi = 3000$ об/мин — принимаем по паспорту станка.

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 3000}{1000} = 37,7 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 4^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1 = 0,13 \text{ Н·м}$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 4^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1 = 251 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\phi}{9750} = \frac{0,13 \cdot 3000}{9750} = 0,04 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} = \frac{21}{0,1 \cdot 3000} = 0,07 \cdot 9 = 0,63 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 19 + 1 + 1 = 21$ мм.

Сверлим 1 отверстие диаметром 6.

T11 – сверло спиральное диаметром 6, Р6М5 ГОСТ 10903–77.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 6 = 3$ мм.

Подача $S_0 = 0,15$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 6^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,15^{0,55}} 1 = 110 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$K_V = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 110}{3,14 \cdot 6} = 5838 \text{ об/мин}$$

$n_\Phi = 3000$ об/мин — принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 3000}{1000} = 56,5 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 6^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 0,36 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 6^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 705,6 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{0,36 \cdot 3000}{9750} = 0,11 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} = \frac{12}{0,15 \cdot 3000} = 0,03 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 10 + 1 + 1 = 12$ мм.

Сверлим 3 отверстия диаметром 8.

T12 – сверло спиральное диаметром 8, Р6М5 ГОСТ 10903–77.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 8 = 4$ мм.

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_V = \frac{36,3 \cdot 8^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} 1 = 103 \text{ м/мин.}$$

где $C_V = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_V = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 8} = 4100 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 3000 \text{ об/мин}$ — принимаем по паспорту станка.

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n_{\Phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 3000}{1000} = 75,4 \text{ м/мин}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 8^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 0,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 8^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 1693 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\Phi}}{9750} = \frac{0,86 \cdot 3000}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

Основное время T_o :

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х}}}{S_o \cdot n_{\Phi}} = \frac{12}{0,2 \cdot 3000} = 0,02 \cdot 3 = 0,06 \text{ мин}$$

где $L_{\text{р.х}} = 10 + 1 + 1 = 12 \text{ мм}$.

Сверлим 2 отверстия диаметром 16 под $\text{Ø}17\text{H}7$.

T13 – сверло спиральное диаметром 16, P6M5 ГОСТ 10903–77.

Глубина резания $t = 0,5D = 0,5 \times 16 = 8 \text{ мм}$.

Подача $S_o = 0,4 \text{ мм/об}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 16^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,4^{0,55}} 1 = 242 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 242}{3,14 \cdot 16} = 4816 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 1500 \text{ об/мин}$ — принимаем по паспорту станка.

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n_{\Phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1500}{1000} = 75,4 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 16^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 6,1 \text{ Н·м}$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 16^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 12042 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_{\Phi}}{9750} = \frac{6,1 \cdot 1500}{9750} = 0,94 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_{\Phi}} = \frac{12}{0,4 \cdot 1500} = 0,02 \cdot 2 = 0,04 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 10 + 1 + 1 = 12 \text{ мм}$.

Развернуть 2 отверстия диаметром 17Н7.

T14 – развертка машинная диаметром 17Н7 Р6М5 тип II ГОСТ 1672–71.

Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{17 - 16}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Подача $S_0 = 1,82 \text{ мм/об}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V = \frac{23,2 \cdot 16^{0,2}}{60^{0,3} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 1,82^{0,5}} 1 = 10 \text{ м/мин}$$

$C_v = 23,2$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,5$; $m = 0,3$.

$$K_V = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 10}{3,14 \cdot 17} = 187 \text{ об/мин}$$

$n_{\Phi} = 300 \text{ об/мин}$ — принимаем по паспорту станка.

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n_{\Phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 300}{1000} = 16 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \cdot K_p = \frac{17,2 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,23^{0,4} \cdot 17 \cdot 8}{2 \cdot 100} \cdot 1 = 3,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_{\Phi}}{9750} = \frac{3,5 \cdot 300}{9750} = 0,11 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_{\Phi}} = \frac{12}{1,82 \cdot 300} = 0,02 \cdot 2 = 0,04 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 10 + 1 + 1 = 12 \text{ мм}$.

Фрезеруем обнизки диаметром 12,5.

ТЗ – фреза концевая диаметром 8 Т5К10 ГОСТ 26595-85.

Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 2 \text{ мм}$, глубина фрезерования $t = 2 \text{ мм}$. Стойкость фрезы $T = 90 \text{ мин}$.

Выбираем $s = 0,04 \text{ мм/об}$.

$$s_z = \frac{0,04}{2} = 0,02 \text{ мм/зуб}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр} = \frac{185,5 \cdot 8^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 116 \text{ м/мин}$$

где $C_V = 185,5$;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

$K_v = 0,8$;

$q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы:

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 116}{3,14 \cdot 8} = 4618 \text{ об/мин}$$

$n\Phi = 3000$ об/мин — принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 2^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 3000^0} \cdot 0,74 = 16,3 \text{ Н}$$

где $C_p = 22,6$; $K_{мр.} = 0,74$; $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{16,3 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 0,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\Phi}{60 \cdot 1020} = \frac{16,3 \cdot 75}{60 \cdot 1020} = 0,02 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} i = \frac{24}{0,02 \cdot 3000} 3 = 1,2 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 20 + 2 + 2 = 24$ мм.

Фрезеруем 8 пазов 7×4 на глубину 19 за 10 проходов и 1 паз 6×4 на глубину 10 за 5 проходов.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

T15 – фреза концевая диаметром 4 Т5К10 ГОСТ 26595-85.

Число зубьев у фрезы $z = 2$, ширина фрезерования $B = 4$ мм, глубина фрезерования $t = 2$ мм. Стойкость фрезы $T = 90$ мин.

Выбираем $s = 0,04$ мм/об.

$$s_z = \frac{0,04}{2} = 0,02 \text{ мм/зуб.}$$

Скорость резания при фрезеровании – окружная скорость фрезы, которая определяется по формуле:

$$V_{фр} = \frac{185,5 \cdot 4^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 0,8 = 83 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 185,5$;

T – период стойкости инструмента, $T = 90$ мин;

$K_v = 0,8$;

$q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,33$.

Определим частоту вращения фрезы

$$n_{фр.1} = \frac{1000 \cdot 83}{3,14 \cdot 4} = 6608 \text{ об/мин}$$

$n_{\phi} = 3000$ об/мин – принимаем по паспорту станка

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_{z \text{ фр.1}} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 4^1 \cdot 2}{4^{0,86} \cdot 3000^0} \cdot 0,74 = 43,8 \text{ Н}$$

где $C_p = 22,6$; $K_{мр.} = 0,74$; $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{43,8 \cdot 4}{2 \cdot 100} = 0,9 \text{ Н·м.}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Мощность резания для фрезерной обработки рассчитывается по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{43,8 \cdot 38}{60 \cdot 1020} = 0,03 \text{ кВт}$$

Основное время T_0

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_\phi} i = \frac{21}{0,02 \cdot 3000} \cdot 10 + \frac{12}{0,02 \cdot 3000} \cdot 5 = 3,5 + 1,0 = 4,5 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = \ell + \Delta + y = 19 + 1 + 1 = 21 \text{ мм}$.

Зенкуем фаски $0,5 \times 45^\circ$ в 6 отверстиях диаметром 1,6.

T16 – зенковка диаметром 2, $\phi = 90^\circ$, Р6М5 ГОСТ 14953-69.

Глубина резания $t = 0,5 \text{ мм}$.

Подача $S_0 = 0,09 \text{ мм/об}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 2^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} 1 = 96,8 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 96,8}{3,14 \cdot 2} = 15414 \text{ об/мин}$$

$n_\phi = 3000 \text{ об/мин}$ — принимаем по паспорту станка.

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 3000}{1000} = 19 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 2^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 0,03 \text{ Н·м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 2^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 59 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\phi}{9750} = \frac{0,03 \cdot 3000}{9750} = 0,01 \text{ кВт}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} = \frac{1,5}{0,09 \cdot 3000} = 0,006 \cdot 6 = 0,036 \text{ мин}$$

где $L_{p.x} = 0,5 + 1 + 0 = 1,5$ мм.

Зенкуем фаску $0,5 \times 45^\circ$ в отверстии диаметром 4.

T18 – зенковка диаметром 6, $\phi = 90^\circ$, P6M5 ГОСТ 14953-69.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

Подача $S_0 = 0,15$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 6^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,15^{0,55}} 1 = 129 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 129}{3,14 \cdot 6} = 6847 \text{ об/мин}$$

$n_\phi = 3000$ об/мин — принимаем по паспорту станка.

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 3000}{1000} = 56,5 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 6^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 0,36 \text{ Н·м}$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 6^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 705 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\phi}{9750} = \frac{0,36 \cdot 3000}{9750} = 0,11 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\phi} = \frac{1,5}{0,15 \cdot 3000} = 0,003 \text{ мин}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

где $L_{p.x} = 0,5 + 1 + 0 = 1,5$ мм.

Зенкуем фаски $0,5 \times 45^\circ$ в 3 отверстиях диаметром 8.

T19 – зенковка диаметром 10, $\varphi = 90^\circ$, Р6М5 ГОСТ 14953–69.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 10^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} 1 = 109 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 10} = 3471 \text{ об/мин}$$

$n_\Phi = 3000$ об/мин — принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3000}{1000} = 94,2 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 10^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 1,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 10^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 2646 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{1,35 \cdot 3000}{9750} = 0,42 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} = \frac{1,5}{0,2 \cdot 3000} = 0,003 \cdot 3 = 0,009 \text{ мин}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

где $L_{p.x} = 0,5 + 1 + 0 = 1,5$ мм.

Зенкуем фаски $0,5 \times 45^\circ$ в 2 отверстиях диаметром 17.

T20 – зенковка диаметром 20, $\varphi = 90^\circ$, Р6М5 ГОСТ 14953–69.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

Подача $S_0 = 0,4$ мм/об.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{36,3 \cdot 20^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,4^{0,55}} 1 = 84,7 \text{ м/мин.}$$

где $C_v = 36,3$ $q = 0,25$, $y = 0,55$, $m = 0,125$

$$K_v = K_M \cdot K_H \cdot K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 84,7}{3,14 \cdot 20} = 1348 \text{ об/мин}$$

$n_\Phi = 1500$ об/мин – принимаем по паспорту станка.

$$V_\Phi = \frac{\pi D n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1500}{1000} = 94,2 \text{ м/мин}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,005 \cdot 20^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 9,6 \text{ Н·м}$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 20^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 18816 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{9,6 \cdot 1500}{9750} = 1,5 \text{ кВт}$$

Основное время T_0 :

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n_\Phi} = \frac{1,5}{0,4 \cdot 1500} = 0,003 \cdot 2 = 0,006 \text{ мин}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

где $L_{p.x} = 0,5 + 1 + 0 = 1,5$ мм.

Нарезать резьбу М2 – 6Н.

Т21 – метчик диаметром 2 мм (6 отверстий). Материал режущей части Р18.

Глубина резания $t = 0,2$ мм.

Подача $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания вычисляем по формуле:

$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v$$

где $C_v = 64,8$; $q_v = 1,2$; $m = 0,9$; $y_v = 0,5$;

$$v = \frac{64,8 \cdot 2^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 0,56 = 2,1 \text{ м/мин,}$$

Крутящий момент определяем по формуле:

$$M_{кр} = 10 C_m D^{q_m} P^{y_m} K_p \text{ Н}\cdot\text{м}$$

где $C_m = 0,0022$; $q_m = 1,8$; $y_m = 1,5$,

$$M = 10 \cdot 0,0022 \cdot 2^{1,8} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,1 = 0,03 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

Мощность находим по формуле:

$$N = \frac{Mn}{975} \text{ кВт,}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 2,1}{3,14 \cdot 2} = 334 \text{ об/мин,}$$

Принимаем $n = 500$ об/мин.

$$v_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 500}{1000} = 3,14 \text{ м/мин,}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$N = \frac{0,03 \cdot 500}{975} = 0,02 \text{ кВт.}$$

Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{10 + 3}{500 \cdot 0,5} = 0,05 \text{ мин.}$$

$$T_{o.общ} = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ мин.}$$

Нарезать резьбу М3 – 6Н.

T22 – метчик диаметром 3 мм (7 отверстий). Материал режущей части P18.

Глубина резания $t = 0,25$ мм.

Подача $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v$$

где $C_v = 64,8$; $q_v = 1,2$; $m = 0,9$; $y_v = 0,5$;

$$v = \frac{64,8 \cdot 3^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 0,56 = 3,4 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_m D^{q_m} P^{y_m} K_p \text{ Н·м,}$$

где $C_m = 0,0022$; $q_m = 1,8$; $y_m = 1,5$,

$$M = 10 \cdot 0,0022 \cdot 3^{1,8} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,1 = 0,06 \text{ Н·м,}$$

Мощность:

$$N = \frac{Mn}{975} \text{ кВт,}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 3,4}{3,14 \cdot 3} = 361 \text{ об/мин.}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Принимаем $n = 500$ об/мин.

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 500}{1000} = 4,7 \text{ м/мин,}$$

$$N = \frac{0,06 \cdot 500}{975} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Основное технологическое время

$$T_o = \frac{10 + 3}{500 \cdot 0,5} = 0,05 \text{ мин,}$$

$$T_{o.общ} = 0,05 \cdot 7 = 0,35 \text{ мин.}$$

Данные по операции 015 сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.3.6.1 – Режимы резания для операции 015

№ перех.	Инструмент	Глубина резания, мм	Скорость резания $V_{рез}$, м/мин	Подача $a_{z,м}$ м/зуб S_o , мм/об	Частота вращения шпинделя n , об/мин	Стойкость инструмента T , мин	Мощность резания N , кВт	T_o , мин
1.	Фреза Ø80	1	151	0,03	600	90	0,8	0,5
2.	Фреза Ø80	5	113	0,03	450	90	5,7	1,2
3.	Фреза Ø25	25	78,8	0,06	1000	90	0,3	4,8
4.	Фреза Ø18	1	113	0,04	2000	90	0,05	6,8
5.	Фреза Ø18	18	85	0,04	1500	90	0,4	2,2
6.	Фреза Ø8	1	75	0,02	3000	90	0,04	1,1
7.	Сверло Ø1	0,5	9,42	0,09	3000	20	0,002	0,13
8.	Сверло Ø1,6	0,8	15	0,09	3000	20	0,006	0,24
9.	Сверло Ø2,5	1,25	23,6	0,09	3000	20	0,015	0,68
10.	Развертка Ø3	0,25	18,8	0,09	2000	20	0,03	0,08
11.	Развертка	0,75	17,6	0,09	1400	20	0,08	0,03

	Ø4							
12.	Сверло Ø4	2	37,7	0,1	3000	20	0,04	0,63
13.	Сверло Ø6	3	56,5	0,15	3000	20	0,11	0,03
14.	Сверло Ø8	4	75,4	0,2	3000	20	0,26	0,06
15.	Сверло Ø16	8	75,4	0,4	1500	20	0,94	0,04
Продолжение таблицы 2.6								
16.	Развертка Ø17	0,5	16	1,82	300	20	0,11	0,04
17.	Фреза Ø8	2	75	0,02	3000	90	0,02	1,2
18.	Фреза Ø4	2	37,7	0,02	3000	90	0,03	4,5
19.	Зенковка Ø2	0,5	19	0,09	3000	20	0,01	0,036
20.	Зенковка Ø6	0,5	56,5	0,15	3000	20	0,11	0,003
21.	Зенковка Ø10	0,5	94,2	0,2	3000	20	0,42	0,009
22.	Зенковка Ø20	0,5	94,2	0,4	1500	20	1,5	0,006
23.	Метчик М2	0,2	3,14	0,5	500	20	0,02	0,3
24.	Метчик М3	0,25	4,7	0,5	500	20	0,03	0,35
Итого								25,013

Расчет режимов резания табличным методом

Режимы резания на остальные переходы и операции рассчитаем табличным методом, при котором все параметры выбираются из нормативных таблиц.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР			Лист
								65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

Таблица 2.7 – Режимы резания

№ перехода	Инструмент	Глубина резания t, мм	Подача S, мм/об или S _z , мм/зуб	Ошибка! резания V, м/мин	Частота вращения шпинделя n, об/мин	Стойкость инструмента T, мин	Ошибка! резания N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
Операция 020							
1	Фреза Ø 80	1	0,1	240	900	90	2,16
2	Фреза Ø 25	1	0,1	150	1500	90	0,96
3	Сверло Ø 1	0,5	0,08	53	2000	30	0,17
4	Сверло Ø 3,3	1,65	0,1	70	2000	30	0,25
5	Зенковка Ø 5	1	0,15	50	2000	60	0,2
6	Метчик М4	0,35	1	15	318	30	0,1
Операция 025							
1	Фреза Ø 25	1	0,1	150	1500	90	0,96
2	Сверло Ø 1	0,5	0,08	53	2000	30	0,17
3	Сверло Ø 2,5	1,25	0,1	70	2000	30	0,25
4	Сверло Ø 9	4,5	0,2	85	1500	30	0,3
5	Развертка Ø10	0,5	0,54	20	2000	30	0,1
6	Зенковка Ø 3	1	0,15	90	1500	60	0,2
7	Зенковка Ø12	0,5	0,2	80	1500	60	0,3
8	Метчик М3	0,25	0,5	12	318	30	0,1
Операция 030							
1	Фреза Ø 25	1	0,1	150	1500	90	0,96
Операция 035							
1	Фреза Ø 25	1	0,1	150	1500	90	0,96
2	Сверло Ø 1	0,5	0,08	53	2000	30	0,17
3	Сверло Ø 2,5	1,25	0,1	70	2000	30	0,25
4	Зенковка Ø 3	1	0,15	90	1500	60	0,2
5	Метчик М3	0,25	0,5	12	318	30	0,1

2.3.7. Расчет потребного количества оборудования

Расчетное число станков по операциям, находим по формуле:

$$C_P = \frac{T_{шт}}{t_B}$$

$$C_{P015} = \frac{32,9}{53,56} = 0,614$$

принимаем $C_{015} = 1$ станка

$$C_{P020} = \frac{12,5}{53,56} = 0,233$$

принимаем $C_{020} = 1$ станок

$$C_{P025} = \frac{8,98}{53,56} = 0,167$$

принимаем $C_{025} = 1$ станок

$$C_{P030} = \frac{2,1}{53,56} = 0,039$$

принимаем $C_{030} = 1$ станок

$$C_{P035} = \frac{2,98}{53,56} = 0,055$$

принимаем $C_{035} = 1$ станок

Коэффициент загрузки оборудования, определяем:

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{IP}} \cdot 100\%$$

$$K_{3015} = \frac{0,641}{1} \cdot 100\% = 62\%$$

$$K_{3020} = \frac{0,233}{1} \cdot 100\% = 23\%$$

$$K_{3025} = \frac{0,167}{1} \cdot 100\% = 17\%$$

$$K_{3030} = \frac{0,039}{1} \cdot 100\% = 4\%$$

$$K_{3035} = \frac{0,19}{1} \cdot 100\% = 19\%$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Суммарный коэффициент загрузки по всем операциям определяем по формуле:

$$K_3 = \frac{\sum Ci_P}{\sum Ci_{\text{гп}}} \cdot 100\%$$

$$K_3 = \frac{0,614 + 0,233 + 0,167 + 0,039 + 0,055}{5} \cdot 100\% = 22\%$$

2.4 Описание планировки участка

В зависимости от масштаба производства и размера цеха состав отделений может быть различным – некоторые отделения и складские помещения объединяются, в ряде случаев некоторые отделения являются общими для нескольких цехов.

Склад заготовок предназначен для хранения запасов заготовок – отливок, поковок, штамповок и по возможности должен быть объединен с заготовительным отделением.

На складе заготовок должен храниться запас заготовок необходимый для обеспечения бесперебойной работы участка согласно нормам. Заготовка – отливка, хранимая в таре, на штабелях (высотой до 3м), обслуживается штабелерами.

Площадь склада заготовок определяется по формуле

$$S_{\text{ск.з.}} = \frac{Q_3 \cdot t_1}{D \cdot q_1 \cdot k_1};$$

где $S_{\text{ск.з.}}$ – площадь склада заготовок, м²;

Q_3 – масса заготовок, обрабатываемых на участке в течение года, т;

t_1 – запас хранения заготовок в днях, по нормативам, $t = 12$ дней;

D – число рабочих дней в году (принимается 248 день);

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

q_1 – средняя грузонапряжённость площади склада, по нормативам, $q = 4,0$ т/м²;

k_1 – коэффициент использования полезной площади при обслуживании транспортом, для штабелера, $k=0,38$.

Сначала определим общую массу хранимых заготовок по формуле :

$$Q_z = N \cdot Q'_{\text{заг}}$$

$$Q_z = 2000 \cdot 0,0009 = 1,8 \text{ тонны.}$$

$$S_{\text{ск.з.}} = \frac{1,8 \cdot 12}{248 \cdot 4,0 \cdot 0,38} = 0,6 \text{ м}^2.$$

Ввиду малой площади, склад заготовок находится в общецеховом складе заготовок.

Межоперационный склад предназначен для хранения деталей в процессе их изготовления (между операциями обработки), то есть для хранения полуфабрикатов.

Площадь межоперационного склада рассчитывается по среднему весу деталей $Q_{\text{ср}}$. (больше чистого веса деталей на 7 – 8%).

Площадь межоперационного склада определяется по формуле:

$$S_{\text{м.с}} = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot t_2 \cdot (i - 1)}{D \cdot q_2 \cdot k}$$

где $S_{\text{м.с}}$ – площадь межоперационного склада, м²;

$Q_{\text{ср}}$ – средний вес деталей, т;

t_2 – запас хранения заготовок в днях, $t_2 = 12$ дней;

i – среднее число операций, принимаем, $i = 3$;

D – число рабочих дней в году, $D = 248$ дня;

q_2 – средняя грузонапряжённость площади склада, $q_2 = 0,9-1,7$ т/м²;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

k – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды, принимаем складирование штабелерами, $k = 0,38$.

Определяем средний вес деталей по формуле:

$$Q_{cp} = N \cdot m_N \cdot 107\%$$

$$Q_{cp} = 2000 \cdot 0,00071 \cdot 1,07 = 1,52 \text{ т,}$$

$$S_{м.с} = \frac{1,52 \cdot 12 \cdot 2}{248 \cdot 1,2 \cdot 0,38} = 0,4 \text{ м}^2.$$

Склад готовых деталей служит для накопления и хранения окончательно обработанных деталей. Передвижение деталей по пролету осуществляется при помощи робокара, а перемещение деталей со станка на станок осуществляется роботом манипулятором L-2400.

Площадь склада готовых деталей определяется по формуле :

$$S_{с.д.} = \frac{Q_0 \cdot t_3}{D \cdot q_3}$$

где $S_{с.д.}$ – площадь склада готовых деталей, м^2 ;

Q_0 – чистый вес готовых деталей, т;

t_3 – запас хранения деталей в днях, $t_3 = 15$ дней;

D – число рабочих дней в году, $D = 248$ дня;

q_3 – средняя грузонапряженность площади склада, $q_3 = 1,5 - 2,5 \text{ т/м}^2$.

Определяем чистый вес детали по формуле:

$$Q_0 = N \cdot Q$$

$$Q = 2000 \cdot 0,00071 = 1,42 \text{ т.}$$

$$S_{с.д.} = \frac{1,42 \cdot 15}{248 \cdot 2,5} = 0,5 \text{ м}^2.$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Ввиду малой площади, склад готовых деталей находится в общецеховом складе готовых деталей.

Инструментально-раздаточная кладовая (ИРК) служит для снабжения рабочих мест (станочников, контролеров и слесарей) инструментом и приспособлениями. Площадь ИРК определяем по числу обслуживаемых производственных металлорежущих станков. Исходя из типа производства и габаритов оборудования площадь ИРК на один станок принимается равной $0,8 \text{ м}^2$, а площадь приспособлений на один производственный станок – $0,7 \text{ м}^2$. Следовательно, общая площадь ИРК равна $(0,8+0,7) \cdot 5 = 7,5 \text{ м}^2$. Эта площадь участка входит в площадь ИРК цеха.

Площадь контрольного отделения определяется по числу контролеров. На одного контролера укрупнено принимается $5 - 6 \text{ м}^2$ площади, плюс площадь под крупногабаритной инвентарь (при необходимости). Так как необходимость в крупногабаритном инвентаре нет, то площадь контрольного отделения принимаем:

$$S_k = 1 \cdot 5 = 5 \text{ м}^2.$$

Автоматизированная система утилизации отходов (АСУО). Служит для обеспечения надежной работы оборудования за счет своевременного удаления стружки из зоны резания, транспортирования её от оборудования к месту складирования, сортировки и утилизации, а так же непосредственно для сортировки и утилизации. Транспортировка осуществляется оператором станка на тележке в конце смены.

В соответствии с требованиями по безопасности труда и пожарной безопасности предусмотрены все необходимые меры и средства.

Определение ширины и высоты пролета здания и укрупненной площади участка. Ширина пролета здания цеха, где расположен проектируемый участок, зависит от размеров обрабатываемых деталей, применяемого технологического и грузоподъемного оборудования и средств транспорта. Шириной пролета

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

здания L - называется расстояние между осями подкрановых стоек или колонн. Так как на участке применяется среднее оборудование, то ширину пролета принимаем равную 12 м.

Высоту пролета механического цеха принимаем в зависимости от размеров изготавливаемых изделий, габаритных размеров технологического оборудования (по высоте), размера и конструкции мостового крана, а также санитарно-гигиенических требований.

Укрупненную площадь участка определяем исходя из удельной площади приходящейся на единицу оборудования. Для среднего оборудования принимается равным 30 – 35 м². Определим укрупненную площадь по формуле:

$$S_{укр.} = S_{уд.} \cdot (C_{п.}^{015} + C_{и.}^{020} + C_{п.}^{025} + C_{п.}^{030} + C_{п.}^{035})$$

$$S_{укр.} = 35 \cdot 6 = 210 \text{ м}^2$$

Определяем длину участка по формуле :

$$L = \frac{S_{укр.}}{a}$$

где L – длина участка, м;

a – ширина участка с вычетом ширины проезда, a = 12 м.

$$L = \frac{210}{12} = 18 \text{ м} .$$

Укрупненную площадь применяем для предварительной компоновки и уточняем при планировке всего оборудования, рабочих мест, с учетом разрывов, предусмотренными нормами технологического проектирования и подъемно-транспортных устройств.

Чтобы вычислить производственную площадь участка, можно использовать следующие нормативы (площадь с включением проходов:

а) на один станок – 10 м².

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

б) на один средний станок – 15 м².

$$F_{нр1} = 17 \cdot 15 = 255 \text{ м}^2.$$

$$F_{нр2} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ м}^2.$$

Площадь вспомогательных подразделений (кладовые, рембазы, мастерские) принимается в размере 30% от производственной площади. Площадь конторских и бытовых помещений находят из расчета 25% от производственной площади.

$$F_{всп1} = \frac{255 \cdot 30}{100} = 76,5 \text{ м}^2;$$

$$F_{к.и.б.1} = \frac{255 \cdot 25}{100} = 63,75 \text{ м}^2.$$

$$F_{всп2} = \frac{75 \cdot 30}{100} = 22,5 \text{ м}^2;$$

$$F_{к.и.б.2} = \frac{75 \cdot 25}{100} = 18,75 \text{ м}^2.$$

При определении объема зданий их высота принимается равной:

а) для производственных и вспомогательных помещений – 6 м;

б) для бытовых – 3 м.

$$V_{при\ в\сп1} = (255 + 76,5) \cdot 6 = 1989 \text{ м}^3;$$

$$V_{к\ и\ б1} = 63,75 \cdot 3 = 191,25 \text{ м}^3.$$

$$V_{при\ в\сп2} = (75 + 22,5) \cdot 6 = 585 \text{ м}^3;$$

$$V_{к\ и\ б2} = 18,75 \cdot 3 = 56,25 \text{ м}^3.$$

Производственная площадь участка:

- проектный вариант – 75 м².

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Площадь вспомогательных помещений:

- проектный вариант – 22,5 м².

Площадь бытовых помещений:

- проектный вариант – 18,75 м².

Объем производственных и вспомогательных помещений:

- проектный вариант – 585 м³.

Объем бытовых помещений:

- проектный вариант – 56,25 м³.

Межоперационная передача заготовок, установка и снятие тяжелых приспособлений осуществляется при помощи, поворотных кранов, кран-балок, тельферов на монорельсах. Для перемещения средних и мелких деталей используют напольные рольганги, передвижные стеллажи, склизы, скаты, ручные тележки. Межоперационная передача изделий на операциях узловой сборки осуществляется кранами или напольными ручными и механизированными средствами, которые, как правило, проектируются по месту их установки. При конвейерной сборке используются конвейеры различного вида (напольные, подвесные). Расчет количества кранов, кран-балок и других грузоподъемных механизмов, транспортирующих грузы поштучно, осуществляется по формуле:

$$K_{шт} = \frac{\Pi i t_p K_n}{F_{д.к} 60},$$

где Π – программа выпуска изделий, шт.;

i – количество транспортных операций для каждого изделие, равно 5;

t_p – время одного рейса (в среднем 2,5-5 мин);

K_n – коэффициент неравномерности работы (в среднем 1,1-1,2);

$F_{д.к}$ – действительный годовой фонд времени работы крана, ч.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Получаем:

$$K_{шт} = \frac{20000 \times 5 \times 2,5 \times 1,2}{1932,24 \times 60} = 3 \text{ крана}$$

Количество транспортных средств для перевозки грузов партиями (краны, тележки и т.д.) определяется по формуле:

$$K_{п} = \frac{Q i t_p K_H}{q K_q F_{д.к} 60'}$$

где Q – масса грузов, перевозимых в течение года, т;

i – среднее количество транспортных операций для каждого изделия;

K_H – коэффициент неравномерности подачи грузов ($K_H \approx 1,25$);

q – грузоподъемность транспортного средства, т;

K_q – коэффициент использования грузоподъемности ($K_q \approx 0,4-0,5$);

$F_{д.к}$ – действительный годовой фонд времени работы транспортного средства, ч.

t_p – время одного рейса (в среднем 15 мин);

Получаем:

$$K_{п} = \frac{300 \times 2 \times 0,25 \times 1,25}{1,5 \times 0,4 \times 1932,24 \times 60} = 3 \text{ транспортных средства.}$$

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проектирование станочного приспособления

Приспособление предназначено для фрезерования поверхностей заготовки (рисунок 3.1.1).

Проектируемое приспособление устанавливается на стол станка. В состав приспособления входят: основание 1, с расположенными на нем пневмоцилиндром 2, упором 5, губкой правой 4. При поступлении воздуха в правую полость пневмоцилиндра через штуцер, поршень начинает движение. Поршень 3 прижимает деталь, уложенную в упор, к правой губке 4. Таким образом деталь лишается пяти степеней свободы. При этом во время механической обработки, деталь надежно закреплена.

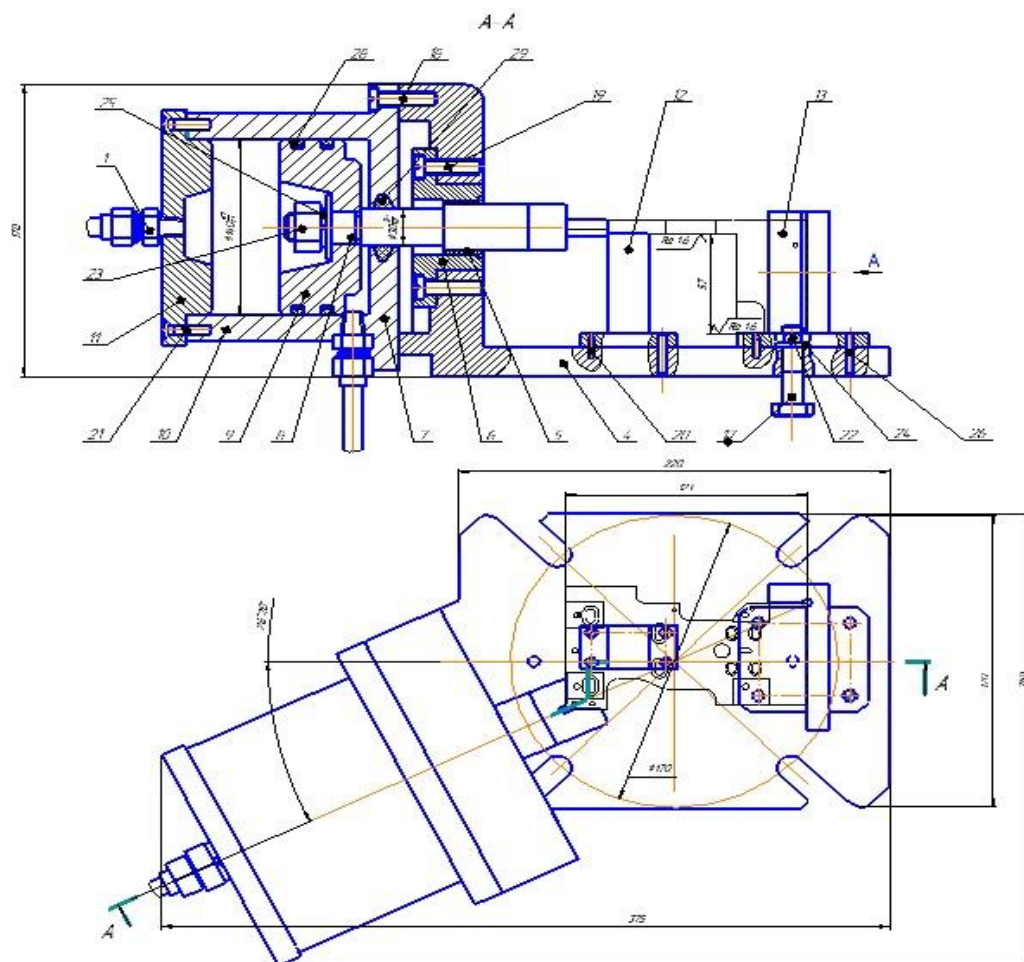


Рисунок 3.1.1 - Схема закрепления заготовки в тисках.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2018.004.00 ПЗ ВКР

Лист

76

Для расчета эффективности работы приспособления необходимо знать, с какой силой будет зажата деталь между губками. При этом сила зажима W должна быть больше силы пытающейся сдвинуть заготовку P_z . Сила зажима напрямую зависит от диаметра пневмоцилиндра.

Необходимо уточнить особенности выполнения операции, связанные с конструкцией станочного приспособления, путем разработки возможной схемы обработки (рисунок 3.2).

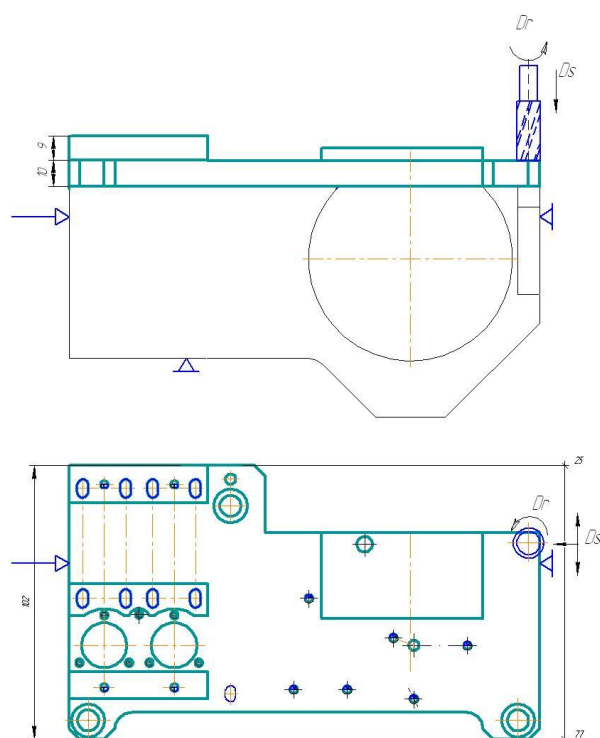


Рисунок 3.1.2 – Схема обработки

Для определения условий закрепления заготовки необходимо определение параметров зажимного устройства с учетом его структуры.

Определение лимитирующего силового параметра

Составляющие силы резание при фрезеровании:

– P_z – окружная составляющая (направлена перпендикулярно радиусу фрезы);

– P_y – радиальная составляющая (направлена по радиусу).

Взаимноперпендикулярные составляющие силы P_{yz} (равнодействующая сила):

– P_h – горизонтальная составляющая силы P_{yz} ;

– P_v – вертикальная составляющая силы P_{yz} .

Сила P_z оказывает влияние на эффективную мощность резания.

Сила P_y отжимает фрезу от обрабатываемой заготовки.

Сила P_h воздействует на механизм подачи стола фрезерного станка. С учетом этой величины рассчитывают элементы крепления заготовки в станочном приспособлении.

При определении лимитирующего силового параметра необходимо из множества силовых параметров выявить тот, который оказывает наиболее неблагоприятное воздействие на заготовку в процессе резания.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

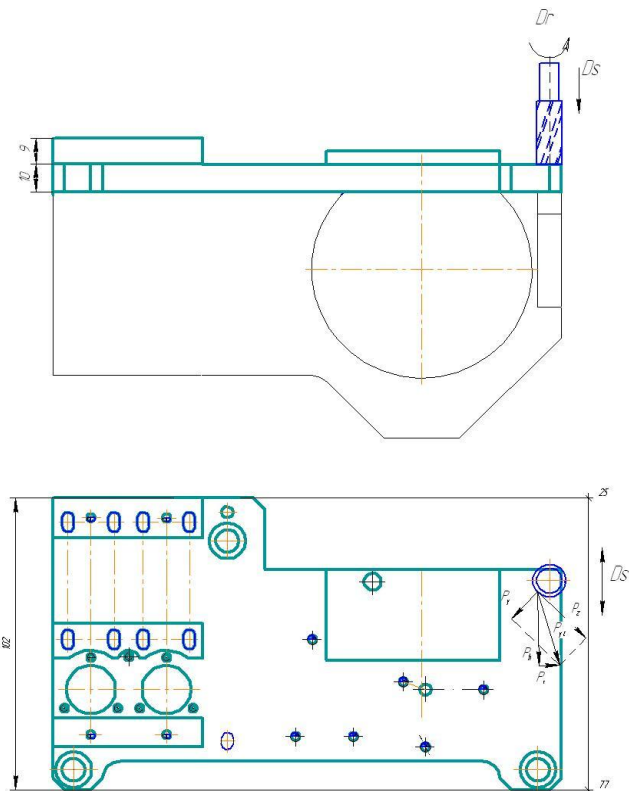


Рисунок 3.1.3 – Схема к определению лимитирующего силового параметра
 Определение расчетного уравнения

Воспользуемся принципом разделения сил действующих на заготовку при обработке, на две группы:

1.силы стремящиеся сохранить положение заготовки в станочном приспособлении - сумма всех сил $M_{уд.}$;

2.силы стремящиеся нарушить положение заготовки в станочном приспособлении - сумма всех сил $M_{кр.}$.

Расчетное уравнение получим путем введения в уравнение коэффициента надежности k .:

$$M_{кр} = k P_v l_{max}$$

$$M_{уд} = W f l_{max}$$

$$M_{кр} = M_{уд}$$

Уравнение примет вид:

$$k P_v l_{max} = W f l_{max} ,$$

следовательно,

$$W = \frac{P_z \cdot k}{f_1 + f_2}$$

Определение параметров входящих в расчетное уравнение

Необходимо определить три группы параметров входящих в расчетное уравнение:

- коэффициент надежности закрепления;
- силы резания;
- коэффициенты трения.

Коэффициент надежности закрепления находится по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 ,$$

Установим значения промежуточных коэффициентов:

$$k_0 = 1,5; k_1 = 1,2; k_2 = 1,0; k_3 = 1,0; k_4 = 1,0; k_5 = 1,0; k_6 = 1,0.$$

по которым вычисляется значение коэффициента надежности закрепления

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Силу резания берем из расчетов режимов резания на данную операцию.

$$P_z = 3094 \text{ Н};$$

радиальная составляющая силы $P_y = (0,3 \dots 0,5) P_z$;

горизонтальная составляющая силы $P_h = (0,3 \dots 0,5) P_z$;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

вертикальная составляющая силы $P_v=0,9 P_z$;

$$P_y=0,4 \cdot 3094=1237,6 \text{ Н};$$

$$P_h=0,3 \cdot 3094=928,2 \text{ Н};$$

$$P_v=0,9 \cdot 3094=2784,6 \text{ Н},$$

Значение коэффициента трения – сцепления принимаем равным $f_1=0,25$,
 $f_2=0,25$;

Найдем значение теоретической силы закрепления:

$$W = \frac{P_z \cdot k}{f_1 + f_2} = \frac{3094 \cdot 1,8}{0,25 + 0,25} = 11138,4 \text{ Н}$$

Уравнение силового замыкания, выражающее равновесие сил в структуре зажимного устройства определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{\eta}$$

где Q – тяговое усилие, создаваемое силовым приводом, Н;

w – сила закрепления заготовки, Н;

η – коэффициент полезного действия, для пневмоцилиндра = 0,85.

$$Q = \frac{11138,4}{0,85} = 13104 \text{ Н}$$

Диаметр пневмокамеры определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho}}, \text{ Н}$$

где ρ – давление рабочей среды в системе, давление сжатого воздуха принимается в пределах $\rho = 0,4 \dots 0,63$ МПа.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Конструкция в расчет губок схвата.

Рассчитываем значение диаметра пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 13104}{3,14 \cdot 0,6}} = 156,79 \text{ мм}$$

Устанавливаем стандартный диаметр пневмоцилиндра $D = 160$ мм и штока $d = 30$ мм.

Произведем расчет на точность обработки.

Расчет точности обработки заготовки при проектировании СП производится с целью определения условия – будет ли разрабатываемая конструкция СП обеспечивать точность обработки, требуемую технологическим процессом.

Необходимость таких расчетов связана с тем, что в процессе обработки заготовки в СП неизбежно возникают погрешности, величина которых зависит от многих факторов, в том числе от конструкции СП и точности его изготовления.

Суммарная погрешность обработки $\Delta \Sigma$ складывается из большего числа систематических и случайных погрешностей.

$$\Delta \Sigma = k \cdot \Delta_{ii} + \Delta_{\bar{n}} + \Delta_{\bar{e}} + \Delta_{\bar{e}ci} + \Delta_{\bar{o}.i.} + \Delta_{\bar{d}.e.} + \Delta_{\bar{i}.i.},$$

где k – коэффициент зависящий от точности выполняемого параметра и учитывающий долю погрешности (0,6 – для 8-9 квалитетов точности);

Δ_{ii} – погрешность применяемого метода обработки, $\Delta_{ii} = 0$, так как при обработке детали на данной операции не выполняется ни одного технического требования.;

$\Delta_{\bar{e}}$ – погрешность от геометрической неточности применяемого оборудования, $\Delta_{\bar{e}} = 0,020$ мм;

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Δ_{ϵ} – погрешность от неточности изготовления режущего инструмента и его износа, $\Delta_{\epsilon} = 0$;

$\Delta_{\epsilon_{\text{ц}}}$ – погрешность метода измерения (определяется как 30% допуска на проверяемый параметр), $\Delta_{\epsilon} = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015$ мм;

$\Delta_{y.n.}$ – погрешности, связанные с установкой заготовки в СП;

$\Delta_{\delta.\bar{\epsilon}}$ – погрешности, связанные с расположением режущего инструмента, $\Delta_{\delta.\bar{\epsilon}} = 0$;

$\Delta_{f.\bar{i}}$ – настройки СП на станке, $\Delta_{f.\bar{i}} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025$ мм;

$$\Delta_{y.n.} = \sqrt{\Delta_{\delta.n.}^2 + \Delta_{\bar{z}.n.}^2 + \Delta_{u.n.}^2}$$

где $\Delta_{\bar{a}.\bar{i}}$ – погрешность базирования заготовки, $\Delta_{\bar{a}.\bar{i}} = 0$ так как заготовка установлена на плоские контактные поверхности;

$\Delta_{\zeta.\bar{i}}$ – погрешность закрепления заготовки в СП, $\Delta_{\zeta.\bar{i}} = 0,09$ мм;

$\Delta_{\epsilon.\bar{i}}$ – погрешность изготовления и износа рабочей поверхности установочного элемента, $\Delta_{\epsilon.\bar{i}} = 0$;

$$\Delta_{\delta.\bar{i}} = \sqrt{0,09^2} = 0,09$$

$$\Delta \Sigma = 0,6 \cdot 0 + 0,020 + 0 + 0,015 + 0,09 + 0 + 0,025 = 0,15$$

Вероятностный метод

$$\Delta \Sigma = (k \cdot \Delta_{\bar{i}\bar{i}} + \Delta_{\bar{n}} + \Delta_{\epsilon} + \Delta_{\epsilon_{\text{ц}}} + \Delta_{\delta.\bar{i}} + \Delta_{\delta.\bar{\epsilon}} + \Delta_{f.\bar{i}}) \cdot x,$$

где x – коэффициент вероятности (0,6);

$$\Delta \Sigma = (0,6 \cdot 0 + 0,020 + 0 + 0,015 + 0,09 + 0 + 0,025) \cdot 0,6 = 0,19$$

Следовательно, проектируемая конструкция станочного приспособления будет обеспечивать требуемую точность обработки.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Установочная база приспособления представлена поверхностью с четвермя упорами, отнимающими у детали четыре степени свободы, нижняя поверхность отнимает одну степень свободы, боковые опоры по одной. Таким образом, конструкция данного станочного приспособления жестко фиксирует и закрепляет заготовку, лишает её всех степеней свободы, то есть выполняет все требования предъявляемые к станочному приспособлению.

Станочное приспособление крепится к столу станка с помощью четырех болтов.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

3.2.1 Расчет концевой фрезы с СМП.

Данный корпус имеет множество конструкторских элементов (плоскости, уступы, скосы, перепады и т.д.) и сравнительно небольшой по габаритам, для обработки его поверхностей выбираем концевую фрезу с механическим креплением сменных, многогранных пластин. Применение сменных, многогранных пластин исключает операции переточки инструмента, пайки ножей снижает количество брака при изготовлении, и при этом дает возможность многократного использования корпус и использование новых марок твердого сплава, в том числе трудно поддающихся пайке.

Выбираем корпус фрезы из стали 40Х ГОСТ 4543-71, а сменную, многогранную пластину из твердого сплава ВКЗ ГОСТ 3882-80, как рекомендуется для обработки алюминиевых сплавов.

Выбор конструкции фрезы

Определим диаметр фрезы в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности по формуле:

$$D = (1,2 \div 1,5) \cdot B$$

где D – проверяемый диаметр фрезы;

B – ширина обрабатываемой поверхности = 15 мм, тогда

$$D = 1,5 \cdot 15 = 25 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер фрезы $D = 25$ мм.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Число зубьев фрезы предварительно рассчитываем из условия равномерного фрезерования по формуле

$$z = \frac{(360 \cdot \xi)}{\psi},$$

где ψ – угол контакта фрезы с заготовкой

$$\psi = \arctg\left(1 - \left(\frac{2 \cdot t}{D}\right)\right) = \arctg\left(1 - \left(\frac{2 \cdot 1}{25}\right)\right) = 44,2 \approx 44^\circ$$

$\xi \geq 2$ – коэффициент равномерности фрезерования, $\xi = 1$.

$$z = \frac{(360 \cdot 1)}{44} = 8$$

По данным расчетам число зубьев получается слишком большим. Для удобства размещения пластин с механическим креплением число зубьев берем меньше, чем получено по формуле, поэтому принимаем $z = 2$.

Диаметр оправки назначаем 25 по прочности подходит для данной фрезы и условий обработки.

Выбранная и рассчитанная фреза изображена на рисунке 3.4.

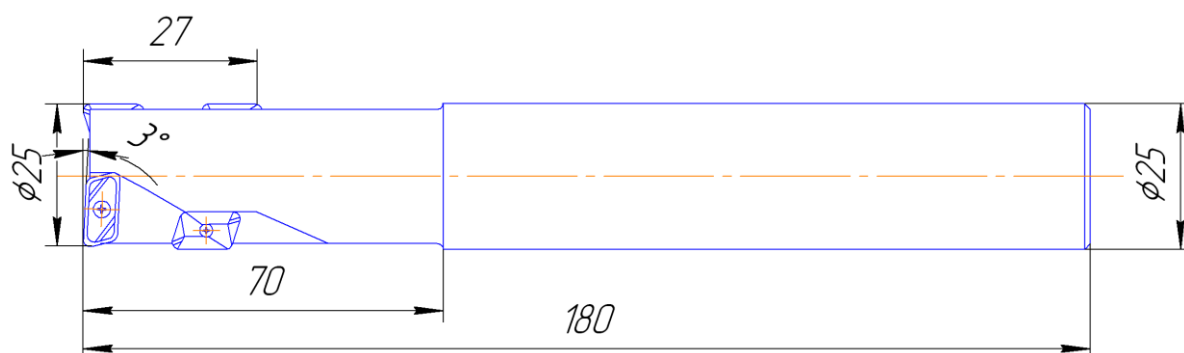


Рисунок 3.2.1.1 – Фреза концевая с СМП

Для выбора пластины рассчитаем число граней пластины по формуле:

$$n = \frac{360}{(\varphi + \varphi_1)},$$

где φ и φ_1 – углы в плане (главный и вспомогательный). По рекомендациям для обработки алюминия выбираем $\varphi = 3^\circ$ и $\varphi_1 = 87^\circ$

Тогда

$$n = \frac{360}{(3 + 87)} = 4$$

Выбираем пластинку ромбической формы. Задний угол α принимаем 15° , он необходим для устранения трения задней поверхности пластины об обрабатываемую поверхность в процессе резания. Для обеспечения заданных углов у фрезы, выбираем пластину с углами $\alpha = 11^\circ, \gamma = 6^\circ$.

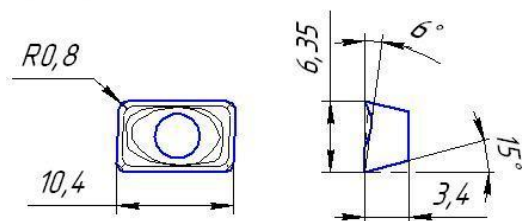
Длину режущей кромки пластины принимаем такую, чтобы она обеспечивала удаление срезаемого слоя на всю толщину за один проход. Выбираем подходящие нам пластинки из каталога DIJET : центральная пластина – ZDMT100308L, периферийная пластина - ZPMT13T308R.

Так как фреза предназначена для торцового фрезерования необработанной поверхности, то главным условием является жесткое закрепление пластины. Поэтому выбираем закрепление пластины – через центральное отверстие винтом с конической головкой. Базируем пластину по двум сторонам. Это наиболее широко применяемый способ крепления, он наиболее технологичен и прост по сравнению с другими. Он обеспечивает поджим пластины к базовым поверхностям за счет смещения осей, то есть точное позиционирование пластины в гнезде корпуса.

Эскиз пластин показан на рисунке 3.2.1.2.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Центральная пластина



Периферийная пластина

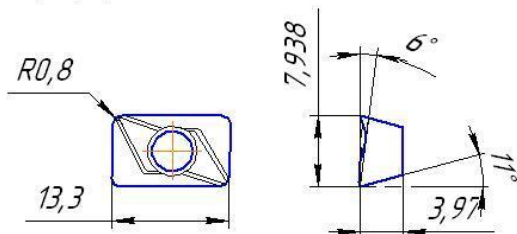


Рисунок 3.2.1.2 – Эскиз пластин

Расчет надежности крепления фрезы

Данную фрезу будем крепить по цилиндрическому хвостовику, который устанавливается в цилиндрическую оправку через зажимную цангу. Диаметр оправки влияет на работу инструмента. В процессе фрезерования оправка находится под действием крутящего и изгибающего моментов. Поэтому при выборе диаметра оправки необходимо выполнять проверочный расчет на прочность.

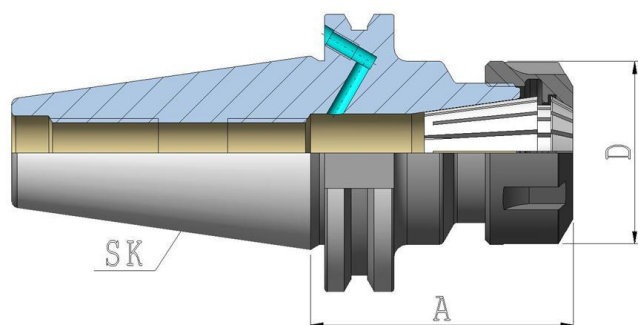


Рисунок 3.2.1.3 – Эскиз оправки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2018.004.00 ПЗ ВКР

Лист

88

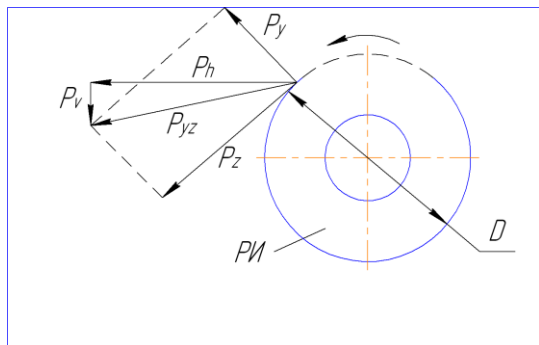


Рисунок 3.2.1.4 – Составные силы резания фрезерования

Величины составляющих сил резания:

P_h – горизонтальная (сила подачи);

P_v – вертикальная (отрыв заготовки от стола);

P_y – радиальная;

P_{yz} – составляющая для расчет оправки на изгиб.

Окружная сила P_z является основной при фрезеровании и она равна:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w};$$

где C_p – коэффициент, учитывающий характер обрабатываемого материала,

$$C_p = 22,6$$

x, y, u, q, w - показатели степени, зависящие от материала пластины, для твердого сплава $x=1, y=0,75, u=1,1, q=1,3, w=0,2$.

n – частота вращения фрезы, об/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad n = \frac{1000 \cdot 78,5}{3,14 \cdot 25} = 1000 \text{ об/мин}$$

K_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала (для алюминия) :

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

$$K_{pm} = \frac{HB}{190^n},$$

$$K_{pm} = \frac{50}{190^1} = 0,26;$$

где HB – твердость обрабатываемой детали HB=50;

n – показатель степени, n=1.

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 2^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 15^{1,1} \cdot 0,26}{25^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} = 1794,5 \text{ Н}$$

Определим составляющую силу резания для расчета оправки на изгиб:

$$P_{yz} = (P_y^2 + P_z^2)^{1/2}$$

$$P_y = 0,35 P_z = 0,35 \times 1794,5 = 628 \text{ Н}$$

$$P_{yz} = (628^2 + 1794,5^2)^{1/2} = 1901,2 \text{ Н}$$

Определим крутящий момент на шпинделе для расчета оправки на кручение:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{1794,5 \cdot 25}{2 \cdot 1000} = 22,4$$

Расчет радиального биения фрезы

В процессе сборки фрез необходимо обеспечить минимальное биение режущих кромок инструмента, что существенно влияет на эффективность много-

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

зубого инструмента, так как выступающие зубья будут изнашиваться в следствии работы с величиной подачи зубьев, отличающейся от расчетной.

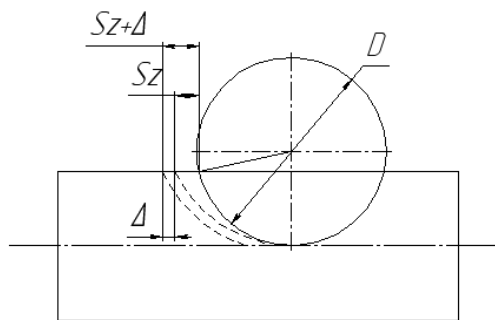


Рисунок 3.2.1.5 – Схема несимметричного торцового фрезерования

Радиальное биение не должно превышать величины :

$$\Delta \leq \frac{2\sqrt{m-1}}{m} S_Z,$$

где S_Z – подача при фрезеровании, $S_Z = 0,06$ мм/зуб;

m – параметр обработки, $m = \frac{D}{t} = \frac{25}{2} = 12,5$ мм;

t – глубина резания, мм;

$$\Delta = \frac{2 \cdot \sqrt{12,5-1}}{12,5} \cdot 0,06 = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

Тогда при $S_Z = 0,06$ мм/зуб и $\Delta = 0,03$ мм/зуб, получаем $\Delta \leq S_Z$ - неравенство выполняется.

3.2.2 Расчет метчика:

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Параметры резьбового соединения нам задан по чертежу: отверстие сквозное с резьбой М3и шагом 1.

Тип метчика:

Так как материал метчика АК12ч, то целесообразно выбрать Машино ручной метчик с шахматным расположением зубьев по ГОСТ 17927-72 количеством 1 шт.

Окончательное решение о количестве метчиков в комплекте принимается после проверки выполнения условия $M_p \leq M_{кр}$, где M_p – крутящий момент резбонарезная; $M_{кр}$ – критический крутящий момент, допускаемый прочностью метчика.

$$M_p = C_M * d^{q_M} * p^{Y_M} * K_M * K_3$$

где d – номинальный наружный диаметр метчика ($d = D$); P – шаг резьбы; C_M , q_M , Y_M – коэффициент и показатели степени, учитывающие материал заготовки и рабочей части метчика; K_M – коэффициент, учитывающий тип метчика и обрабатываемый материал; K_3 – коэффициент, учитывающий влияние затупления метчика

$$M_p = 0.22 * 3^{1.2} * 1^{1.5} * 0.7 * 3 = 1.73$$

Выбор схемы резания и определение размеров режущей части метчика

При формировании впадины резьбы режущая часть метчика может срезать припуск по одинарно-генераторной или одинарно- профильной схемам. Большинство метчиков работает по первой схеме. Вторую схему резания применяют для калибрующих (плашечных) и конических метчиков. При одинарно-генераторной схеме каждый зуб срезает стружку разной ширины b_z и одинаковой толщины a_z .

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Толщина срезаемой стружки a_z , мм	Обрабатываемый материал			
	Чугун	Сталь, ковкий чугун	Цветные металлы и сплавы	Труднообрабаты- ваемая сталь
Рекомендуемая	0,04–0,07	0,03–0,05	0,06–0,09	0,025–0,03
Предельная	0,04–0,2	0,02–0,2	0,1–0,15	0,02–0,05

Таблица 3.2.1

Основными параметрами режущей части метчиков является угол φ и длина режущей части L_1 . Взаимосвязь между ними определяется по формуле

$$\varphi = (d - d_T)/(2L_1)$$

На величину φ и L_1 оказывают влияние и конструктивные особенности отверстия под резьбу: для гаечных метчиков $\varphi = 3-5^\circ$; для черновых $\varphi = 4-7^\circ$; для средних (комплект из трех штук) $8-14^\circ$; для чистовых $18-23^\circ$. Для нарезания резьбы в сквозных отверстиях принимаются большие значения φ . Угол φ оказывает влияние на период стойкости метчика, определяет толщину срезаемой стружки, а следовательно, нагрузку, приходящую на зубья, условия теплоотвода и т. д. С уменьшением угла φ период стойкости метчиков повышается. Длина режущей части L_1 прямо пропорционально влияет на основное технологическое время. Она зависит от точности нарезания резьбы и свойств материала заготовки. Чем выше точность и ниже шероховатость резьбы, тем меньше должна быть толщина срезаемого слоя и тем больше, следовательно, будет L_1 . С увеличением твердости и прочности обрабатываемого материала, L_1 должна уменьшаться. Сравнительно большая L_1 у корригированных метчиков объясняется меньшими силами резания и M_p . Во многих случаях при расчете метчиков L_1 задают и тогда φ уточняют по формуле (1.6). Число перьев метчика z влияет на условия отвода стружки и толщину срезаемого слоя, а сле-

довательно, на величину крутящего момента при резьбонарезании. Наибольшее распространение получили метчики с тремя и четырьмя перьями, но может быть 5–6 перьев. Метчики, имеющие четыре пера, более склонны к заклиниванию в отверстиях, особенно при обработке вязких материалов и крутящий момент при их работе больше, чем у метчиков с тремя перьями. Изготовление метчиков с тремя перьями дешевле, чем с четырьмя, но для их контроля требуются специальные приспособления. Число перьев зависит от типа метчика, обрабатываемого материала и размера резьбы. $\phi=23$, $L1=6P$, $z=2$, Длина калибрующей части $L2=4,5$.

Резьбу калибрующей части выполняют с обратной конусностью (уменьшение диаметров d , $d1$, $d2$ в направлении к хвостовику). Обратная конусность является обязательным конструктивным элементом метчика, так как её отсутствие вызывает повышенное трение и схватывание между зубьями метчика и резьбовой поверхностью заготовки, что приводит к заклиниванию и поломке метчика. Обратная конусность находится в пределах 0,04–0,08 мм на 100 мм условной длины резьбовой части метчика. Метчики малых диаметров 1–3 мм, у которых не произведено затылование по профилю зубьев, имеют увеличенную обратную конусность в пределах 0,16–0,2 мм на 100 мм длины. Из-за наличия обратной конусности диаметры метчиков оказываются переменными. Поэтому для определения предельных отклонений устанавливается участок, где измеряются диаметры. Для машинно-ручных метчиков таким участком является начало калибрующей части, у гаечных метчиков измерение производится на расстоянии одного–двух шагов от начала калибрующей части. При нарезании резьбы в заготовках из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов рекомендуется применять метчики со срезанными в шахматном порядке зубьями. Вырезание зубьев производится на режущей и калибрующей частях. При этом каждый оставшийся зуб работает с увеличенной толщиной срезаемого слоя. Если это приводит к возрастанию нагрузки, то срезание зубьев произво-

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

дится только на калибрующей части. Срезание зубьев производится шлифовальным кругом на резьбо-шлифовальном станке.

Стружечные канавки являются важным элементом метчиков. Часть профиля канавки является передней поверхностью, которая при пересечении с задней поверхностью образует режущие кромки (лезвия) зубьев метчика. Размеры канавок должны быть достаточными для свободного размещения и удаления стружки. Канавки должны обеспечивать рациональную геометрию зубьев и быть простыми в изготовлении. Профиль канавок должен быть очерчен плавной линией во избежание появления трещин при термической обработке. Если канавки прямые (не винтовые), то их профиль полностью соответствует профилю дисковой фасонной фрезы.

Диаметр сердцевины $d_c=1.14$ мм, Ширина пера $b=1,35$, Величина угла скоса $\lambda=7,7$.

Значение переднего $\gamma_v=12$ и заднего $\alpha_v=12$ углов метчика при вершине зуба.

Боковые стороны зубьев

Боковые стороны (кромки) режущих и калибрующих зубьев метчика, кроме резания, выполняют также функции ходового винта, т. е. обеспечивают осевую подачу на шаг резьбы за один оборот метчика.

Метчики диаметром $d = 3 \div 52$ мм затылуются (шлифуются) по всему профилю зубьев режущей и калибрующей частей на величину $K1 = 0,01- 0,1$ мм (см. рис. 1.9, б), т. е. затылуются «наостро». При этом образуются задние углы и на боковых сторонах зубьев. Это приводит к резкому уменьшению налипания металла на боковые стороны зубьев метчика, снижению силы трения и уменьшению крутящего момента.

Назначение и расчет размеров и допусков на профиль резьбы метчика зависит от профиля, размеров и точности нарезаемой резьбы. Номинальные значения наружных диаметров резьбы метчика и гайки (d, D) одинаковы. До-

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

пуски на параметры резьбы метчиков (d , d_1 , d_2 , P) назначают согласно стандартам. Класс точности метчиков выбирают в зависимости от степени точности нарезаемой резьбы.

Класс точности метчика 3.

Хвостовик метчика.

Хвостовик служит для базирования и закрепления метчика в патроне или цанге и для передачи крутящего момента от шпинделя станка или воротка (при нарезании резьбы вручную). Диаметр хвостовика d_3 должен быть меньше d_1 на 0,25–1,5 мм. Это необходимо для того, чтобы хвостовик свободно проходил через сквозное отверстие заготовки, а также для обеспечения возможности нарезания резьбы в отверстиях, длина которых больше рабочей части метчика. У метчиков диаметром $d < 3$ мм, с целью уменьшения вероятности его поломки, диаметр d_3 делается равным или большим d . С обоих торцов таких метчиков делают наружные центровые конуса с углом при вершине 60° , которые служат базой при изготовлении, переточке и контроле метчика. Для крепления метчиков широко применяются разжимные (разрезные) конусные втулки с отверстием под хвостовик и гнездом под квадрат. Втулку вместе с вставленным в нее метчиком слегка забивают в конусное гнездо шпинделя станка (жесткое крепление).

При выборе инструмента по каталогу, ближайший подходящий метчик E053M3.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

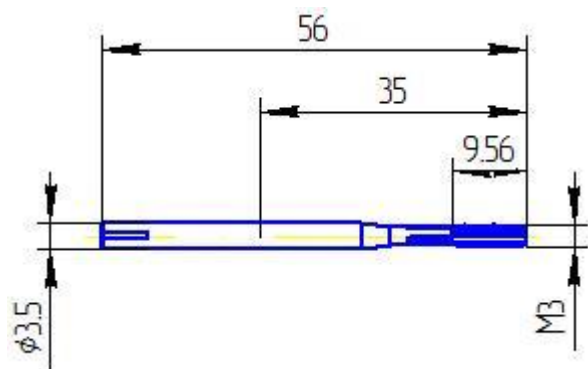


Рисунок 3.2.1.6

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

3.3. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для контроля параметров детали: плоскостности поверхностей относительно базы «К»;

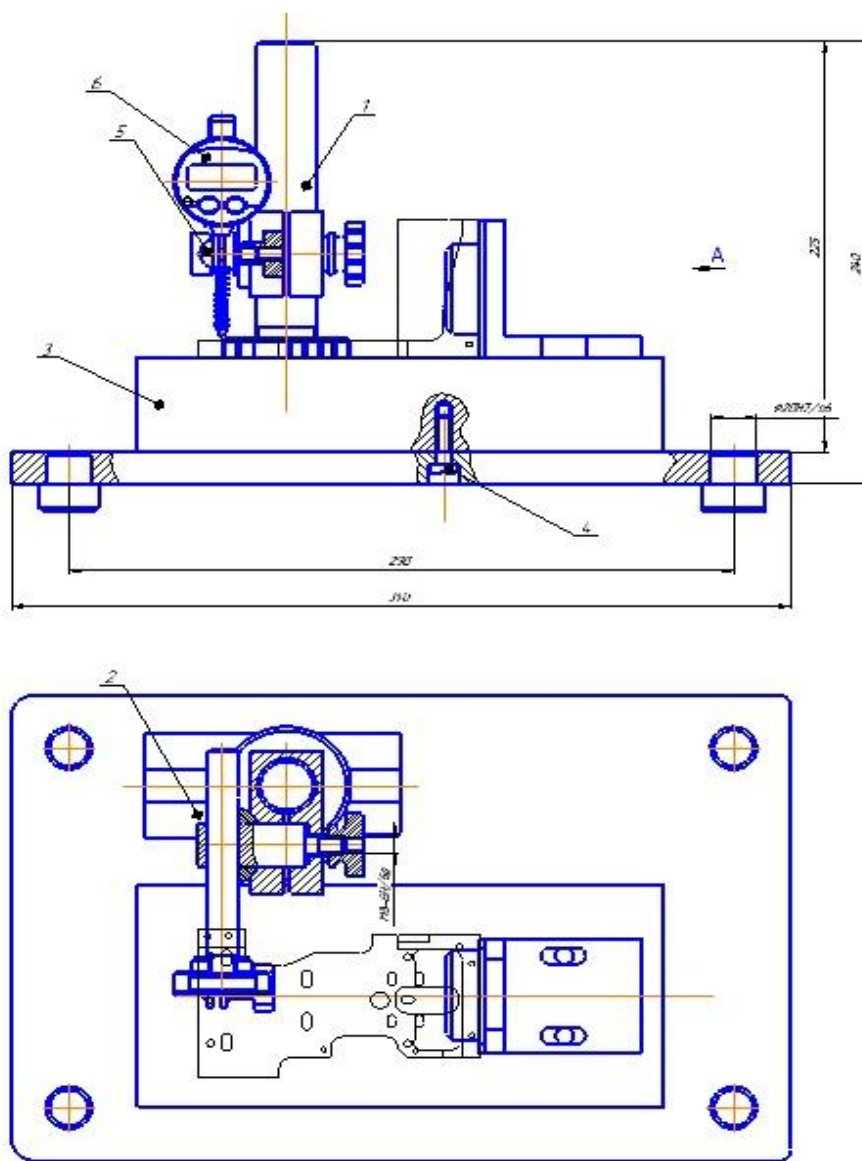


Рисунок 3.3 – Контрольное приспособление

Приспособление состоит из основания (поз.7), к которому крепится измерительная стойка (поз.2). Также к основанию крепиться кронштейн (поз.5). На стойку установлена измерительная головка (поз.3). В свою очередь деталь устанавливается на плиту (поз.6) с пазами. После того как деталь закрепили, мы свободно можем подвести измерительные головки ко всем контролируемым поверхностям.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения анализа действующего технологического процесса изготовления детали «Корпус», были выявлены его недостатки, которые были учтены при разработке проектного варианта технологического процесса.

Замена старого оборудования на станки с ЧПУ способствовала повышению производительности труда, снижению затрат на подготовку производства, улучшению условий труда и, соответственно, к увеличению прибыли предприятия.

Спроектирован специальный режущий инструмент – концевая фреза с СМП, позволившая повысить эффективность использования металлообрабатывающего оборудования, а также уменьшить расход дорогостоящего материала.

Спроектирована технологическая оснастка: фрезерное и контрольное приспособления.

Произведен экономический расчет изготовления детали.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности на участке.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т.1 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. 728с.

2 Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т.3 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. 560с.

3 Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, «Высшая школа», 1975. 288 с. с ил.

4. Логунова Э.Р. Проектирование специального приспособления: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002 –98 с.

5 Литье под давлением. Под ред. А.К. Белопухова. М., «Машиностроение», 1975. 400 с. с ил.

6 Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов; Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/Под ред. А.М. Дальского – М.: Машиностроение, 1990. – 352с. ил.

7 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1 / Под ред. Романова – М.: Экономика, 1990. 208 с.

8 Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Изд.3-е переработ. Том 1. / Под ред. канд. техн. наук А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М., Машиностроение, 1972. 694с

9 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.

					150305.2018.004.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100