

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально – педагогический университет »

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «БАЛКА»*

Дипломный проект
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 691

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально – педагогический университет»
Институт инженерно – педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и
методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В.Бородина
«__» _____ 2016_г.

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«БАЛКА»*

Пояснительная записка к дипломному проекту
по направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
профилизации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 691

Исполнитель: _____ В.М. Кашин
студент группы ЗТО-501 (подпись)

Руководитель: _____ В.А. Штерензон
доцент, к. т. н. (подпись)

Екатеринбург 2016

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 111 листов машинописного текста, 21 таблиц, 18 использованных источников, приложения на 10 листах, графическую часть на 7 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ИЗДЕЛИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, КОНТРОЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.

В дипломном проекте разработаны предложения по проектированию технологического процесса механической обработки детали «Балка». Спроектированы зажимное приспособление для закрепления детали на фрезерной операции и контрольное приспособление для проверки соосности отверстий.

В методической части разработана программа производственного обучения слесарей механосборочных работ.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности от внедрения станочного приспособления. Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 3
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯЧАСТЬ	8
<i>1.1.Исходная информация</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.Служебное назначение и техническая характеристика детали</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.Анализ технологичности конструкции</i>	<i>11</i>
<i>1.2.Разработка технологического процесса обработки детали</i>	<i>16</i>
<i>1.2.1.Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2.Выбор технологических баз</i>	<i>22</i>
<i>1.2.3.Выбор средств технологического оснащения</i>	<i>23</i>
<i>1.2.4.Составление технологического маршрута обработки детали</i>	<i>36</i>
<i>1.3.Технологические расчеты</i>	<i>38</i>
<i>1.3.1.Расчет припусков</i>	<i>38</i>
<i>1.3.2.Расчет режимов резания</i>	<i>41</i>
<i>1.3.3. Расчет технических норм времени</i>	<i>57</i>
<i>1.4. Расчет силы зажима детали</i>	<i>59</i>
<i>1.5. Приспособление для контроля межосевого расстояния отверстий</i>	<i>63</i>
<i>1.6. Фрагмент УП (операция 05)</i>	<i>63</i>
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	79
<i>2.1. Описание предмета экономического обоснования</i>	<i>79</i>
<i>2.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования</i>	<i>79</i>
<i>2.3. Расчет технико-экономических показателей</i>	<i>84</i>
<i>2.3.1. Определение капитальных вложений</i>	<i>84</i>
<i>2.3.2.Определение экономических показателей разрабатываемого технологического процесса</i>	<i>91</i>
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	93

Библиографический список..... Ошибка! Закладка не определена.

Приложения

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 5
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране машиностроение является одной из главных отраслей народного хозяйства. Основная задача промышленного производства – это последовательно осуществлять подъем материально – культурного уровня жизни населения страны на основе динамичного и пропорционального развития промышленного производства, а так же повышения его эффективности, ускорения научно – технического прогресса, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях экономики.

В настоящее время на машиностроительных предприятиях России идет процесс замены устаревшего оборудования на современное, вмещающее в себе все передовые технологии и обеспечивающее конкурентоспособность, экономичность, безопасность, качество и экологичность производства.

«Балка», для обработки которой проектируется технологический процесс механической обработки, является деталью погрузчика, выпускаемого предприятием ПАО «МЗиК». В связи с заменой устаревшего и изношенного оборудования на современные высокотехнологичные станки возникла необходимость разработки нового технологического процесса механической обработки детали «Балка». Все это подчеркивает актуальность выбранной мною темы для дипломной работы.

Кроме этого для нового оборудования всегда нужны рабочие кадры с компетенциями, позволяющими работать на нем, поэтому в методической части диплома разработано занятие производственного обучения «Станки с ЧПУ для многооперационной обработки. Основные особенности станков для многооперационной обработки».

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса механической обработки детали «Балка» в производственных условиях ПАО «МЗиК».

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

Поставленная цель определила следующие задачи выпускной квалификационной работы:

- проанализировать исходные данные о детали «Балка»;
- разработать маршрут и технологические операции;
- выполнить технологические расчеты;
- выбрать технологическое обеспечение;
- разработать управляющую программу;
- рассчитать силу закрепления детали;
- выполнить экономическое обоснование предлагаемого варианта

технологического процесса;

- выполнить методическую разработку.

Исходными данными для проекта является чертеж детали, годовая программа выпуска, справочные материалы.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 7
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Исходная информация

Рабочий чертеж детали «Балка».

Годовая программ выпуска деталей N = 500 шт.

Справочные материалы.

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Балка – деталь моста управления, предназначена для обеспечения маневрирования погрузчика и состоит из балки, гидроцилиндра, двух поворотных кулаков со ступицами. Деталь представляет собой корпус, на котором крепятся остальные части моста управления согласно рисунку 1.

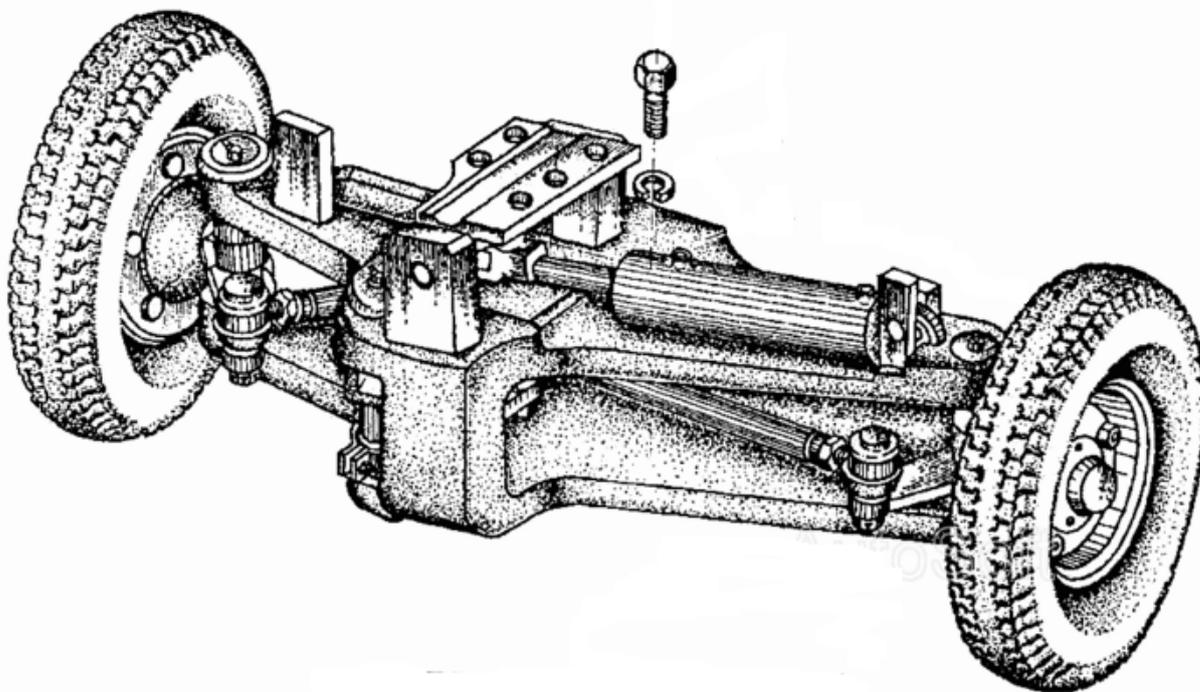


Рисунок 1 – Мост управления в сборе

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.691.ПЗ

Лист
8

Деталь изготавливается из Стали 35Л ГОСТ 977 – 88.

В технических требованиях чертежа заготовки указаны нормы точности отливки 11 – 0 – 0 – 11 (ГОСТ 26645 – 85), нормализовать. Это означает, что точность отливки 11-го класса размерной точности, 11-го класса точности массы. Ненормируемые показатели точности отливки заготовки заменены нулями. Деталь является корпусной и относится ко второй группе сложности ГОСТ 977 – 88. Имеет коробчатую форму, наружные поверхности прямолинейные и криволинейные и имеют конструктивные элементы несложной формы. В детали нет тепловых узлов, потому что толщина стенок детали не очень отличается друг от друга, это уменьшает вероятность возникновения трещин и термического напряжения и соответственно значительно снижает возможность получения брака отливки.

Готовая деталь входит в гидросистему, которая собирается на заводе.

Кроме плоских поверхностей деталь имеет большое количество отверстий.

Наиболее ответственными поверхностями детали являются поверхности, которые имеют шероховатость 2,5 мкм и обрабатываются по качеству точности Н8.

Со многими литейными сплавами у стали значительно хуже литейные свойства. Усадка у нее больше, чем у чугуна и большинства цветных сплавов. При затвердевании объем сокращается на величину от 2 до 5 %. При затвердевании с температуры солидуса до температуры окружающей среды объем углеродистой стали сокращается на 7.2 – 7.5 %. Линейная усадка равна 2,2 – 2,5 %[3].

В реальных условиях затвердевания из – за механического, термического торможения свободная линейная усадка не может быть реализована, фактическое изменение линейных размеров отливки меньше и у тонкостенных отливок сложной конфигурации составляет 1,23 – 1,5 %, а у толстостенных 2,0 – 2,3 %.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Жидкотекучесть и формозаполняемость у стали так же хуже, чем у чугуна и большинства других литейных сплавов.

Общая характеристика: общими классификационными признаками сталей для отливок считают способ выплавки, химический состав, структуру и назначение.

-по способу выплавки различают стали, выплавленные кислым или основным процессом.

-по химическому составу стали для отливок делят на углеродистые, низколегированные, среднелегированные и высоколегированные.

-по структуре различают отливки из стали: мартенситных, ферритных и др.[3]

Отливки из конструкционной нелегированной стали изготавливают из стали марок 15Л, 25Л, 30Л, 35Л, 45Л, 50Л и 55Л. Содержание С составляет (0,15 – 0,55%), Mn (0,3 – 0,9%), Si (0,2 – 0,4%), S (до 0,045 – 0,06%), P (до 0,04 – 0,08%). Остаточное содержание Cr, Ni, Cu в отдельности не должно превышать 0,3%.

Химический состав стали 35Л приведен в диаграмме, согласно рисунку 2

C	0,32-0,40
Si	0,17-0,37
Mn	0,5-0,8
S	не более 0,035
P	не более 0,035
Cr	не более 0,8-1,1
Ni	не более 0,3
Cu	не более 0,3
Fe	Около 97



Рисунок 2 – Диаграмма: химический состав стали 35 Л (ГОСТ 977 – 88), %

Сталь 35Л: буква Л в конце означает, что перед нами литейная сталь, а цифра 35 свидетельствует о содержании 0,35% углерода [3].

Механические свойства стали 35Л приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства стали 35 Л (ГОСТ 977 – 88)

Сортамент	Размер	s_b	s_T	d_5	y	КСУ	Термообр.
	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	
Отливки, К25, ГОСТ 977-88	до 100	491	275	15	25	343	Нормализация 860 - 880°С, Отпуск 600 - 630°С,
Отливки, КТ35, ГОСТ 977-88		540	343	16	20	294	Закалка 860 - 880 ° С, Отпуск 600 - 630 ° С

1.1.2. Анализ технологичности конструкции

Технологичность конструкции детали Балка оценивается на двух уровнях – качественном и количественном.

Качественная оценка производится по материалу, геометрии, форме, качеству поверхностей, по простановке размеров и возможным способам получения заготовки, по возможностям технологии изготовления [4].

Рабочий чертеж выбранной детали содержит все необходимые проекции, разрезы, сечения, абсолютно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию, а так же на чертеже указаны все необходимые отклонения, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допусковые отклонения от правильных геометрических форм, и взаимное положение поверхностей. Чертеж содержит все необходимые сведения о материале и массе детали.[4]

Указанные требования к точности размеров и форме детали конструктивно обоснованы. Для снижения объема обработки предусмотрены допуски только по

размерам посадочных поверхностей. Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали. Так же обеспечен свободный подвод и вывод инструмента из зоны обработки. Так же можно сказать, что плоскостей подлежащих обработке и расположенных под тупыми или острыми углами к оси на детали нет. Так же отсутствуют отверстия расположенные под острым или тупым углом относительно оси детали. Деталь является взаимозаменяемой [2].

Масса заготовки – 32 кг. Габаритные размеры: 906*182*264 мм.

Допуски размеров по IT 15, шероховатость Ra 40 мкм.

Точность выполнения заготовок по 2 классу ГОСТ 2009 – 55.

Отливка относится ко 2 – ой группе по ГОСТ 977 – 68.

Точность отливки 11 – 0 – 0 – 11 ГОСТ 26645 – 85 (11 класс размерной точности, 11 класс точности массы, ненормируемые показатели точности отливки заменены нулями).

Формовочные уклоны по ГОСТ 3212 – 92.

Неуказанные литейные радиусы 5 – 10 мм.

Величина припусков под обработку в большинстве случаев составляет 5 мм.

На детали имеются поверхности и отверстия 8 качества точности, которые совпадают с конструкторскими базами и могут быть использованы в качестве базовых в операциях механической обработки.

Количественная оценка технологичности конструкции детали производится по следующим показателям[4]:

а) по коэффициенту использования материала:

$$K_{им} = m_{д} / m_{з}, \quad (1)$$

где $m_{д}$ – масса детали, кг;

$m_{з}$ – масса заготовки, кг .

$$K_{и.м.} = 30 / 32 = 0,9$$

б) Коэффициент точности обработки детали:

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

$$K_T = T_n / T_o, \quad (2)$$

где T_n – число размеров необоснованной степени точности обработки;

T_o – общее число размеров, подлежащих обработке.

$$K_T = 0 / 11 = 0$$

в) Коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = Ш_n / Ш_o, \quad (3)$$

где $Ш_n$ – число поверхностей детали, не обоснованной шероховатости;

$Ш_o$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке;

$$K_{ш} = 0 / 11 = 0$$

Анализ исходных данных для разработки технологического процесса (ТП) механической обработки детали начнем с анализа ее чертежа.

Деталь Балка изготавливается из стали 35Л ГОСТ 977 – 88, что означает что сталь для отливок нелегированная, применяется для изготовления станин станков, зубчатых колес, тяг, катков, валов и других деталей, работающих под действием средних статических и динамических нагрузок, содержание углерода – около 0,35 %. Сталь ограниченно свариваемая, к отпускной хрупкости не склонна. Усадка у нее больше, чем у чугуна и большинства цветных сплавов. При затвердевании объем сокращается от 2 до 5 %. При затвердевании с температуры солидуса до температуры окружающей среды объем углеродистой стали сокращается на 7.2 – 7.5 %. Линейная усадка равна 2,2 – 2,5 %. В реальных условиях затвердевания из – за механического термического торможения свободная линейная усадка не может быть реализована, фактическое изменение линейных размеров отливки меньше и у тонкостенных отливок сложной конфигурации составляет 1,23 – 1,5%, а у толстостенных 2,0 – 2,3%. [3]

В технических требованиях чертежа детали и заготовки указаны нормы точности отливки 11-0-0-11 ГОСТ 26645-85, нормализовать. Это означает, что точность отливки 11-го класса размерной точности, 11-го класса точности массы. Ненормируемые показатели точности отливки заготовки заменены нулями. Масса заготовки – 32 кг. Габаритные размеры: 906*182*264 мм.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 13
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Допуски размеров по IT 15, шероховатость Ra 12,5 мкм.

Точность выполнения заготовок по 2 классу ГОСТ 2009 – 55.

Уклоны формовочные по ГОСТ 3212 – 92.

Неуказанные литейные радиусы 5-10 мм.

Величина припусков в большинстве случаев составляет 5 мм.

Деталь является корпусной и относится ко второй группе сложности ГОСТ 977 – 88.

Масштаб двух листов чертежа детали и чертежа заготовки – 1:2, значит линейные размеры на чертежах в 2 раза меньше линейных размеров самого предмета.

Чертеж детали содержит три вида: главный (спереди), вид сверху и вид сзади, а так же разрезы: профильный В – В справа от главного вида и два местных А и Б.

Сопоставив виды и разрезы детали на чертеже можно сказать, что деталь корпусная и имеет коробчатую форму.

По краям деталь имеет форму вилки со сквозными отверстиями диаметром 40мм, шероховатостью по Ra2.5. и радиально расположенными вокруг них глухими отверстиями с резьбой М6. У оснований вильчатых выступов имеются пазы со сквозными отверстиями. Эти отверстия обрабатываются по Ra3,2, с резьбой в них М16 и их ступенчатым расширением до диаметра 30 мм. Остальные поверхности детали, подлежащие обработке, имеют требования по шероховатости Ra6.3, Ra12.5. Сверху посередине имеются выступающие проушины со сквозными отверстиями диаметром 63 мм., допуском размера Н9 и шероховатости Ra6,3.

На внутренней стороне детали имеются плоские поверхности подлежащие обработке.

Наиболее ответственными поверхностями детали являются поверхности, которые имеют шероховатость 2,5 мкм и размерную точность по Н8 и Н9.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Чертеж детали дает исчерпывающую информацию о её форме, размерах, точности размеров, формы и расположения, шероховатости поверхности, материале, качестве поверхностного слоя, габаритах и массе детали, использованных стандартах, технических условиях и т.д.

Для более ответственной разработки ТП нужно четко представлять себе служебное назначение детали и условия ее работы, положение ее в узле моста управления (приложение А).

Под *служебным назначением* детали понимается характер выполняемых ею служебных функций и требования к их выполнению. [1]

Управляемый не разрезной мост состоит из балки и поворотных кулаков или вилок, шарнирно соединенных посредством шкворней с поворотными цапфами, обеспечивающих возможность поворота управляемых колес для изменения направления движения автомобиля. Балка моста должна быть прочной, жесткой и как можно более легкой.

Балка с поворотными вилками, рассматриваемая в нашем случае, отличается от балки с поворотными кулаками конфигурацией поворотной цапфы и соответственно изменением распределения нагрузок. В этой конфигурации моста весовая нагрузка передается на цапфы колес через опорные подшипники, а шкворень в передаче этой нагрузки не участвует. Такие шкворни называются разгруженными в отличие от шкворней, участвующих в передаче весовой нагрузки, работающих на сжатие [2].

Балки управляемых мостов принято делать двутавровыми и коваными. На чертеже мы видим, что балка имеет коробчатый вид. Это связано с тем, что балка погрузчика испытывает много большую нагрузку, с этим связано и использование шкворней разгруженного типа. Использование литой заготовки связано с невозможностью изготовления кованой балки коробчатого типа.

Для закрепления элементов подвески на балке предусмотрено наличие опорных площадок.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

В целом конструкция детали технологична, коэффициент использования материала высокий.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

При проектировании ТП, для его логичности и последовательности, нужно выполнить ряд технологических задач.[1]

Ориентировочно определим тип производства в зависимости от массы детали и объема выпуска по таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт				
	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
<1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	< 10	10-20	200-10000	10000-25000	25000

Вывод: масса детали – 32 кг., годовая программа выпуска – 500 штук, соответственно, согласно таблице 3 тип производства определяем как *среднесерийное*.

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

Из чертежа заготовки известно что заготовку получают литьем. Для того чтобы выбрать оптимальный способ литья нужно выяснить тип производства.

Тип производства рассчитывается по одной из основных ее характеристик – коэффициенту закрепления операции (Кзо) (ГОСТ 3.1121 – 84):

$$K_{zo} = O / P, \quad (4)$$

где O – число всех технологических операций;

						ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			16

P – число всех рабочих мест.

Но на данном этапе проектирования эти данные еще не известны.

Главными факторами при выборе способа производства отливки являются технические требования, предъявляемые к детали, а так же экономические показатели (себестоимость в изготовлении, экономически оправданная серийность и др.), учитывающие расход металла, стоимость оборудования и оснастки [4].

В производстве единичном, мелкосерийном и серийном зачастую отливки изготавливаются литьем в песчаные формы, по выплавляемым моделям. В производстве крупносерийном и массовом применяется литье под давлением, в кокиль, в оболочковые формы, центробежное литье, литье в сырые песчаные формы, изготавливаемые на формовочных машинах или автоматических линиях, и др.[3]

Для того чтобы правильно выбрать заготовку – нужно определить рациональный метод ее получения, установить припуски на механическую обработку каждой из обрабатываемых поверхностей, а так же целесообразность того или иного метода производства. Всегда нужно стремиться к тому, чтобы форма и размеры заготовки приближались к форме и размерам детали. Заготовки для корпусных деталей часто изготавливают литьем и сваркой [3].

Конструкция литой детали должна как можно более полно соответствовать возможностям выбранного способа литья в плане обеспечения минимальной себестоимости и заданных свойств изделия. Качество отливки определяется двумя группами технологических факторов:

1) Связана с условиями заливки расплава, качеством изготовления литейной формы и определяет возможность получения заданной конфигурации, точности и свойств поверхностного слоя отливки.

2) Связана с условиями кристаллизации расплава, охлаждения отливки. Определяет возможность получения детали с заданной структурой, появления в ней различных дефектов (раковин, трещин, внутренних напряжений и др.). Эти

факторы влияют в основном на физико – механические и связанные с ними эксплуатационные характеристики материала отливки.

По массе отливки классифицируют на мелкие – до 100 кг, средние – 101 – 1000 кг, крупные – 1001 – 5000 кг, очень крупные – свыше 5000 кг.

При серийном и массовом производстве наиболее рентабельно литье с применением металлических или оболочковых форм. При единичном, как правило, экономически не выгодно изготавливать кокиль или использовать дорогостоящее литьё по выплавляемым моделям, а наиболее рациональным является применение литья в песчаные формы, с использованием недорогих деревянных моделей.

Сложные по конфигурации отливки получают литьем под давлением, по выплавляемым моделям, в песчаных формах. Литьем в кокиль получают отливки с простой наружной конфигурацией, а центробежным литьем – отливки типа тел вращения. Наиболее тонкостенные отливки получают литьем по выплавляемым моделям и литьем под давлением.

При плохой текучести металла, литье в металлические формы нежелательно применять из – за высоких скоростей охлаждения, которые приводят к быстрому остыванию и кристаллизации расплавленного металла, что может стать причиной образования недоливов и спаев. Так же не желательно литье в металлические формы при высокой склонности материала к усадке, так как возможно образование трещин по причине низкой податливости формы, препятствующей свободной усадке отливки в литейной форме[3].

Рассмотрим преимущества и недостатки основных способов литья.

Литье в песчаные формы

Преимущества:

Относительная простота изготовления отливок любой массы, и

Недостатки:

Неэкономичность, низкое качество формы, массы, размеров

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 18
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

размеров; относительно низкая
себестоимость 1т отливок

и шероховатости; высокая
трудоемкость дальнейшей
обработки

Оболочковые формы

Преимущества:

Достаточно высокая точность массы,
размеров и шероховатости отливок;

Недостатки

высокая стоимость, сложность
модельной и стержневой оснастки,
большое выделение вредных
химических веществ

Литье по выплавляемым моделям

Преимущества:

обладает очень высокими
технологическими показателями

Недостатки:

выделение вредных химических
веществ, ограничение по массе и
размерам; дороговизна

Центробежное литье применяется

Преимущества:

Низкая себестоимость отливки

Недостатки:

Подходит только для тел
цилиндрической формы, большая
масса последующей механической
обработки

Литье под давлением

Преимущества:

один из наиболее прогрессивных
способов изготовления отливок

Недостатки:

изготовления отливок из сплавов с
температурой плавления ниже 1000°

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

С; появление в отливках мелких воздушных раковин (пористости) и поэтому их нельзя подвергать термообработке

Кокильное литье

Преимущества:

многократное использование металлической формы (кокиля); высокие механические свойства отливки; низкий расход металла; небольшая масса мех. обработки; хорошие условия труда

Недостатки:

трудность получения отливки с тонкими стенками, узкими ребрами и другими аналогичными элементами

Наиболее подходящим способом получения отливки, исходя из вышеизложенного анализа, является литье в кокиль. Возможно так же для обеспечения постоянства качества отливок использовать кокильные литейные машины, работа которых механизирована и даже автоматизирована.

Рекомендуемые разновидности отливок по массе и размерам для различных способов литья можно сравнить в таблице 3.

Таблица 3 – Технологические возможности основных способов литья

Показатель	ПФ	ОФ	ВМ	К	ПД	Ц
1	2	3	4	5	6	7
Материал отливок	Сталь, чугун, цветные сплавы	Сталь, чугун, цветные сплавы	Сталь, чугун, цветные сплавы, спец. сплавы	Сталь, чугун, цветные сплавы	Цветные сплавы	Сталь, чугун, цветные сплавы
Максимальная масса отливок, кг	200 000	150	150	7000чугун, 4000сталь, 500цветной сплав	1000	600

Окончание таблицы 3 – Технологические возможности основных способов литья

1		2	3	4	5	6	7
Максимальный размер отливки, мм		Неогранич.	1500	1000	2000	1200	6000
Толщина на стенках, мм	min	3,0	2,0	0,5	3,0	0,5	4,0
	max	Неогранич.	12,0	6,0	100	6,0	Неогранич.
Класс точности отливок		6...14	4...11	3...8	4...11	3...8	6...14
Шероховатость поверхности, Ra, мм		80...20	40...10	20...5	40...10	10...2.5	80...20
Минимальный припуск на механическую обработку (на сторону), мм		0,3...0,6	0,4...0,2	0,0...0,6	0,377...1,0	0,2...0,5	0,3...1,0
Коэффициент весовой точности, КВТ, %		60...70	80...95	90...95	75...80	90...95	70...90
Относительная себестоимость 1т отливок		1,0	1,5...2,0	2,5...3,0	1,2...1,5	1,8...2,0	0,6...0,7
Экономически оправданная серийность, шт/год		Неогранич.	200...500	1000	400...800	1000	100..1000

ПФ - литье в песчаные формы; ОФ - литье в оболочковые формы; ВМ - литье по выплавляемым моделям; К - литье в кокиль; ПД - литье под давлением; Ц - центробежное литье.

Вывод: по максимальной массе и размеру отливки; по максимальной и минимальной толщине стенок отливки; по размеру годового выпуска литье в кокиль подходит. Остальные показатели для этого метода выбираются из таблиц 3.11 и 3.1 [3] страница 56 – 572.

Класс размерной точности – 11; класс точности массы отливки – 11; припуск около 6мм, что соответствует данным чертежа. Значит литье в кокиль для получения заготовки для детали Балка подходит и кроме того является экономически и экологически более выгодным и оправданным.

Устройство кокиля и процесс изготовления отливки в кокиле рассмотрено в приложении Б, В.

Литая сталь имеет крупнозернистое строение вследствие медленной кристаллизации. Для измельчения первичной структуры отливок проводится нормализация при температуре 850 – 870° С. Для повышения ударной вязкости и снижения твёрдости отливок проводится высокий отпуск с нагревом отливки до 500 – 600°С со скоростью 30 – 40° С в час, а далее выдерживается 1 – 2 ч и охлаждается на воздухе.

1.2.2. Выбор технологических баз

Выбором технологических баз в значительной мере определяется точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, а так же выбор режущего и измерительного инструмента, станочных приспособлений и производительность обработки.

В качестве исходных данных при выборе баз используем чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями, а так же вид, точность заготовки и условия расположения детали в машине.[4]

Для выбора баз в первой операции необходимо определить поверхности, которые будут использоваться в качестве баз на следующих операциях. В качестве таких используем основные базы, от которых задано большинство размеров. Таковыми являются плоскость задней поверхности – 1 (установочная), поверхность боковая с опорой на два уголка (направляющая) и пазов 36X50 (опорная), согласно рисунку 3.

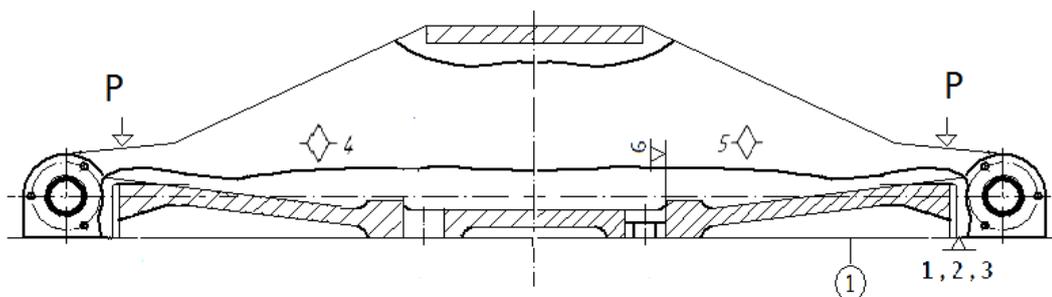


Рисунок 3 – Схема базирования в последующих операциях

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 22
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Все эти поверхности так или иначе имеют определенное положение относительно плоскости задней поверхности – 2. Она занимает определенное положение относительно других поверхностей детали, на ней нет прибылей и литников, швов разъема формы – значит в качестве черновой установочной базы для первой операции подходит. Она будет использоваться в качестве базы в первой операции, в последующих операциях будут использоваться уже обработанные поверхности. Эта плоскость является установочной базой и лишает деталь трёх степеней свободы, согласно рисунку 4.[4]

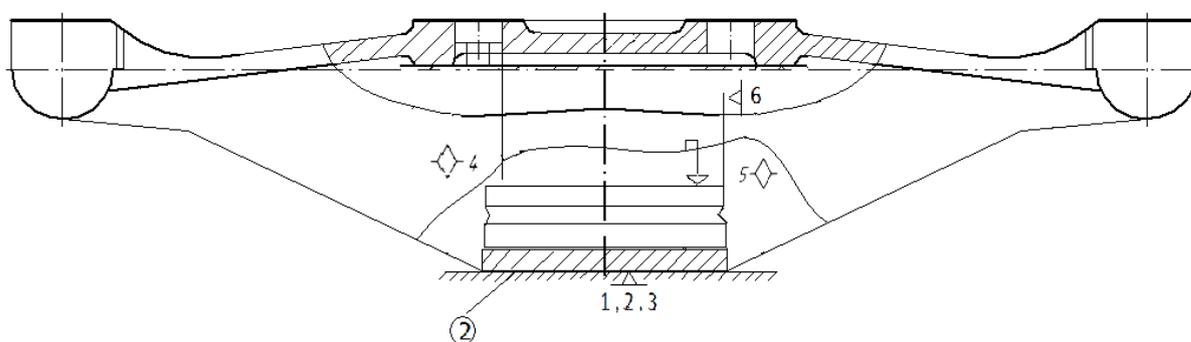


Рисунок 4 – Схема базирования в первой операции

Поверхность нижняя – опорная база – лишает одной степени свободы и боковая поверхность – направляющая база лишает оставшихся двух степеней свободы. Значит, деталь лишается шести степеней свободы, т.е. базирование полное.

1.2.3. Выбор средств технологического оснащения

Данная деталь корпус имеет ряд поверхностей, которые необходимо обрабатывать следующими способами: фрезерованием, зенкерованием, развертыванием, сверлением и нарезанием резьбы. Поэтому выбираем соответствующее способам обработки оборудование для серийного типа производства.

						ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			23

Габаритные размеры заготовки детали: 906*182*264 мм. Для обработки принят обрабатывающий центр. 5 осевой станок DMU125 от компании DMG MORI, согласно рисунку 5.

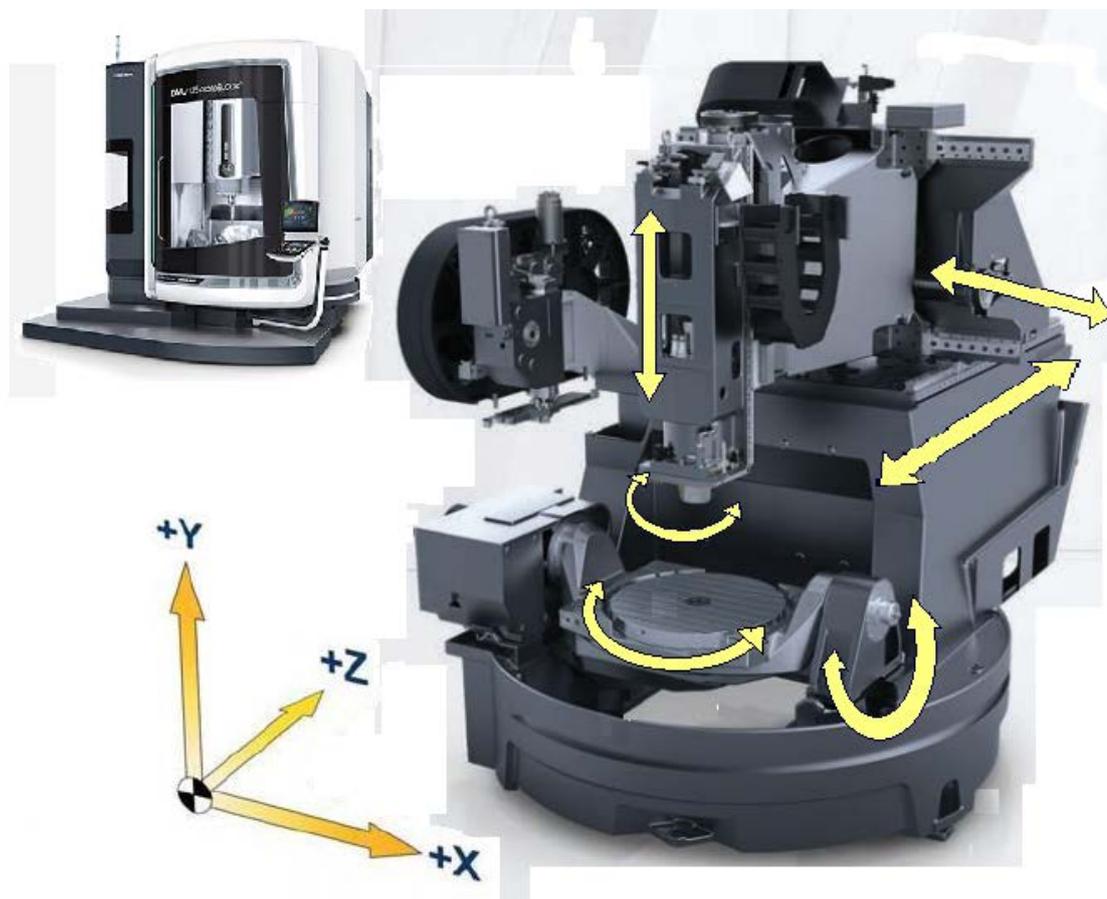


Рисунок 5 – Универсальный фрезерный станок DMG DMU125

Технические данные:

Тип станка: DMU 125

Рабочая зона

Оси X/Y/Z mm.: 1 335 / 1 250 / 900

Объем рабочей зоны dm³: 1502

Наклонно-поворотный стол с ЧПУ Tandem drive с двусторонним приводом

Диаметр стола mm: 1 400

Максимальная нагрузка kg: 2600

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 24
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Максимальные размеры заготовки mm: Ø1400/790

Скорость вращения шпинделя min-1: 15000

Момент (S6 40 % цикла нагрузки) Nm: 111

Мощность (S6 40% цикла нагрузки)kW: 35

Компактная установка СОЖ на 500 л,

Транспортер для удаления стружки

Устройство смены инструмента

Установка инструмента SK40

Инструментальный магазин цепного типа: 60 инстр.

Время от стружки до стружки 6.5 сек.

Линейные оси (X/Y/Z)

Скорость подачи mm/min: 40000

Скорость быстрого хода m/min: 40

Ускорение m/s²: 5

Мощность подачи (X/Y/Z) kN: 16/20/16

Линейные направляющие (X/Y/Z) mm: 55

Шариковинтовые передачи (X/Y/Z) mm: 50/63/50

P_{max.} (X / Y / Z) – VDI DGQ 3441 / ISO 230-2: 8 µm

P_{smax.} (X / Y / Z) - VDI DGQ 3441 / ISO 230-2: 5 µm

Характеристики станка

Площадь, занимаемая станком m²: 19.2

Высота станка (в стандартном исполнении) m: 3798

Вес станка кг.: 11793,4

Автоматическая поворотная шпиндельная головка

Благодаря 5 осевой обработке и поворотному столу на станке можно обрабатывать высокотехнологичные детали диаметром до 1440 мм и массой до 2600 кг. Неограниченная возможность загрузки в рабочую зону сверху и обшивка рабочего пространства нержавеющей сталью делают этот станок высоконадежным. Цепной магазин на 60 инструментов, быстрый двойной захват с кулачковым приводом,

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

скорость быстрого хода 40 метров в минуту позволяют производить быструю смену инструмента сокращая время от стружки до стружки до 6,5 секунд. Шпиндельная головка 5X torque MASTER, согласно рисунку 6.



Рисунок 6 – Шпиндельная головка 5X torque MASTER

Патентованная ось В, управляемая ЧПУ качающаяся фрезерная головка как ось В для 5-осевого фрезерования с высокой стабильностью за счет обработки в точке пересечения осей; Конус шпинделя SK40 / HSK-A100; Планетарный редуктор в качестве привода оси В; Бесступенчатое позиционирование во всем диапазоне поворота; Очень жесткая фрезеровочная головка с хорошей амортизацией за счет плоскости поворота расположенной под углом 45°; Возможность достижения макс. параметров резания в любом направлении и под любым углом; Шпиндель с редуктором и крутящим моментом до 1.100 Нм и мощностью до 32 кВт.

По техническим характеристикам станок подходит для обработки всех поверхностей детали «Балка». Станок оснащен системой автоматического обмера

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

детали, а измерения в зоне обработки позволяют выяснять самые ответственные размеры детали, производить при необходимости коррекцию управляющей программы, отслеживать степень изношенности режущего инструмента и исключать бракованные детали из дальнейшей обработки.

Контактное измерение дает возможность частично или полностью отказаться от использования дорогостоящих приспособлений для измерения. Использование системы автоматического обмера позволяет автоматизировать закрепление заготовки, ее выравнивание в отношении осей станка, что значительно снижает вероятность погрешностей установки, связанных с человеческим фактором и повышает производительность и универсальность по отношению к серийности производства. Так же повышает производительность и универсальность 3D система размерной привязки инструмента, согласно рисунку 7.



Рисунок 7 – Контактные измерительные приспособления: а) Контактный 3D – щуп для измерения инструмента, в) 3D – щуп для измерения заготовки непосредственно на станке

После базирования детали ее необходимо зажать. Для зажима детали используются два зажима, работающих от гидроцилиндров и тиски для первой операции.

Выбор режущего инструмента

Для обработки детали «Балка» необходимый режущий инструмент выбирается в зависимости от обрабатываемых поверхностей: фрезы, сверла, расточные резцы, мечики, развертки.

Фрезы различают по конструкции на цельные, составные и сборные.

При обработке на фрезерном станке подбирается инструмент соответствующий станку, форме и материалу детали. Режущий инструмент KORLOY имеет ряд преимуществ и недостатков по сравнению с другими производителями. К преимуществам в первую очередь относят цены в 2 – 3 раза ниже европейских аналогов, и очень обширную номенклатуру выпускаемых инструментов. Недостатками многие называют сравнительно низкое качество продукции. Однако на заводе «ЗиК» зачастую выбирают инструмент именно этой фирмы. Связано это с тем что KORLOY имеет аналоги инструмента практически всех фирм и видов, и в производстве, используется проверенный наиболее подходящий для конкретного производства сплав и форма. В результате за цену, значительно ниже аналогов, получают качество не сильно уступающее им.

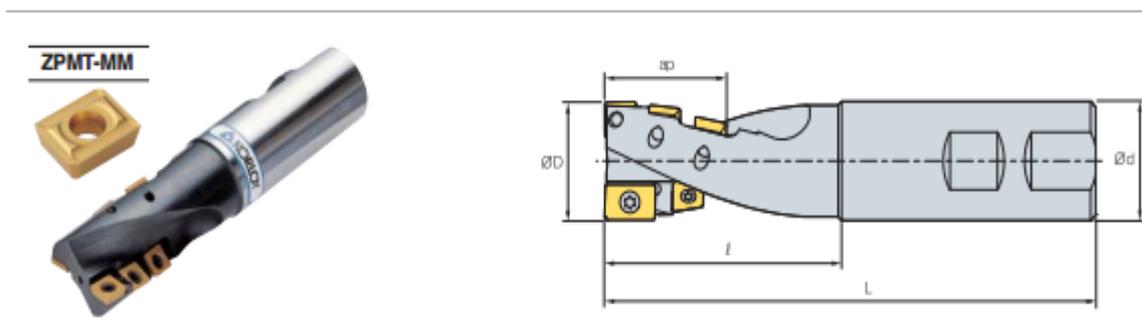
Фреза серии Mill-max для обработки плоскостей – EN(M) 4125R/L диаметром 125 мм для обработки поверхности 1,13. Преимущества: экономичность за счет применения двухсторонних СМП. Пластины SNCN 1204ENN, материал режущей части твердый сплав с покрытием – NCM325, условия резания универсальные (по 8 шт). По справочнику KORLOY подбираются и режимы резания. Оправка для фрезерной головки BT40 MAT-M06-062 максимальная глубина срезаемого слоя – 8,5 мм рисунок 8 [18];

						ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 28
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			



Рисунок 8 – Фреза EN(M) 4125R/L диаметром 125 мм, пластины SNCN 1204ENN, оправка для фрезерной головки BT40 MAT-M06-062

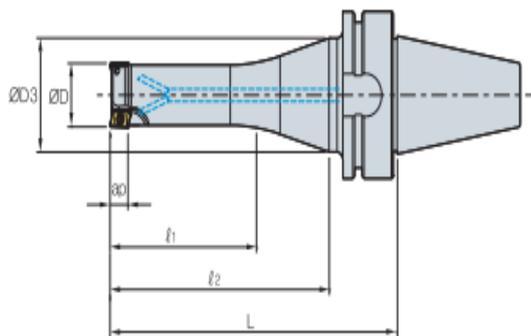
Фреза серии Tank Mill для обработки плоскостей, уступов, пазов – **THE40R** диаметром 40 мм для обработки поверхности 2. Преимущества: снижение сил резания за счет высокого переднего угла, глубина срезаемого слоя до 54мм. Пластины торцевые **ZPMT1504PPSR-MM 1z**, с материалом режущей части: твердый сплав с покрытием **NCM325** рисунок 9;



Обозначение	ØD	Ød	ℓ	L	ar	Количество зубьев	f _z	Применяемые СМП	
								Торцевые СМП	Периферийные СМП
THE 25R	25	25	55	120	25	2	0.4	APLT070304R 1z	SPMT060304 4z
32R	32	32	70	145	40	2	0.5	ADLT150308R 1z	SDMT090308-MM 5z
40R	40	42	88	175	54	2	1.3	ZPMT1504PPSR-MM 1z	SPMT120408-MM 5z
50R	50	42	85	175	54	4	1.4	ZPMT1504PPSR-MM 2z	SPMT120408-MM 10z

Рисунок 9 – Фреза THE40R диаметром 40 мм, пластины торцевые ZPMT1504PPSR-MM1z.

Фреза сборная концевая для труднодоступных мест с хвостовиком BT40 для обработки уступов в отверстиях M16 и 15 мм **BT40 AM15016HS-2L**, рисунок 10.



(мм)

Обозначение		$\varnothing D$	$\varnothing D_3$	$\varnothing D_1$	$\varnothing D_2$	L	ap
-------------	--	-----------------	-------------------	-------------------	-------------------	---	----

BT40

AM15016HS-2L	2	16	43	35	118	152	9
---------------------	---	----	----	----	-----	-----	---

Рисунок 10 – Фреза сборная концевая для труднодоступных мест с хвостовиком BT40
BT40 AM15016HS-2L

Применяемая СМП – **APMT 0903PDSR-MM** из твердого сплава с покрытием **NCM325**. Расшифровка системы обозначений фрезерных СМП по ISO представлена на рисунке 11.



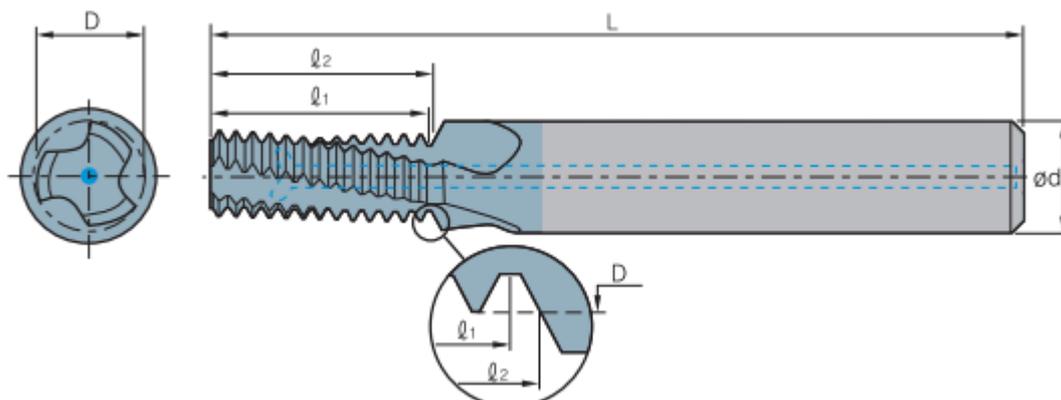
Рисунок 11 – Система обозначения фрезерных СМП по ISO

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

ДП 44.03.04.691.ПЗ

Лист
30

Для нарезания резьбы в отверстиях приняты: резьбофреза KORLOY для М6-7Н – **STMHCR 06048L12-I1.00ISO** с шагом 1, правая, длиной рабочей части 12.0/12.5 мм, диаметр под резьбу – 5мм., материал режущей части **PC9070M** рисунок 12;



($l_2 \geq 2 \times \text{Диаметр резьбы}$)

Резьба		Шаг	Обозначение		Размеры державки, мм					Количество зубьев	Количество зубьев	Диаметр отверстий под резьбу
Крупная	Мелкая	(мм)	Внутренняя	PC9070M	$\varnothing d$	D	L	l_1	l_2	z	z _t	mm
M6x1.0	M8~M40x1.0	1.0	STMHCR 06048L12-I1.00ISO		6	4.8	57	12.0	12.5	3	12	5.0

Рисунок 12 – Резьбофреза STMHCR 06048L12-I1.00ISO

Фреза для М16-Н7: **STMHC 14136L33-I2.00ISO** с шагом 2, длиной рабочей части 32.0/33.0 мм, 4 зуба, 16 ниток, диаметр под отверстие 14мм, материал режущей части **PC9070M**, согласно рисунку 13.



($l_2 \geq 2 \times \text{Диаметр резьбы}$)

Резьба		Шаг	Обозначение		Размеры державки, мм					Количество зубьев	Количество зубьев	Диаметр отверстий под резьбу
Крупная	Мелкая	(мм)	Внутренняя	PC9070M	$\varnothing d$	D	L	l_1	l_2	z	z _t	mm
M16x2.0	M17~M80x2.0	2.0	STMHC 14136L33-I2.00ISO	•	14	13.60	92	32.0	33.0	4	16	14.0

Рисунок 13 – фреза для М16-Н7: STMHC 14136L33-I2.00ISO

Система обозначения резьбофрез, согласно рисунку 14.

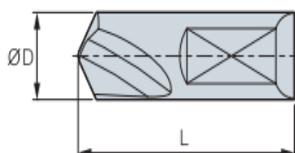


Рисунок 14 – Система обозначения резьбофрез

Для сверления приняты сверла:

Сверло **CD 0630** центровочное выбрано по справочнику KORLOY диаметром 6мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **PC3500**, согласно рисунку 15.

Сверло центровочное



Обозначение	Марка сплава	øD	L	Отверстие для подвода СОЖ
CD 0630	PC3500	6	30	×

Рисунок 15 – Центровочное сверло CD 0630

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

ДП 44.03.04.691.ПЗ

Лист
32

Сверла KORLOY серии Mach Drill:

Цельное без каналов для СОЖ **MSD 050-P 30-77L x 5S**. Материал режущей части твердый сплав с покрытием SM45C;

Цельное без каналов для СОЖ **MSD 140-P 70-132L x 14S**. Материал режущей части твердый сплав с покрытием SM45C;

Цельное без каналов для СОЖ **MSD 150-P 75-139L x 15S**. Материал режущей части твердый сплав с покрытием SM45C;

Цельное без каналов для СОЖ **MSD 175-P 85-153L x 17,5S**. Материал режущей части твердый сплав с покрытием SM45C, согласно рисунку 16.



Рисунок 16 – Сверло цельное

Расшифровка системы обозначений сверел по ISO согласно рисунку 17.



Рисунок 17 – Система обозначения сверел по ISO

Для сверления диаметра 40 мм принято сборное сверло **WPDC 400-32 5**, сменная кассета **CWP 400-C**, центровочное сверло **CD-0630** с покрытием. Устройство сборного сверла согласно рисунку 18.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 33
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

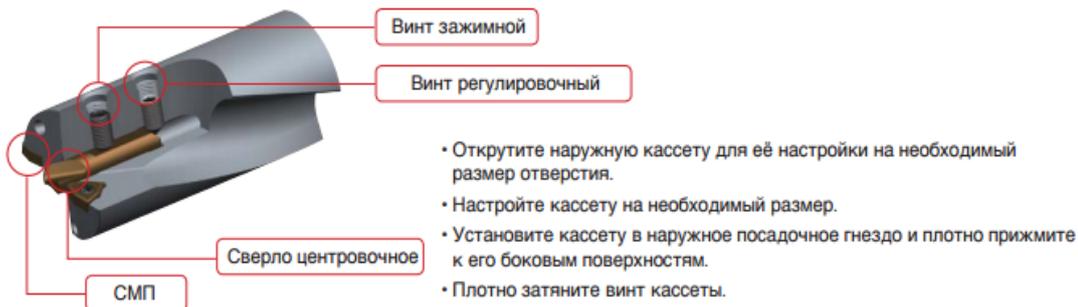


Рисунок 18 – Устройство сборного сверла. Способ сборки

Система обозначения сборных сверел согласно рисунку 19.

☉ Система обозначения сверел

WPDC	410	40	8
Тип	Диаметр сверла	Диаметр хвостовика	Длина рабочей части
WPDC : СМП формы «W», центровочное сверло NPDC : СМП формы «N», центровочное сверло	410 : Ø41.0 6570 : Ø65~70	32 : Ø32 40 : Ø40	5 : 5D 6.5 : 6.5D 8 : 8D

☉ Система обозначения кассет

CWP	4145	C
Тип	Система обозначения кассет	Расположение кассет
CWP : Картридж-WPDC	4145 : Ø41~45 450 : Ø45.0	C : Центральное P : Наружное

☉ Система обозначения центровочных сверел

CD	H	1035
Тип	Отверстия для подвода СОЖ	Диаметр и общая длина
Сверло центровочное	H : Есть Не обозначено : Нет	0630 : Ø6 X 30 0835 : Ø8 X 35 1035 : Ø10 X 38 1238 : Ø12 X 38 1645 : Ø16 X 45

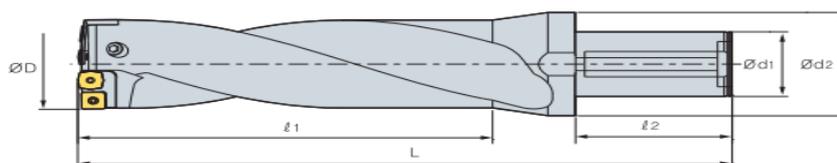
☉ Марка сплава сверла центровочного

PC	40H
Вид покрытия	Состав покрытия
PVD	40H : покрытие на основе TiN

Рисунок 19 – Система обозначения сборных сверел

Для сверления диаметра 63 мм принимаем сверла KING DRILL предназначенных для сверления отверстий большого диаметра – K2D 616550-11

с возможностью регулировки диаметра от 61 до 65 мм, картридж к нему – **KDC6165C** СМП - **XOM(E)T11T306** рисунок 20.



Обозначение	ØD	Ød ₁	Ød ₂	ℓ ₁	ℓ ₂	L	Картридж
							KDC6165C
K2D 616550-11	61~65	50	80	130	85	260	KDC6165C

Рисунок 20 – Сверло K2D 616550-11

Выбранный инструмент занесем в карту инструмента, таблица 4.

Таблица 4 – Карта инструмента

Наименование инструмента	Марка материала реж. части	Диаметр, мм	Наименование в УП	Корректор
Фреза EN 4125R	Твердый сплав с покр.NCM325	125	T1	D1 на диаметр H1 на длину
Фреза TECN 32TR		40	T2	D1 на диаметр H1 на длину
BT40AM15016HS-2L		16	T3	D1 на диаметр H1 на длину
Р-фреза STMHCD-IM6×1.0ISO-2D	PC9070M	M6	T4	D1 на диаметр H1 на длину
Р-фреза STMHC 14136L33-I2.00ISO		M16	T5	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло центровочное	P6	3	T6	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло цельное MSD 050-P 30-77L x 5S	P6	5	T7	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло цельное MSD 140-P 70-132L x 14S	P6	14	T8	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло цельное MSD 150-P 75-139L x 15S	P6	15	T9	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло цельное MSD 175-P 85-153L x 17,5S	P6	17.5	T10	D1 на диаметр H1 на длину
Сверло сборное WPDC 400-32 5	твердый сплав NCM325 с покрытием	40	T11	D1 на диаметр H1 на длину
K2D 616550-11	Твердый сплав с покр.PC5300	63	T12	D1 на диаметр H1 на длину

Для закрепления в шпинделе инструмента используются специальные оправки 7:24, конус 40 с равномерным распределением зажима инструмента с помощью гидропласта, для увеличения жесткости и точности закрепления. Не входящие в комплектацию станка указаны вместе с инструментом, остальные необходимые оправки идут в комплекте, согласно рисунку 21.



Рисунок 21 – Оправки 7:24 для закрепления режущего инструмента

1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали

Определяем по чертежу детали поверхности, подлежащие обработке и их последовательность на первом и втором установе. Сначала будем обрабатывать поверхности плоскости 1 фрезерованием за один проход, так как она будет использоваться в дальнейшем как базовая. Затем приступим к обработке тех поверхностей, с которых будет сниматься наибольший припуск – поверхности 2 с двух сторон детали фрезерованием за один проход; поверхности 4 с внешних четырех сторон, поверхности 5 с внутренних четырех сторон вильчатой части детали и поверхности 6 с двух сторон фрезерованием черновым и чистовым проходом. Далее обработаем поверхность 13 для удаления литников и прибылей фрезерованием за один проход и отверстия 3 сверлением и фрезерованием уступа а так же резьбофрезерование, 8 сверлением и фрезерованием уступа, 9

						ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 36
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			

сверлением, 7 сверлением и зенкерованием, 10 сверлением и резьбонарезанием метчиком, 11, 12 сверлением и фрезерованием, согласно рисунку 22.

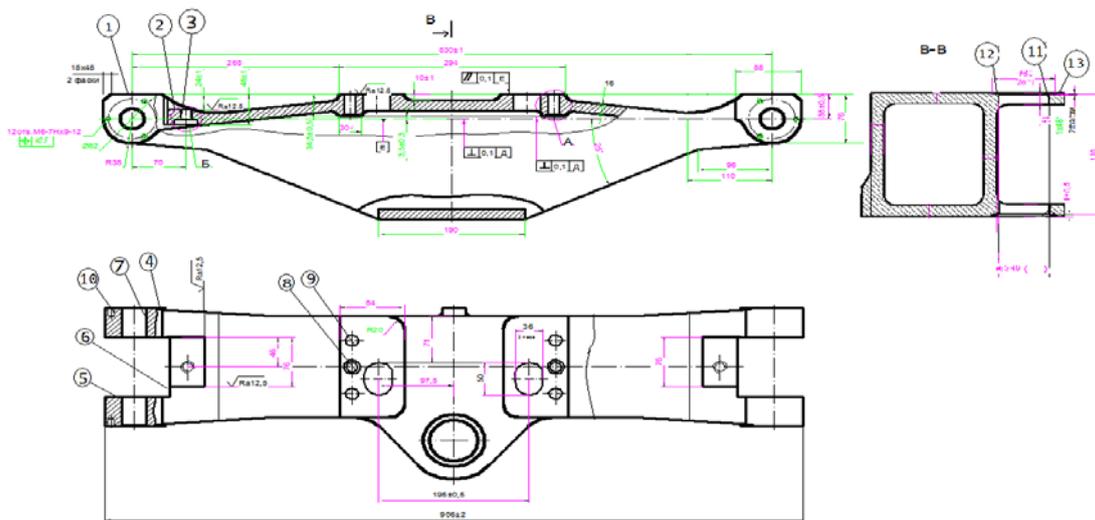


Рисунок 22 – Чертеж детали. Поверхности подлежащие обработке на первом установе

На следующем установе будем обрабатывать сначала поверхность 14 с двух сторон детали фрезерованием за один проход, затем поверхность 15 с двух сторон детали и уступ отверстия 16, фрезерованием за один проход согласно рисунку 23.

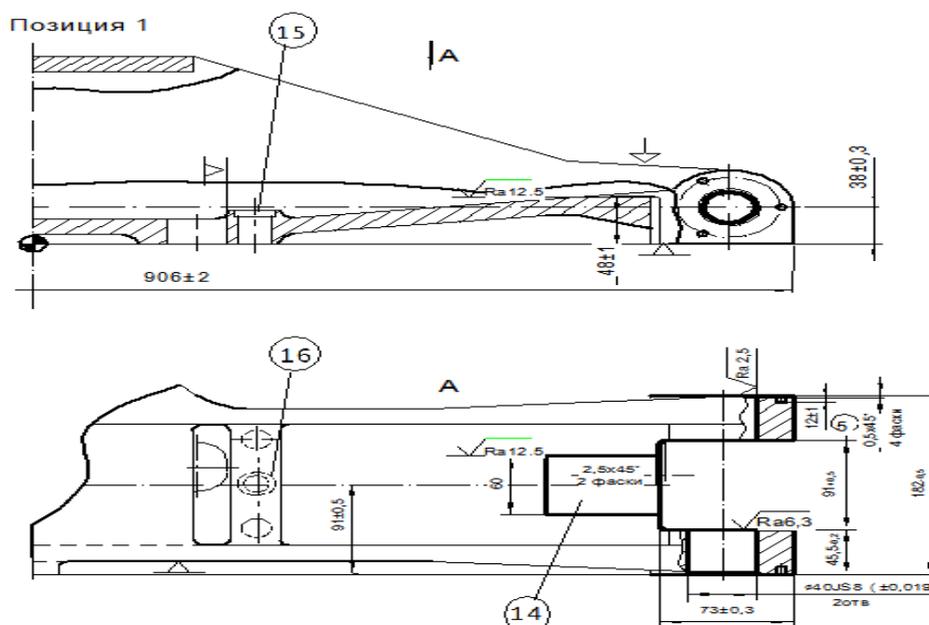


Рисунок 23 – Чертеж детали. Поверхности подлежащие обработке на втором установе

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Варианты методов обработки поверхностей ориентировочно определены по специальным таблицам 1, 2 [4].

1.3. Технологические расчеты

1.3.1. Расчет припусков

Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья определяются ГОСТ 26645-85.

Расчет припусков и допусков на заготовку может быть выполнен расчетно-аналитическим методом или табличным методом по ГОСТ 26645-85. Первый метод позволяет более точно рассчитать припуски и используется для заготовок массового и крупносерийного производства.

Табличный (статистический) метод расчета. [5]

6-11 класс точности

2-4 ряд припусков

Выбираем 11 класс точности и 3 ряд припусков.

- Размер $\emptyset 63$

$$d_3 = 63 - 2Z - B.O.Td_3 = 62 - 2 * 5 - 2,2 = 50,8 \pm 2,2$$

$$Td_3 = 4,4 (\pm 2,2)$$

$$Z_1 = 5$$

- Размер 182

$$L_2 = 182 + 2Z_2$$

$$T_L = 5,6 (\pm 2,8)$$

$$L_2 = 113 + 2 * 6 = 194 \pm 2,8$$

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 38
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Z_2=6$$

- Размер 91

$$L_3=91-2Z_3=91-2*5=81\pm 2,2$$

$$T_L=4,4(\pm 2,2)$$

$$Z_3=5$$

- Размер 76

$$L_4=76+Z_4=76+5=81\pm 2,2$$

$$T_L=4,4(\pm 2,2)$$

$$Z_4=5$$

- Размер 85

$$L_5=85+Z_4=85-5=80\pm 2,2$$

$$T_L=4,4(\pm 2,2)$$

$$Z_5=5$$

- Размер 48

$$L_6=48+2Z_6=48+2*5=58\pm 2,0$$

$$T_L=4,0(\pm 2,0)$$

$$Z_6=5$$

- Размер 204

$$L_7=204+Z_7=204+6=210\pm 2,8$$

$$T_L=5,6(\pm 2,8)$$

$$Z_7=6$$

Аналитическим методом рассчитаем припуски для более точных поверхностей.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 39
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 5 – Расчет припусков и предельных размеров отверстия Ø40H7

Технолог. переходы обработки поверхности и Ø60	Элементы припуска, мкм			Расчет припуск $2z_{\min}$, мкм	Расчетный размер \varnothing_p , мм	Допуск, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	Rz	H	r				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{\text{пр}}$	$2z_{\max}^{\text{пр}}$
Отливка	500	500	480		38,061	400	37,661	38,061		
Рассверлив.	50	50	13	2*800	39,661	180	39,481	39,661	1600	1820
Зенкерование	30	30	7	2*114	39,889	100	39,789	39,889	228	308
Разверт.	3			2*685	40,025	25	40	40,025	136	211
Итого									1964	2339

Удельное коробление отверстия:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta xd)^2 + (\Delta xl)^2} = \sqrt{(0.7*40)^2 + (0.7*40)^2} = 40 \text{ мкм.}, \quad (5)$$

где d и l – диаметр и длина обрабатываемого отверстия.

Суммарное смещение отверстия в отливке:

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{(\delta/2)^2 + (\delta/2)^2} = \sqrt{200^2 + 200^2} = 284 \text{ мкм} \quad (6)$$

Суммарное значение пространственного отклонения:

$$\rho_z = \sqrt{284^2 + 40^2} = 286 \text{ мкм} \quad (7)$$

Остаточные пространственные отклонения:

- Под рассверливание: $\rho_{\text{рас}} = 0,05 * 286 = 13 \text{ мкм};$
- Под зенкерование: $\rho_{\text{зенк}} = 0,025 * 13 = 7 \text{ мкм.}$

Минимально необходимый припуск на переход определяется по формуле:

$$2Z_{\text{мин1}} = 2 * (200 + 300 + \sqrt{286^2 + 90^2}) = 2 * 800 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{мин2}} = 2 * (50 + 50 + \sqrt{13^2 + 5^2}) = 2 * 114 \text{ мкм}$$

$$2Z_{мин3} = 2*(30+30+ \sqrt{7^2 + 3^2} = 2*68\text{мкм},$$

где 3, 5, 90 - остаточная погрешность.

$$d_{p2}=40,025-0,136=39,889 \text{ мм.}$$

$$d_{p1}=38,889-0,228=39,661 \text{ мм.}$$

$$d_{pзар}=39,661-1,6=38,061 \text{ мм.}$$

Таблица 6 – Предельные размеры

$d_{max3}=40,025 \text{ мм}$	$d_{min3}=40 \text{ мм}$
$d_{max2}=39,889 \text{ мм}$	$d_{min2}=39,789 \text{ мм}$
$d_{max1}=39,661 \text{ мм}$	$d_{min3}=39,481 \text{ мм}$
$d_{maxзар}=38,061 \text{ мм}$	$d_{minзар}=37,661 \text{ мм}$

Предельные значения припусков Z_{max}^{pp} определяем как разность наибольших предельных размеров и Z_{min}^{pp} как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

$$2Z_{min3}^{pp}=40,025-39,889=0,136\text{мм.}$$

$$2Z_{max3}^{pp}=40-39,789=0,211 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min2}^{pp}=39,889-39,661=0,228\text{мм.}$$

$$2Z_{max2}^{pp}=39,789-39,481=0,308 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min1}^{pp}=39,661-38,061=1,6\text{мм.}$$

$$2Z_{max1}^{pp}=39,481-37,661=1,82 \text{ мм.}$$

$$2Z_{0min}=136+228+1600=1964\text{мкм.}$$

$$2Z_{0max}=211+308+1820=2339 \text{ мкм.}$$

$$\text{Проверка } Z_{max}-Z_{min}=d_1-d_3=1820-1600=400-180=220 \text{ мкм. (Верно)}$$

1.3.2. Расчет режимов резания

Расчет режимов резания выполнен по каталогу KORLOY.[18]

Обрабатываемый материал – сталь 35Л ГОСТ977-88.

На операции 05 сначала обрабатывается поверхность 1.

1) Фрезерование ведется торцевой фрезой. Фреза оснащена сменными двухсторонними пластинами, максимальная глубина срезаемого металла 8,5 мм.

Диаметр фрезы 125 мм. рисунок 24.

Рекомендации по выбору режимов резания и марки сплава

Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава
	V(м/мин)	Sz(мм/зуб)	
P	150 ~ 300	0.05 ~ 0.15	NCM325 PC3500 ST30A
	120 ~ 230	0.05 ~ 0.20	
	100 ~ 200	0.05 ~ 0.20	
M	50 ~ 200	0.05 ~ 0.20	PC9530 ST30A
	50 ~ 120	0.05 ~ 0.20	
K	150 ~ 250	0.05 ~ 0.30	PC6510 G10
	100 ~ 200	0.05 ~ 0.30	

Схема сборки

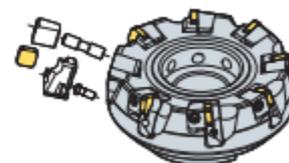


Рисунок 24 – режимы резания

Глубина резания $t = 6,0$ мм.[18]

Для фрезерования стали подача $Sz = 0.05$ мм / зуб,

тогда $S = Sz * z$,

(8)

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

Sz – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$S_o = 0,05 * 8 = 0,4$ мм/об

Период стойкости для фрезы составляет 180 мин.

Скорость резания принимаем

$V=150$ м / мин.

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 150}{3.14 * 125} = 380 \text{ об / мин.}$$

(9)

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$S_m = 0,4 * 380 = 152$ мм/мин

Сила резания при фрезеровании

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

$$P_z = \frac{10C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} * K_{mp} \quad [7] \text{ стр. 282} \quad (10)$$

$C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$, [7] стр. 291 табл.41.

где x, y, u, q, w – показатели степени;

$$P_z = \frac{10 * 825 * 6^1 * 0,05^{0,75} * 150^{1,1} * 8 * 1,0}{125^{1,3} * 380^{0,2}} = \frac{10 * 825 * 6 * 0,1 * 247 * 8 * 1,0}{532 * 3,28} = 5605 \text{ Н.}$$

Мощность фрезерования.

$$N_c = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{5605 * 150}{1020 * 60} = 13,7 \text{ кВт.} \quad [7] \text{ стр. 290.} \quad (11)$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_{\text{э}} = N_{\text{ст}} * \eta, [14]$$

Где $N_{\text{ст}}$ – мощность станка, $N_{\text{ст}} = 20$ кВт;

η – КПД станка, $\eta = 0,85$

Поскольку $N_{\text{э}} = 17 > N_p$, то обработка на этом станке возможна с рассчитанными режимами резания.

1) Фреза **TNE40R** диаметром 40 мм для обработки поверхности 2,6.

Преимущества: снижение сил резания за счет высокого переднего угла.

Режимы резания определяем по справочнику, рисунок 25:

• Обработка пазов				• Обработка уступов			
Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава	Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава
	V(м/мин)	Sz(мм/зуб)			V(м/мин)	Sz(мм/зуб)	
Р	60~120	0.06~0.20	NCM325	Р	100~180	0.10~0.35	NCM325
М	50~120	0.06~0.15	NCM325	М	80~180	0.10~0.30	NCM325
К	60~120	0.10~0.20	NCM325	К	80~150	0.15~0.35	NCM325

Рисунок 25 – режимы резания

Пов. 2.

Глубина срезаемого слоя до 54мм.[18]

Для фрезерования стали подача $S_z = 0,06$ мм / зуб.

Тогда $S = S_z * z$,

где S_0 – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$$S_o = 0,06 * 2 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Период стойкости для фрезы составляет 120 мин.

Скорость резания принимаем

$$V=60 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).(11)

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 60}{3.14 * 40} = 450 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o \times n$

$$S_m = 0,12 * 450 = 54 \text{ мм/мин}$$

Сила резания при фрезеровании(10)

$$P_z = \frac{10C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} * K_{mp} \quad [7] \text{ стр. 282}$$

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1.1; q = 1.3; w = 0.2, \quad [7] \text{ стр. 291 табл.41.}$$

где x, y, u, q, w – показатели степени;

$$P_z = \frac{10 * 825 * 24^1 * 0.06^{0.75} * 54^{1.1} * 2 * 1,0}{40^{1.3} * 450^{0.2}} = \frac{10 * 825 * 24 * 0.12 * 80,5 * 2 * 1,0}{121 * 3,4} = 9298 \text{ Н.}$$

Мощность фрезерования.

$$N_c = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{9298 * 54}{1020 * 60} = 8,2 \text{ кВт.} \quad [7] \text{ стр. 290.}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_{\text{э}} = N_{\text{ст}} \times \eta, [14]$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность станка, $N_{\text{ст}} = 20 \text{ кВт}$;

η – КПД станка, $\eta = 0,85$

Поскольку $N_{\text{э}} = 17 > N_p$, то обработка на этом станке возможна с рассчитанными режимами резания.

2) Поверхность 5.

Длина срезаемого слоя до 54мм.[18]

За 2 прохода обрабатывается каждая поверхность 2*4=8 проходов боковой поверхностью фрезы, рисунок 26.

• Обработка пазов				• Обработка уступов			
Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава	Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава
	V(м/мин)	Sz(мм/зуб)			V(м/мин)	Sz(мм/зуб)	
Р	60~120	0.06~0.20	NCM325	Р	100 ~180	0.10 ~ 0.35	NCM325
М	50 ~ 120	0.06~0.15	NCM325	М	80 ~ 180	0.10 ~ 0.30	NCM325
К	60~120	0.10~0.20	NCM325	К	80 ~150	0.15~ 0.35	NCM325

Рисунок 26 – режимы резания

Для фрезерования стали подача $Sz = 0.1$ мм / зуб,

тогда $S = Sz * z$,

$So = 0,1 * 2 = 0,2$ мм/об,

где So – подача на оборот, мм/об.;

Sz – подача на зуб;

Z – количество зубьев

Скорость резания принимаем

$V=100$ м / мин

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 100}{3.14 * 40} = 800 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = So * n$

$S_m = 0,1 * 800 = 80$ мм/мин

Период стойкости для фрезы – 120 мин.

3) Поверхность 6.

Глубина срезаемого слоя до 54мм.[18]

Для фрезерования стали подача $Sz = 0.06$ мм / зуб.

Тогда $S = Sz * z$,

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$$S_o = 0,06 * 2 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Период стойкости для фрезы 120 мин.

Скорость резания

$$V=60 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 60}{3.14 * 40} = 450 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$$S_m = 0,12 * 450 = 54 \text{ мм/мин}$$

4) Для рассверливания диаметра 40 мм принято сборное сверло **WPDC 400-325**, сменная кассета **CWP 400-C**, центровочное сверло **CD-0630** с покрытием, рисунок 27.

🔍 Рекомендуемые режимы резания

Деталь			Стружколом	Марка сплава	V _p м/мин	Подача, мм/об (длина рабочей части 5D, 6,5D, 8D)						
ISO	Деталь	НВ				Диаметр сверла, мм						
						~Ø30	Ø31~Ø40	Ø41~Ø50	Ø51~Ø59	Ø60~Ø75	Ø76~Ø80	
P	Углеродистые стали	Среднеуглеродистые стали (~0.25%)	80~180	C21	PC3500	190 (160~220)	0.07~0.11	0.08~0.12	0.10~0.14	0.12~0.16	0.12~0.16	0.12~0.16
		Высокоуглеродистые стали (0.25%~)	180~280	C21	PC3500	140 (110~170)	0.07~0.11	0.08~0.12	0.10~0.14	0.12~0.16	0.12~0.16	0.12~0.16

Рисунок 27 – режимы резания

$$S_{об}=0.1 \text{ мм/об}$$

$$V=140 \text{ м/мин}$$

$$\text{Частота вращения: } n = 1000V / \pi D = 1000 * 140 / 3,14 * 40 = 1100 \text{ об/мин. (14)}$$

$$\text{Минутная подача } S_m = S_o * n, \text{ мм/мин}$$

$$S_m = 0,1 * 1100 = 110 \text{ мм/мин}$$

5) Поверхность 7.

Длина срезаемого слоя до 54мм.[18]

За проход растачиваются 4 отверстия боковой поверхностью фрезы, рисунок 28.

• Обработка пазов				• Обработка уступов			
Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава	Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава
	V(м/мин)	Sz(мм/зуб)			V(м/мин)	Sz(мм/зуб)	
Р	60~120	0.06~0.20	NCM325	Р	100 ~180	0.10 ~ 0.35	NCM325
М	50 ~ 120	0.06~0.15	NCM325	М	80 ~ 180	0.10 ~ 0.30	NCM325
К	60~120	0.10~0.20	NCM325	К	80 ~150	0.15~0.35	NCM325

Рисунок 28 – режимы резания

Для фрезерования стали подача $S_z = 0.1 \text{ мм / зуб}$,

тогда $S = S_z * z$,

$$S_o = 0,1 * 2 = 0,2 \text{ мм/об},$$

Где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

Скорость резания принимаем

$$V=100 \text{ м / мин}$$

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 100}{3.14 * 40} = 800 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$$S_m = 0,1 * 800 = 80 \text{ мм/мин}$$

б) Сверло **CD 0630** центровочное диаметром 6мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **PC3500**. Режимы резания выбраны по справочнику

KORLOY[18]

Центровать 2 отверстия 15мм

Диаметр обработки $D_p = 6$ мм

Длина обработки $L_p = 3$ мм

Глубина резания $t = 6$ мм

Подача $S_o = 0,07$ мм/об

Скорость резания $V = 50$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D$ (12)

$n = 1000 * 50 / 3,14 * 6 = 2600$ об/мин. (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,07 * 2600 = 182$ мм/мин

7) Сверло **MSD 150-P 75-139Lx15S** цельное диаметром 15мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **SM45C**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18], рисунок 29.

Обработываемые материалы		Диаметр сверла, мм		Ø2.5 ~ Ø5.0		Ø5.1 ~ Ø8.0		Ø8.1 ~ Ø10.0		Ø10.1 ~ Ø12.0		Ø12.1 ~ Ø14.0		Ø14.1 ~ Ø20.0	
		Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об
Стали низко и среднеуглеродистые, низколегированные (Твердость ниже HRC25)	SCM440	40~70 (55)	0.15 ~0.25	50~110 (65)	0.20 ~0.35	50~110 (70)	0.20 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	60~120 (80)	0.25 ~0.40		
	SM45C	40~80 (60)	0.15 ~0.25	50~120 (70)	0.20 ~0.30	50~120 (75)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.25 ~0.35	70~120 (90)	0.30 ~0.40		
Стали высокоуглеродистые, высоколегированные (Твердость выше HRC25)	STD11	15~35 (30)	0.08 ~0.15	20~40 (30)	0.10 ~0.20	20~50 (35)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.15 ~0.25	20~60 (40)	0.15 ~0.25	30~65 (40)	0.15 ~0.25		
Стали нержавеющей	STS	15~30 (25)	0.05 ~0.10	15~45 (25)	0.10 ~0.20	15~50 (30)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.10 ~0.20	20~65 (35)	0.10 ~0.20	20~70 (40)	0.10 ~0.20		
Чугуны	GC	40~90 (70)	0.15 ~0.30	50~120 (80)	0.20 ~0.35	50~120 (80)	0.20 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.35	60~130 (95)	0.25 ~0.40	60~140 (95)	0.25 ~0.40		
	GCD	40~80 (60)	0.10 ~0.25	50~110 (75)	0.20 ~0.35	50~110 (80)	0.20 ~0.35	50~130 (80)	0.25 ~0.35	50~130 (85)	0.25 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.40		

Рисунок 29 – режимы резания

Сверлить 2 отверстий диаметром 15 мм

Диаметр обработки $D_p = 15$ мм

Длина обработки $L_p = 36$ мм

Глубина резания $t = 15$ мм

Подача $S_o = 0,3$ мм/об

Скорость резания $V = 70$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 70 / 3,14 * 15 = 1500 \text{ об/мин.}$ (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,3 * 1500 = 450 \text{ мм/мин}$

8) Сверло **CD 0630** центровочное диаметром 6мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **PC3500**. Режимы резания выбраны по справочнику

KORLOY[18]

Центровать 2 отверстия 14мм

Диаметр обработки $D_p = 6 \text{ мм}$

Длина обработки $L_p = 3 \text{ мм}$

Глубина резания $t = 6 \text{ мм}$

Подача $S_o = 0,07 \text{ мм/об}$

Скорость резания $V = 50 \text{ м/мин}$

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 50 / 3,14 * 6 = 2600 \text{ об/мин.}$ (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,07 * 2600 = 182 \text{ мм/мин}$

9) Сверло **MSD 140-P 70-132Lx14S** цельное диаметром 14мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **SM45C**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18], рисунок 30.

Сверла цельные без отверстий для подвода СОЖ [MSD○○○-□P,M,K]

Обрабатываемые материалы		Ø2.5 ~ Ø5.0		Ø5.1 ~ Ø8.0		Ø8.1 ~ Ø10.0		Ø10.1 ~ Ø12.0		Ø12.1 ~ Ø14.0		Ø14.1 ~ Ø20.0	
		Vp, м/мин	SoB, мм/об	Vp, м/мин	SoB, мм/об	Vp, м/мин	SoB, мм/об	Vp, м/мин	SoB, мм/об	Vp, м/мин	SoB, мм/об	Vp, м/мин	SoB, мм/об
Стали низко и среднеуглеродистые, низколегированные (Твердость ниже HRC25)	SCM440	40~70 (55)	0.15 ~0.25	50~110 (65)	0.20 ~0.35	50~110 (70)	0.20 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	60~120 (80)	0.25 ~0.40
	SM45C	40~80 (60)	0.15 ~0.25	50~120 (70)	0.20 ~0.30	50~120 (75)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.25 ~0.35	70~120 (90)	0.30 ~0.40
Стали высокоуглеродистые, высоколегированные (Твердость выше HRC25)	STD11	15~35 (30)	0.08 ~0.15	20~40 (30)	0.10 ~0.20	20~50 (35)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.15 ~0.25	20~60 (40)	0.15 ~0.25	30~65 (40)	0.15 ~0.25
Стали нержавеющие	STS	15~30 (25)	0.05 ~0.10	15~45 (25)	0.10 ~0.20	15~50 (30)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.10 ~0.20	20~65 (35)	0.10 ~0.20	20~70 (40)	0.10 ~0.20
Чугуны	GC	40~90 (70)	0.15 ~0.30	50~120 (80)	0.20 ~0.35	50~120 (80)	0.20 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.35	60~130 (95)	0.25 ~0.40	60~140 (95)	0.25 ~0.40
	GCD	40~80 (60)	0.10 ~0.25	50~110 (75)	0.20 ~0.35	50~110 (80)	0.20 ~0.35	50~130 (80)	0.25 ~0.35	50~130 (85)	0.25 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.40

Рисунок 30 – режимы резания

Сверлить 2 отверстий диаметром 14 мм

Диаметр обработки $D_p = 14$ мм

Длина обработки $L_p = 50$ мм

Глубина резания $t = 14$ мм

Подача $S_o = 0,25$ мм/об

Скорость резания $V = 60$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 60 / 3,14 * 14 = 1300$ об/мин. (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,25 * 1300 = 325$ мм/мин

10) Сверло **CD 0630** центровочное диаметром 6 мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **PC3500**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18].

Центровать 4 отверстия 17,5 мм

Диаметр обработки $D_p = 6$ мм

Длина обработки $L_p = 3$ мм

Глубина резания $t = 6$ мм

Подача $S_o = 0,07$ мм/об

Скорость резания $V = 50$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D$ (12)

$n = 1000 * 50 / 3,14 * 6 = 2600$ об/мин.

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,07 * 2600 = 182$ мм/мин

11) Сверло **MSD 175-P 85-153Lx17,5S** цельное диаметром 5 мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **SM45C**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18], рисунок 31.

Сверла цельные без отверстий для подвода СОЖ [MSD○○○-□P,M,K)

Обрабатываемые материалы		Диаметр сверла, мм		Ø2.5 ~ Ø5.0		Ø5.1 ~ Ø8.0		Ø8.1 ~ Ø10.0		Ø10.1 ~ Ø12.0		Ø12.1 ~ Ø14.0		Ø14.1 ~ Ø20.0	
		Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об
Стали низко и среднеуглеродистые, низколегированные (Твердость ниже HRC25)	SCM440	40~70 (55)	0.15 ~0.25	50~110 (65)	0.20 ~0.35	50~110 (70)	0.20 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	60~120 (80)	0.25 ~0.40		
	SM45C	40~80 (60)	0.15 ~0.25	50~120 (70)	0.20 ~0.30	50~120 (75)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.25 ~0.35	70~120 (90)	0.30 ~0.40		
Стали высокоуглеродистые, высоколегированные (Твердость выше HRC25)	STD11	15~35 (30)	0.08 ~0.15	20~40 (30)	0.10 ~0.20	20~50 (35)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.15 ~0.25	20~60 (40)	0.15 ~0.25	30~65 (40)	0.15 ~0.25		
Стали нержавеющие	STS	15~30 (25)	0.05 ~0.10	15~45 (25)	0.10 ~0.20	15~50 (30)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.10 ~0.20	20~65 (35)	0.10 ~0.20	20~70 (40)	0.10 ~0.20		
Чугуны	GC	40~90 (70)	0.15 ~0.30	50~120 (80)	0.20 ~0.35	50~120 (80)	0.20 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.35	60~130 (95)	0.25 ~0.40	60~140 (95)	0.25 ~0.40		
	GCD	40~80 (60)	0.10 ~0.25	50~110 (75)	0.20 ~0.35	50~110 (80)	0.20 ~0.35	50~130 (80)	0.25 ~0.35	50~130 (85)	0.25 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.40		

Рисунок 31 – режимы резания

Сверлить 4 отверстий диаметром 17,5 мм

Диаметр обработки $D_p = 17,5$ мм

Длина обработки $L_p = 36$ мм

Глубина резания $t = 17,5$ мм

Подача $S_o = 0,3$ мм/об

Скорость резания $V = 70$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 70 / 3,14 * 17,5 = 1300$ об/мин. (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,3 * 1300 = 390$ мм/мин

12) Сверло **CD 0630** центровочное диаметром 6 мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **PC3500**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18].

Центровать 12 отверстий М6 мм

Диаметр обработки $D_p = 6$ мм

Длина обработки $L_p = 3$ мм

Глубина резания $t = 6$ мм

Подача $S_o = 0,07$ мм/об

Скорость резания $V = 50$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 50 / 3,14 * 6 = 2600$ об/мин. (12)

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

ДП 44.03.04.691.ПЗ

Лист
51

Минутная подача $S_M = S_o * n$, мм/мин

$$S_M = 0,07 * 2600 = 182 \text{ мм/мин}$$

13) Сверло **MSD 050-P 30-77Lx5S** цельное диаметром 5мм. Материал рабочей части твердый сплав с покрытием **SM45C**. Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18], рисунок 32.

Сверла цельные без отверстий для подвода СОЖ [MSD○○○-□P,M,K)

Обрабатываемые материалы		Диаметр сверла, мм		Ø2.5 ~ Ø5.0		Ø5.1~ Ø8.0		Ø8.1~ Ø10.0		Ø10.1~ Ø12.0		Ø12.1~ Ø14.0		Ø14.1~ Ø20.0	
		Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об	Vp, м/мин	Soб, мм/об
Стали низко и среднеуглеродистые, низколегированные (Твердость ниже HRC25)	SCM440	40~70 (55)	0.15 ~0.25	50~110 (65)	0.20 ~0.35	50~110 (70)	0.20 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	50~120 (75)	0.25 ~0.35	60~120 (80)	0.25 ~0.40		
	SM45C	40~80 (60)	0.15 ~0.25	50~120 (70)	0.20 ~0.30	50~120 (75)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.20 ~0.30	60~120 (80)	0.25 ~0.35	70~120 (90)	0.30 ~0.40		
Стали высокоуглеродистые, высоколегированные (Твердость выше HRC25)	STD11	15~35 (30)	0.08 ~0.15	20~40 (30)	0.10 ~0.20	20~50 (35)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.15 ~0.25	20~60 (40)	0.15 ~0.25	30~65 (40)	0.15 ~0.25		
Стали нержавеющие	STS	15~30 (25)	0.05 ~0.10	15~45 (25)	0.10 ~0.20	15~50 (30)	0.10 ~0.20	20~60 (35)	0.10 ~0.20	20~65 (35)	0.10 ~0.20	20~70 (40)	0.10 ~0.20		
Чугуны	GC	40~90 (70)	0.15 ~0.30	50~120 (80)	0.20 ~0.35	50~120 (80)	0.20 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.35	60~130 (95)	0.25 ~0.40	60~140 (95)	0.25 ~0.40		
	GCD	40~80 (60)	0.10 ~0.25	50~110 (75)	0.20 ~0.35	50~110 (80)	0.20 ~0.35	50~130 (80)	0.25 ~0.35	50~130 (85)	0.25 ~0.35	60~130 (90)	0.25 ~0.40		

Рисунок 32 – режимы резания

Сверлить 12 отверстий диаметром 5 мм

Диаметр обработки $D_p = 5$ мм

Длина обработки $L_p = 12$ мм

Глубина резания $t = 5$ мм

Подача $S_o = 0,15$ мм/об

Скорость резания $V = 40$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 40 / 3,14 * 5 = 2500$ об/мин. (12)

Минутная подача $S_M = S_o * n$, мм/мин

$$S_M = 0,15 * 2500 = 375 \text{ мм/мин}$$

14) Для нарезания резьбы в отверстиях приняты: резьбофреза для М6-7Н – **STMHCR 06048L12-I1.00ISO** с шагом 1. Материал режущей части **PC9070M**.

Режимы по справочнику KORLOY.[18], рисунок 33.

🎯 Рекомендуемые режимы резания

Обрабатываемые материалы		Твердость Brinell HB	Vp[м/мин]		Sz, мм/з	
			Сплав		Сборные фрезы	Цельные резьбофрезы
			PC9570T	PC9070M		
Углеродистые стали	(C+0.1 0.25%)	125	100 ~ 210	80 ~ 250	0.05 ~ 0.3	0.03 ~ 0.15
	(C=0.25 0.55%)	150	100 ~ 180	80 ~ 230	0.05 ~ 0.25	0.03 ~ 0.1
	(C=0.55 0.85%)	170	100 ~ 170	80 ~ 200	0.05 ~ 0.2	0.03 ~ 0.08

Рисунок 33 – режимы резания

Для фрезерования стали подача $S_z = 0.03$ мм / зуб

Тогда $S = S_z * z$,

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$S_o = 0.03 * 3 = 0.09$ мм/об

Период стойкости для фрезы с 3 зубьями выбираем 120 мин.

Скорость резания принимаем

$V=80$ м / мин.

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 80}{3.14 * 6} = 4200 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$S_m = 0.09 * 4200 = 378$ мм/мин

15) Фреза для M16-H7: **STMHC 14136L33-I2.00ISO** с шагом 2, 4 зуба, диаметр под отверстие 14мм, материал режущей части **PC9070M**.

Режимы по справочнику KORLOY.[18], рисунок 34.

🎯 Рекомендуемые режимы резания

Обрабатываемые материалы		Твердость Brinell HB	Vp[м/мин]		Sз, мм/з	
			Сплав		Сборные фрезы	Цельные резьбофрезы
			PC9570T	PC9070M		
Углеродистые стали	(C+0.1 0.25%)	125	100 ~ 210	80 ~ 250	0.05 ~ 0.3	0.03 ~ 0.15
	(C=0.25 0.55%)	150	100 ~ 180	80 ~ 230	0.05 ~ 0.25	0.03 ~ 0.1
	(C=0.55 0.85%)	170	100 ~ 170	80 ~ 200	0.05 ~ 0.2	0.03 ~ 0.08

Рисунок 34 – режимы резания

Для фрезерования стали подача $S_z = 0.03$ мм / зуб,

тогда $S = S_z * z$,

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$S_o = 0,03 * 4 = 0,12$ мм/об

Период стойкости для фрезы с 4 зубьями выбираем 150 мин.

Скорость резания принимаем

$V=80$ м / мин.

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).(9)

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 80}{3.14 * 16} = 1600 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$S_m = 0,12 * 1600 = 192$ мм/мин

16) Для сверления диаметра 63 мм сверла KING DRILL предназначенных для сверления отверстий большого диаметра – K2D **616550-11** с возможностью регулировки диаметра от 61 до 65 мм, картридж к нему – **KDC6165C СМП - ХОМ(Е)Т11Т306 - 2 шт.**

Режимы резания выбраны по справочнику KORLOY[18]

						ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			54

Материал режущей части сменных пластин **PC5300**, рисунок 35.

🔴 Рекомендуемые режимы резания

Деталь			Стружколом	Марка сплава	V _p м/мин	Подача, мм/об (длина рабочей части 5D, 6,5D, 8D)						
ISO	Деталь	НВ				Диаметр сверла, мм						
						~Ø30	Ø31~Ø40	Ø41~Ø50	Ø51~Ø59	Ø60~Ø75	Ø76~Ø80	
P	Углеродистые стали	Среднеуглеродистые стали (~0.25%)	80~180	C21	PC3500	190 (160~220)	0.07~0.11	0.08~0.12	0.10~0.14	0.12~0.16	0.12~0.16	0.12~0.16
		Высокоуглеродистые стали (0.25%~)	180~280	C21	PC3500	140 (110~170)	0.07~0.11	0.08~0.12	0.10~0.14	0.12~0.16	0.12~0.16	0.12~0.16

Рисунок 35 – режимы резания

Сверлить 1 отверстие в операции 05 и в операции 010 с другой стороны диаметром 63 мм

Диаметр обработки $D_p = 63$ мм

Длина обработки $L_p = 18$ мм

Глубина резания $t = 63$ мм

Подача $S_o = 0,12$ мм/об

Скорость резания $V = 110$ м/мин

Частота вращения: $n = 1000V / \pi D = 1000 * 140 / 3,14 * 63 = 700$ об/мин. (12)

Минутная подача $S_m = S_o * n$, мм/мин

$S_m = 0,12 * 700 = 84$ мм/мин

Операция 010

17) Фреза сборная концевая для обработки уступов в отверстиях M16 и 15 мм. и диаметром 16 мм. **BT40 AM15016HS-2L**. Режимы резания определяем по справочнику, рисунок 36.

Обрабатываемые материалы	Режимы резания		Марка сплава
	V(м/мин)	Sz(мм/зуб)	
P	60~120	0.06~0.20	NCM325
M	50 ~ 120	0.06~0.15	NCM325
K	60~120	0.10~0.20	NCM325

Рисунок 36 – режимы резания

Глубина срезаемого слоя до 9мм.[18]

Для фрезерования стали подача $S_z = 0.06$ мм / зуб,

Тогда $S = S_z * z$,

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев

$S_o = 0,06 * 2 = 0,12$ мм/об

Период стойкости для фрезы с 2 пластинами выбираем 40 мин.

Скорость резания принимаем

$V=60$ м / мин.

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 60}{3.14 * 16} = 1200 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o * n$

$S_m = 0,12 * 1200 = 144$ мм/мин

Сила резания при фрезеровании(10)

$$P_z = \frac{10C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} * K_{mp} \quad [7] \text{ стр. 282}$$

$C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1.1$; $q = 1.3$; $w = 0.2$, [7] стр. 291 табл.41.

где x, y, u, q, w – показатели степени;

$$P_z = \frac{10 * 825 * 8^1 * 0.06^{0.75} * 144^{1.1} * 2 * 1,0}{16^{1.3} * 1200^{0.2}} = \frac{10 * 825 * 8 * 0.12 * 236,7 * 2 * 1,0}{36,7 * 4,1} = 24912,5 \text{ Н.}$$

Мощность фрезерования.

$$N_c = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{24912,5 * 144}{1020 * 60} = 59 \text{ кВт.} \quad [7] \text{ стр. 290.}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_{\text{э}} = N_{\text{ст}} * \eta, [14]$$

где $N_{ст}$ – мощность станка, $N_{ст} = 20$ кВт;

η – КПД станка, $\eta = 0,85$

Поскольку $N_{э} = 17 < N_p$, то обработка на этом станке не возможна с рассчитанными режимами резания.

Разделим толщину срезаемого металла на 4 прохода:

$$P_z = \frac{10 * 825 * 2^1 * 0.06^{0.75} * 144^{1.1} * 2 * 1,0}{16^{1.3} * 1200^{0.2}} = \frac{10 * 825 * 2 * 0.12 * 236,7 * 2 * 1,0}{36,7 * 4,1} = 6228 \text{ Н.}$$

Мощность фрезерования.

$$N_c = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{6228 * 144}{1020 * 60} = 14 \text{ кВт. [7] стр. 290.}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_{э} = N_{ст} * \eta, [14]$$

Где $N_{ст}$ – мощность станка, $N_{ст} = 36$ кВт;

η – КПД станка, $\eta = 0,85$

Поскольку $N_{э} = 17 > N_p$, то обработка на этом станке возможна с рассчитанными режимами резания.

18) Фреза сборная концевая для обработки уступов в отверстиях М16 и 15 мм. и диаметром 16 мм. **BT40 AM15016HS-2L**. Режимы резания определяем по справочнику. Глубина срезаемого слоя до 9мм.[18]

Для фрезерования стали подача $S_z = 0.06$ мм / зуб,

Тогда $S = S_z * z$,

где S_o – подача на оборот, мм/об.;

S_z – подача на зуб;

Z – количество зубьев.

Глубина резания 2 мм по 3 прохода

$$S_o = 0,06 * 2 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Период стойкости для фрезы с 2 пластинами выбираем 40 мин.

Скорость резания принимаем

$$V = 60 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения шпинделя (n , об / мин).

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 60}{3.14 * 16} = 1200 \text{ об / мин.}$$

Минутная подача $S_m = S_o \times n$

$$S_m = 0,12 * 1200 = 144 \text{ мм/мин.}$$

1.3.3. Расчет технических норм времени

Определим основное технологическое время на данном переходе.

На этом этапе определяется штучно – калькуляционное время, так как производство серийное Тшк.[4]

$$T_{\text{шт}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n} + T_{\text{ф}} \text{ ,}$$

где n - количество деталей в настроечной партии, шт;

$T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

$$t_o = \frac{L + l}{n * S} \text{ ,}$$

где t_o – основное время, мин;

$t_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{изм}}$ – время на измерение детали, мин;

$T_{\text{обс}}$ – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

L – расчетная длина обрабатываемая, мм;

l – длина врезания или перебега.

Для фрезы диаметром 125мм

$$t_o = 1692 / 152 * 1 = 11,1 \text{ мин;}$$

для фрезы 40мм

$$t_o = 1128 / 54 = 20,9 \text{ мин;}$$

Для сверла, резьбофр.:

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 58
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$t_o=0.2+0.16+0.03+0.3+0.002+0.37+0.2+0.42+0.38+0.18=2.24$ мин.

Операция 05 – $t_o=11,1+20,9+2,24=34,24$ мин.

время на установку туст = 0,4 мин.

время, связанное с переходом $t_{пер} = 0,8$ мин.

время, не вошедшее в комплекс $\sum t'_{пер} = 0,7$ мин.

время на измерение $t_{изм} = 0,6$ мин.

$T_v = 2,3$ мин.

Оперативное время $T_{оп} = 3.6$ мин.

Время на отдых и личные потребности $T_{отд} = 0,14$ мин.

Время на обслуживание $T_{обс} = 0,14$ мин.

Штучное время: $T_{шт} = 36.28$ мин.

Подготовительно-заключительное время: $T_{пз} = 26$ мин.

Штучно-калькуляционное время: $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт}$

$T_{шт.к} = 26/500 + 36,28 = 36,3$ мин

Операция 010: фрезерование отв диаметра 30 мм., 22мм. И двух плоскостей 30x124

$T_o=94,25*8/144=5,2$ мин,

$T_o=43,96*2/144=0,6$ мин,

$T_o=324*2/144=4,5$ мин.

Таким образом основное технологическое время на операции 010:

$T_o=10,3$ мин

Определим $T_{шк}$ на операцию 010 – Фрезерная с ЧПУ.

время на установку туст = 0,4 мин.

время, связанное с переходом $t_{пер} = 0,8$ мин.

время, не вошедшее в комплекс $\sum t'_{пер} = 0,7$ мин.

время на измерение $t_{изм} = 0,4$ мин.

$T_v = 2,3$ мин.

Время на отдых и личные потребности $T_{отд} = 0,14$ мин.

Время на обслуживание $T_{обс} = 0,14$ мин.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 59
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Штучное время: $T_{шт} = 3.88$ мин.

Подготовительно-заключительное время: $T_{пз} = 26$ мин.

Штучно-калькуляционное время: $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт} = 10.8$ мин.

1.4. Расчет силы зажима детали

Для закрепления детали в первой операции используются тиски со специальной плитой, которая устанавливается на внутреннюю поверхность, обратную плоскости установочной поверхности. На прижимной плите вырезана полоска в форме ласточкиного хвоста и небольшой центрирующий паз. Полоска соединяется с пазом на фиксирующем устройстве и прочно крепится внутренними тисками, согласно рисунку 37.

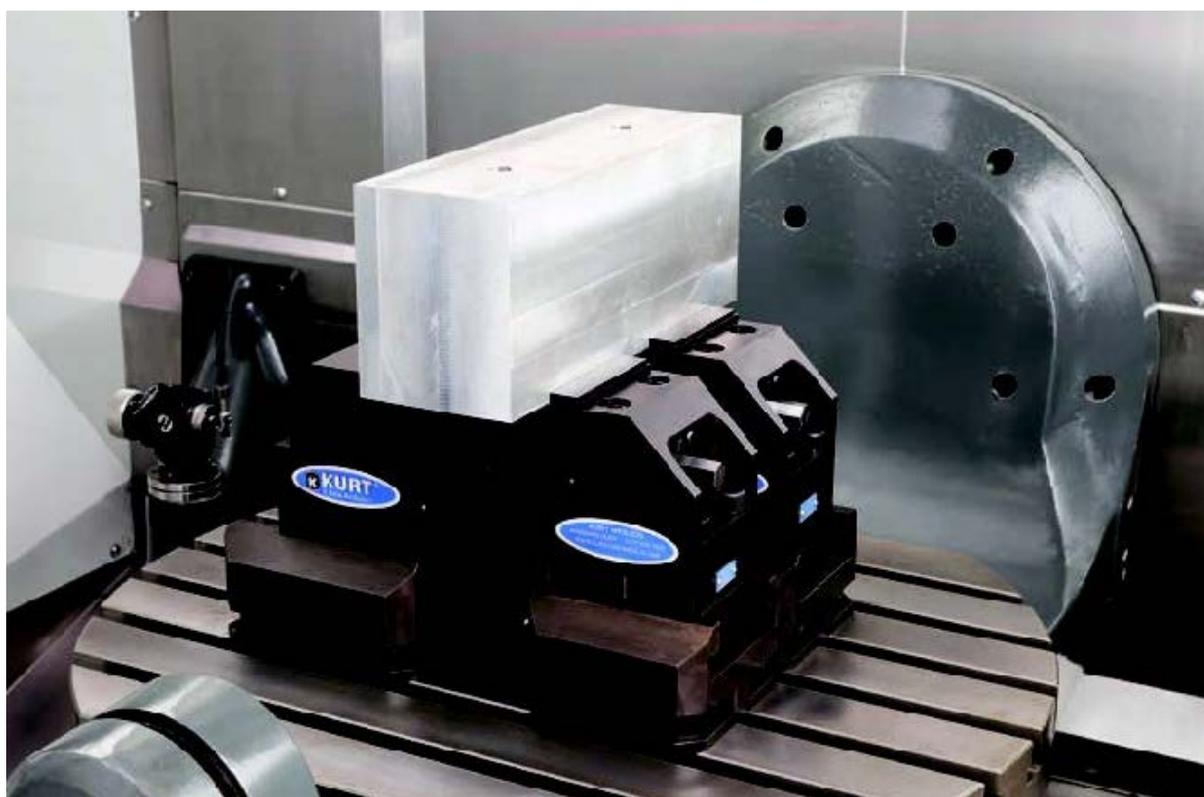


Рисунок 37 – Тиски

Эффективность закрепления этим способом обеспечивается геометрией формы ласточкиного хвоста. Наклоненные поверхности направляют силу в

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 60
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

сторону зажимного приспособления вдоль узкой кромки ласточкиного хвоста. А так же угол зажимного соединения направляет давление вниз и от детали. Зажимное приспособление основывается не на большом количестве сцепления с целью удержания обрабатываемой детали, поэтому возможность «выброса» детали фактически исключена. Зажимается деталь ручным ключом с небольшим усилием. Черновая база обеспечивает устойчивое положение детали при отсутствии ее деформации.

Во второй операции зажим заготовки осуществляется 2 прихватами за счет гидроцилиндров, устанавливаемых на стол станка. Для зажима заготовки жидкость подается в бесштоковую полость. Для того чтобы раскрепить заготовку прекращаем подачу жидкости в полость цилиндра, прихват отжимается. Приспособление простое по конструкции, удобное, быстродействующее и надежное в работе, согласно рисунку 38.

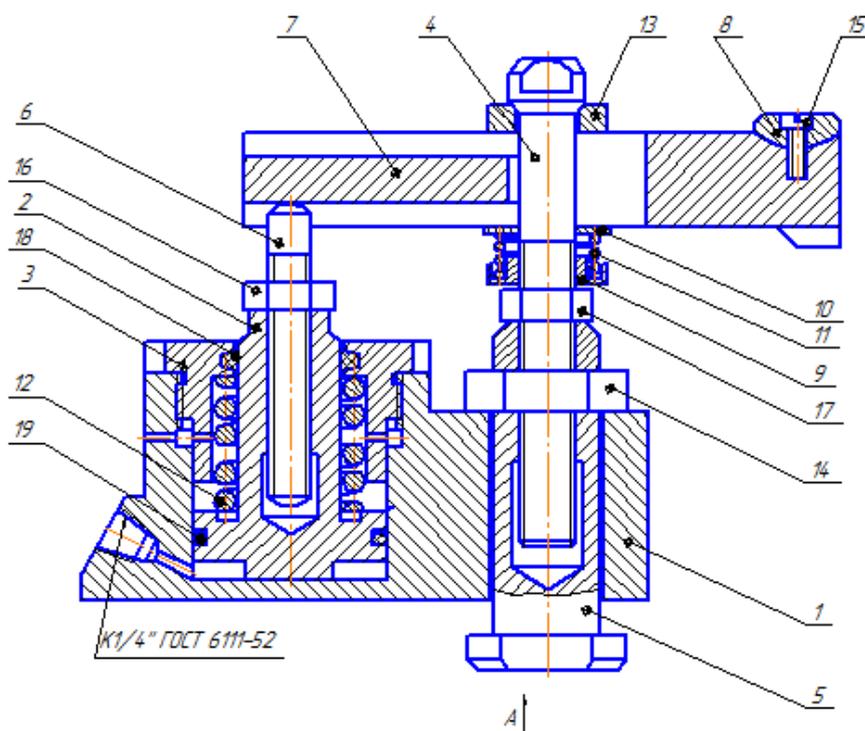


Рисунок 38 – Зажимное приспособление:

- 1 – корпус, 2 – поршень, 3 – крышка, 4,5 – болт, 6 – винт,
7 – прихват, 8,10,13 – шайба, 9 – тарелка, 11,12 – пружина, 14 – гайка

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Установка исполнительных органов станка в нулевое положение осуществляется с помощью автоматических систем.

Расчет усилия зажима приспособления:

Сила P_z для данного перехода рассчитывается по следующей формуле:

$$P_z = \frac{10Cp * t^x * S_z^y * B^y * Z}{D^q * n^w} * K_{тр},$$

где z – число зубьев фрезы,

n – частота вращения фрезы, об/мин.;

t – глубина резанья, мм;

s – подача на зуб, об/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

D – диаметр фрезы, мм

$$P_z = \frac{10 * 825 * 2^1 * 0.06^{0.75} * 144^{1.1} * 2 * 1.0}{16^{1.3} * 1200^{0.2}} = \frac{10 * 825 * 2 * 0.12 * 236.7 * 2 * 1.0}{36.7 * 4.1} = 6228$$

Определим силу зажима:

$$W * f_1 + W * f_2 = K * P,$$

откуда

$$W = \frac{K * P}{f_1 + f_2}$$

Уравнение всех сил по ОХ выглядит :

$$Ph \times K - (F_{тр1} + F_{тр2}) - (F_{рт1} + F_{рт2});$$

$$F_{тр1} = W \times f_1; \quad F_{тр2} = W \times f_2;$$

Тогда:

$$Ph \times K = 2 \times (W \times f_1 + W \times f_2),$$

где K – коэффициент запаса;

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6;$$

$K_0 = 1,7$ – коэффициент, учитывающий неточность расчетов;

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

$K_1 = 1,2$ – коэффициент , учитывающий наличие случайных неровностей;

$K_2 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания;

$K_4 = 1,0$ – при наличии пневматических зажимных устройств;

$K_6 = 1,0$ – коэффициент, учитываемый при наличии моментов,

стремящихся повернуть заготовку.

Тогда $K = 1,7 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,04$

Принимаем $K = 2,5$

Составляющие силы резания:

Сила подачи:

$P_h = 0,8 \times P_z = 4456 \text{ Н};$

Вертикальная сила

$P_v = 0,8 \times P_z = 4456 \text{ Н};$

Радиальная сила:

$P_y = 0,6 \times P_z = 3342 \text{ Н};$

Сила на изгиб

$P_{yz} = P_z + P_y = 8912 \text{ Н}$

Уравнение всех сил по ОХ выглядит :

$P_h \times K - (F_{тр1} + F_{тр2}) - (F_{рт1} + F_{рт2});$

$F_{тр1} = W \times f_1; \quad F_{тр2} = W \times f_2;$

Тогда

$P_h \times K = 2 \times (W \times f_1 + W \times f_2); \quad (7)$

$f_1 = 0,3$ – коэффициент трения , возникающий при контакте

поверхности заготовки с зажимными элементами;

$f_2 = 0,18$ – коэффициент трения , возникающий при контакте поверхностей

заготовки и установочных элементов.

Выразим силу зажима W из уравнения (7):

$W = P_h \times K / 2 \times (f_1 + f_2);$

$W = 4456 \times 2,5 / 2 \times (0,3 + 0,18) = 11600 \text{ Н}$

Вывод: заготовка надежно закреплена.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

1.5. Приспособление для контроля межосевого расстояния отверстий

Для автоматического установления рабочей системы координат и измерения размеров деталей на станки с ЧПУ устанавливается специальная система, состоящая из измерительного щупа, который крепится в шпинделе аналогично инструменту и инфракрасным датчикам, «висящим» на корпусе внутри рабочей зоны. Оператор станка может подвести щуп к детали, по определенной команде он коснется поверхности и определит ее координаты. Можно, например, автоматически измерить диаметр обработанного отверстия и найти его центр. Инфракрасные датчики работают как приемник – они получают сигнал от щупа в момент его касания с поверхностью детали и передают его в систему управления.



Рисунок 39 – Измерительный щуп. Измерение поверхности детали

1.6. Фрагмент УП (операция 05)

Программа составлена на стойке SINUMERIK 840D, выполнена

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 64
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

симуляция программы на стойке в учебном центре «ЗиК». Используются стандартные циклы сверления и нарезания резьбы. Карта траекторий инструмента прилагается (приложение Б).

%1 ПС

N1 L142; DETAL BALKA ПС

N2 T1 D1 M6; FREZA D=125 ПС

N3 G54 G17 G90 G95 ПС

N4 ROT X-90; POBOROT OSI ПС

N5 G0 V0 B0 ПС

N6 G0 Z550 ПС

N7 M3 S380 M8 ПС

N8 G0 X504 Y69 ПС

N9 G0 Z0 ПС

N10 G1 F0.4 ПС

N11 X389 ПС

N12 G0 Z5 ПС

N13 G0 Y-69 ПС

N14 Z0 ПС

N15 G1 X504 F0.4 ПС

N16 G0 Z20 ПС

N17 G0 Y-69 X280 Z0 ПС

N18 G1 X170 F0.4 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 65
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N19 Y69 ПС

N20 X280 ПС

N21 G0 Y0 X504 Z20 ПС

N22 M5 M9 ПС

N22 TRANS ПС

N23 T2 D1 M6; FREZA D=40 ПС

N24 ROT X-90; POVOROT OSI ПС

N25 G90 G54 G17 G95ПС

N26 M3 S450 M8 ПС

N27 G0 Y-10 X504 Z-24 ПС

N28 G1 X300 F0.12 ПС

N29 Y26 ПС

N30 X504 ПС

N31 G0 Y0 X550 Z20 ПС

N32 Y-113 X60 Z5 ПС

N33 G1 X50 Z-10 F0.12 ПС

N34 G03 X-50 Y30 I0.0 J0.0 F0.12 ПС

N35 G03 X50 Y30 I0.0 J0.0 F0.12 ПС

N36 G1 X60 F0.12 ПС

N37 G0 Z10 ПС

N38 Y0 X504 Z15 ПС

N39 M01 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 66
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N40 M5 M9 ПС

N41 TRANS ПС

N42 T3 D1 M6; SVERLO D=10.2 ПС

N43 G90 G54 G17

N44 ROT X-90; POVOROT OSI ПС

N45 ATRANS Z510; SMESHENIE NOLEVOI ТОСКИ ПС

N46 G0 Z100 ПС

N47 G0 V0 B0 ПС

N48 M3 S700 F84 M8 ПС

N49 G0 X55 Y-115 ПС

N50 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N51 X55 Y-115 ПС

N52 X165 Y-115 ПС

N53 X165 Y0 ПС

N54 X165 Y115 ПС

N55 X55 Y115 ПС

N56 X-55 Y115 ПС

N57 X-165 Y155 ПС

N58 X-165 Y0 ПС

N59 X-165 Y-115 ПС

N60 X-55 Y-115 ПС

N61 MCALL ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 67
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N62 G0 Z100 ПС

N63 M5 M9 ПС

N64 TRANS ПС

N65 T4 D1 M6; REZBOFREZA ПС

N66 G90 G54 G17 ПС

N67 ROT X-90; POVOROT OSI ПС

N68 ATRANS Z510; SMESHENIE NOLEVOI TOCKI ПС

N69 G0 Z100 ПС

N70 G0 V0 B0 ПС

N71 M3 S1400 M8 ПС

N72 G0 X55 Y-115 ПС

N73 MCALL CYCLE84(153,150,3,115,,0,3,,1.5,0,100,100,3,1,0,0,,) ПС

N74 X55 Y-115 ПС

N75 X165 Y-115 ПС

N76 X165 Y0 ПС

N77 X165 Y115 ПС

N78 X55 Y115 ПС

N79 X-55 Y115 ПС

N80 X-165 Y155 ПС

N81 X-165 Y0 ПС

N82 X-165 Y-115 ПС

N83 X-55 Y-115 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 68
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N84 MCALL ПС

N85 G0 Z100 ПС

N86 M5 M9 ПС

N87 TRANS ПС

N88 T5 D1 M6; SVERLO D=28 ПС

N89 G90 G54 G17 ПС

N90 ROT X-90 ПС

N91 ATRAN Z40 ПС

N92 G0 Z100 ПС

N92 M3 S1648 F313 M8 ПС

N93 G0 X550 Y-300 ПС

N94 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N95 X550 Y-300 ПС

N96 X395 Y-300 ПС

N97 X240 Y-300 ПС

N98 X-240 Y-300 ПС

N99 X-395 Y-300 ПС

N100 X-550 Y-300 ПС

N101 MCALL ПС

N102 G0 Z300 ПС

N103 G0 V600 ПС

N104 G55 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 69
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N105 G0 B0 ПС

N106 V0 ПС

N107 G0 X100 Y-550 ПС

N108 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N109 X100 Y-550 ПС

N110 X-100 Y-550 ПС

N111 MCALL ПС

N112 G0 Z300 ПС

N113 G0 V600 ПС

N114 G56 ПС

N115 G0 B0 ПС

N116 V0 ПС

N117 G0 X100 Y-550 ПС

N118 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N119 X100 Y-550 ПС

N120 X-100 Y-550 ПС

N121 MCALL ПС

N122 G0 Z300 ПС

N123 G0 V600 ПС

N124 G57 ПС

N125 G0 B0 ПС

N126 V0 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 70
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N127 G0 X550 Y-300 ПС

N128 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N129 X550 Y-300 ПС

N130 X395 Y-300 ПС

N131 X240 Y-300 ПС

N132 X-240 Y-300 ПС

N133 X-395 Y-300 ПС

N134 X-550 Y-300 ПС

N135 MCALL ПС

N136 M5 M9 ПС

N137 TRANS ПС

N138 T6 D1 M6; SVERLO D=42 ПС

N139 G90 G57 G17 ПС

N140 ROT X-90 ПС

N141 ATRAN Z160 ПС

N142 G0 Z100 ПС

N143 M3 S1100 F286 M8 ПС

N144 G0 X240 Y-300 ПС

N145 MCALL CYCLE(100,0,5,-165,0,-10,0,1,1,10,0,0) ПС

N146 X240 Y-300 ПС

N147 X-240 Y-300 ПС

N148 MCALL ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 71
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N149 G0 Z300 ПС

N150 G0 V600 ПС

N151 G54 ПС

N152 G0 B0 ПС

N153 V0 ПС

N154 G0 X240 Y-300 ПС

N155 MCALL CYCLE(100,0,5,-165,0,-10,0,1,1,10,0,0) ПС

N156 X240 Y-300 ПС

N157 X-240 Y-300 ПС

N158 MCALL ПС

N159 M5 M9 ПС

N160 TRANS ПС

N161 T7 D1 M6; SVERLO D=14.7 ПС

N162 G90 G54 G17 ПС

N163 ROT X-90 ПС

N164 ATRAN Z470 ПС

N165 G0 Z100 ПС

N166 M3 S650 F100 M8 ПС

N167 G0 X0 Y-300 ПС

N168 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N169 X0 Y-300 ПС

N170 MCALL ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 72
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N171 G0 Z300 ПС

N172 G0 V600 ПС

N173 G57 ПС

N174 G0 B0 ПС

N175 V0 ПС

N176 G0 X0 Y-300 ПС

N177 MCALL CYCLE(100,0,3,-29,0,0) ПС

N178 X0 Y-300 ПС

N179 MCALL ПС

N180 M5 M9 ПС

N181 TRANS ПС

N182 T7 D1 M6; FREZA D=40 ПС

N183 G90 G57 G17 ПС

N184 ROT X-90 ПС

N185 ATRAN Z160 X240 Y-300 ПС

N186 LABEL1: ПС

N187 G0 G41 Z200 ПС

N188 M3 S1000 M8 ПС

N189 G0 X0 Y0 ПС

N190 G1 Z-5 F2000 ПС

N191 G1 X35 F400 ПС

N192 G2 I-35 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 73
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N193 G0 G40 Z200 ПС

N194 ENDLABEL1: ПС

N195 ATRANS X-480 ПС

N196 REPEAT LABEL1 ПС

N197 TRANS

N198 G0 V600

N199 G54 G0 B0 ПС

N200 G0 V0 ПС

N201 ROT X-90 ПС

N202 ATRANS Z160 X240 Y-300 ПС

N203 REPEAT LABEL1 ПС

N204 ATRANS X-480 ПС

N205 REPEAT LABEL1 ПС

N206 TRANS ПС

N207 T8 D1 M6; FREZA D=25 ПС

N208 G90 G54 G17 ПС

N209 ROT X-90 ПС

N210 ATRAN Z40 X550 Y-300 ПС

N211 LABEL2: ПС

N212 G0 G41 Z200 ПС

N213 M3 S1200 M8 ПС

N214 G0 X0 Y0 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 74
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N215 G1 Z-5 F2000 ПС
N216 G1 X25 F480 ПС
N217 G2 I-25 ПС
N217 G0 G40 Z200 ПС
N218 ENDLABEL2: ПС
N219 ATRANS X-155 ПС
N220 REPEAT LABEL2 ПС
N221 ATRANS X-790 ПС
N222 REPEAT LABEL2 ПС
N223 ATRANS X-155 ПС
N224 REPEAT LABEL2 ПС
N225 TRANS ПС
N226 G0 V600 ПС
N227 G55 G0 B0 ПС
N228 G0 V0 ПС
N229 ROT X-90 ПС
N230 ATRANS Z40 X100 Y-550 ПС
N231 REPEAT LABEL2 ПС
N232 ATRANS X-200 ПС
N233 REPEAT LABEL2 ПС
N234 TRANS ПС
N235 G0 V600 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 75
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N236 G56 G0 B0 ПС

N237 G0 V0 ПС

N228 ROT X-90 ПС

N239 ATRANS Z40 X100 Y-550 ПС

N240 REPEAT LABEL2 ПС

N241 ATRANS X-200 ПС

N242 REPEAT LABEL2 ПС

N243 TRANS ПС

N244 G0 V600 ПС

N245 G57 G0 B0 ПС

N246 G0 V0 ПС

N247 ROT X-90 ПС

N248 ATRANS 40 X550 Y-300 ПС

N249 REPEAT LABEL2 ПС

N250 ATRANS X-155 ПС

N251 REPEAT LABEL2 ПС

N252 ATRANS X-790 ПС

N253 REPEAT LABEL2 ПС

N254 ATRANS X-155 ПС

N255 REPEAT LABEL2 ПС

N256 TRANS ПС

N257 L142; SNIAT YGLOVYIY ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 76
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N258 T1 D1 M6; FREZA D=125 ПС

N259 G90 G57 G17 ПС

N260 G0 Z450 ПС

N261 M3 S320 M8 ПС

N262 G0 X0 Y0 ПС

N263 G1 Z375 F2000 ПС

N264 G1 X235 F540 ПС

N265 G3 X-235 CR=470 ПС

N267 G1 X0 ПС

N268 G0 Z450 ПС

N269 G0 Y520 ПС

N270 G1 Z250 F2000 ПС

N271 G1 Y300 F540 ПС

N272 G0 Z450 ПС

N273 M5 M9 ПС

N274 T9 D1 M6; SVERLO D=17.4 ПС

N275 G90 G57 G17 ПС

N276 G0 Z450 ПС

N277 M3 S700 M8 ПС

N278 G0 X0 Y385 ПС

N279 G0 Z255 ПС

N280 G1 Z200 F120 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 77
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N281 G0 Z450 ПС

N282 M5 M9 ПС

N283 T10 D1 M8; REZBOFREZA ПС

N284 G90 G57 G17 ПС

N284 M3 S1400 M8 ПС

N285 G0 Z450 ПС

N286 G0 X0 Y385 ПС

N287 CYCLE84(153,150,3,115,,0,3,,1.5,0,100,100,3,1,0,0,,) ПС

N288 G0 Z450 ПС

N289 M5 M9 ПС

N290 T1 D1 M6; FREZA D=125 ПС

N291 G90 G54 G17 ПС

N292 G0 Z450 ПС

N293 M3 S320 M8 ПС

N294 G0 X0 Y0 ПС

N295 G1 Z375 F2000 ПС

N296 G1 X235 F540 ПС

N297 G3 X-235 CR=470 ПС

N298 G1 X0 ПС

N299 G0 Z450 ПС

N300 G0 Y520 ПС

N301 G1 Z250 F2000 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 78
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

N302 G1 Y300 F540 ПС

N303 G0 Z450 ПС

N304 M5 M9 ПС

N305 T9 D1 M6; SVERLO D=17.4 ПС

N306 G90 G54 G17 ПС

N305 G0 Z450 ПС

N306 M3 S700 M8 ПС

N307 G0 X0 Y385 ПС

N308 G0 Z255 ПС

N309 G1 Z200 F120 ПС

N310 G0 Z450 ПС

N311 M5 M9 ПС

N312 T10 D1 M8; REZBOFREZA ПС

N313 G90 G54 G17 ПС

N314 G0 Z450 ПС

N315 G0 X0 Y385 ПС

N316 CYCLE84(153,150,3,115,,0,3,,1.5,0,100,100,3,1,0,0,,) ПС

N317 G0 Z450 ПС

N318 M5 M9 ПС

N319 M30 ПС

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 79
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание предмета экономического обоснования

Наименование детали – «Балка», изготавливается из стали 35Л, чистая масса составляет 30 кг, имеет следующие габариты: 906*182*264 мм. При этом масса заготовки составляет 32 кг.

Балка – деталь моста управления, предназначена для обеспечения маневрирования погрузчика и состоит из балки, гидроцилиндра, двух поворотных кулаков со ступицами. Деталь представляет собой корпус, на котором крепятся остальные части моста управления.

Дипломный проект заключается в проектировании нового технологического процесса обработки детали.

Предметом экономического обоснования является расчёт экономической эффективности проектируемого варианта. Поэтому расчёт экономической эффективности проводится по следующей методике: оценка эффективности капитальных вложений и новой техники (метод приведенных затрат).

2.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования

1. Годовая программа выпуска продукции $N=500$ шт.
2. Нормы времени по операциям берутся из технологической части

диплома и занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Нормы времени по операциям в технологии

операция	станок	модель станка	t, мин.
05	Фрезерный станок 5 осевой с ЧПУ	DMU 125 monoBLOCK	36,3
010			10,8
ИТОГО:			47,1

3. Режим работы предприятия (цеха).

Режим работы оборудования двухсменный.

4. Характеристики оборудования

Станок фрезерный 5 – осевой с ЧПУ DMU 125 monoBLOCK.

Мощность главного привода – 35 кВт;

Стоимость оборудования – 20000000 рублей.

5. Часовые тарифные ставки на предприятии приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Часовые тарифные ставки, применяемые на предприятии

Разряд	Часовая тарифная ставка, руб./час
2	52,20
3	67,46
4	73,38
5	80,04
6	87,53

6. Нормативы отчислений на ремонт оборудования

Процент отчислений в ремонтный фонд $K_p=2\%$ (по данным предприятия)

7. Стоимость электроэнергии и применяемых видов топлива

Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии $\text{Цэ}= 5$ руб./кВт-ч.

8. Годовой фонд времени одного рабочего

Статьи баланса	Продолжительность
1. Календарное время, дни	366
2. Нерабочее время, дни	119
3. Номинальный фонд рабочего времени, дни	247
4. Невыходы на работу, дни а) основной и дополнительный отпуска, дни	28

б) болезни, декретные отпуска, дни	9
в) выполнение государственных и общественных обязанностей, дни,	1
г) отпуска по учебе, дни	1
5. Внутрисменные регламентированные потери рабочего времени, дни	1
6. Число рабочих дней в году, дни	207
7. Средняя продолжительность рабочего дня, час	8
8. Действительный годовой фонд времени одного рабочего, час (-2 ч, предпраздничные дни)	1654
9. Нормы обслуживания станков вспомогательными рабочими (наладчиками, электронщиками):	
Наладчики – 5 станков	
Электронщики – 3 станка	

2.3. Расчет технико-экономических показателей

2.3.1. Определение капитальных вложений

Определение капитальных вложений определяется по формуле (13):

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг}, \quad (13)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{прс}$ – капитальные вложения в приспособления, р.;

$K_{прг}$ – капитальные вложения в программное обеспечение, р.

Капитальные вложения в оборудование

Определение количества технологического оборудования определяется по формуле (14):

$$q = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (14)$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.;

$F_{\text{об}}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия $k_{\text{вн}}=1,0-1,2$);

k_3 – коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия $k_3=0,7-0,8$).

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается следующим образом (15):

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{k_{\text{р}}}{100}\right), \quad (15)$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный фонд работы единицы оборудования, ч.

$k_{\text{р}}$ – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, % [14].

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (366 дней в году за исключением праздничных и выходных дней, с учетом предпраздничных дней) с учетом установленного режима работы (при двухсменном – 16 ч.).

$$F_{\text{н}} = (366 - 119) \cdot 16 = 3948 \text{ ч}$$

$$k_{\text{р}} = 2,6 \%$$

$$F_{\text{об}} = 3948 \cdot (1 - 2,6/100) = 3845 \text{ ч.}$$

Нет затрат на монтаж оборудования и транспортных расходов, так как оборудование уже есть на заводе.

Результаты вычислений заносятся в таблицу 9.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 83
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 9 – Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Расчетное количество оборудования, шт.	Мощность, кВт	Стоимость одного станка, тыс.р.	Стоимость оборудования с учетом коэффициента загрузки, тыс.р.
		Одного станка		
DMU 125 mono BLOCK	0,087	35	20 000	1 740
	0,026			520
ИТОГО:	0,113	35	20 000	2 260

1.1. Расчет технико-экономических показателей

1.1.1. Определение капитальных вложений

Технологическая себестоимость складывается из следующих элементов (16):

$$C = Z_M + Z_{ЗП} + Z_{Э} + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (16)$$

где Z_M – затраты на материалы (заготовки), р.;

$Z_{ЗП}$ – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{Э}$ – затраты на электроэнергию, р.;

$Z_{ЗП}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{ЗП}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{ЗП}$ – затраты на малоценный инструмент, р..

Затраты на материалы.

Поскольку заготовки закупаются, то расчет затрат рассчитывается по формуле (17):

$$Z_M = m_3 * Ц_3 * N_{Год}, \quad (17)$$

где M_3 – масса заготовки, кг;

$Ц_3$ – цена за килограмм литья заготовки, руб/кг;

$N_{Год}$ – годовая программа выпуска, шт.

$$Z_M = 32 \cdot 50 \cdot 500 = 800\,000 \text{ руб.}$$

Коэффициент использования материала $k_{ИМ} = 32/30 = 93,75\%$

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле (18):

$$Z_{ЗП} = Z_{ПР} + Z_{Н} + Z_{ЭЛ} + Z_{К} + Z_{ТР} \quad (18)$$

где $Z_{ПР}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{Н}$ – то же, наладчиков, руб.;

$Z_{Э}$ – то же, электронщиков, руб.;

$Z_{К}$ – то же, контролеров, руб.;

$Z_{ТР}$ – то же, транспортных рабочих, руб.

При сдельной оплате труда используется формула 19:

$$Z_{ПР} = C_T \cdot t \cdot k_{МН} \cdot k_{ДОП} \cdot k_{ЕСН} \cdot k_P \quad (19)$$

где C_T – часовая тарифная ставка производственного рабочего н операции, р.;

t – штучно-калькуляционное время на операцию, ч.;

$k_{МН}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{МН}=0,49$) – не учитывается, т.к. один рабочий, за одним станком;

$k_{ДОП}$ – коэффициент доплат ($k_{ДОП} = 1,2$);

$k_{ЕСН}$ – коэффициент страховых взносов ($k_{ЕСН}=1,3$);

k_P – поясной коэффициент (для Урала $k_P=1,15$).

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле (20):

$$Ч_{СТ} = \frac{t \cdot N_{ГОД} \cdot k_{МН}}{F_P \cdot 60}, \quad (20)$$

где t – штучно-калькуляционное время на операцию, ч.;

$k_{МН}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{МН}=0,49$)) – не учитывается, т.к. один рабочий, за одним станком;

F_P – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{ГОД}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		85

Операция 05:

$$Ч_{ст} = \frac{36,3 \cdot 500 \cdot 1}{1654 \cdot 60} = 0,183$$

Принимаемая численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих заносятся в таблицы 10.

Таблица 10 – Затраты на заработную плату производственных рабочих

Наименование операции	Ст, р.	t, мин	Зпр, р.	Чст, чел.
05 Фрезерная с ЧПУ	67,46	36,3	73,22	0,183
10 Фрезерная с ЧПУ	67,46	10,8	21,78	0,054
ИТОГО:			95,00	0,237

Оплата труда вспомогательных рабочих, как правило, осуществляется по повременной, либо по повременно-премиальной системе. Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, электронщиков) находится по формуле (25):

$$З_{всп} = \frac{С_{всп} \cdot F_d \cdot Ч_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p}{N_{год}} \quad (25)$$

где $C_{всп}$ – часовая тарифная ставка, руб.;

$Ч_{всп}$ – численность рабочих соответствующей категории, чел.;

$k_{доп}$ – коэффициент доплат ($k_{доп} = 1,2$);

$k_{есн}$ – коэффициент единого социального налога ($k_{есн}=1,3$);

k_p – поясной коэффициент (для Урала $k_p=1,15$);

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, шт..

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности определяется по формуле:

$$Ч_{всп} = \frac{q_p \cdot n}{N} \quad (26)$$

где q_p – расчетное количество оборудования, шт.;

n – число смен работы оборудования;

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком/электронщиком.

Так как обе операции производятся на одном станке, то для определения количества вспомогательных рабочих необходимо сложить количество оорудования по двум операциям.

Проектируемый вариант:

$$C_{H} = \frac{0,113 \cdot 2}{5} = 0,045 \text{ чел.}$$

$$C_{эл} = \frac{0,113 \cdot 2}{3} = 0,075 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность котроллеров – 2% от числа станочников.

$$C_{Т} = 0,237 \cdot 5\% = 0,012 \text{ чел.}$$

$$C_{к} = 0,237 \cdot 2\% = 0,017 \text{ чел.}$$

Наладчики (проектируемый вариант):

$$Z_{всп} = \frac{73,38 \cdot 1654 \cdot 0,045 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{500} = 19,6 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящейся на одну деталь сводятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Ст, р.	Чвсп,чел.	Звсп, р
Наладчик	73,38	0,045	19,6
Электронщик	73,38	0,075	32,66
Транспортный рабочий	52,2	0,012	3,72
Контролер	52,2	0,017	5,27
Итого:		0,149	61,25

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле (26):

$$Z_{э} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн} \cdot 60} \cdot Ц_{э} \quad (26)$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности (для металлообрабатывающих станков 0,2÷0,4);

квр– средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени (для серийного взят средний между мелкосерийным и крупносерийным производствами равный 0,55);

код – средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателей станка (код = 0,6 - 1,3);

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,04 – в условиях массового производства; 1,08 – единичного или мелкосерийного);

η – коэффициент полезного действия оборудования (принимается по паспорту оборудования);

Цэ– стоимость 1 кВт-ч электроэнергии (принимается по данным предприятия).

Результаты расчетов сводятся в таблицы 12.

Операция 05:

$$Z_9 = \frac{35 \cdot 0,3 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 36,3}{0,95 \cdot 1,2 \cdot 60} \cdot 5 = 16,24 \text{ руб.}$$

Таблица 12 – Затраты на электроэнергию

Модель станка	Операция	N_y , кВт	t, мин	ЗЭ, руб.
DMU 125 mono BLOCK	05	35	36,3	16,24
DMU 125 mono BLOCK	10	35	10,8	4,83
ИТОГО:				21,07

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляются по формуле (27):

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (27)$$

где $C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р;

$C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле (28):

$$C_{AM} = \frac{Ц_{OB} \cdot N_A \cdot t}{F_{OB} \cdot k_z \cdot k_{вн} \cdot 60} \quad (28)$$

где $Ц_{OB}$ – цена единицы оборудования, р;

N_A – Норма амортизационных отчислений;

F_{OB} – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

k_z – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Начисление амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества осуществляется в соответствии с нормой амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока его полезного использования (СПИ). При применении линейного метода сумма амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества рассчитывается как произведение от первоначальной стоимости и нормы амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока полезного использования (1/СПИ).

$$N_A = 1/СПИ = 1/10 = 0,1$$

Операция 05:

$$C_{AM} = \frac{Ц_{OB} \cdot N_A \cdot t}{F_{OB} \cdot k_z \cdot k_{вн} \cdot 60} = \frac{20000000 \cdot 0,1 \cdot 36,03}{3845 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 60} = 349,66 \text{ руб}$$

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну деталиеоперацию определяют по формуле (29):

$$C_{рем} = \frac{Ц_{т.о} \cdot K_p \cdot q_p}{N_{зп} \cdot 100} \quad (29)$$

где K_p – коэффициент отчислений в ремонтный фонд (по данным предприятия).

Операция 05:

$$C_{рем} = \frac{20000000 \cdot 2 \cdot 0,087}{500 \cdot 100} = 69,6$$

Результаты расчетов затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту

Операция	Цоб, р	q _р , шт	СПИ	N _А , р	t, мин	Сам, р.	Срем, р.
05	20000000	0,087	10	0,1	36,3	349,66	69,6
10	20000000	0,026	10	0,1	10,8	104,03	20,80
ИТОГО:						453,69	90,40

Общие затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования:

$$\text{Зоб} = 453,69 + 90,4 = 544,09 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента (малоценный инструмент)

По данным предприятия на затраты на инструмент для изготовления одной детали уходит 92,35 руб.

Результаты по расчету технологической себестоимости обработки детали и по годовому выпуску 500 шт. сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Технологическая себестоимость обработки детали руб.

Статья затрат	Затраты на одну деталь, руб.	Затраты на годовую программу выпуска, руб.
Затраты на материалы	1 600,00	800 000
Заработная плата с начислениями	165,24	82 620
Затраты на технологическую электроэнергию	21,07	10 535
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	544,09	272 045
Затраты на инструмент	92,35	46 175
ИТОГО:	2 422,75	1 211 375

1.2. Определение экономических показателей разрабатываемого технологического процесса

Расчет уровня механизации труда на программных операциях вычисляется по формуле (30):

$$k_{\text{МЕХ}} = \frac{T_0 + T_{\text{всп}}}{t}, \quad (30)$$

где T_0 – основное (машинное) время обработки детали на программных станках, мин.;

$T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время механизированных приемов, мин.;

T – штучно-калькуляционное время, мин.

Рассчитывается только для станков с ЧПУ:

$T_0 = 28,57$ мин

$T_{\text{всп}} = 4,15$

$t = 47,1$

$k_{\text{мех}} = 100 * (28,57 + 4,15) / 47,1 = 69,5\%$;

Полученные результаты сводятся в таблицу технико – экономических показателей обработки детали «Балка», таблица 15.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 91
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 15 – Техничко-экономические показатели обработки детали «Балка»

Наименование показателя	Значение показателя
Годовой выпуск деталей, шт.	500
Количество видов оборудования, шт.	1
Расчетное количество рабочих, чел.	0,237
Сумма капитальных вложений, т.р.	2 260 ,11300
Трудоемкость изготовления 1-го изделия, н-ч	0,79
Технологическая себестоимость детали, р.	2 422,75
В том числе:	
● материальные затраты, руб	1 600
● материальные затраты, руб	
● затраты на заработную плату рабочих, руб	165,24
Технологическая себестоимость годового выпуска, р.	1 211 375,00
В том числе:	
● материальные затраты, руб	800 000
● затраты на заработную плату рабочих, руб	82 620,00
Коэффициент использования металла, %	93,75
Коэффициент загрузки оборудования	0,113
Уровень механизации труда, %	69,5

Вывод: Произведя технико – экономические расчеты для проектируемого дипломного проекта целью, которого было разработка технологического процесса механической обработки детали «Балка» можно сделать вывод о проделанной работе. В проектируемом дипломном проекте внедрено новое технологическое оборудование, новый современный металлорежущий инструмент, позволяющий эффективно использовать ресурсы. Средства вложенные в производство, при минимальной рыночной стоимости производимой детали в 15000 р., окупятся уже через 4 – 5 лет. С учетом незначительной годовой загруженностью данной деталью, оборудование может дополнительно производить продукцию любой сложности.

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Разработка методики проведения урока теоретического обучения.

В дипломном проекте деталь «Балка» обрабатывается на станках с ЧПУ. Станки с ЧПУ являются неотъемлемой частью современного автоматизированного производства. В системах ЧПУ воплощены все современные достижения электротехники, электроники, автоматики, вычислительной техники. Поэтому изучение принципов числового программного управления позволит студентам получить знания о наиболее современном и перспективном технологическом оборудовании.

Конструкция металлорежущих станков, как любого технологического оборудования, изменяются во времени. С появлением новых механизмов, повышается производительность и качество обработки, а также расширяются технологические возможности.

Основной задачей для повышения производительности труда является внедрение машин и оборудования со встроенными средствами микропроцессорных станков с числовым программным управлением и робототехнических комплексов, гибких производственных систем. Этот вид технологического оборудования отвечает современным требованиям производства. Быстрые перемены в условиях и характере производства - отличительная черта последних десятилетий. Поэтому производство приобретает такие новые качества, как гибкость и экономичность, высокий уровень автоматизации.

Станки с системами ЧПУ широко применяют практически во всей металлообрабатывающей промышленности. Применение станков с ЧПУ дает значительный экономический эффект и характеризуется увеличением производительности в 2 - 6 раз; высвобождением от трех до восьми универсальных станков; увеличением времени обработки резанием до 50 -80% общего машинного времени против 15 - 35% у большинства универсальных

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 93
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

станков; сокращением сроков подготовки производства и технологической оснастки при смене изделия; уменьшением брака; обеспечением взаимозаменяемости; возможностью многостаночного обслуживания.

Переход к новым экономическим отношениям в России существенно изменил облик нашей промышленности, коренным образом изменились условия труда.

Использование высокоавтоматизированного оборудования делает труд рабочего творческим, освободившимся от рутинных действий, от тяжелого, многотонного и физического труда.

Итогом труда рабочих, инженеров, техников, работников всех служб является готовое изделие, собранное из деталей, обработанных на станках. Отсюда становится очевидным, какую ответственную задачу решает в каждом заводском коллективе наладчик станков, от работы которого в первую очередь зависит производительность металлорежущего оборудования и качество изготовленных на нем деталей.

Для эффективного использования станков с ЧПУ необходимо, чтобы обслуживающий персонал (наладчики, операторы) обладал глубокими знаниями техники и мог творчески решать сложные производственные задачи.

Для обслуживания высокоавтоматизированного оборудования на заводе, в Региональном межотраслевом Центре дополнительного профессионального образования на ПАО «Машиностроительный завод имени М.И. Калинина», подготавливаются рабочие по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ». Основной особенностью отдела является то, что они работают с категорией людей старше 18 лет.

Основным принципом деятельности Регионального межотраслевого Центра дополнительного профессионального образования является не только обеспечение производства квалифицированными кадрами, но и создание условий для дальнейшего продвижения личности.

Программа развития ставит перед собой цели:

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 94
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

-создание необходимых условий для удовлетворения потребностей личности в образовательных услугах в соответствии с ее интересами, способностями, состоянием здоровья, возможностями подготовки, потребностями предприятия.

-обеспечение возможностей для профессионального и социального самоопределения личности.

Используя знания, полученные по материаловедению, технологии обработки резанием, оборудованию и инструмента, устройству и наладке универсальных станков с ручным управлением, учащийся преступает к изучению конструкций отдельных станков с ЧПУ, промышленных роботов, а затем и систем машин - робототехнических комплексов и гибких производственных систем.

Результатом изучения является сдача экзамена.

В методической части дипломного проекта разработана методика проведения урока теоретического обучения для подготовки новых рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» 3-го разряда.

Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

В настоящее время вышел профессиональный стандарт Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н. Согласно ему основной вид профессионально деятельности по данной профессии - Наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей. Этот стандарт является основой для разработки методической части дипломного проекта.

В таблице 1 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом таблица 1б.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 95
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 16 – Профессиональный стандарт

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	Уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01 .2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02 .2	2
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03 .2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04 .2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05 .2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06 .2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07 .2	2
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/01 .3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/02 .3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	B/03 .3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	B/04 .3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01 .4	4

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей».

Возможные наименования должностей:

- Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;
- Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;
- Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации.

Требования к образованию и обучению: Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих).

Требования к опыту практической работы: Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Особые условия допуска к работе:

Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте.

Обобщенная трудовая функция – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей» имеет код А и уровень квалификации -2.

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции:

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 97
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

-Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам.

-Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте.

-Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях.

-Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК).

-Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы.

-Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.

-Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании.

Выберем трудовую функцию – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 2-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам»

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.	Код	A/06.2	Уровень (подуровень) квалификации
Трудовые действия	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам			
	Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам			
Необходимые умения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке			
Необходимые знания	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции			
	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам			
	Необходимые знания по трудовым функциям A/01.2 – A/05.2			
Трудовые действия	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам			

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки операторов – наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре.

Содержание программы повышения квалификации оператора – наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Основополагающим документом по профессиональной подготовке Оператора – наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре является программа повышения квалификации.

Программа повышения квалификации состоит из теоретической части (72 часа) и производственного обучения (72 часа). После прохождения курса сдаётся квалификационный экзамен, состоящий из теоретической (контрольный тест) и практической (обработка детали) частей. В случае успешной сдачи экзамена, присваивается 3-й разряд оператора – наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ, таблица 18.

Таблица 18 – Учебный план повышения квалификации

№ п/п	Курсы, предметы	Количество часов
1.	Теоретическое обучение	72
	1. Чтение чертежей и схем	4
	2. Допуски и технические измерения	2
	3. Охрана труда	2
	Специальный курс	66
II.	Производственное обучение	72
Итого:		144

На специальный курс учебным планом отведено 72 часа.

Приведем тематический план и программу специального курса таблица 19.

Таблица 19 – Тематический план Специального курса.

№	Темы	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма	2
3	Охрана труда, электробезопасность и пожарная безопасность на предприятии	2
4	Устройство станков с программным управлением	24
5	Методы подготовки управляющих программ. Основные блоки и узлы УЧПУ.	6
6	Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ	14
7	Наладка и эксплуатация станков с ЧПУ	10
8	Подъемно-транспортное оборудование, применяемое при обработке тяжелых заготовок деталей	4
9	Охрана окружающей среды	2
	ИТОГО	66

Для дальнейшей разработки выберем тему 4.

Тема 4 «Устройство станков с программным управлением» рассчитана на 24 часа.

Содержание темы:

Токарная группа станков с ЧПУ. Назначение токарных станков с ЧПУ. Технологические возможности станков с ЧПУ. Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением.

Точность токарных станков с ЧПУ и ее обеспечение. Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ и его конструктивные особенности. Вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента. Приспособления для закрепления деталей при обработке. Приспособления для настройки инструмента на размер.

Фрезерные станки с программным управлением. Назначение фрезерных станков с ЧПУ. Конструктивные особенности фрезерных станков с ЧПУ. Компоновка фрезерных станков.

Приспособления для фрезерных станков с ЧПУ используемые для закрепления заготовок и деталей, их конструктивные особенности. Режущий инструмент и технологическая оснастка для его крепления (конструкция и их особенности). Гидропривод фрезерных станков с программным управлением. Правила обслуживания, наладки и настройки.

Фрезерные станки с числовым программным управлением и их конструктивные особенности.

Сверлильные и расточные станки.

Особенности обработки на станках сверлильно – расточной группы. Элементы программного управления.

Горизонтально – расточные станки с ЧПУ. Конструктивные особенности. Технологическая оснастка для закрепления детали и режущего инструмента, их конструкции и особенности.

Станки с ЧПУ для многооперационной обработки. Основные особенности станков для многооперационной обработки.

Настройка и управление станками. Кинематические схемы многооперационных станков с ЧПУ.

Автоматические линии и участки из станков с ЧПУ.

Область применения и классификация. Транспортно-складские системы. Конструкции зажимных устройств.

Промышленные роботы. Инструментальное хозяйство. Структура автоматизированных производственных модулей и гибких автоматизированных производств.

Наладка и эксплуатация ГАПов и автоматизированных производственных модулей.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 101
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Цель занятия:

Дидактическая.

Сформировать знания о станках с ЧПУ для многооперационной обработки, об особенностях многоцелевых станков;

Закрепить полученные знания.

Развивающая: развивать у учащихся познавательный интерес, умение анализировать, сравнивать, систематизировать полученные знания.

Воспитательная: воспитывать уверенность, умение организовать и планировать свой труд, умение работать творчески.

Тип занятия: усвоения новых знаний.

Метод обучения: рассказ – объяснение, демонстрация

Средства обучения: слайды (приложение А)

Форма обучения – фронтальная.

Таблица 21 – Модель деятельности преподавателя и учащихся на занятии

№ эта-па	Наимено вание этапа занятия	Деятельность преподавателя	Время этапа заняти я (мин)	Сред ства обуч ения	Деятельность учащихся
1	2	3	4	5	6
1	Организа ционная часть	Приветствие. Проверка присутствующих по журналу. Подготовка учащихся к занятию.	5		Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке
4	Актуализ ация опорных знаний	Задаёт вопросы	12		Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.

Окончание таблицы 21 – Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке

1	2	3	4	5	6
2	Сообщение темы и цели занятия	Сообщает тему, цели занятия.	3		Слушают, записывают тему занятия.
3	Мотивация	Рассказывает о важности темы.	5		Слушают
2	Сообщение нового материала	Сообщение темы и цели урока Актуализация опорных знаний. Вопросы. Изложение нового материала	40	слайды	Слушают преподавателя. Воспринимают и осмысливают новый материал. Отвечают на вопросы,
3	Закрепление нового материала	Вопросы	15		Отвечают на вопросы, дополняют друг друга
4	Заключительная часть	Сообщение о достижении цели. Подведение итогов занятия.	5		Слушают.
5	Задание на дом	Повторить пройденный материал	5		Записывают

Актуализация опорных знаний (для текущего занятия)

Вопросы:

Какие группы металлорежущих станков вы знаете?

Как можно закрепить деталь на столе станка?

Конспект изложения нового материала

Тема урока «Станки с ЧПУ для многооперационной обработки. Основные особенности станков для многооперационной обработки» (слайд 1)

Общие сведения о многоцелевых станках

Многоцелевые станки, которые сочетают возможности токарных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров, в настоящее время являются одной из наиболее динамично развивающихся направлений металлообработки. Сочетание пятикоординатной обработки с автоматической сменой инструмента позволяет выполнять множество операций. Возможно даже выполнение таких операций как шлифование, зубофрезерование и закалка. Помимо технологической гибкости вы получаете еще и высокую надежность.

Демонстрация слайдов:

На слайде 2 вы видите горизонтальный многоцелевой станок.

На слайде 3 - Вертикальный многоцелевой станок.

Они отличаются расположением рабочих органов.

На слайде 4 показано устройство многоцелевого горизонтального станка.

Многоцелевые станки объединяют функции ряда традиционных станков. Они позволяют выполнять многоцелевую обработку заготовок. Использование современных систем и механизмов позволяет обрабатывать детали любой сложности, слайд 5.

На слайде 6 вы видите горизонтальный обрабатывающий центр.

Обработка заготовок на многоцелевых станках и обрабатывающих центрах по сравнению с их обработкой на фрезерных, сверлильных и других станках с ЧПУ имеет ряд особенностей. Установка и крепление заготовки должны обеспечивать ее обработку со всех сторон за один установ (свободный доступ инструментов к обрабатываемым поверхностям), так как только в этом случае возможна многосторонняя обработка без переустановки.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 105
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Сердцем станка является инструментальный шпиндель (слайд 7), который может поворачиваться относительно оси В станка, за счет этого обеспечивается сложная траектория перемещения инструмента. Оснащенные современной системой ЧПУ (слайд 7), многоцелевые станки могут выполнять операции, для которых раньше использовались более сложные и дорогие станки или даже несколько станков. Конструкции многоцелевых станков постоянно совершенствуются, добавляется все больше новых возможностей. В качестве опции можно заказать дополнительный токарный шпиндель, а также револьверную головку для того, чтобы улучшить технологические возможности и повысить производительность, а, следовательно, и экономическую эффективность обработки.

На слайде 8 можно посмотреть пульт управления станком с ЧПУ.

На многоцелевых станках можно полностью обрабатывать валы, корпуса, лопатки турбин и многие другие детали (слайд 9, видеоролик). Кроме того, эти станки подходят для любого типа производства, от массового до единичного (слайд 10).

Основные преимущества многоцелевых станков - меньшее время обработки, увеличение такта выпуска и повышение и стабильность качества выпускаемой продукции. «Плюсом» обработки за один установ является исключение погрешности, появляющейся при переустановке заготовки. Но также необходимо заметить, что программирование многоцелевого станка сложнее, чем обычного станка с ЧПУ, поэтому нужен высококвалифицированный персонал; из – за высокой сложности оборудования требуется соответствующее обслуживание и обеспечение безопасности работы и так далее. Но и эти задачи эффективно решаются станкостроителями, развиваются системы управления и программное обеспечение.

Для удобства анализа компоновки многоцелевых станков их можно разбить на две группы, характеризующие их по расположению шпинделя относительно рабочей плоскости стола: с расположением оси шпинделя

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 106
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

перпендикулярно плоскости стола; с расположением оси шпинделя параллельно плоскости стола.

- Рассмотрим станки с расположением оси шпинделя перпендикулярно плоскости стола (слайды 3, 4, 5). На таких станках программируются координатные перемещения стола (продольное и поперечное), шпиндельной бабки (по вертикали), скорости этих перемещений, скорости вращения шпинделя, смена инструмента, зажим и отжим подвижных органов, стандартные циклы обработки.

- Рассмотрим примеры конструкций многооперационных станков с горизонтальным расположением оси шпинделя (слайд 2, 6). Такие станки обычно имеют поворотный стол и предназначены для обработки наиболее сложных корпусных заготовок, имеющих большое число обрабатываемых плоскостей, отверстий, выемок, с четырех и более сторон.

Инструмент для многоцелевых станков (слайд 11).

На слайде 12 вы видите токарный и сверлильный инструмент для обработки заготовки на многоцелевых станках. Это резцы и сверла с твердосплавными пластинами.

Системы ЧПУ многоцелевых станков, работающие с многоцелевыми станками, имеют ряд особенностей: большой объем программы, большое число управляемых по программе координат (до 7-8), обеспечение высокой точности перемещений рабочих органов (у большинства многоцелевых станков точность позиционирования в пределах 0,005-0,01 мм), широкий диапазон регулирования скоростей приводов главного движения и подач, возможность работы станка в различных режимах, высокие требования к надежности. Это вынуждает зачастую использовать специальные KAD KAM системы для написания процесса обработки, а затем уже загружать его непосредственно в систему станка.

Важная особенность большинства многоцелевых станков - наличие стола-спутника или делительного приспособления с периодическим или непрерывным

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 107
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

(по программе) делением. Это обязательное условие для обработки заготовки с нескольких сторон без переустановки. Станки новых конструкций оснащают дополнительными столами и устройствами для автоматической смены заготовок. Заготовки предварительно закрепляют на приспособлении-спутнике, и вместе с ним они попадают с дополнительного стола на основной. Установку заготовки в спутник и снятие обработанной детали производят во время работы станка. Таким образом, вспомогательное время, затрачиваемое на загрузку станка, сводится к минимуму, слайд 13, 14.

Эффективно используются на многоцелевых станках поворотные инструментальные шпиндельные головки, позволяющие еще функциональнее использовать возможности станка (слайд 16)

На слайде 17 изображена схема многоцелевого станка с 5 осями.

Примеры изготовленных на станке с ЧПУ модели DMG DMU 125 деталей можно посмотреть на слайде 19.

Закрепление нового материала

Вопросы:

1. Для чего служат многоцелевые станки?
2. Какие особенности многоцелевого станка вы знаете?
3. Какие виды многоцелевых станков бывают в зависимости от расположения инструментального шпинделя?
4. Какие столы используются на многоцелевых станках для установки детали?

Методические рекомендации к проведению урока теоретического обучения

В данной методической разработке урок теоретического обучения проводится в виде устного изложения материала.

Так как на изложение учебного материала отводится определённое количество времени, нужно позаботиться о том, чтобы успеть изложить за урок

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 108
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

весь запланированный объём материала. Для этого преподавателю рекомендуются:

- начинать урок вовремя;
- наметить временные рамки каждого этапа урока;
- от учащихся требовать на поставленные вопросы короткие и чёткие ответы;
- подготовить план и конспект урока, умело пользоваться ими;
- заранее подготовить необходимые наглядные пособия (слайды, схемы, таблицы и т.п.), расположить их в порядке расположения материала.

В заключительной части урока рекомендуется подвести итоги: перечислить основные положения изученного материала, отметить важные моменты.

В методической части дипломного проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения, разработаны средства обучения в виде слайдов, а также изложены методические рекомендации для проведения урока.

Список использованной литературы

1. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование технологии машиностроения. М. Высшая школа 1975 г.
2. Технологическая подготовка обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ. М.ЭНИМС 1978 г.
3. Стальное литьё.Справочник для мастеров литейного производства. Под редакцией Н.П.Дубинина. М.МАШГИЗ 1961 г.
4. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. 169 с.
5. Малов АН Справочник металлиста М 1977г.
6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. Машиностроение: 1976г.
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. ч.2. М.Экономика 1990 г.
8. Серебrenицкий П.П. Общетехнический справочник. – СПб.: Политехника, 2004. - 445 с., ил.
9. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога – машиностроителя. М. Машиностроение 1986 г. том 1, 2
10. Нормативы времени и режимов резания при работе на станках с программным управлением. НИАТ. 1975 г.
11. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов машиностроения. – Киев: Вища шк., 1985. – 255 сБарановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е перераб. Машиностроение 1972 г.
12. Горошкин АК Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М. Машиностроение 1979 г.
13. Тишин С.Д. Расчеты машинного времени. Работы на металлорежущих станках. Справочник. Машгиз. 1959 г.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 110
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

14. Локтев А.Д., Гуцин И.Ф., Батушев В.А. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М: машиностроение 1991 г.

15. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М: Машиностроение. 1984 г.

16. Власов В.Ф. Экономика и организация производства в дипломных проектах. М: Машиностроение. 1985 г.

17. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. / Горбацевич А.Ф. Шкред В.А М. Изд. «Высшая школа», 1983, 256 с.

18. www.korloy-tools.ru/ Электронный справочник 2014 – 2015 гг.

					ДП 44.03.04.691.ПЗ	Лист 111
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		