

Аннотация

Ягафов Сергей Андреевич. Технологический процесс изготовления корпуса для насадного режущего инструмента. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Цель данной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления обеспечивающего выпуск необходимого количества корпусов для насадного режущего инструмента отвечающих предъявляемым техническим требованиям при условии обеспечения минимума затрат на производство.

Первый раздел содержит комплексный анализ исходных данных. Подробно проанализированы служебное назначение детали, условия ее эксплуатации и технологичность. По результатам выполнения данного раздела сформулированы основные задачи данной работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. Второй раздел содержит результаты решения технологических задач. Решены следующие задачи: выбран метод получения заготовки, определен маршрут обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, выбраны средства технологического оснащения техпроцесса, разработаны схемы базирования заготовок на операциях техпроцесса, разработан план изготовления, определены режимы резания и нормы времени на выполнение технологических операций, разработана соответствующая технологическая документация. Третий раздел содержит результаты решения конструкторских задач. Решены задачи проектирования станочного приспособления и режущего инструмента для операций, имеющих технические недостатки. Четвертый раздел содержит результаты анализа безопасности и экологичности технологического процесса. Пятый раздел содержит расчеты экономических показателей технологического процесса.

Работа состоит из 73 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Формулировка задач работы.....	7
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор параметров техпроцесса.....	9
2.2 Проектирование заготовки.....	10
2.3 Проектирование плана изготовления.....	19
2.4 Определение средств оснащения техпроцесса.....	21
2.5 Разработка технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	29
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	39
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	41
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	44
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	47
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	49
5 Экономическая эффективность работы.....	52
Заключение.....	56
Список используемых источников.....	57
Приложение А Технологическая документация.....	61
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	70

Введение

Металлорежущие инструменты сборной конструкции получили широкое распространение в современном производстве. Это объясняется, прежде всего, экономическими соображениями. Современная механическая обработка предусматривает широкое использование твердосплавных, минералокерамических, наноструктурированных и других высокоэффективных материалов и сплавов. Отличительной особенностью такого рода материалов является их высокая цена, что делает нецелесообразным изготовление цельных конструкций металлорежущих инструментов из данных материалов.

Решение данной проблемы заключается в применении сборных конструкций инструментов, где из дорогостоящих материалов и сплавов изготавливается только непосредственно режущая часть. Одним из наиболее распространенных сборных инструментов является осевой режущий инструмент. Такие конструкции позволяют существенно снизить цену режущего инструмента, хотя и имеют ряд недостатков. Наиболее существенный из недостатков заключается в снижении жесткости конструкции из-за наличия механических сопряжений деталей входящих в конструкцию. Увеличение жесткости конструкции сборного инструмента без ее изменения возможно только путем обеспечения оптимальных характеристик сопряжений входящих в нее деталей. Характеристики сопряжений обеспечиваются на стадии изготовления сопрягаемых деталей и их сборки, то есть зависят, прежде всего, от технологии изготовления.

Из вышесказанного следует, что цель данной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления обеспечивающего выпуск необходимого количества корпусов для насадного режущего инструмента отвечающим предъявляемым техническим требованиям при условии обеспечения минимума затрат на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Назначение корпуса заключается в установке на нем насадного режущего инструмента и передачи крутящего момента от шпинделя привода к данному инструменту. Чаще всего в качестве такого инструмента используются развертки, зенкеры и концевые фрезы.

Конструкция детали достаточно простая и состоит из цилиндрических, конических и плоских наружных и внутренних поверхностей. Насадной инструмент устанавливается на корпус по конической поверхности. Для передачи крутящего момента корпус устанавливается в патрон шпинделя при помощи конуса Морзе.

Условия работы корпуса зависят от множества факторов, таких как вид обработки, наличие смазочно-охлаждающей жидкости в зоне резания, режимов резания и ряда других. Внешние условия оказывают минимальное влияние, так как технологическое оборудование работает в закрытых производственных корпусах, где поддерживаются соответствующие микроклиматические условия. Наибольшее влияние оказывают факторы, возникающие в ходе технологического процесса. Возможно возникновение ударных нагрузок вследствие особенностей реализуемого метода обработки и влияния вибраций от другого технологического оборудования производственного участка. Возможно возникновение больших по величине динамических нагрузок от сил резания. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости зависит от ее химического состава и может привести к коррозии корпуса. Образование стружки в процессе резания также негативно сказывается на состоянии корпуса. Влияние данных факторов в комплексе или по отдельности может привести к повреждению поверхностей, нарушению их размерной точности и как следствие преждевременному выходу из строя корпуса.

1.2 Технологические характеристики детали

Определение технологических характеристик детали подразумевает оценку на технологичность исходя из ее материала, конструкции, возможных методов получения заготовки и механической обработки. Данные характеристики оцениваем по методике [12].

«Оценка технологичности материала детали основана на знании ее химического состава и физико-механических свойств» [12]. Химический состав стали 20Х: «углерода от 0,17 до 0,23%, хрома от 0,7 до 1,0%, никеля от 0 до 0,3%, марганца от 0,5 до 0,8%, кремния от 0,17 до 0,37%, меди не более 0,3%, серы не более 0,035%, фосфора не более 0,035. Физико-механические свойства данной стали характеризуются ее пределом прочности, который в состоянии поставки составляет 450 МПа» [28]. Такие характеристики позволяют обеспечить хорошую обрабатываемость резанием, что подтверждается соответствующими коэффициентами обрабатываемости, которые составили 0,9 для твердосплавного инструмента и 0,7 для быстрорежущего инструмента.

Конструкция детали простая, количество поверхностей небольшое. Форма поверхностей детали позволяет получить их стандартными методами обработки. Размеры поверхностей детали соответствуют нормальному размерному ряду. Требования к твердости детали позволяют их обеспечить применением стандартной термической обработки.

Применимые для получения заготовки данной детали методы ограничиваются материалом детали, ее габаритными характеристиками и годовой программой выпуска. Согласно рекомендациям [5] наиболее рационально в данном случае использовать методы получения заготовки обработкой давлением штамповкой в открытых штампах или штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе.

Оценка показателей технологичности механической обработки детали зависит от количества и качественных характеристик наиболее

ответственных поверхностей. Выявление таких поверхностей осуществляется на основе классификации поверхностей с использованием методики [27]. На эскизе корпуса, представленного на рисунке 1, каждой поверхности присваиваем индивидуальный номер.

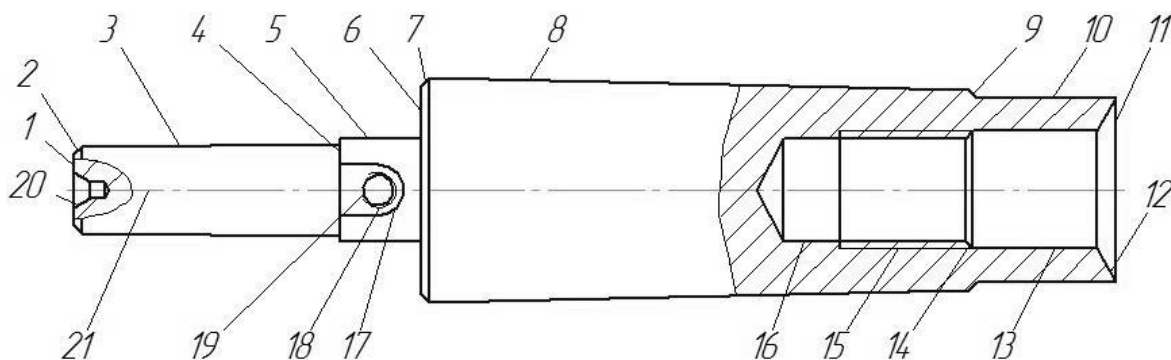


Рисунок 1 – Эскиз корпуса насадного режущего инструмента

Исходя из служебного назначения, поверхности классифицируются следующим образом. Основной конструкторской базой является поверхность 8. Вспомогательной конструкторской базой является поверхность 3. Исполнительными поверхностями являются поверхности 3, 8, 18, 15.

Анализируя данные поверхности можно сделать вывод, что их форма, а также требования к характеристикам их исполнения не требуют применения специальных методов обработки. Возможно применение типовых технологий изготовления. С точки зрения построения операций механической обработки технологичность также можно считать достаточной. Это объясняется простотой базирования на операциях техпроцесса с применением типовых схем и обеспечением принципов единства и постоянства баз. Базы могут быть реализованы при помощи цилиндрических поверхностей детали или специально созданных искусственных баз в виде центровых отверстий. Реализация схем базирования может быть осуществлена стандартными средствами оснащения. Механическая

обработка также может быть осуществлена стандартным режущим инструментом.

На основании вышеприведенного анализа можно охарактеризовать показатели технологичности детали как высокие, а корпус насадного режущего инструмента отнести к типовым деталям данного класса.

1.3 Формулировка задач работы

Анализ исходных данных и технологичности детали позволяют поставить задачи. В первую очередь необходимо выявить тип производства и его характеристики, что позволит провести качественное проектирование техпроцесса. Основываясь на анализе и характеристиках типа производства необходимо провести проектирование максимально эффективной технологии изготовления детали. Для этого необходимо выбрать и спроектировать заготовку. Применить наиболее эффективные в условиях данного типа производства временные структуры проведения операций. Выбрать наиболее эффективные технологическое оборудование и средства технологического оснащения. Произвести расчеты режимов резания и нормирование всех операций технологического процесса. Необходимо минимизировать затраты на проведение лимитирующих операций за счет проектирования и применения специальных средств оснащения на данных операциях. Далее необходимо произвести анализ спроектированного технологического процесса на безопасность его выполнения и влияния на окружающую среду. На заключительном этапе выполнения работы необходимо провести экономические расчеты эффективности принятых решений.

Результатом выполнения данного раздела стал комплексный анализ исходных данных. Подробно проанализированы служебное назначение детали, условия ее эксплуатации и технологичность. По результатам выполнения данного раздела сформулированы основные задачи данной работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор параметров техпроцесса

Выбор параметров технологического процесса зависит от класса детали, ее характеристик и типа производства в котором предполагается ее изготовление. Из всех перечисленных характеристик определяющих параметры техпроцесса неизвестным является тип производства, поэтому необходимо провести его определение. В соответствии с рекомендациями [18] тип производства с достаточной для стадии начального проектирования точностью определяется исходя из массы детали и годовой производственной программы. При массе детали равной 1,3 кг и годовой производственной программы составляющей 4000 штук в год тип производства соответствует среднесерийному.

Имея все необходимые характеристики, с использованием рекомендаций [13] выбираем параметры проектируемого техпроцесса:

- разработка техпроцесса ведется на основе последовательной стратегии, с включение разветвленных, циклических и адаптивных этапов;
- организации техпроцесса на основе группового метода с выпуском изделий периодическими партиями;
- заготовка на основе методов получения поверхностно-пластическим деформированием с выбором конкретного метода на основе экономических расчетов;
- формирование маршрутов обработки поверхностей на основе определения суммарных удельных затрат;
- определение припусков в зависимости от точности поверхности применением расчетно-аналитического или статистического методов;

- проектирование техпроцесса на основе типового с детализацией до маршрутной технологии или маршрутно-операционной технологии;
- операции проектируются на основе экстенсивной концентрации переходов, соблюдения принципов единства и постоянства баз, последовательной временной структуры;
- обеспечение точности обработки путем настройки оборудования на размер методом использования измерительных приборов, возможно применение систем адаптивного управления оборудованием;
- режимы резания допускается определять по эмпирическим зависимостям или опытно-статистическим данным;
- нормирование операций выполняется на основе расчетно-аналитического метода, допускается применение метода хронометража;
- технологическое оборудование полуавтоматическое, оснащенное системами числового управления, специализированное;
- станочные приспособления универсальные, стандартизированные, в обоснованных случаях специальные;
- металлорежущие инструменты стандартные, в обоснованных случаях специальные;
- контрольные средства нормализованные, стандартные, универсальные;
- формирование участков на основе группового принципа.

2.2 Проектирование заготовки

Заготовка рассматриваемой детали проектируется согласно алгоритму предложенному в литературе [10]:

- «выбор метода получения заготовки;
- определение маршрутов обработки поверхностей;

- расчет припусков на обработку;
- определение параметров заготовки;
- выполнение рабочего чертежа заготовки» [10].

Выбор метода получения производится исходя из возможных методов получения путем сравнения экономической эффективности получения деталей из данных заготовок [24]. В данном случае необходимо сравнить методы штамповки в открытых штампах и штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе.

Затраты на получение детали для каждого из методов рассчитываются с использованием выражения:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – стоимость получения заготовки анализируемым методом, руб.;

$C_{МЕХ}$ – стоимость снятия стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Стоимость получения заготовки анализируемым методом определяется с использованием выражения:

$$C_{ЗАГ} = C_{ШТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где $C_{ШТ}$ – цена за 1 кг заготовки, анализируемым методом, руб.;

h_T – коэффициент метода получения заготовки;

h_C – коэффициент сложности метода получения заготовки;

h_B – коэффициент массы заготовки;

h_M – коэффициент марки материала;

$h_{П}$ – коэффициент годовой программы производства.

В обоих случаях составляющие выражения (2) равны, поэтому стоимости получения заготовки также равны.

$$C_{ЗАГ} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ р.}$$

Стоимость снятия стружки определяется с использованием выражения:

$$C_{МЕХ} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (3)$$

где C_C – текущие затраты на удаление одного кг стружки, руб.;

C_K – «капитальные вложения на один кг стружки, руб.;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений» [24].

В выражении (3) составляющие также равны, поэтому стоимости снятия стружки также равны.

$$C_{МЕХ} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

Определение массы детали производим путем ее моделирования в программе «Компас 3D V16». Полученная объемная модель детали изображена на рисунке 2.

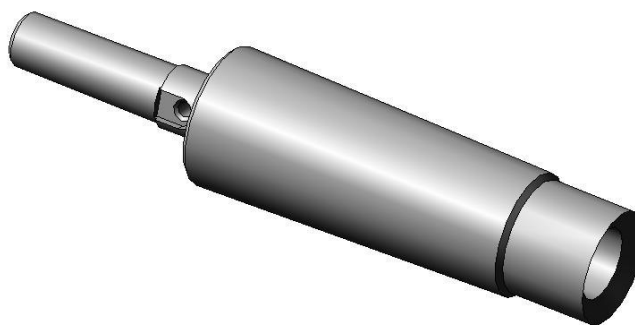


Рисунок 2 – Объемная модель детали

Моделирование в соответствующем прикладном пакете показало, что масса детали составляет 1,3 кг.

Определение массы заготовки основано на использовании метода укрупненного расчета [13], согласно которому расчет производится для каждого из анализируемых методов с использованием выражения:

$$Q = q \cdot K_p, \quad (4)$$

где K_p – коэффициент, который учитывает характеристики метода получения заготовки.

Для метода получения заготовки методом штамповки в открытых штампах получаем:

$$Q = 1,6 \cdot 1,6 = 2,08 \text{ кг.}$$

Для метода получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$Q = 1,3 \cdot 1,4 = 1,82 \text{ кг.}$$

Выполняем расчет затрат на получение детали для каждого из методов по формуле (1).

Для метода получения заготовки методом штамповки в открытых штампах получаем:

$$C_{T1} = 50,28 \cdot 2,08 + 4,6 \cdot (2,08 - 1,3) - 1,4 \cdot (2,08 - 1,3) = 107,08 \text{ р.}$$

Для метода получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$C_{T2} = 50,28 \cdot 1,82 + 4,6 \cdot (1,82 - 1,3) - 1,4 \cdot (1,82 - 1,3) = 93,17 \text{ р.}$$

В результате экономического сравнения сопоставляемых методов получения заготовки получаемый экономический эффект определяется с использованием выражения:

$$\mathcal{E} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N, \quad (5)$$

где N – «годовая программа выпуска, шт» [24].

$$\mathcal{E} = (107,08 - 93,17) \cdot 4000 = 55640 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что метод получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе более эффективен, поэтому он будет принят для проведения дальнейшего проектирования заготовки.

Составление маршрутов обработки поверхностей детали в соответствии с определенными ранее параметрами производства проводится на основе определения суммарных удельных затрат, характеристик точности размера поверхности и параметров ее поверхностного слоя по данным [20]. Результаты составления маршрутов обработки поверхностей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты составления маршрутов обработки поверхностей

Поверхность	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
1	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [20]
2	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [20]
3	6	0,16	«точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое, полирование» [20]
4	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [20]
5	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [20]
6	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [20]
7	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [20]
8	6	0,16	«точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое, полирование» [20]
9	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [20]
10	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [20]
11	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [20]
12	8	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование черновое» [20]
13	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [20]

Продолжение таблицы 1

Поверхность	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
14	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [20]
15	10	12,5	«резьбонарезание, термическая обработка» [20]
16	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [20]
17	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [20]
18	10	12,5	«резьбонарезание, термическая обработка» [20]
19	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [20]
20	8	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование черновое» [20]

Маршруты обработки поверхностей являются основой для определения припусков на обработку поверхностей на каждом переходе. Определение припуска один из важнейших этапов проектирования технологического процесса. От правильности принятых на данном этапе решений зависит обеспечение требований по точности выполняемых размеров и характеристикам поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей. Недостаточное значение припуска приведет к невыполнению данных требований. Избыточное значение припуска приведет к увеличению затрат на получение заготовки и ее механическую обработку. Припуск на обработку поверхности диаметром $16h6(-0,011)$ с требуемой точностью можно определить расчетно-аналитическим методом [22].

В соответствии с принятым методом проектирования значение минимального припуска для каждого перехода определяется по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где « a_{i-1} – глубина дефектного слоя после выполнения предыдущего перехода, мм;

Δ_{i-1} – величина суммарных пространственных отклонений поверхности на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [22].

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,028^2 + 0,012^2} = 0,180 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$z_{5min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,010 + \sqrt{0,003^2 + 0,012^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

«Значение максимальных припусков по переходам определяется по формуле» [22]:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (7)$$

где Td_i – операционный допуск размера текущего перехода, мм;

Td_{i-1} – операционный допуск размера предыдущего перехода, мм.

$$\begin{aligned} z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,18) = \\ &= 1,291 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,07) = \\ &= 0,377 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,18 + 0,5 \cdot (0,11 + 0,027) = \\ &= 0,249 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,027 + 0,011) = \\ &= 0,183 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{5 \max} &= z_{5 \min} + 0,5 \cdot (Td_4 + Td_5) = 0,022 + 0,5 \cdot (0,011 + 0,011) = \\ &= 0,033 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Значение средних припусков по переходам определяется по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8)$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,291 + 0,601) = 0,946 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,377 + 0,252) = 0,315 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,249 + 0,18) = 0,215 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,183 + 0,164) = 0,174 \text{ мм.}$$

$$z_{cp5} = 0,5 \cdot (z_{5 \max} + z_{5 \min}) = 0,5 \cdot (0,022 + 0,011) = 0,017 \text{ мм.}$$

По величине данных припусков рассчитываем операционные размеры.

Минимальные величины операционных размеров

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (9)$$

При выполнении термической обработки минимальный размер определяется по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (10)$$

«Максимальные величины операционных размеров определяются по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11)$$

Средние величины операционных размеров определяются по формуле» [22]:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \max} + d_{i \min}). \quad (12)$$

Ниже приведены результаты проведения расчетов.

$$d_{5min} = 17,989 \text{ мм.}$$

$$d_{5max} = 18,000 \text{ мм.}$$

$$d_{5cp} = 0,5 \cdot (d_{5max} + d_{5min}) = 0,5 \cdot (18,000 + 17,989) = 17,995 \text{ мм.}$$

$$d_{4min} = d_{5min} + 2 \cdot z_{5min} = 17,989 + 2 \cdot 0,164 = 18,317 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = d_{4min} + Td_4 = 18,317 + 0,011 = 18,328 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (18,328 + 18,317) = 18,323 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 18,317 + 2 \cdot 0,164 = 18,645 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 18,645 + 0,027 = 18,672 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (18,672 + 18,645) = 18,659 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 18,645 + 2 \cdot 0,18 = 19,005 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 19,005 + 0,11 = 19,115 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5 \cdot (19,005 + 19,115) = 19,06 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 19,005 \cdot 0,999 = 18,986 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 18,986 + 0,07 = 19,056 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (19,056 + 18,986) = 19,021 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 18,986 + 2 \cdot 0,252 = 19,49 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 19,49 + 0,18 = 19,67 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (19,67 + 19,49) = 19,58 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 19,49 + 2 \cdot 0,601 = 20,692 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 20,692 + 1,2 = 21,892 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (21,892 + 20,692) = 21,292 \text{ мм.}$$

Величина минимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{5max}. \quad (13)$$

$$2z_{min} = 20,692 - 18,000 = 2,692 \text{ мм.}$$

Величина максимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_5. \quad (14)$$

$$2z_{max} = 2,692 + 1,2 + 0,011 = 3,903 \text{ мм.}$$

Величина среднего общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15)$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,692 + 3,903) = 3,298 \text{ мм.}$$

Припуски на обработку других поверхностей с достаточной точностью можно определить, используя опытно-статистическим методом [18]. При использовании данного метода значения минимальных припусков определяются на основе статистических данных в зависимости от метода обработки, требуемой точности и размеров поверхности. Максимальный припуск определяется исходя из допусков на выполнение размера на текущем и предыдущем переходах по формуле (7).

Результаты расчетов припусков на обработку поверхностей корпуса занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов припусков на обработку поверхностей

Поверхность	Номер перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм	Среднее значение припуска, мм
1, 11	1	1,8	3,13	2,465
4	1	1,8	2,8	2,3
5	1	2,0	2,805	2,403
6	1	1,8	3,0	2,4
8	1	2,3	3,225	2,763
	2	0,3	0,475	0,388
	3	0,5	0,57	0,535
	4	0,06	0,088	0,074
	5	0,005	0,021	0,013

Следующим этапом проектирования заготовки является определение ее основных характеристик, а также допусков на выполняемые размеры и напусков. Для этого используются данные ГОСТ 7505-89 [3].

«Получаем следующие основные характеристики заготовки:

- класс точности заготовки Т4;
- группа марки материала заготовки М1;
- степень сложности заготовки С2;
- исходный индекс для определения допусков размеров заготовки И10.

Значения напусков составят:

- штамповочные уклоны 5°;
- радиус закругления 2 мм;
- допустимые значения остаточного облоя не более 0,7 мм» [3].

Контур заготовки получаем путем прибавления к контуру детали соответствующих припусков и напусков. Чертеж заготовки со всеми необходимыми параметрами представлен в графической части работы.

2.3 Проектирование плана изготовления

План изготовления проектируется по следующему алгоритму [19]:

- формируется маршрут обработки поверхностей;
- разрабатываются схемы базирования;
- определяются операционные технические требования;
- формируется графическое отображение плана изготовления.

Формирование маршрута обработки детали в соответствии с характеристиками типа производства производится на основании типовых технологических маршрутов [26, 27]. Результаты формирования маршрута обработки представлены ниже.

На операции 005 Фрезерно-центровальной выполняется фрезерование поверхностей 1, 11 и сверление поверхностей 12, 20.

На операции 010 Токарной выполняется точение поверхностей 3, 4, 5, 6.

На операции 015 Токарной выполняется точение поверхностей 8, 9, 10.

На операции 020 Сверлильной выполняется сверление поверхностей 14, 16, нарезание резьбы поверхности 15.

На операции 025 Сверлильной выполняется фрезерование поверхности 17, сверление поверхности 19, нарезание резьбы поверхности 18.

На операции 030 Токарной выполняется точение поверхностей 2, 3, 7.

На операции 035 Токарной выполняется точение поверхности 8.

На операции 040 Термической выполняется закалка и отпуск всех поверхностей.

На операции 045 Центрошлифовальной выполняется шлифование поверхностей 12, 20.

На операции 050 Круглошлифовальной выполняется шлифование поверхности 3.

На операции 055 Круглошлифовальной выполняется шлифование поверхности 8.

На операции 060 Круглошлифовальной выполняется шлифование поверхности 3.

На операции 056 Круглошлифовальной выполняется шлифование поверхности 8.

На операции 070 Полировальной выполняется шлифование поверхности 3.

На операции 075 Полировальной выполняется шлифование поверхности 8.

На операции 080 Моечной выполняется мойка и сушка всех поверхностей.

На операции 085 Контрольной выполняется контроль поверхностей детали согласно карте контроля.

Разработка схем базирования производится, основываясь на основных положениях теории базирования [20], с учетом особенностей конструкции детали, ее габаритных размеров, технологических возможностей производства, требуемой точности обработки и ряда других. Схемы

базирования представлены на операционных эскизах на листе плана изготовления графической части работы.

Операционные технические требования назначаются в соответствии с реализуемым методом обработки с учетом применяемого оборудования и принятых на операции схем базирования по рекомендациям [18].

Формирование графического отображения плана изготовления производится на основании маршрута обработки детали, схем базирования, операционных технических требований с соблюдением правил оформления и рекомендаций, представленных в литературе [19].

Результаты выполнения данного этапа отражены в маршрутной карте (приложение А) и в графической части работы.

2.4 Определение средств оснащения техпроцесса

Определение средств оснащения техпроцесса многовариантная задача. Эффективность ее решения зависит от множества факторов [13], определяющие из которых:

- тип производства;
- габаритные и конструктивные характеристики детали;
- реализуемые методы обработки поверхностей;
- схемы базирования;
- структура операции;
- точность обработки;
- производительность обработки;
- характеристики обрабатываемых поверхностей;
- требования к надежности технологической системы;
- требования по безопасности эксплуатации;
- экономическая эффективность.

Выбор конкретных средств технологического оснащения и их наименований производится на основании данных [1, 4, 6, 7, 8, 9, 14, 17].

Результаты выбора средств технологического оснащения представлены соответственно для оборудования в таблице 3, для станочных приспособлений в таблице 4, для металлорежущего инструмента в таблице 5, для средств контроля и измерений в таблице 6.

Таблица 3 – Результаты выбора металлорежущего оборудования

Операция	Поверхности	Содержание операции	Точность обработки	Оборудование
005 Фрезерно-центровальная	1, 11, 12, 20	фрезерование торцев, сверление отверстия	12, 8	фрезерно-центровальный MP-78
010 Токарная	3, 4, 5, 6	точение шеек, торцев	12	токарный HAAS SL-10 CNC
015 Токарная	8, 9, 10	точение шеек, торцев	12	токарный HAAS SL-10 CNC
020 Сверлильная	14, 15, 16	сверление отверстия, нарезание резьбы	12	вертикально-сверлильный HAAS OM-1 CNC
025 Сверлильная	17, 18, 19	фрезерование пазов, сверление отверстия, нарезание резьбы	12	вертикально-фрезерный JET JTM949TS CNC
030 Токарная	2, 3, 7	точение шейки, торца	10	токарный HAAS SL-10 CNC
035 Токарная	8	точение шейки	10	токарный HAAS SL-10 CNC
040 Термическая		закалка, отпуск		печь
045 Центрошлифовальная	12, 20	шлифование центровых фасок	8	центрошлифовальный 3922
050 Круглошлифовальная	3	шлифование шейки	8	круглошлифовальный 3A151
055 Круглошлифовальная	8	шлифование шейки	8	круглошлифовальный 3A151
060 Круглошлифовальная	3	шлифование шейки	6	круглошлифовальный 3A151
080 Моечная				моечная машина
085 Контрольная				контрольный стенд

Таблица 4 – Результаты выбора станочных приспособлений

Операция	Элемент базирования	Элемент закрепления	Наименование приспособления
005 Фрезерно-центровальная	губки призматические, упор ГОСТ4743-83	губки призматические	тиски самоцентрирующие
010 Токарная	центр ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
015 Токарная	центр ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
020 Сверлильная	центр ГОСТ 8742-75	губки призматические	тиски самоцентрирующие
025 Сверлильная	центр ГОСТ 8742-75	губки призматические	тиски самоцентрирующие
030 Токарная	центр ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
035 Токарная	центр ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
045 Центрошлифовальная	центр ГОСТ 8742-75	губки призматические	тиски самоцентрирующие
050 Круглошлифовальная	центр ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
055 Круглошлифовальная	центр ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
060 Круглошлифовальная	центр ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
065 Круглошлифовальная	центр ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
070 Полировальная	центр ГОСТ 8742-75	цанга	патрон цанговый
075 Полировальная	центр ГОСТ 8742-75	цанга	патрон цанговый

Таблица 5 – Результаты выбора металлорежущего инструмента

Операция	Материал режущей части	Наименование инструмента
005 Фрезерно-центровальная	T5K10, P6M5	фреза торцовая ГОСТ 9473-80 T5K10, сверло центровочное P6M5
010 Токарная	T5K10	резец контурный специальный T5K10
015 Токарная	T5K10	резец контурный специальный T5K10
020 Сверлильная	GC1220, GC1025	сверло спиральное R840-18500-30-A0A GC1220, фреза резьбовая 327R09-18 250MM-TH GC1025
025 Сверлильная	GC1630,	фреза концевая R216.12-10030-BS11P

Продолжение таблицы 5

Операция	Материал режущей части	Наименование инструмента
	GC1220, GC1630	GC1630, сверло спиральное R841-0925-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C120150AC22N GC1630
030 Токарная	T5K10	резец контурный специальный T5K10
035 Токарная	T5K10	резец контурный специальный T5K10
045 Центрошлифовальная	алмаз синтетический АГК	головка алмазная АГК ГОСТ2447-82
050 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 5-750×32×350 23A46M6V8
055 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1- 750×32×350 23A46M6V8 30м/с1А
060 Круглошлифовальная	электро корунд белый	круг шлифовальный 5-750×32×350 24A80M5V5 30м/с1А
065 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-750×32×350 24A80M5V5 30м/с1А
070 Полировальная	шлиф зерно M40	Круг эластичный
075 Полировальная	шлиф зерно M40	Круг эластичный

Таблица 6 – Результаты выбора средств контроля и измерений

Операция	Содержание операции	Точность контроля	Средство проведения контроля и измерений
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование торцев, сверление отверстия	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, калибры
010 Токарная	точение шеек, торцев	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
015 Токарная	точение шеек, торцев	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
020 Сверлильная	сверление отверстия, нарезание резьбы	12	калибры
025 Сверлильная	фрезерование пазов, сверление отверстия, нарезание резьбы	12	калибр, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
030 Токарная	точение шейки, торца	10	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, калибр
035 Токарная	точение шейки	10	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
045 Центрошлифовальная	шлифование центровых фасок	8	калибр

Продолжение таблицы 6

Операция	Содержание операции	Точность контроля	Средство проведения контроля и измерений
050 Круглошлифовальная	шлифование шейки	8	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90
055 Круглошлифовальная	шлифование шейки	8	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90
060 Круглошлифовальная	шлифование шейки	6	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90
065 Круглошлифовальная	шлифование шейки	6	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90
070 Полировальная	полирование шейки	6	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90
075 Полировальная	полирование шейки	6	микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90

Результаты определения средств оснащения техпроцесса заносятся в графы маршрутной карты и операционных карт, а также частично отражаются на чертеже плана изготовления детали.

2.5 Разработка технологических операций

Разработка технологических операций предусматривает разработку маршрутной карты, операционных карт с картами эскизов, а также операционных технологических наладок. «Для проведения разработки необходимо определить режимы резания для всех операций технологического процесса и выполнить их нормирование» [13].

Определение режимов резания на операции с использованием инструмента фирмы «Sanvik coromant» выполняются с применением методики и рекомендаций [8]. Такое решение позволит в полной мере реализовать весь потенциал данного инструмента и обеспечить наилучшие показатели обработки.

Режимы резания на остальные операции рассчитываются с применением расчетно-аналитического метода и справочных данных [23].

Согласно принято методике «скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, учитывающий свойства материала детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий метод обработки» [23].

«Определение частоты вращения производится по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (17)$$

где d – размер обрабатываемой поверхности, мм» [23].

«Определение действительной скорости резания производится по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [23].

Выполнение нормирования операций технологического процесса основано на применении расчетного метода [15].

«Основное время на выполнение операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (19)$$

где L_{px} – длина рабочего хода инструмента в процессе обработки, мм;

S_0 – подача инструмента, мм/об» [15].

«Длина рабочего хода инструмента определяется по формуле:

$$L_{px} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [15].

Полученные результаты расчетов режимов резания и нормирования технологических операций заносим в таблицу 7. «Результаты разработки технологических операций должны отражать метод обработки, структуру операции, схемы базирования, оборудование для осуществления операции, станочные приспособления, металлорежущий инструмент, результаты определения режимов резания и нормирования операций» [13].

Таблица 7 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	0,15	79	250	42	0,19
2	0,2	16	180	9	0,25
3	0,2	25	360	32	0,44
010 Токарная					
1	0,3	193	2000	84	0,14
015 Токарная					
1	0,3	193	2000	145	0,24
020 Сверлильная					
1	0,1	32	1500	45	0,3
2	0,012	173	1800	28	0,65
025 Фрезерная					
1	0,05	74	4800	28	0,06
2	0,1	26	1500	20	0,13
3	0,06	164	2300	14	0,11
030 Токарная					
1	0,15	226	2400	55	0,15
035 Токарная					
1	0,15	166	2400	110	0,31
045 Центрошлифовальная					
1	0,014	30		1	0,45
050 Шлифовальная					
1	0,025	30	200	53	1,32

Продолжение таблицы 7

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
055 Шлифовальная					
1	0,025	30	200	110	2,68
060 Шлифовальная					
1	0,011	30	320	53	1,45
065 Шлифовальная					
1	0,011	30	320	110	3,02
070 Полировальная					
1	0,01	16	320	53	1,12
075 Полировальная					
1	0,01	16	320	110	2,36

Полученные результаты проектирования технологических операций используются для дальнейшего совершенствования технологии изготовления корпуса насадного инструмента. Для этого выявляются лимитирующие операции, а также операции, имеющие явные технологические недостатки. Затем проводится анализ данных операций, по результатам которого делаются выводы о необходимости устранения выявленных недостатков.

Выполнение данного раздела позволило получить результаты решения технологических задач. Решены следующие задачи: выбран метод получения заготовки, определен маршрут обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, выбраны средства технологического оснащения техпроцесса, разработаны схемы базирования заготовок на операциях техпроцесса, разработан план изготовления, определены режимы резания и нормы времени на выполнение технологических операций, разработана соответствующая технологическая документация.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Фрезерно-центровальная операция имеет схему базирования, реализация которой при помощи стандартных средств оснащения невозможна или приведет к появлению дополнительной погрешности базирования, которая возникает от несовпадения технологической и измерительной баз. Эскиз выполнения данной операции приведен на рисунке 3.

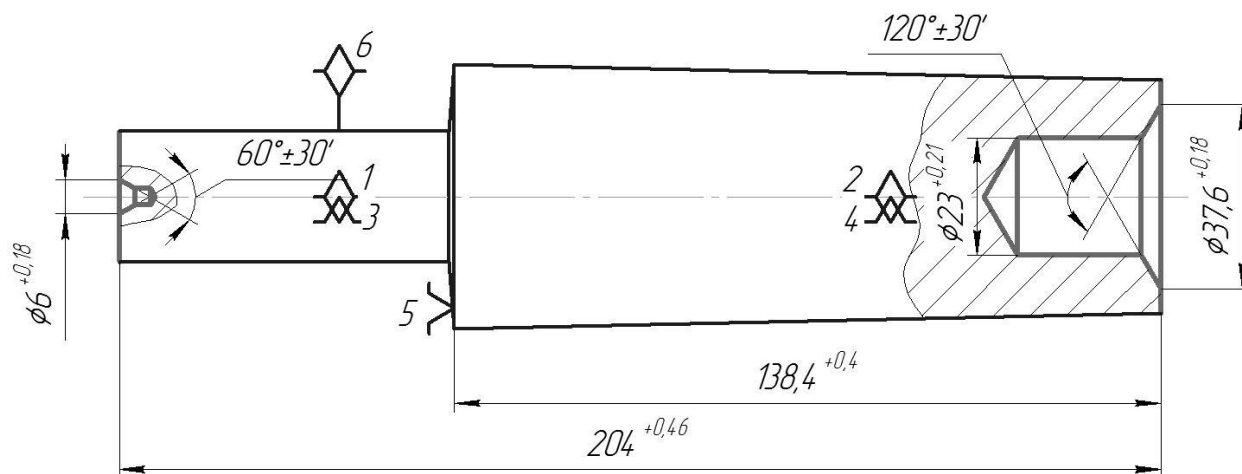


Рисунок 3 – Эскиз выполнения операции

Исходя из приведенной на рисунке 3 схемы базирования, необходимо спроектировать приспособление обеспечивающее центрирование заготовки. Реализация данного условия может быть обеспечена применением зажимного механизма винт-гайка и призматических зажимных элементов. Примем для проектирования методику [25].

На первом этапе определяем силы, возникающие в процессе резания.

Для перехода фрезерования составляющая силы резания P_z равна 948,74 Н. Остальные составляющие силы резания определяются по формулам:

$$P_h = P_z \cdot 0,4. \quad (21)$$

$$P_v = P_z \cdot 0,9. \quad (22)$$

$$P_y = P_z \cdot (0,85 \dots 0,95). \quad (23)$$

Получаем следующие результаты расчетов.

$$P_h = 948,74 \cdot 0,4 = 379,5 \text{ Н.}$$

$$P_v = 948,74 \cdot 0,9 = 853,87 \text{ Н.}$$

$$P_y = 948,74 \cdot 0,95 = 901,3 \text{ Н.}$$

Для перехода сверления момент резания $M_{кр}$ равен 68,95 Н·м, осевая сила резания P_o равна 193 Н.

Расчет усилия зажима выполняется исходя из расчетной схемы системы сил действующих на заготовку в процессе обработки представленной на рисунке 4.

Расчет силы закрепления приспособления будем проводить по переходу фрезерования, так как на данном переходе значения составляющих силы резания значительно больше, чем на переходе сверления центровых отверстий.

Момент от составляющей силы резания P_h определяется выражением:

$$M_p = P_h \cdot l, \quad (24)$$

где l – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм.

Уравновешивающий его момент силы закрепления определяется выражением:

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (25)$$

где W – сила закрепления, Н;

l_1 – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм.

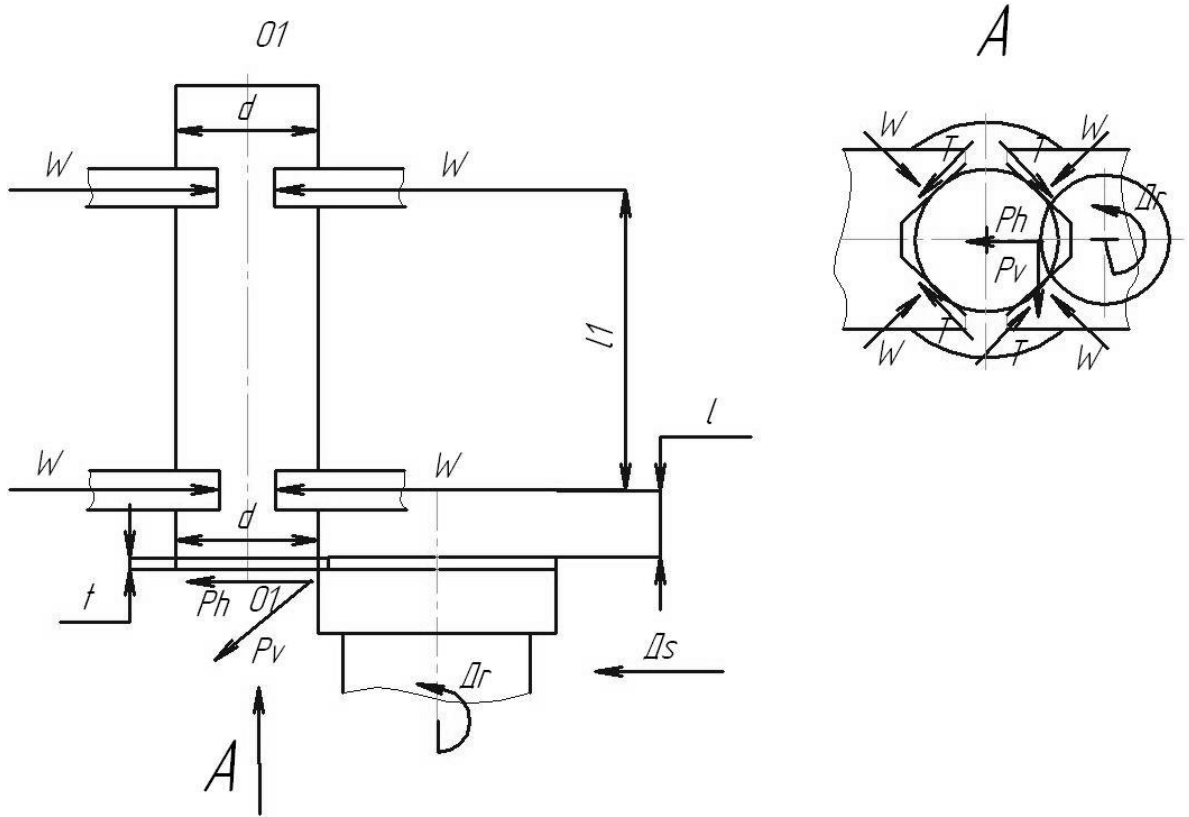


Рисунок 4 – Схема системы сил в процессе обработки

Из условия равновесия системы сила закрепления определяется выражением:

$$W = \frac{P_h \cdot l \cdot K}{l_1}, \quad (26)$$

где K – «коэффициент запаса» [25].

«Коэффициент запаса определяется по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (27)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий состояние технологических баз;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента» [25].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,2.$$

Рассчитываем силу закрепления по выражению (26).

$$W = \frac{379,5 \cdot 10 \cdot 2,2}{150} = 56 \text{ Н.}$$

Момент от составляющей силы резания P_v определяется выражением:

$$M_p = \frac{P_v \cdot d_0}{2}, \quad (28)$$

где d_0 – диаметр обработки, мм.

Уравновешивающий его «момент силы закрепления определяется выражением:

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (29)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей призмы и заготовки;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [25].

Из условия равновесия системы сила закрепления определяется выражением:

$$W = \frac{P_v \cdot d_0 \cdot K}{8 \cdot f \cdot d_3}. \quad (30)$$

$$W = \frac{853,87 \cdot 68 \cdot 2,2}{8 \cdot 0,16 \cdot 48} = 2079 \text{ Н.}$$

Из двух полученных величин сил закрепления для дальнейших расчетов принимаем наибольшую силу. Следует учесть влияние угла призм

на данную силу. Изменение расчетной величины определяется по формуле:

$$W_{\text{изм}} = \frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (31)$$

где α – угол призмы, град.

$$W_{\text{изм}} = \frac{2079}{\sin 45^\circ} = 2928 \text{ Н.}$$

Следует учесть, что в направляющих призмы будут потери на трение, поэтому «сила, прикладываемая к основанию призмы, определяется выражением:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (32)$$

где l – вылет призмы, мм;

H – длина направляющих призмы, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих призмы» [25].

$$W_1 = \frac{2928}{1 - \frac{3 \cdot 60}{120} \cdot 0,1} = 3445 \text{ Н.}$$

Конструкцией приспособления предусматривается две ползушки. С учетом этого сила, прикладываемая к основанию призмы, определяется выражением:

$$Q = 2 \cdot W_1. \quad (33)$$

$$Q = 2 \cdot 3445 = 6890 \text{ Н.}$$

Зная величину необходимой для закрепления силы, произведем расчет передачи винт-гайка.

Выбираем следующие характеристики передачи. Вид резьбы – трапецеидальная. Материала винта – сталь 40Х. Материал гайки – БрАОЖ.

«Определение среднего диаметра резьбы производится по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot k \cdot [q]}}, \quad (34)$$

где k – отношение высоты гайки к среднему диаметру резьбы;

$[q]$ – допускаемое давление, МПа» [25].

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 6890}{\pi \cdot 1,2 \cdot 10}} = 21,4 \text{ мм.}$$

Полученное значение округляем до стандартного равного 25 мм. По полученному среднему диаметру резьбы выбираем профиль резьбы трапецеидальный с параметрами 26×2.

Для проверки обеспечения самоторможения механизма рассчитаем угол подъема резьбы по формуле:

$$\Psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d}\right), \quad (35)$$

где P – шаг резьбы, мм.

$$\Psi = \arctg\left(\frac{2}{\pi \cdot 25}\right) = 1^{\circ}46'.$$

Полученное значение угла подъема резьбы меньше, чем угол трения стали по бронзе в условиях ограниченной смазки, который составляет 5°42'.

Проверка винта на прочность заключается в сравнении эквивалентного напряжения винта с допускаемым напряжением материала, из которого он изготовлен.

Определение эквивалентного напряжения производится по формуле:

$$\sigma_{\text{экр}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{M_{\text{кр}}}{0,2 \cdot d_1^3}\right)^2}, \quad (36)$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент в опасных сечениях винта, Н·м;

d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм.

Крутящий момент определяется по формуле:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot d \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi^l), \quad (37)$$

где φ^l – угол трения приведенный, град.

«Угол трения приведенный определяется из выражения:

$$\varphi^l = \frac{\varphi}{\cos(\alpha/2)}, \quad (38)$$

где φ – угол трения, град;

α – угол профиля резьбы, град» [25].

Проводим расчеты для определения эквивалентного напряжения.

$$\varphi^l = \frac{5,71059}{\cos(30^\circ/2)} = 5,91204^\circ.$$

$$M_{кр} = 0,5 \cdot 25 \cdot 6890 \cdot \operatorname{tg}(1,46^\circ + 5,91204^\circ) = 11488 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$\sigma_{экр} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 6890}{\pi \cdot 24,8^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{11488}{0,2 \cdot 24,8^3}\right)^2} = 46 \text{ МПа}.$$

Для определения допускаемого напряжения на сжатие используется выражение:

$$[\sigma_c] = \frac{\sigma_T}{3}, \quad (39)$$

где σ_T – предел текучести стали 40Х, МПа.

$$[\sigma_c] = \frac{600}{3} = 200 \text{ МПа}.$$

Расчеты показали, что эквивалентное напряжение, возникающее в процессе работы выше допускаемого напряжения. Следовательно, прочность винта выше требуемой прочности.

Определим необходимость расчета винта на устойчивость. Выполнение данного расчета производится по значению гибкости винта, которая определяется из выражения:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i}, \quad (40)$$

где μ – коэффициент приведения длины винта;

L – свободная длина винта, мм;

i – радиус инерции площади винта, мм.

Для определения радиуса инерции площади винта используется выражение:

$$i = \sqrt{\frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d_1^2}}, \quad (41)$$

где I – приведенный момент инерции, мм⁴;

d_1 – наружный диаметр резьбы, мм.

Для определения приведенного момента инерции используется выражение:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{d_1}{d_2} \right), \quad (42)$$

где d_2 – внутренний диаметр резьбы, мм.

Проводим расчеты.

$$I = \frac{\pi \cdot 24,38^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{26}{24,38} \right) = 18 \cdot 10^3 \text{ мм}^4.$$

$$i = \sqrt{\frac{4 \cdot 18 \cdot 10^3}{\pi \cdot 24,38^2}} = 6,21 \text{ мм}.$$

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 65}{6,21} = 7,33.$$

Полученное значение гибкости винта свидетельствует о его высокой устойчивости, так как показатель меньше 55. В связи с этим дополнительной проверки не требуется.

Параметры гайки определяются путем проведения расчетов ее высоты и наружного диаметра.

Высота гайки определяется из выражения:

$$H = k \cdot d_2, \quad (43)$$

где k – коэффициент высоты.

$$H = 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ мм.}$$

Высота гайки определяется из выражения:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \quad (44)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение гайки на растяжение, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6890}{\pi \cdot 40} + 26^2} = 30 \text{ мм.}$$

«Расчет точности звеньев приспособления выполняется по точности приспособления, которая определяется их выражения:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (45)$$

где T – допуск обрабатываемого размера, мм;

K_T – коэффициент поля рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

K_{T1} – коэффициент уменьшения погрешности базирования при работе на настроенном оборудовании;

ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

ε_y – погрешность установки, мм;

$\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность от износа установочных элементов, мм;

K_{T2} – коэффициент, учитывающий вклад погрешности обработки в суммарную погрешность;

ω – экономически эффективная точность обработки, мм» [25].

Проводим расчеты.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &\leq 0,1 - 1,0 \cdot \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = \\ &= 0,03 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Исходя из данного значения, определяем погрешности составляющих звеньев размерной цепи приспособления. В данном случае погрешности звеньев должны составлять не более 0,01 мм. Назначенные посадки соответствующих элементов приспособления представлены на рабочем чертеже приспособления графической части работы.

Спроектированное приспособление представляет собой корпус, в верхней части которого выполнены направляющие. На данные направляющие при помощи планок устанавливаются ползуны, которые соединяются с гайками силовой передачи соединенными с винтами. Движение ползунов в разные стороны обеспечивается наличием разнонаправленных резьб на винтах и гайках. Винты устанавливаются в корпусе на упорные подшипники, которые соединены с корпусом через фланцы. Более подробно конструкция спроектированного приспособления и спецификация к нему представлены на чертеже графической части работы и в приложении Б соответственно.

Закрепление заготовки осуществляется вращением винтов, которые перемещают соединенные с ними гайки и закрепленные на них ползуны с призмами. При этом движение ползунов будет осуществляться равномерно по направлению к центру приспособления, тем самым осуществляя центрирование и закрепление заготовки. Раскрепление осуществляется в обратном порядке вращением винтов в противоположную сторону. Создание исходного крутящего момента можно осуществлять вручную или при помощи электромеханического привода. Второй способ создания предпочтителен, так как позволяет обеспечить равномерность движения ползунов и стабильность сил закрепления.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Используемая система крепления режущих пластин на операции токарной черновой требует значительного времени на замену режущей пластины. С целью устранения данного недостатка был проведен анализ существующих систем крепления режущих пластин и предложена конструкция, исключая данный недостаток. Дополнительным требованием к проектируемой системе крепления является обеспечение надежности крепления. Проектирование осуществляем по методике [21].

Способ крепления пластины к державке резца выбираем креплением через отверстие [16].

«Конструктивные размеры резца зависят от площади сечения срезаемого слоя, который определяется по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (46)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [21].

$$F = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

«При данной площади сечения резец должен иметь следующие конструктивные параметры:

- рабочая высота резца 25 мм;
- сечение державки 20×25 мм;
- длина державки 140 мм» [21].

Крепление пластины к державке производится через штифт, минимально допустимый диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (47)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт при резании, Н;

σ_d – допустимое напряжение, МПа.

Сила, действующая на штифт при резании, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (48)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение составляющей силы резания, Н.

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Путем прочерчивания конструкции резца определяем, что диаметр штифта должен составлять 3 мм, что допустимо исходя из проведенных расчетов.

В конструкцию резца входит державка с отверстием для установки винта с конической головкой. При вкручивании в корпус данный винт своей конической частью расклинивает стенки паза державки и поджимает закрепляемую пластину к штифту, вставленному в корпус на котором она предварительно устанавливается по отверстию. Нижняя часть данного штифта разрезная для надежного крепления штифта в державке резца.

Такой способ крепления режущих пластин отличается простотой, надежностью, а также позволяет максимально сэкономить время на их замену.

Конструкция спроектированного резца представлена на листе графической части работы и в приложении Б.

Результатом выполнения данного раздела стала разработка специальных средств оснащения техпроцесса, которые позволили увеличить его эффективность и решить выявленные в ходе анализа технические недостатки базового техпроцесса.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

На первом этапе определения безопасности выполнения спроектированного технологического процесса необходимо определить его характеристики. Для этого в соответствии с рекомендациями [2] оформляется технологический паспорт технического объекта (таблица 8)

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления корпуса для насадного режущего инструмента	фрезерно-центровальная операция	фрезеровщик	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5	сталь 20Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость «Vohre», ветошь
	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10	

Из паспорта следует, что используемые в технологическом процессе оборудование, средства оснащения, материалы и вещества являются характерными для выполнения данных операций.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Основываясь на паспорте технологического процесса, выявляем профессиональные риски, воздействие которых возможно на работников, выполняющих операции технологического процесса. Определение опасных и вредных факторов выполняем в соответствии с рекомендациями [2] по данным соответствующих стандартов. В таблице 9 представлены результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
фрезерно-центровальная, токарная операции	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10, средства транспортировки
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	заготовка, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, резец контурный специальный Т5К10
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел	станок фрезерно-центровальный МР-179, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, средства транспортировки

Продолжение таблицы 9

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10, средства транспортировки
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	станок фрезерно-центровальный МР-179, станок токарно-винторезный 16К20Ф3
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	производственный процесс
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость «Bohre»
	физическая динамическая нагрузка	производственный процесс
	стереотипные рабочие движения	производственный процесс

Выявленные профессиональные риски достаточно опасны для работников осуществляющих технологический процесс и могут оказать существенное влияние на состояние его здоровья, привести к возникновению

травмы, а при определенных обстоятельствах к летальному исходу.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение влияния профессиональных рисков технологического процесса, представленных в таблице 9, производится путем применения специальных средств коллективной и индивидуальной защиты, а также применением организационных методов, представленных в таблице 10.

Таблица 10 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев» [2]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды,	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств» [2]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий» [2]

Продолжение таблицы 10

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		«халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение виброопор, массивных фундаментов» [2]	«виброгасящие коврики» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение средств изоляции источника шума, дистанционного управления оборудованием» [2]	«беруши, наушники противошумные» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, обучение электробезопасности, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [2]	«спецодежда» [2]
отсутствие или недостаток необходимого естественного	соблюдение сроков инструктажей, применение	

освещения	местного освещения	
-----------	--------------------	--

Продолжение таблицы 10

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение местной вытяжки» [2]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником» [2]
физическая динамическая нагрузка	соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение системы регламентированных перерывов	
стереотипные рабочие движения	соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение системы регламентированных перерывов	

Предложенные организационные мероприятия, а также средства коллективной и индивидуальной защиты позволяют существенно снизить возможное воздействие выявленных профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения техпроцесса. Это позволит снизить количество несчастных случаев на производстве и сократить количество

профессиональных заболеваний.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность на любом промышленном объекте играет важную роль. В данном случае необходимо обеспечить пожарную безопасность на участке механической обработки. Решение этой задачи будем выполнять согласно рекомендациям [2].

Для решения этой задачи необходимо «определить класс возможного пожара и опасные факторы пожара, возникновение которых может привести к получению травм, летальному исходу у персонала и нанесению значительного материального ущерба» [2]. Результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [2]	«Оборудование» [2]	«Класс пожара» [2]	«Опасные факторы пожара» [2]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
участок изготовления корпуса для насадного режущего инструмента	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [2]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

Зная класс пожара и его возможные опасные факторы, выбираем технические средства обеспечения пожарной безопасности, которые представлены в таблице 12. Все выбранные технические средства должны соответствовать требованиям, предъявляемым к противопожарному оборудованию [2], иметь соответствующие сертификаты и быть максимально эффективным в условиях рассматриваемого производства.

Таблица 12 – Технические средства пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения» [2]	«Мобильные средства пожаротушения» [2]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [2]	«Средства пожарной автоматике» [2]	«Пожарное оборудование» [2]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [2]	«Пожарный инструмент» [2]	«Сигнализация, связь и оповещение» [2]
огнетушители, ведра, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	порошковая система пожаротушения	извещатели, приборы приемно-контрольные, системы передачи извещений о пожаре	гидранты, стволы рукава, соединительные колонки	противогазы, самоспасатели	ведра, ломы, полотно, лопаты, тележка, экран защитного действия	автоматические оповещатели звуковые и световые

Далее определяем комплекс организационных мероприятий, применение которых позволит «снизить вероятность возникновения пожара, а в случае его возникновения позволит минимизировать воздействие опасных факторов пожара на работников производства и минимизировать материальный ущерб» [2]. Разработанный в соответствии с рекомендациями [2] комплекс мероприятий представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
технологический процесс изготовления корпуса для насадного режущего инструмента	«разработка и реализация приказов, распоряжений и инструкций в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта и действиях при возникновении пожара, обучение работников мерам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«проведение пожарных инструктажей, использование автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, пожарной сигнализации» [2]

Представленные в таблицах 12 и 13 технические средства пожаротушения и организационные мероприятия позволяют успешно решить задачу обеспечения пожарной безопасности в условиях механосборочных производств, к которым относится рассматриваемый технологический процесс.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Еще одним важным аспектом безопасности производственного процесса является обеспечение экологических показателей. Определение негативных экологических факторов производится по данным [2].

В данном случае следует учесть особенности производства, связанные с наличием большого количества отходов в виде металлического лома и различных химических жидкостей, что требует применения специальных средств очистки.

Сначала определим, какие из отходов производства оказывают действие на экологические составляющие. Для этого идентифицируем негативные экологические факторы и представим результат в виде таблицы 14.

Таблица 14 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [2]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
технологический процесс изготовления корпуса для насадного режущего инструмента	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости, масляный туман	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль, технические жидкости	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости

По результатам идентификации с использованием данных [2] разрабатываем организационно-технические мероприятия, направленные на снижение влияния выявленных негативных экологических факторов. Результаты разработки мероприятий представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [2]	технологический процесс изготовления корпуса для насадного режущего инструмента
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«вентиляционная система с применением очистки воздуха при помощи циклонов, скрубберов и электрофильтров» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«замкнутая система водоснабжения с системой очистки сточных вод с применением песколовков, решеток, отстойников, флотационных установок» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«сортировка отходов по виду, повторное использование металлического лома и стружки путем переплавки, утилизация отходов в зависимости от их вида на соответствующих полигонах» [2]

В результате выполнения данного раздела были получены следующие результаты.

Выполнение анализа технологического процесса на безопасность его выполнения позволило максимально снизить риски получения травм работниками производства, что достигнуто благодаря применению средств индивидуальной и коллективной защиты, разработке соответствующих организационных мер.

Анализ возможных рисков возникновения пожаров и их характеристик позволил достигнуть необходимого уровня пожарной безопасности путем применения соответствующих виду выполняемых работ технических средств пожаротушения и организационных мероприятий.

Результаты анализа возможного воздействия экологических факторов позволили разработать организационно-технические мероприятия направленные на снижение воздействия выявленных опасных экологических факторов на окружающую среду и обеспечить соответствие производства всем экологическим нормам.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Корпус для насадного режущего инструмента». Эти изменения касаются двух операций, на которых предполагаются изменения оборудования, оснастки и режущего инструмента:

- оборудование – меняется токарно-винторезный станок, модель 16К20Ф3, на токарный станок, модель HAAS SL-10;
- оснастка – на отечественном и импортном оборудовании применяется свой набор токарной оснастки;
- инструмент – стандартный контурный резец меняется на резец контурный с наноструктурированным покрытием.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [11] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций, показано на рисунке 5.

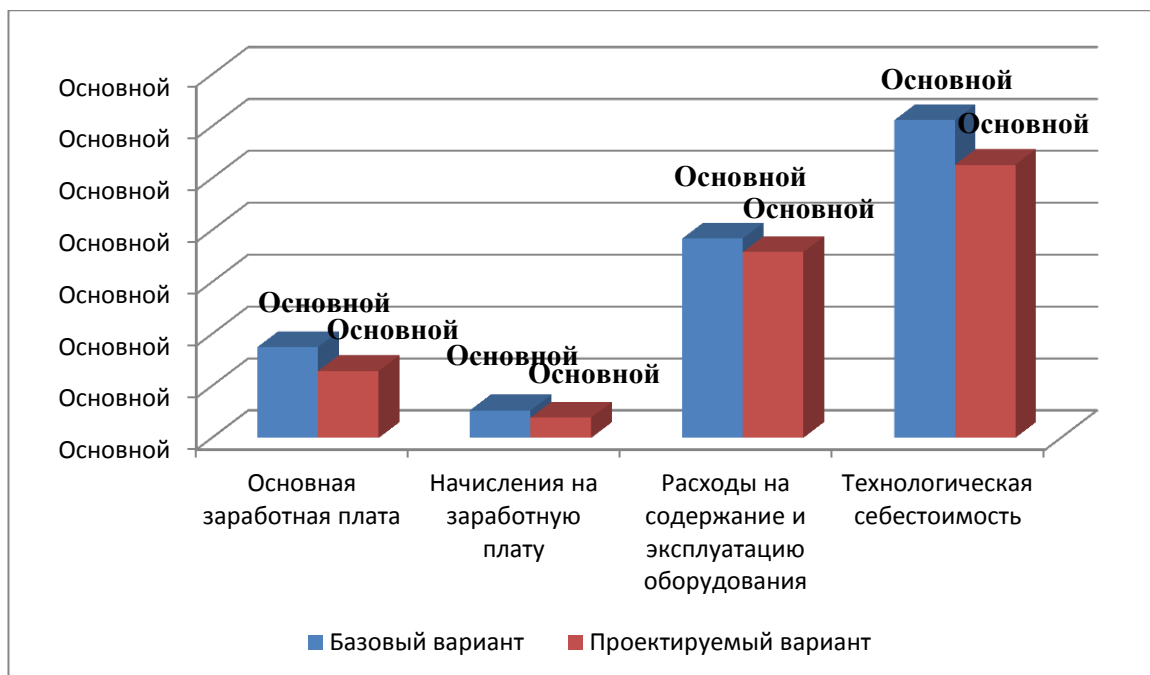


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 5, все параметры имеют тенденцию к снижению, а именно проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Корпус для насадного режущего инструмента» на 0,86 руб., что составит 13,9%.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам послужат данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 12,51 рублей, а для проектируемого – 9,9 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше, чем в базовом. Эта разница составляет 20,1% или 2,61 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определим сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 8352 рубля.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Корпус насадочного режущего инструмента» затрагивают замену оборудования, станочной оснастки и инструмента, то капитальные вложения будут складываться из вложений в новое оборудование, затрат на приспособление, инструмент, проектирование нового технологического процесса и других затрат. Весь перечень, входящих в капитальные вложения и их доля в общем объеме представлена на рисунке 6. Общая сумма инвестиций составит 30014,07 рублей.



Рисунок 6 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 6, видно, что максимальное влияние оказывают инвестиции в новое оборудование, величина которого составляет 66,3%. А следующим, являются затраты на проектирование с долей 15,5% в общем объеме капитальных

вложений. Используя полученные параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	4
Общий дисконтируемый доход, руб.	36159,79
Интегральный экономический эффект, руб.	6145,72
Индекс доходности, руб. / руб.	1,2

Анализируя, представленные в таблице 16, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 6145,72 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определялся индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,2 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 20%.

Результатом выполнения данного раздела стало определение экономических показателей проектируемого технологического процесса и оценка эффективности предлагаемых технических решений по совершенствованию базового варианта технологии. Полученные результаты показали, что технологический процесс в целом и предлагаемые технические в частности достаточно эффективны, что подтверждается наличием положительного интегрального экономического эффекта.

Заключение

Основным результатом выполнения выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления обеспечивающий выпуск необходимого количества корпусов для насадного режущего инструмента отвечающих предъявляемым техническим требованиям при условии обеспечения минимума затрат на производство.

Достижения данного результата стало возможным благодаря следующим мероприятиям.

В ходе проведения анализа исходных данных определены основные особенности рассматриваемой детали и поставлены задачи, решение которых необходимо провести. Выявлен тип производства и его характеристики.

На основе анализа исходных данных и характеристиках типа производства проведены следующие мероприятия. Выбрана и спроектирована заготовка на основе точного определения припусков на обработку. Спроектирован оптимальный план изготовления детали на основе наиболее эффективных в условиях данного типа производства и временных структур проведения операций. Выбраны наиболее эффективные технологическое оборудование и средства технологического оснащения. Произведены расчеты режимов резания и нормирование всех операций технологического процесса.

Комплекс проведенных мероприятий позволил спроектировать максимально эффективную технологию изготовления корпуса для насадного режущего инструмента.

Усовершенствованы лимитирующие операции за счет проектирования и применения специальных средств оснащения на данных операциях.

Проведен анализ спроектированного технологического процесса на безопасность его выполнения и влияния на окружающую среду.

Экономические расчеты показали эффективность принятых технических и организационных решений.

Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.–метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 30.04.2020).
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартинформ, 2010. – 36 с.
4. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.
5. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 20.04.2020).
6. Каталог продукции «HAAS». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.haascnc.com/ru.html> (дата обращения: 04.05.2020).
7. Каталог продукции «JET». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.jettools.ru/catalog/metalloobrabotka/> (дата обращения: 04.05.2020).
8. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 04.05.2020).
9. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 26.04.2020).

10. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 28.04.2020).

11. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 04.05.2020).

12. Маталин А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производств» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.

13. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. – гриф МО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

14. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 26.04.2020).

15. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 28.04.2020).

16. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.05.2020).

17. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие /

В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 26.04.2020).

18. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 15.04.2020).

19. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 23.04.2020).

20. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 15.04.2020).

21. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 28.04.2020).

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 941 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

25. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 8 / А.Г. Схиртладзе, С. Н. Григорьев, В. П. Борискин. – Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 361 с.

26. Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

27. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 18.04.2020).

28. Химический состав и физико–механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X (дата обращения: 04.04.2020).

Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код. наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа			Тшт
											КОМД	ЕН	ОП	
Б	Код. наименование обработки													
Т 19	Контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.													
20														
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная													
Б 22	381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,31													
0 23	Точить поверхность 8, 9, 10, в размеры $\phi 46,12^{+0,25}$; $35,7^{+0,25}$; 175													
Т 24	396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр цпорный №3 ГОСТ 18742-75; 392101 Резец													
Т 25	Контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.													
26														
А 27	XX XX XX 020 4120 Сверлильная													
Б 28	381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS OM-1 3 17335 422 1P 1 1 1 800 1 1,14													
0 29	Сверлить поверхность 16. нарезать резьбу поверхность 15 в размер $\phi 18,5^{+0,004}$ M20 ^{+0,4} 137 ^{+0,4} 148 ^{+0,4}													
Т 30	396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверл $\phi 18,5$ R840-185500-30-A0A GC1220 Sandvik; 391822													
Т 31	Фреза резьбовая 327R09-18 250MM-TN GC1025 Sandvik; 393400 Калибр.													
32														
А 33	XX XX XX 025 4260 Фрезерная													
Б 34	381210 Фрезерный с ЧПУ JET JTM949TS 3 17335 422 1P 1 1 1 800 1 0,39													
0 35	Сверлить поверхность 19. фрезеровать поверхность 17. нарезать резьбу поверхность 18 в размер													
0 36	M14 ^{+0,1} 144,5 ^{+0,4} 10 ^{+0,15} R5 ^{+0,12} 6													
Т 37	396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверл $\phi 9,25$ R841-0925-30-A1A GC1020 Sandvik; 391822													
Т 38	Фреза резьбовая R21C120150AC22N GC1630 Sandvik; 391822 Фреза канцеляр $\phi 10$ R216.12-10030-BS1P													
Т 39	GC1630 Sandvik; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.													
40														
А 41	XX XX XX 030 4110 Токарная													
МК														

Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кштп	Тпоз
Б	Код, наименование обработки														
Т 117	396190 Патрон подводный; 392841 Центр упорный ГОСТ8742-75; 39810 Круг эластичный;														
Т 118	393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.														
119															
А 120	XX XX XX 075 4191 Полировальная														
Б 121	381337 Полировальный 3890					3	18873	312	1P	1	1	1	800	1	2,83
О 122	Полировать поверхность 8 в размер, φ44,39 _{-0,016} .														
Т 123	396190 Патрон подводный; 392841 Центр упорный ГОСТ8742-75; 39810 Круг эластичный;														
Т 124	393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.														
125															
А 126	XX XX XX 080 Моечная.														
127															
А 128	XX XX XX 085 Контрольная.														
129															
130															
131															
132															
133															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
МК															

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			20.БР.ОТМП.738.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Документация</u>		
					<u>Детали</u>		
	A3	1		20.БР.ОТМП.738.65.00.001	Корпус	1	
	A4	2		20.БР.ОТМП.738.65.00.002	Ползушка	2	
	A4	3		20.БР.ОТМП.738.65.00.003	Ползун	2	
	A4	4		20.БР.ОТМП.738.65.00.004	Вкладыш	2	
	A2	5		20.БР.ОТМП.738.65.00.005	Призма	4	
	A3	6		20.БР.ОТМП.738.65.00.006	Опора	1	
	A3	7		20.БР.ОТМП.738.65.00.007	Гайка трап 25x2-6g	2	
	A4	8		20.БР.ОТМП.738.65.00.008	Втулка	2	
	A3	9		20.БР.ОТМП.738.65.00.009	Втулка	2	
	A2	10		20.БР.ОТМП.738.65.00.010	Фланец	2	
	A3	11		20.БР.ОТМП.738.65.00.011	Винт 25x2-6g	2	
A3	12		20.БР.ОТМП.738.65.00.012	Муфта	1		
A3	13		20.БР.ОТМП.738.65.00.013	Планка	2		
A4	14		20.БР.ОТМП.738.65.00.014	Корпус упора	1		
					<u>Стандартные изделия</u>		
		15			Шпонка ГОСТ23360-78	1	
		16			Винт М5x10 ГОСТ174.76-84	2	
		17			Уплотнение ГОСТ 1567-64	1	
				20.БР.ОТМП.738.65.00.000			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Ягафров				Лит.	Лист
	Проб.	Левашкин					1
	Н.контр.					Листов	
Утв.						2	
Приспособление станочное						ТГУ, ИМ, гр. ТМБз-1502а	

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		18		Подшипник 46085 ГОСТ 6874-78	2	
		19		Шпонка ГОСТ23360-78	1	
		20		Винт М5х20 ГОСТ 17476-80	4	
		21		Винт М5х15 ГОСТ 17476-80	2	
		22		Винт М10х32 ГОСТ 17475-80	2	
		23		Винт М10х30 ГОСТ 17475-80	4	
		24		Винт М10х30 ГОСТ11738-84	4	
		25		Винт М3х10 ГОСТ11738-84	1	
		26		Штифт 4х10 ГОСТ 12207-79	1	
		27		Опора постоянная 7034-0261 ГОСТ1344-68	1	
		28		Шпонка ГОСТ23360-78	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

20.БР.0ТМП.738.65.00.000

Лист
2

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов	
				<u>Документация</u>																		
A1			20.БР.ОТМП.738.70.00.000СБ	Сборочный чертеж																		
				<u>Детали</u>																		
A4		1	20.БР.ОТМП.738.70.00.001	Державка	1																	
A4		2	20.БР.ОТМП.738.70.00.002	Винт нажимной	1																	
A4		3	20.БР.ОТМП.738.70.00.003	Пластина опорная	1																	
A4		4	20.БР.ОТМП.738.70.00.004	Режущая пластина	1																	
A4		5	20.БР.ОТМП.738.70.00.005	Штифт	1																	
													20.БР.ОТМП.738.70.00.000									
													Резец токарный									
													ТГУ, ИМ, гр. ТМдз-1502а									
													Формат А4									