

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления шкива СТД-120М

Студент	<u>Ю.Д. Гаврилюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2021

Аннотация

Технологический процесс изготовления шкива СТД-120М. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2021 г.

В работе рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления шкива СТД-120М. Работа содержит введение, пять основных разделов, заключения, списка используемых источников и приложений. Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель выполнения работы. В разделе «Определение задач работы на базе анализа исходных данных» проводится анализ функционального назначения детали и условий ее эксплуатации, анализ технологических показателей детали, анализ типа производства. Основываясь на полученных данных, формулируются задачи работы. В разделе «Разработка технологии изготовления» обоснован выбор заготовки и проведена ее разработка, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, проведено проектирование операций технологического процесса. В разделе «Разработка специальной технологической оснастки» проведена разработка токарного патрона и разработка сверла с целью совершенствования наиболее проблемных операций техпроцесса. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» проведена оценка рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса. В разделе «Экономическая эффективность работы» произведен расчет экономической эффективности технологического процесса. В заключении сформулированы основные выводы по результатам проектирования технологического процесса. В приложениях приведена технологическая документация и спецификации к сборочному чертежу токарного патрона.

Пояснительная записка состоит из 69 страниц, графическая часть состоит из 7,5 листов формата А1.

Abstract

The title of the graduated work is technological process of manufacturing the STD-120M pulley.

In the work the design issues of the technological process of manufacturing the STD-120M pulley are considered. The work contains an introduction, five main sections, conclusions, a list of sources used, and applications.

In the introduction the topic relevance is justified and the work purpose is formulated. In the section "Determining the tasks of work based on the initial data analysis", the part functional purpose analysis and its operating conditions, the part technological indicators analysis, the type of production analysis are carried out. Based on the data obtained, the tasks of work were formulated. In the section "Manufacturing technology development", the workpiece choice is justified and its development is carried out; the part manufacturing plan is developed, the equipment and technological equipment selection is made, the technological process operations design is carried out. In the section "Special technological equipment development", the turning chuck development and the drill development out in order to improve the most problematic the technical process operations is carried. In the section "Safety and environmental friendliness of a technical object", the risks assessment arising during the technological process implementation is carried out. In the section "Economic efficiency of work", the technological process economic efficiency calculation is made. In conclusion, the technological process design main conclusions are revealed. The applications contain the process documentation and the turning chuck assembly drawing specifications.

The explanatory note consists of 69 pages, the graphic part consists of 7,5 sheets of A1 format.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации ..	6
1.2 Анализ технологических показателей детали	7
1.3 Анализ типа производства.....	10
1.4 Задачи работы	12
2 Разработка технологии изготовления	13
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	13
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	24
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	26
2.4 Проектирование операций технологического процесса	29
3 Разработка специальной технологической оснастки	33
3.1 Разработка токарного патрона	33
3.2 Разработка сверла.....	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.....	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	44
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	46
5 Экономическая эффективность работы	49
Заключение	54
Список используемых источников.....	55
Приложение А Технологическая документация.....	59
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	68

Введение

Деревообрабатывающее оборудование широко применяется для механизации работ по первичной обработке древесины изготовления из нее различных предметов хозяйственного и помыленного назначения. Особая роль в деревообработке отведена токарным станкам. Данное оборудование, как правило, достаточно простое по конструкции и позволяет выполнять широкий спектр работ. Отличительной особенностью данных станков является простота конструкции по сравнению с металлообрабатывающими станками.

Часто в конструкции деревообрабатывающих токарных станков отсутствует коробка скоростей, а изменение частоты вращения достигается путем применения ступенчатых шкивов. В таком случае изменение частоты вращения достигается сменой рабочих ручьев шкивов ременной передачи. Это техническое решение достаточно дешевое и простое в реализации, но при этом основную часть рабочей нагрузки несет именно ременная передача и в частности шкивы. В связи с этим к шкивам предъявляются жесткие требования по эксплуатационным характеристикам, которые в свою очередь могут быть обеспечены только правильно выстроенной технологией их изготовления.

При проектировании технологии изготовления шкива кроме качественных характеристик также необходимо обеспечить выпуск всей производственной программы. Немаловажным фактором при этом является обеспечение максимальной экономической эффективности производства.

В данной выпускной квалификационной работе необходимо разработать один из вариантов технологического процесса изготовления шкива СТД-120М, который имеет цель обеспечить полный набор требуемых характеристик детали при условии обеспечения всех требований предъявляемых к нему.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Представленный в задании двухступенчатый шкив является частью клиноременной передачи. Это определяет его функциональное назначение, которое заключается в передаче крутящего момента от ведущего шкива, установленного на валу электродвигателя, шпинделю токарного деревообрабатывающего станка.

Момент воспринимается поверхностями большого или малого ручья, в зависимости от требуемой частоты вращения шпинделя, а передача осуществляется посредством боковых поверхностей внутреннего шпоночного паза.

Возникающие в процессе эксплуатации нагрузки зависят от характеристик технологической системы. Прежде всего, значительное влияние на формирование характеристик нагрузок оказывают характеристики обрабатываемого материала, такие как твердость, неоднородность и количество влаги. Возникающие нагрузки могут быть циклическими и иметь значительные перепады по величине.

Конструкцией станка для защиты от внешнего воздействия предусмотрен защитный кожух, который в большей степени является защитным кожухом для ограничения возможности доступа в рабочую зону работника. В свою очередь от воздействия стружки, древесной пыли и других производственных факторов данный кожух шкив практически не защищает, что негативно сказывается на его техническом состоянии и накладывает жесткие требования к характеристикам поверхностного слоя рабочих поверхностей.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что шкив эксплуатируется в достаточно жестких условиях, а его служебное назначение

требует применения в конструкции поверхностей не только определенной конфигурации, но и с достаточно жесткими требованиями к их качественным показателям.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Технологическими показателями детали являются: характеристики материала детали, характеристики заготовки, характеристики конструкции детали, характеристики поверхностей детали с точки зрения их механической обработки [9]. Комплексный анализ данных показателей позволит оценить технологичность детали.

Оцениваемые характеристики материала это его химический состав и механические свойства. Для изготовления детали используется сталь 40Х ГОСТ 4543-71, которая по данным [23] состоит из от 0,36% до 0,44% углерода, от 0,8% до 1,1% хрома. Основным элементом является железо. Механические свойства материала определяются его пределом прочности на растяжение, который в данном случае составляет 720 МПа. Материал с такими характеристиками имеет удовлетворительные показатели обрабатываемости лезвийным режущим инструментом и может быть подвергнут термической обработке в случае необходимости увеличить твердость поверхностей детали.

Оценка заготовки детали зависит, прежде всего, от способа ее получения. Выбор способа зависит от материала, из которого изготовлена деталь, серийности производства и формы детали. Проанализировав эти показатели, а также учитывая рекомендации [24] заготовку рассматриваемой детали можно получить различными методами штамповки. Данные методы обычно позволяют получать относительно недорогие заготовки максимально приближенные по форме к готовой детали и считаются весьма технологичными.

Оценка конструкции детали производится по критериям конфигурации,

унификации размеров и функциональному назначению поверхностей. Конфигурация детали образована простыми по форме поверхностями. Такими как цилиндры и плоскости. Все размеры детали их отклонения и параметры шероховатости поверхностей соответствуют унифицированному ряду. Это позволяет применить для их получения стандартные методы обработки и металлорежущие инструменты, что удешевляет этап механической обработки.

Оценку функционального назначения поверхностей проводим для выявления соответствия их точностных параметров их служебному назначению. В случае обнаружения избыточной точности следует пересмотреть характеристики в сторону их снижения. Проведение данной процедуры предусматривает создание эскиза детали с пронумерованными поверхностями (рисунок 1) и соответствующие их классифицирование (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
«Основная конструкторская база» [9]	8, 27
«Вспомогательная конструкторская база» [9]	38
«Исполнительная поверхность» [9]	15, 16, 17, 33, 34, 35, 39
«Свободные поверхности» [9]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38

Как видно из приведенной классификации количество поверхностей требующих высокоточной механической обработки достаточно большое. К таким поверхностям относятся основные, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности. Дополнительно проанализировав чертеж детали, приходим к выводу, что данные поверхности обладают оптимальными с точки зрения выполнения ими служебного назначения параметрами и снижение данных параметров приведет к ухудшению характеристик детали. Будем считать данные поверхности технологичными.

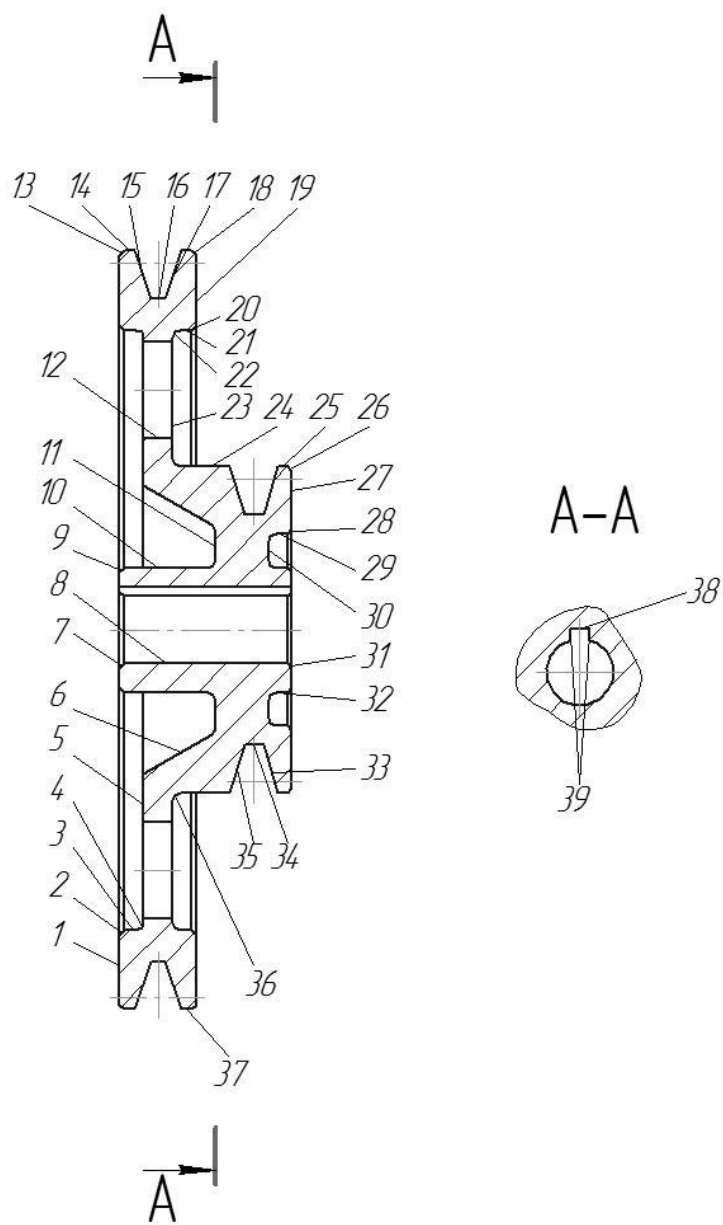


Рисунок 1 – Эскиз детали

Оценка характеристик поверхностей детали с точки зрения их механической обработки основана на технологичности базирования заготовки при механической обработке и использования стандартных методов обработки. Шкив имеет достаточно большое количество поверхностей, которые могут быть использованы для его базирования и закрепления на операциях механической обработки. Это позволяет использовать типовые схемы базирования и соблюдать основные принципы

базирования, что уменьшит припуски на обработку за счет исключения возникновения погрешности от несовпадения технологической и измерительной баз. Механическая обработка поверхностей, не смотря на достаточно высокую точность некоторых из них, может быть выполнена с использованием типовых методов обработки. Это позволит применять для изготовления детали универсальные средства технологического оснащения, что положительно скажется на стоимости изготовления.

Комплексная оценка технологических показателей детали, проведенная выше, показала, что деталь отвечает требуемым параметрам технологичности по всем группам критериям и может быть признана технологичной.

1.3 Анализ типа производства

Анализ производства основан на определении его типа. Определение типа производства возможно двумя путями [13]. В первом случае тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций. Во втором по массе детали и программе выпуска изделий. Первый способ более точный, но он требует знания всей номенклатуры изделий и подробной проработки технологических процессов. Второй способ менее затратный, но он не может быть использован без последующей проверки принятых решений с использованием первого способа после получения всех необходимых данных. В данном случае применение первого способа определения типа производства не представляется возможным, поэтому применим второй способ. «При годовой программе выпуска 10000 деталей в год и массе детали равной 1,54 кг определяем тип производства как среднесерийный согласно данным» [13].

«Среднесерийный тип производства обладает следующими характеристиками согласно данным» [12, 29].

«При проектировании технологического процесса изготовления за основу берутся типовые технологические процессы изготовления деталей

данного типа» [12]. Технологические процессы организуются по непоточной форме, что обусловлено частой сменой деталей на производственном участке и связанными с этим особенностями графика работы оборудования. Результатом проектирования технологического процесса является технологическая документация, выполненная в виде маршрутной карты, операционных карт и карты эскизов.

«Заготовка проектируется из условия определения минимальных припусков на обработку расчетно-аналитическим методом и статистическим, в зависимости от требуемой точности обработки» [12]. Выбор метода получения заготовки зависит от материала детали и обеспечения минимизации затрат на изготовление из данной заготовки детали.

Проектирование технологических операций осуществляется с применением расчетно-аналитических и табличных методов определения режимов резания и расчетного метода нормирования.

В качестве оборудования используются универсальные и специализированные станки с высокой степенью автоматизации. Желательно использование станков оснащенных CNC-системами.

Технологическая оснастка используется универсальная, на основе сборно-разборных и универсально-сборных приспособлений. В отдельных случаях, подкрепленных соответствующими экономическими расчетами, применяется специализированная оснастка.

Режущие инструменты применяются универсальные, стандартизированные и нормализованные. В случае экономического обоснования возможно применение специального режущего инструмента.

Проектирование участка осуществляется по приведенной программе выпуска с использованием детали-представителя, расстановкой оборудования по групповому признаку в соответствии с выполняемым типом обработки.

1.4 Задачи работы

Сформулируем задачи работы на основе проведенного анализа функционального назначения, условий эксплуатации и технологических показателей детали, а также типа производства.

Первой задачей является проектирование заготовки на основе экономически обоснованного выбора метода ее получения, а также определения параметров необходимых для проектирования. В качестве параметров используются припуски, напуски и допуски. В рамках решения данной задачи также необходимо определить методы обработки поверхностей детали на основе типовых маршрутов.

Вторая задача заключается в проектировании технологии изготовления детали. Для решения данной задачи необходимо использовать в качестве основы типовой технологический процесс, а также оборудование и средства оснащения соответствующие среднесерийному типу производства.

Третья задача заключается в проектировании технологических операций. Решение этой задачи достигается путем проработки содержания операций, определения режимов их выполнения и нормирования.

Четвертая задача заключается в устранении недостатков спроектированных на базе типовой технологии операций. Для этого для операций являющихся лимитирующими, а также имеющих явные технические недостатки производится разработка специальной технологической оснастки и режущего инструмента.

Пятая задача заключается в выявлении профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, разработке методов и средств их снижения и обеспечения пожарной безопасности.

Шестая задача заключается в проведении оценки спроектированного технологического процесса на основе соответствующих экономических расчетов.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор метода получения заготовки многофакторная задача, решение которой зависит от типа производства, требуемой точности поверхностей детали, материала детали и годовой программы выпуска. Решение этих задач в комплексе считается оптимальным, если обеспечивается минимум суммарных затрат на изготовление детали из заготовки, полученной рассматриваемым методом. В ходе проведения анализа исходных данных было выяснено, что заготовка двухступенчатого шкива может быть получена одним из методов штамповки. В соответствии с имеющимися данными целесообразно применить штамповку на кривошипном горячештамповочном прессе и штамповку в открытых штампах [3].

«Оптимальным будет считаться тот метод, который обеспечит минимальные затраты на изготовление, определенные по методике [13] из выражения» [13]:

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

где $C_{ЗАГ}$ – приведенные затраты на получение одного кг заготовки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$ – приведенные затраты на снятие одного кг стружки, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб» [13].

Определяем составляющие, входящие в формулу (1).

«Приведенные затраты на получение одного кг заготовки определяются по формуле» [13]:

$$\llcorner C_{\text{ЗАГ } i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

C_6 – затраты на получение заготовки рассматриваемым методом, руб.;

h_T – коэффициент точности;

h_C – коэффициент сложности;

h_B – коэффициент массы;

h_M – коэффициент марки материала;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент годовой программы» [13].

Так как расчеты выполняются для двух методов, присвоим индекс 1 методу получения заготовки штамповкой в открытых штампах, индекс 2 методу получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе.

Произведем расчеты.

$$C_{\text{ЗАГ } 1,2} = 43,16 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 60,96 \text{ р.}$$

Определение массы заготовки, исходя из исходных данных и годовой программы выпуска, можно произвести по формуле:

$$\llcorner Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки» [13].

Как видно из формулы, для определения массы заготовки необходимо определить массу детали. Деталь имеет достаточно сложную конфигурацию с множеством мелких конструктивных элементов, такие как фаски и канавки, а также элементов призванных облегчить конструкцию. В связи с этим, а также по причине необходимости повышения точности расчетов в данном случае целесообразно для решения данной задачи использовать моделирование в специализированной оболочке «Компас». Построенная модель двухступенчатого шкива представлена на рисунке 2. Используя

данную модель и специальное программное обеспечение, определяем массу детали, которая составит 1,54 кг.

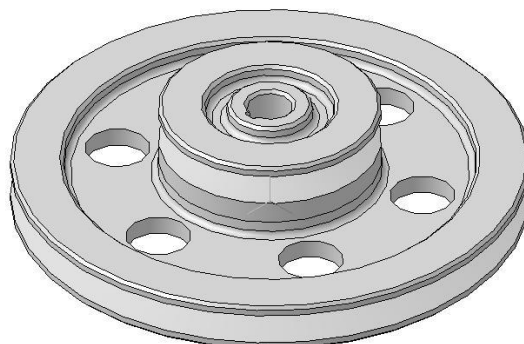


Рисунок 2 – Модель двухступенчатого шкива

Зная массу детали, рассчитываем массу заготовки.

$$Q_1 = 1,54 \cdot 1,5 = 2,31 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 1,54 \cdot 1,3 = 1,96 \text{ кг.}$$

«Приведенные затраты на снятие одного кг стружки рассчитываются по формуле» [13]:

$$\langle C_{\text{МЕХ } i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где C_C – приведенные затраты, руб.;

C_K – приведенные капитальные вложения, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [13].

Проводим расчет. При этом следует учесть, что в данном случае рассматриваются два родственных метода получения заготовки, поэтому приведенные затраты на снятие одного кг стружки будут фактически равны.

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Далее по формуле (1) проводим расчет минимальных затрат на изготовление.

$$C_{T1} = 60,96 \cdot 2,31 + 6,04 \cdot (2,31 - 1,54) - 1,4 \cdot (2,31 - 1,54) = \\ = 144,39 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 60,96 \cdot 1,96 + 6,04 \cdot (1,96 - 1,54) - 1,4 \cdot (1,96 - 1,54) = \\ = 93,16 \text{ р.}$$

«Результаты расчетов показали, что метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе оптимальный по показателю минимальных затрат на изготовление» [13]. Примем данный метод для дальнейшей разработки заготовки.

Сравнительная экономическая эффективность применения данного метода получения заготовки может быть рассчитана по формуле:

$$\text{Э} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N. \quad (5)$$

Проводим расчет.

$$\text{Э} = (144,39 - 93,16) \cdot 10000 = 512300 \text{ р.}$$

Результаты расчета показывают значительный экономический эффект.

На следующей стадии проектирования необходимо определить припуски на обработку поверхностей. Для этого нужно назначить маршруты обработки поверхностей.

Содержание маршрутов обработки зависит от характеристик обрабатываемых поверхностей, таких как, точность, шероховатость и твердость поверхностного слоя. Достижение точности и шероховатости достигается поэтапно, применением определенной последовательности методов обработки. Достижение заданной твердости поверхностного слоя достигается применением набора термических операций.

Методика определения маршрутов обработки основана на минимизации приведенных суммарных затрат для всего маршрута обработки. Результаты, полученные согласно данным [1] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Выбор маршрутов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	плоская	10	2,5	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
2	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
3	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
4	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
5	плоская	2	12,5	точение черновое, закалка
6	коническая	12	12,5	точение черновое, закалка
7	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
8	цилиндрическая внутренняя	7	1,6	точение черновое, протягивание, закалка, шлифование черновое и чистовое
9	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
10	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
11	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
12	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	сверление, закалка
13	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
14	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
15	коническая	10	1,6	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
16	цилиндрическая	10	12,5	точение черновое и чистовое, закалка
17	коническая	10	1,6	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
18	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
19	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
20	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка

Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Форма поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
21	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
22	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
23	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
24	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
25	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
26	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
27	плоская	10	2,5	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
28	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
29	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
30	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
31	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
32	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
33	коническая	10	1,6	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
34	цилиндрическая	10	12,5	точение черновое и чистовое, закалка
35	коническая	10	1,6	точение черновое и чистовое, закалка, шлифование черновое
36	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
37	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
38	плоская внутренняя	10	6,3	протягивание, закалка
39	плоская внутренняя	9	3,2	протягивание, закалка

Основываясь на маршрутах обработки, определяем припуски на обработку. Согласно принятой методике проектирования припуск на

отверстие диаметром $14H7(^{+0,018})$ определяется с применением расчетного метода [20], так как данная поверхность обладает повышенной размерной точностью и является основной конструкторской базой.

«Определение минимального припуска производится по формуле:

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

где a_{i-1} – суммарная величина шероховатости и дефектного поверхностного слоя полученные от выполнения предыдущего перехода, мм;

Δ_{i-1} – суммарная величина пространственных отклонений полученных от выполнения предыдущего перехода, мм;

ε_i – погрешность установки заготовки на текущем переходе, мм.» [20].

Производим расчет. Так как первый переход для выполнения данной поверхности сверление в сплошном материале, расчет припусков для данного перехода не выполняется.

$$\ll z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,550 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{то} + \sqrt{\Delta_{то}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,600 + \sqrt{0,018^2 + 0,015^2} = 0,623 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,500 + \sqrt{0,007^2 + 0,010^2} = 0,512 \text{ мм.} \gg [20]$$

«Определение максимального припуска производится по формуле:

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

где TD_i – допуск на выполнение размера на текущем переходе, мм;

TD_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [20].

Производим расчет.

$$\begin{aligned} \ll z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,180 + 0,070) = \\ = 0,726 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{\text{То}} + TD_3) = 0,632 + 0,5 \cdot (0,110 + 0,027) = \\ = 0,692 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,512 + 0,5 \cdot (0,027 + 0,018) = \\ = 0,535 \text{ мм.} \gg [20] \end{aligned}$$

«Определение среднего припуска производится по формуле:

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

Производим расчет.

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,601 + 0,726) = 0,664 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,623 + 0,692) = 0,658 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,512 + 0,535) = 0,524 \text{ мм.} \gg [20]$$

«Определение минимального и максимального диаметров производится по формулам (9) и (10) соответственно:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}, \quad (9)$$

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (10) \gg [20]$$

В маршруте обработки поверхности имеется перехода термообработки, поэтому для предшествующего ему перехода минимальный диаметр рассчитываем по формуле:

$$\ll D_{(i-1) \max} = D_{\text{То} \max} \cdot 0,999. \quad (11)$$

Определение среднего диаметра производится по формуле:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \text{ max}} + D_{i \text{ min}}). \quad (12) \gg [20]$$

«Расчет операционных размеров диаметров производим от готовой детали к заготовке. В данном случае до перехода сверления отверстия.

$$D_{4 \text{ max}} = 14,018 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ min}} = 14,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \text{ max}} + D_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (14,018 + 14,000) = 14,009 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ max}} = D_{4 \text{ max}} - 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 14,000 - 2 \cdot 0,512 = 12,976 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ min}} = D_{3 \text{ max}} - TD_3 = 12,976 - 0,027 = 12,949 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \text{ max}} + D_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (12,976 + 12,949) = 12,963 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то max}} = D_{3 \text{ max}} - 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 12,976 - 2 \cdot 0,623 = 11,730 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то min}} = D_{\text{то max}} - TD_3 = 11,730 - 0,110 = 11,620 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{то max}} + D_{\text{то min}}) = 0,5 \cdot (11,730 + 11,620) =$$

$$= 11,675 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ max}} = D_{\text{то max}} \cdot 0,999 = 11,620 \cdot 0,999 = 11,608 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ min}} = D_{2 \text{ max}} - TD_2 = 11,608 - 0,070 = 11,538 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (11,608 + 11,538) = 11,573 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 11,538 - 2 \cdot 0,601 = 10,336 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_1 = 10,336 - 0,180 = 10,156 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (10,336 + 10,156) = 10,246 \text{ мм.} \gg$$

[20].

Определение общих припусков на обработку производим также с учетом того, что отверстие получается в цельной заготовке, то есть без учета перехода сверления.

«Определение общего минимального припуска на обработку диаметра производится по формуле:

$$2z_{min} = D_{4 max} - D_{1 min}. \quad (13)$$

Производим расчет.

$$2z_{min} = 14,018 - 10,156 = 3,862 \text{ мм.} \quad [20]$$

«Определение общего максимального припуска на обработку диаметра производится по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_1 + TD_4. \quad (14)$$

Производим расчет.

$$2z_{max} = 3,862 + 0,180 + 0,018 = 4,060 \text{ мм.} \quad [20]$$

«Определение общего среднего припуска на обработку диаметра производится по формуле:

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

Производим расчет.

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,862 + 4,060) = 3,961 \text{ мм.} \quad [20]$$

«Определение минимальных припусков для оставшихся поверхностей с достаточной для среднесерийного типа производства точностью определяем с использованием справочных данных» [24, 26]. Использование такой методики подразумевает, что минимальные значения припусков будут несколько завышены по сравнению с расчетным методом, но снижение точности расчетов не приведет к значительному удорожанию производства, так как годовой объем выпуска незначительный. Использование табличных значений требует знания окончательной требуемой точности обработки и размеров поверхностей. Эти данные содержатся на чертеже детали в полном объеме. Максимальные припуски и операционные размеры определяются аналогично рассмотренному выше методу с использованием формул (7) – (15). Результаты определения минимальных и максимальных припусков оформим в виде таблицы 3. Результаты расчета операционных размеров

отражены в технологической документации (приложение А).

Таблица 3 – «Припуски на обработку поверхностей детали» [24]

Номер поверхности	Метод обработки	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение черновое	2,0	3,125
	точение чистовое	1,0	1,175
	шлифование черновое	0,4	0,5
6	точение черновое	0,9	2,15
10	точение черновое	1,5	2,56
	точение чистовое	0,25	0,352
	шлифование черновое	0,3	0,386
11	точение черновое	1,3	2,405
14	точение чистовое	2,8	4,2
15	точение чистовое	0,3	0,58
	шлифование черновое	0,17	0,282
	шлифование чистовое	0,06	0,123
16	точение чистовое	0,3	0,58
17	точение чистовое	0,3	0,58
	шлифование черновое	0,17	0,282
	шлифование чистовое	0,06	0,123
19	точение черновое	2,0	3,09
24	точение черновое	2,0	3,25
25	точение черновое	2,0	3,25
27	точение черновое	1,5	2,625
	точение чистовое	0,7	0,875
	шлифование черновое	0,3	0,4
33	точение чистовое	0,3	0,475
	шлифование черновое	0,17	0,24
	шлифование чистовое	0,06	0,099
34	точение чистовое	0,3	0,475
35	точение чистовое	0,3	0,475
	шлифование черновое	0,1	0,24
	шлифование чистовое	0,06	0,099

Имея припуски на все поверхности можно спроектировать заготовку. Проектирование выполняется в следующей последовательности. На первом этапе определяются напуски, то есть штамповочные уклоны, радиус закругления, допустимые значения остаточного обля. На следующем этапе определяются допуски на выполнение размеров и пространственные отклонения поверхностей. Затем вычерчивается контур детали, к нему

прибавляются суммарные припуски на обработку и напуски, формируя тем самым контур заготовки.

Определение напусков и допусков производится с использованием рекомендаций и данных [3]. «Для их определения необходимо определить характеристики заготовки, такие как класс точности, группа материала заготовки, степень сложности заготовки, исходный индекс» [3]. Зная эти характеристики, определяются штамповочные уклоны и радиусы закруглений, допустимые отклонения поверхностей, величины остаточного облоя и отклонение от плоскостности.

Спроектированная в соответствии с данной методикой заготовка входит в графическую часть данной работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

План изготовления двухступенчатого шкива, исходя из данных полученных в ходе анализа типа производства, формируется путем доработки типовых технологических процессов. В качестве типовых техпроцессов были выбраны техпроцессы наиболее подходящих по форме и габаритам деталей, содержащиеся в литературе [5, 10, 28].

Анализируя принятые в качестве типовых технологические процессы, формируем маршрут изготовления детали. Анализ и формирование операций выполняем в соответствии с ранее определенными в таблице 2 маршрутами обработки поверхностей и рекомендациями [6]. Полученные результаты формирования маршрута обработки детали приведены ниже.

«Операция 005 Токарная содержит переходы точения поверхностей 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 14, 15, 16, 17» [6].

«Операция 010 Токарная содержит переходы точения поверхностей 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35» [6].

«Операция 015 Сверлильная содержит переходы обработки отверстий 8, 12» [6].

«Операция 020 Протяжная содержит переходы обработки поверхностей 8, 38, 39» [6].

«Операция 025 Токарная содержит переходы точения поверхностей 1, 2, 7, 9, 10, 13, 15, 16, 17» [6].

«Операция 030 Токарная содержит переходы точения поверхностей 18, 20, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 35» [6].

«Операция 035 Термическая содержит термическую обработку всех поверхностей детали в соответствии с требуемой твердостью поверхностей» [6].

«Операция 040 Плоскошлифовальная содержит переходы шлифования поверхностей 1, 27» [6].

«Операция 045 Внутришлифовальная содержит переход шлифования поверхности 10» [6].

«Операция 050 Внутришлифовальная содержит переход шлифования поверхности 8» [6].

«Операция 055 Круглошлифовальная содержит переходы шлифования поверхностей 15, 17» [6].

«Операция 060 Круглошлифовальная содержит переходы шлифования поверхностей 33, 35» [6].

«Операция 065 Внутришлифовальная содержит переход шлифования поверхности 8» [6].

«Операция 070 Круглошлифовальная содержит переходы шлифования поверхностей 15, 17» [6].

«Операция 075 Круглошлифовальная содержит переходы шлифования поверхностей 33, 35» [6].

«Операция 080 Моечная состоит из мойки и сушки всех поверхностей детали» [6].

«Операция 085 Контрольная предусматривает контроль всех параметров детали в соответствии с картой контроля» [6].

По сформированному маршруту изготовления разрабатываем план

изготовления, который является графическим отображением маршрута, выполненного в виде операционных эскизов. Также план изготовления включает в себя схемы базирования, размеры и технические требования, разрабатываемые для каждой операции. Разработка плана изготовления производится по рекомендациям [16].

Спроектированный в соответствии с данной методикой план изготовления входит в графическую часть данной работы. И принимается за основу при разработке технологической документации, представленной в приложении А.

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Оборудование и технологическая оснастка выбираются исходя из рекомендаций, полученных при проведении анализа типа производства.

Согласно данным рекомендациям оборудование должно отвечать требованиям универсальности, гибкости, иметь максимальные экономические показатели. Модели станков определяются с использованием данных соответствующих справочников и каталогов [19, 22]. Металлорежущие инструменты также должны отвечать ряду требований. В частности быть универсальными, иметь максимальную стойкость, минимальную стоимость и обеспечивать максимальную производительность. Типоразмеры и характеристики металлорежущих инструментов определяются с использованием справочников и каталогов [2, 7, 17, 19]. В соответствии с используемыми рекомендациями средства контроля должны выдавать заданную точность контроля всего диапазона контролируемых параметров детали, быть универсальными и при этом иметь минимальную стоимость. Модели и конструкции средств контроля определяются с использованием данных справочников и каталогов [13, 19]. Станочные приспособления должны обеспечивать быструю переналадку оборудования, заданную точность установки и минимальную стоимость изготовления.

Выбор конкретных наименований и типоразмеров станочных приспособлений производится по данным соответствующих справочников и каталогов [8, 19].

Выбор оборудования и технологической оснастки для удобства дальнейшего использования представлен таблице 4.

Таблица 4 – Станки и технологическая оснастка

Операция	Станки	Металлорежущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
005 Токарная	токарный SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMG 22 04 08–PF GC4225, резец токарный расточной TNMX 16 04 04–WF GC4215, резец канавочный N123G2–0300–0001–CF GC1125	штангенциркуль ШЦ–1 ГОСТ166-89	патрон трехкулачковый специальный
010 Токарная	токарный SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMG 22 04 08–PF GC4225, резец токарный расточной TNMX 16 04 04–WF GC4215, резец канавочный N123G2–0300–0001–CF GC1125	штангенциркуль ШЦ–1 ГОСТ166-89	патрон цанговый ГОСТ2876–80
015 Сверлильная	вертикально–сверлильный 2С125Ф2	сверло спиральное специальное Р6М5К5, сверло спиральное Р6М5К5 ГОСТ 2092–77	нутромер НМ–50 ГОСТ10–88	патрон цанговый ГОСТ2876–80
020 Протяжная	протяжной 7Б56	протяжка ГОСТ6033–81 ВК6М	нутромер НМ-50 ГОСТ10–88, калибр	опора шаровая
025 Токарная	токарный SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMX 16 04 04–WF	микрометр МК–150 ГОСТ 6507	оправка цанговая

Продолжение таблицы 4

Операция	Станки	Металлорежущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
		GC4215, резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125	-90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88, калибр	
030 Токарная	токарный SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMX16 04 04-WF GC4215, резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125	микрометр МК-80 ГОСТ 6507-90, калибр	патрон цанговый ГОСТ2876-80
035 Термическая				
040 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3E711B1	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 23A46K5V	микрометр МК-80 ГОСТ 6507-90	плита магнитная
045 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1 – 10x20x4 23A46K7V	микрометр МК-80 ГОСТ6507-90	оправка цанговая
050 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1 – 10x20x4 23A46K7V	нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88	патрон цанговый ГОСТ2876-80
055 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3M174E	круг шлифовальный 4 – 250x13x76 23A60K4V	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	оправка цанговая
060 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3M174E	круг шлифовальный 4 – 250x13x76 23A60K4V	скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	оправка цанговая
065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1 – 10x20x4 24A60K8V	нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88	патрон цанговый ГОСТ2876-80

Продолжение таблицы 4

Операция	Станки	Металлорежущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
070 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М174Е	круг шлифовальный 4 – 250x13x76 24А90К9V	скоба рычажная СР ГОСТ1109 8–75	оправка цанговая
075 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М174Е	круг шлифовальный 4 – 250x13x76 24А90К9V	скоба рычажная СР ГОСТ1109 8–75	оправка цанговая
080 Контрольная				
085 Моечная	моечная машина			

Представленные в таблице 4 результаты необходимы для проектирования технологических операций, а также являются основой для дальнейшей модернизации технологического процесса. В частности из представленной таблицы видно, что на некоторых технологических операциях требуется применение специальных режущих инструментов и станочных приспособлений. Также полученные данные отражаются в технологической документации, представленной в приложении А, которая заполняется в соответствии с требованиями [16].

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Выполнение данного этапа основано на результатах выбора оборудования и технологической оснастки, а также анализе типа производства. Прежде всего, необходимо определить режимы резания.

Из анализа типа производства известно, что в данном случае применим расчетно-аналитический метод определения режимов резания [14, 25]. При применении данного метода сначала определяются рекомендуемые значения подач в соответствии с данными [19], для импортного инструмента будем

использовать соответствующие рекомендации производителя [7]. Затем рассчитываем скорость резания с использованием выражения:

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

где V_T – табличная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент материала заготовки;

K_2 – коэффициент материала инструмента;

K_3 – коэффициент типа обработки» [14].

«Зная скорость резания, определяется частота вращения шпинделя с использованием выражения:

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

где D – диаметр обрабатываемой поверхности или диаметр режущего инструмента, мм.»[14].

Далее полученная частота вращения уточняется по паспорту оборудования, то есть принимается ближайшая большая частота вращения и пересчитывается по формуле (16) реальная скорость резания. Результаты определения подачи, скорости резания и частоты вращения заносятся в таблицу 5.

Заключительным этапом расчета режимов резания является нормирование операций. Для этого на каждый переход определяется длина обрабатываемых поверхностей и рассчитывается время на их обработку с использованием методики и справочных данных [22]. Результаты нормирования также заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Режимы резания

Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Длина обработки, мм	Основное время, мин
Операция 005 Токарная					
1	0,2	510	1000	100	0,5
2	0,2	400	930	97	0,52
3	0,07	210	450	45	1,43
Операция 010 Токарная					
1	0,2	510	1000	102	0,51
2	0,2	400	930	60	0,32
3	0,07	210	1650	24	0,2
4	0,07	210	1000	45	0,64
Операция 015 Сверлильная					
1	0,3	24	380	113	0,99
2	0,4	28	680	60	0,22
Операция 020 Протяжная					
1	-	2,5	-	586	0,47
Операция 025 Токарная					
1	0,15	600	1200	15	0,08
2	0,15	450	1000	24	0,16
3	0,03	280	560	45	2,68
Операция 030 Токарная					
1	0,15	600	1200	34	0,19
2	0,15	450	1000	10	0,07
3	0,03	280	1200	45	1,25
Операция 040 Плоскошлифовальная					
1	0,015	10		262	3,54
Операция 045 Внутришлифовальная					
1	0,0015	30	320	20	1,15
Операция 050 Внутришлифовальная					
1	0,0025	30	380	38	0,98
Операция 055 Круглошлифовальная					
1	0,008	35	120	12	1,34
Операция 060 Круглошлифовальная					
1	0,011	35	120	12	0,94
Операция 065 Внутришлифовальная					
1	0,0015	30	380	38	1,27
Операция 070 Круглошлифовальная					
1	0,005	35	120	12	1,88
Операция 075 Круглошлифовальная					
1	0,007	35	120	12	1,31

Анализируя результаты представленные в таблице 5, выявляем лимитирующие операции, которые требуют дальнейшего

совершенствования. Для данных операций необходимо разработать организационные или технические мероприятия способные снизить время на их выполнение. Например, изменить структуру операций. Применить или спроектировать инструмент, позволяющий увеличить режимы резания или обладающий другими свойствами снижающими время проведения операции. Применить или спроектировать станочные приспособления, обладающие большим быстродействием, надежностью и точностью закрепления. Имея данные по режимам резания, проектируем операции техпроцесса. Структура операций была разработана ранее при проектировании техпроцесса изготовления детали. Операционные размеры были определены при расчете припусков на обработку. Станки и средства оснащения операции также были определены ранее. На основе этих данных разрабатываем «операционные карты с картами эскизов выполнения операций и технологические наладки, представленные в графической части работы» [16]. Проектирование операционных карт с картами эскизов предусматривает заполнение соответствующей технологической документации в соответствии с правилами [16]. Результаты представлены в приложении А. Технологические наладки представляют собой графический документ, включающий в себя эскиз выполнения операции с изображением на нем станочного приспособления, режущих инструментов, рабочих ходов режущего инструмента и режимов резания. Наладки выполняются с использованием рекомендаций [16].

Разработка данного раздела позволила решить задачи проектирования заготовки на основе экономически обоснованного выбора метода ее получения, а также определения параметров необходимых для проектирования, то есть припусков, напусков и допусков. Также определены методы обработки поверхностей детали на основе типовых маршрутов. Спроектирована технология изготовления детали. Для этого использован в качестве основы типовой технологический процесс, а также оборудование и средства оснащения соответствующие среднесерийному типу производства.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка токарного патрона

По результатам расчета режимов резания установлено, что токарная черновая операция с номером 005, представленная на рисунке 3, является одной из лимитирующих в проектируемом техпроцессе. Анализ этой операции показал, что это связано с большими затратами вспомогательного времени на установку и снятие детали. Решение этой проблемы возможно путем проектирования станочного приспособления с механизированным приводом.

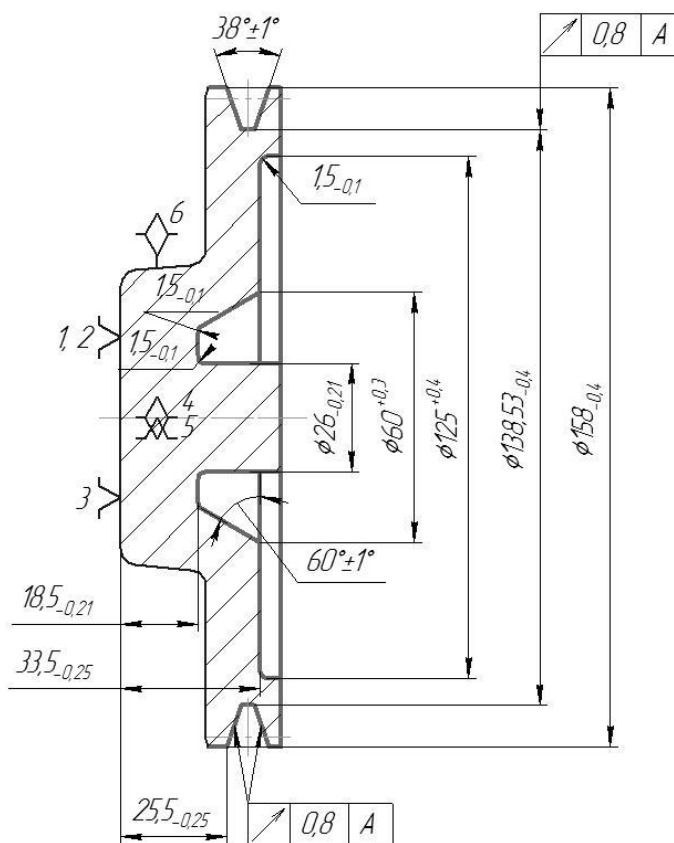


Рисунок 3 – Эскиз операции

Исходя из операционного эскиза и схемы базирования, оптимальным решением будет использование в качестве приспособления трехкулачкового

патрона с клиновым зажимным механизмом. Это позволит обеспечить центрирование, надежность закрепления и заданную точность установки. Проектирование будем производить с использованием данных [6, 19, 27].

Определение усилия закрепления зависит от схемы приспособления и приложения сил, возникающих при резании. Поэтому для его определения составляем расчетную схему закрепления, представленную на рисунке 4.

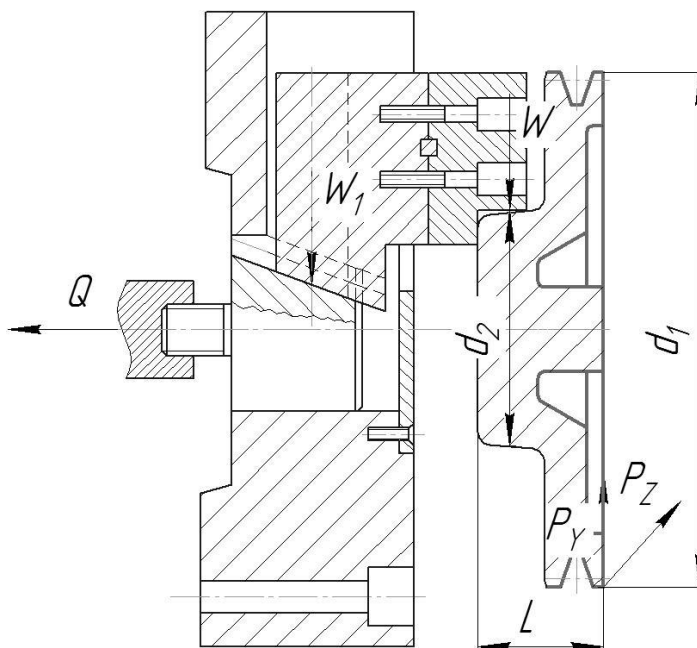


Рисунок 4 – Расчетная схема закрепления

По данной схеме составляем уравнение равновесия моментов от действия усилия закрепления и сил резания.

Составляющие силы резания P_x и P_y прижимают заготовку к кулачкам патрона, поэтому в расчетах учитываем только «момент от составляющей силы резания P_y , который определяется выражением:

$$M_p = P_z \cdot d_1, \quad (18)$$

где d_1 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.» [19].

Для удержания заготовки в кулачках в процессе резания должен быть

приложен момент:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (19)$$

«где W – усилие закрепления, Н;

f – коэффициент трения в месте контакта кулачков с заготовкой;

d_2 – диаметр закрепления, мм. » [19].

«Из условия равновесия этих моментов выводим формулу для определения усилия закрепления:

$$W = \frac{2 \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (20)$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий условия выполнения операции» [19].

«Данный коэффициент определяется выражением:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (21)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма;

K_6 – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры – штыри» [6].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

В случае если коэффициент запаса получился равным менее 2,5, то согласно данным [6] его необходимо принять равным 2,5.

Выполняем расчет усилия закрепления по формуле (20).

$$W = \frac{2 \cdot 4210 \cdot 160}{0,2 \cdot 70} \cdot 2,5 = 72172 \text{ Н.}$$

Исходя из конструкции приспособления усилие, которое необходимо приложить к постоянным кулачкам отличается от усилия закрепления и определяется выражением:

$$\langle W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (22)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [6].

$$W_1 = \frac{72172}{1 - \frac{3 \cdot 51}{80} \cdot 0,1} = 89101 \text{ Н.}$$

В качестве зажимного механизма был принят клиновой, передаточное число которого определяется выражением:

$$\langle i_c = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1}, \quad (23)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град» [6].

$$i_c = \frac{1}{\text{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \text{tg}6^\circ} = 1,1.$$

Тогда силовой привод должен развить усилие, величина которого определяется выражением:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}. \quad (24)$$

$$Q = \frac{89101}{1,1} = 81000 \text{ Н.}$$

Силовой привод подбираем исходя из данного усилия из стандартного ряда по рекомендациям [27].

Определение точности установки в патроне основано на расчете размерной схемы данного патрона, которая приведена на рисунке 5

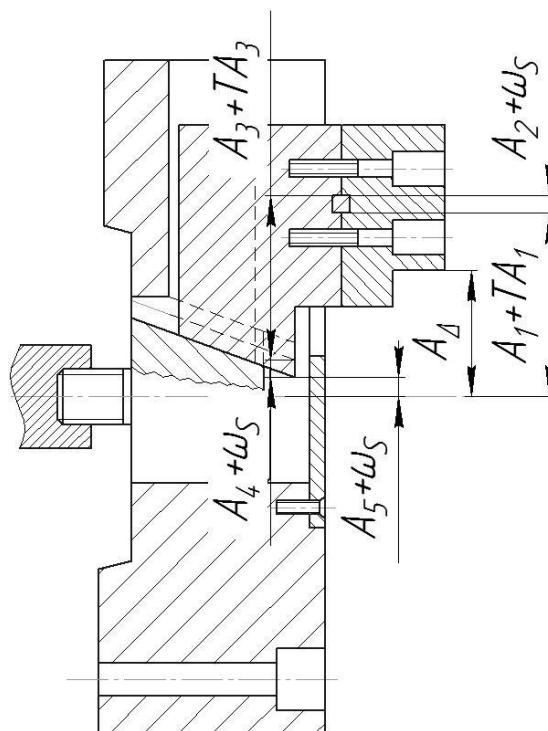


Рисунок 5 – Размерная схема патрона

«Исходя из схемы, составляем уравнение для определения погрешности установки в нем:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (25)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4 , мм;

Δ_5 – погрешность изготовления размера A_5 , мм.» [27].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,030^2 + 0,015^2 + 0,010^2 + 0,010^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

«Допустимое значение погрешности установки равно минимальному припуску на чистовую обработку, который в данном случае составляет 0,296 мм.» [27]. Следовательно, точность патрона является удовлетворительной и точность звеньев принятая по 7 качеству точности является достаточной.

Патрон состоит из трех постоянных кулачков, к которым крепятся сменные при помощи шпонки и винтов. Постоянные кулачки крепятся к клиновому зажимному механизму, который приводится в действие силовым приводом через тягу и втулку. Все данные механизмы устанавливаются в корпус патрона, который в свою очередь крепится к шпинделю станка.

Силовой привод состоит из корпуса, в который устанавливается поршень со штоком и крышки. На одном из концов привода установлена вращающаяся муфта для подвода масла в корпус цилиндра и создания рабочего давления.

Для закрепления заготовки масло через муфту подается в полость, в которой установлен шток, приводимый в движение поршнем. Данное движение передается на клин через тягу и втулку. Перемещаясь, клин передает движение через направляющие кулачкам, которые сходятся к центру патрона, обеспечивая закрепление детали. Для раскрепления масло подается в полость без штока. В результате чего вся система начинает движение в обратном направлении возвращаясь в исходное состояние.

Конструкция патрона более подробно представлена в графической части работы и в спецификациях приложения Б.

Выполнение данного раздела позволило снизить вспомогательное время на выполнение 005 токарной операции, путем проектирования токарного патрона с механизированным приводом.

3.2 Разработка сверла

Увеличение интенсивности режимов резания для 015 сверлильной операции возможно путем применения более прогрессивного по конструкции режущего инструмента, спроектированного по рекомендациям и данным [15].

«Диаметр сверла определяем из выражения:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (26)$$

где D_{min} – минимальный диаметр отверстия, мм;

TD – допуск на выполняемый размер, мм.» [15].

$$D = 10 + \frac{0,15}{2} = 10,075 \text{ мм.}$$

Допуск на размер инструмента зависит от точности получаемого отверстия. В данном случае отверстие изготавливается по 12 качеству, поэтому точность инструмента должна соответствовать 10 качеству. В результате получаем, что сверло должно иметь рабочий диаметр $10,075_{-0,07}$ мм.

Из конструктивных соображений и рекомендаций [18] принимаем длину сверла равной 140 мм, а длину рабочей части хвостовика 80 мм, угол наклона винтовой канавки 30° , угол заострения 130° , задний угол 12° .

Шаг винтовой канавки определяется из выражения:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega}, \quad (27)$$

где ω – угол подъема винтовой канавки, град.

$$H = \frac{\pi \cdot 10,075}{\operatorname{tg} 30^\circ} = 35,3 \text{ мм.}$$

Сверло должно иметь сердцевину, величина которого

рассчитывается по формуле:

$$d_c = 0,3 \cdot D. \quad (28)$$

$$d_c = 0,3 \cdot 10,075 = 3,022 \text{ мм.}$$

Сердцевина сверла должна быть утолщена к хвостовику 0,8 мм на 100 мм длины рабочей части сверла.

Остальные геометрические и конструктивные параметры сверла, а также допуски на их выполнение, принятые по рекомендациям [18], более подробно представлены на чертеже сверла.

Для решения проблемы повышения производительности сверла предлагается выполнить его режущую часть трехперьевой [21]. Это позволит применить на данной операции более интенсивные режимы резания. Кроме того данное конструктивное решение позволяет равномернее распределить усилия при обработке, что положительно скажется на чистоте обработанной поверхности.

В графической части работы представлен чертеж спроектированного сверла.

Выполнение данного раздела позволило увеличить интенсивность режимов резания для 015 сверлильной операции путем применения более прогрессивного по конструкции режущего инструмента.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассмотрение вопросов безопасности и экологичности выполнения технологического процесса изготовления шкива СТД-120М произведем с использованием методики и данных [4].

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

Для каждой операции необходимо выявить используемое технологическое оборудование, оснастку, инструмент, обрабатываемые материалы, а также материалы и вещества, используемые в качестве вспомогательных. Результаты представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – «Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [4]
технологический процесс изготовления шкива СТД-120М	«токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарный SAMAT 135 NC, патрон трехкулачковый специальный, резец токарный контурный TNMG 22 04 08–PF GC4225, резец токарный расточной TNMX 16 04 04–	сталь 40Х, обтирочная ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [4]

Представленный паспорт технологического процесса используем для

дальнейшего анализа технологического процесса на наличие профессиональных рисков при его выполнении, обеспечения пожарной безопасности на соответствующем производственном участке и анализа экологичности техпроцесса.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Для правильной идентификации профессиональных рисков необходимо рассматривать как источник их возникновения не только сам технологический процесс изготовления, но и весь производственный участок в целом. Наиболее вероятные профессиональные риски, возникновение которых возможно в данном случае, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
токарная операция, сверлильная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	заготовка в процессе обработки, инструмент
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики» [4]

Проанализировав таблицу 7 можно сделать вывод о том, что

основными источниками профессиональных рисков при выполнении технологического процесса являются оборудование, технологическая оснастка, металлорежущий инструмент, погрузчики и смазочно-охлаждающая жидкость, используемая для охлаждения зоны резания в процессе обработки.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для устранения и снижения влияния, представленных в таблице 7 опасных и вредных факторов возникающих в ходе выполнения технологического процесса необходимо применить методы и средства, которые позволят снизить или устранить их влияние на исполнителей техпроцесса. Предлагаемые решения представлены в таблице 8.

Таблица 8 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов»

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [4]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, снятие с заготовок заусенцев, ограждающие устройства	фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные» [4]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие и ограничивающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических» [4]

Продолжение таблицы 8

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [4]
«объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, «перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [4]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, массивные фундаменты оборудования, виброгасящие коврики, виброгасящие опоры	ботинки кожаные с защитным подноском» [4]

Анализируя таблицу 8 можно сделать следующие выводы. Для устранения или снижения влияния опасных и вредных производственных факторов на работников участка не требуется применения сложных и дорогостоящих технических и организационных мероприятий. Большинство предлагаемых мер являются типовыми для механообрабатывающего производства.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Класс пожара, а также его опасные факторы и их сопутствующие проявления определяем по данным [4] и заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
участок изготовления шкива СТД-120М	токарный SAMAT 135 NC, патрон трехкулачковый специальный, резец токарный контурный TNMG 22 04 08–PF GC4225, резец токарный расточной TNMX 16 04 04–WF GC4215, резец канавочный N123G2–0300–0001–CF GC1125	пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	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» [4]

Далее необходимо разработать мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на участке по изготовлению шкива. Данные мероприятия включают в себя определение необходимых технических средств и организационных мероприятий. К техническим средствам относят первичные и мобильные средства пожаротушения, стационарные установки пожаротушения, средства пожарной автоматики, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарный инструмент, пожарные сигнализация, связь и оповещение. Выбранные технические средства для обеспечения пожарной безопасности на рассматриваемом производственном участке представлены в таблице 10.

Таблица 10 – «Технические средства пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители, ведра, лопаты, ящики с песком, ломы, пилы, топоры	передвижные огнетушители	автоматическая пенная система пожаротушения	извещатели пожарные, приборы управления пожарные, системы передачи и извещений о пожаре	гидранты, колонки, стволы, рукава	противогазы, самоспасатели	конусные ведра, ломы, багры, полотно, лопаты, экран защитного действия	оповещатели автоматические звуковые и световые» [4]

Выбранные технические средства позволят обеспечить пожарную безопасность в ходе выполнения технологического процесса изготовления шкива.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Влияние спроектированного технологического процесса на экологию выявим путем определения негативных факторов оказывающих воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу с использованием методики и данных [4]. При этом необходимо учесть особенности используемого в ходе выполнения технологического процесса оборудования, технологической оснастки, режущего инструмента, а также используемых материалов и технических жидкостей. Полученные данные приведены в таблице 11.

Таблица 11 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
технологический процесс изготовления шкива СТД-120М	станок SAMAT 135 NC, патрон трехкулачковый специальный, резец токарный контурный, резец токарный расточной, резец канавочный	мелкодисперсные частицы смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы» [4]

Устранение представленных в таблице 11 негативных факторов возможно путем разработки организационно-технических мероприятий, представленных в таблице 12.

Таблица 12 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления шкива СТД-120М
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	использование рукавных фильтров, адсорберов, пылеуловителей, туманоуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	использование механической очистки при помощи решеток, песколовок и отстойников, химической очистки при помощи адсорберов, замкнутого цикла водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	использование систем сортировки отходов, повторное использование металлического лома, утилизация не перерабатываемых отходов на полигонах» [4]

Эффективное снижение влияния на экологию, выявленных негативных факторов в данном случае предлагается достигать путем применения

комплекса разнообразных технических средств и организационных мероприятий.

В ходе оценки безопасности и экологичности спроектированного технологического процесса изготовления шкива были достигнуты следующие результаты.

Выявлены негативные опасные и вредные производственные факторы, возникающие в ходе выполнения технологического процесса, воздействие которых на работников производства может привести к травмам, заболеваниям и другим нежелательным последствиям для здоровья. Разработаны мероприятия технического и организационного характера, которые позволят исключить или снизить влияние выявленных опасных и вредных производственных факторов. Следует отметить, что для их внедрения не потребуется значительных затрат, так как все предлагаемые технические средства и средства индивидуальной защиты выпускаются промышленностью и являются стандартными.

Анализ пожарной безопасности показал, что организация пожарной безопасности на участке изготовления шкива отвечает всем необходимым нормам и правилам и с технической точки зрения может быть реализована при помощи стандартных противопожарных средств и организационных мероприятий.

Установлено влияние спроектированного технологического процесса на экологию. Антропогенное воздействие оценено исходя из воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу. С целью исключения и снижения данного воздействия предложены организационно-технические мероприятия.

В целом можно сделать заключение о том, что спроектированный технологический процесс изготовления шкива СТД-120М отвечает всем необходимым требованиям и нормам по безопасности и экологичности.

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.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на двух операциях 005 (токарная) и 015 (сверлильная) станок и инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения этих операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, предстоит подтвердить эффективность еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операциях 005 015, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники:

- паспорт станка;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.03 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [11, с. 15-23].

Далее будут представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины слагаемых капитальных вложений, сумма которых для внедрения предложенных изменений составит 600540,35 руб.

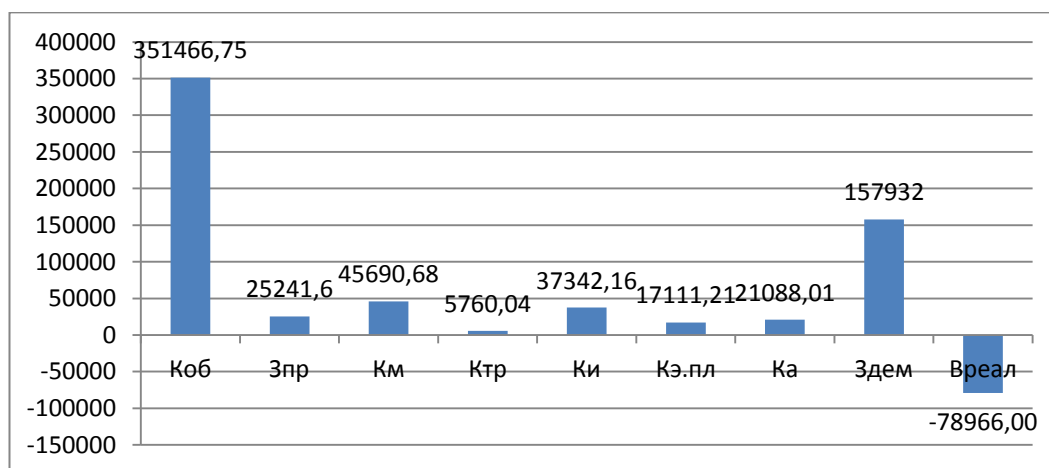


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 6, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются:

– прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$), величина которых составляет 58,5 % от общей суммы капитальных вложений;

– затраты на демонтаж заменяемого оборудования ($Z_{ДЕМ}$), с величиной 26,3 % от всей величины капитальных вложений.

Все остальные значения не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 2,8 % до 7,6 %. Но не смотря на их относительную не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так они отображают значения затрат, таких приобретений как инструмент ($K_{И}$), эксплуатацию производственной площади ($K_{Э.ПЛ}$), транспортные средства ($K_{ТР}$), доставку и монтаж вновь вводимого оборудования ($K_{М}$), затраты на проектирование ($Z_{ПР}$) и другие показатели, относящиеся к эксплуатации оборудования с числовым программным управлением.

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «шків», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. Правда значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения выше оговоренного параметра, т.к. в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не метался, поэтому остается без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 7, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

– заработная плата оператора ($Z_{ПЛ.ОП}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного станка, доля которой составляет 46,43 % для базового варианта и 49,04 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости;

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 39,54 % для базового варианта и 36,16 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости.

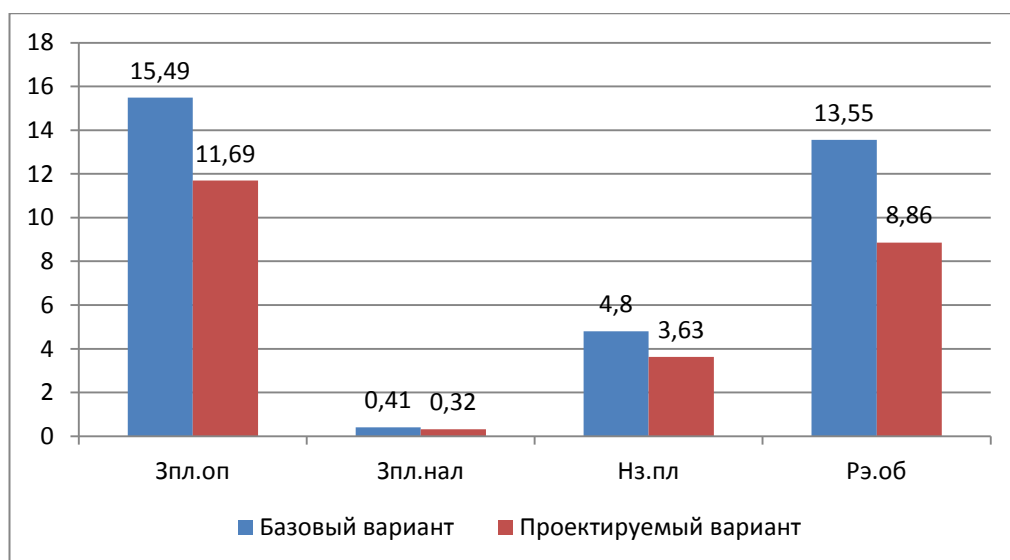


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Шкив», по вариантам, руб.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «шкив» по операциям 005 и 015 технологического процесса, представлены на рисунке 8.

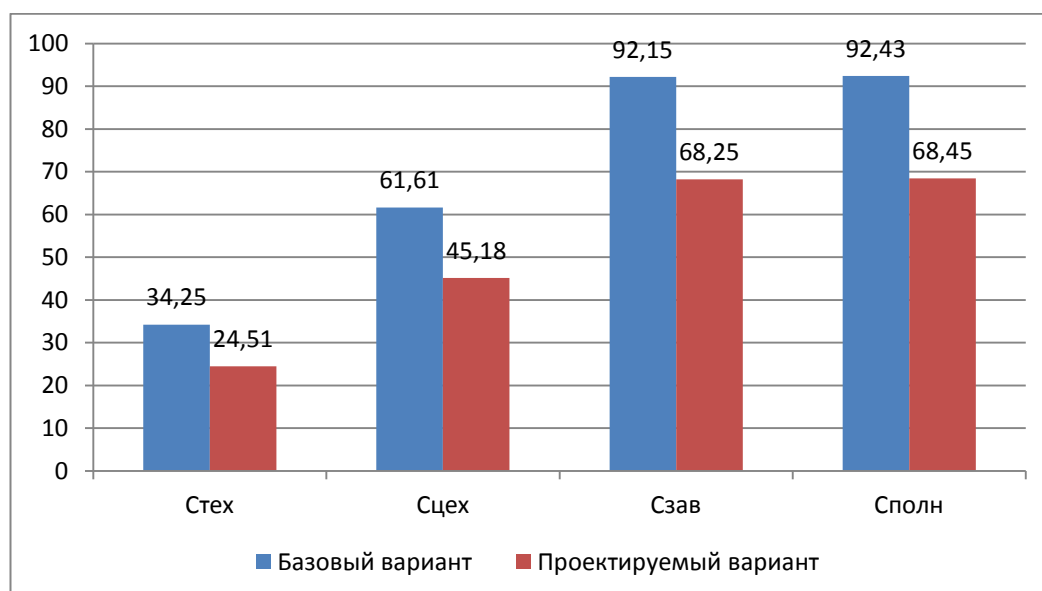


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 8, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 92,43 рубля, а для проектируемого варианта всего лишь 68,45 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 600540,35 рублей, окупятся в течение 4-х лет. Такой срок является максимально допустимым для внедрения нового оборудования по совершенствованному технологическому процессу. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 83248,47 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,14 рублей.

Заключение

В заключении отметим основные результаты выполнения данной выпускной квалификационной работы.

Спроектирована заготовка на основе экономически обоснованного выбора метода ее получения, а также определения параметров необходимых для проектирования. В качестве параметров были приняты припуски, напуски и допуски. В рамках решения данной задачи также определены методы обработки поверхностей детали на основе типовых маршрутов.

Спроектирована технология изготовления детали. Для этого использован в качестве основы типовой технологический процесс, а также оборудование и средства оснащения соответствующие среднесерийному типу производства.

Спроектированы технологические операции. Решение этой задачи достигнуто путем проработки содержания операций, определения режимов их выполнения и нормирования.

Устранены недостатки спроектированных на базе типовой технологии операций. Для этого для операций являющихся лимитирующими, а также имеющих явные технические недостатки произведена разработка специальной технологической оснастки и режущего инструмента.

Выявлены профессиональные риски, возникающие в ходе выполнения технологического процесса, разработаны методы и средства их снижения и обеспечения пожарной безопасности.

Проведена оценка спроектированного технологического процесса на основе соответствующих экономических расчетов.

В результате задача проектирования технология изготовления шкива, которая кроме качественных характеристик также обеспечивает выпуск всей производственной программы при этом обеспечивая максимальную экономическую эффективности производства может считаться решенной.

Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2–е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 26.03.2021).
2. 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.
3. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 26.03.2021).
4. 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: 05.05.2021).
5. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 18.03.2021).
6. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
7. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 29.03.2021).
8. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные

приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с.

9. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 320 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015> (дата обращения: 25.04.2021).

10. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.04.2021).

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: 22.04.2021).

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. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 29.04.2021).

15. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А.

Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 28.04.2021).

16.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: 05.04.2020).

17.Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.] ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва. : Машиностроение, 2014. – 520 с.

18.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: 30.04.2021).

19.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.

20.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.

21.Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 06.04.2021).

22.Технологии машиностроения: выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб. пособие / Н.М. Султан-заде [и др.]. – Москва. : ФОРУМ, 2016. – 287 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/515097> (дата обращения: 18.04.2021).

23. Химический состав и физико-механические свойства алюминиевого стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/stal-40h.html> (дата обращения: 09.03.2021).

24. Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 08.04.2021).

25. Cica D. Predictive modeling of turning operations under different cooling/lubricating conditions for sustainable manufacturing with machine learning techniques. / Cica D., Sredanovic B., Tesic S., Kramar D. // Applied Computing and Informatics. 2020. P. 28 – 36

26. Ertürk S., Kayabaşı O. Investigation of the cutting performance of cutting tools coated with the thermo-reactive diffusion (trd) technique. / IEEE Access. 2019. T. 7. P. 106824 – 106838.

27. Ghosh S., Rao P.V., Application of sustainable techniques in metal cutting for enhanced machinability: a review. / J. Cleaner Prod. 100 (2015), P 17 – 34.

28. Khalimonenko A.D. Cutting tool for turning large workpieces. / Khalimonenko A.D., Timofeev D.Yu., Golikov T.S. // Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. 2019. P. 44082.

29. Zhou L. Energy consumption model and energy efficiency of machine tools: a comprehensive literature review. / Zhou L., Li J., Li F., Meng Q., Li J., Xu X. // J. Cleaner Prod. 112 (2016), P 3721 – 3734.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дибл.																
Взам.																
Подп.																
Разработал	Габриляк				ТГУ Кафедра ОТМП											
Проверил	Казлоб															
Утвердил																
Н. контр.	Шкив															
М01	40X ГОСТ 4543-71															
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры					КД	МЗ		
		166	154	1		0,79		φ160,8x4,19					1	194		
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт
А 03	XX XX XX		000		Заготовительная											
Б 04	Кривошипный горячештамповочный пресс															
05																
А 06	XX XX XX		005		4110 Токарная											
Б 07	381101		Токарный		SAMAT135NC 3 18217 312 1P 1 1 1 1200 1 3,19											
0 08	Точить поверхности 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 14, 15, 16, 17 в размер φ26,738 ^{+0,21} , φ60 ^{+0,2} , φ125 ^{+0,1} , φ138,58 ^{+0,1} ,															
0 09	φ158 ^{+0,1} ; 41575 ^{+0,25} ; 18,5 ^{+0,21} ; 25,5 ^{+0,25} ; 33,5 ^{+0,25} ; 35,5 ^{+0,25} ; 39,9 ^{+0,25} .															
Т 10	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец токарный контурный TNMG 22 04 08-PF															
Т 11	GC4225 "Sandvic"; 392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"; 392190															
Т 12	Резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
13																
А 14	XX XX XX		010		4110 Токарная											
Б 15	381101		Токарный		SAMAT135NC 3 18217 312 1P 1 1 1 1200 1 2,17											
0 16	Точить поверхности 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35 в размер φ26 ^{+0,21} , φ40 ^{+0,25} .															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	ФМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп	Тноз
Т 42	<i>ИМ-50 ГОСТ 10-88; 393110 Калибр.</i>														
43															
А 44	<i>XX XX XX 030 4110 Токарная</i>														
Б 45	<i>381101 Токарный SAMAT135NC 3 18217 312 1P 1 1 1 1200 1 194</i>														
О 46	<i>Точить поверхности 18, 20, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 35 в размер $\phi 48_{0,1}$, $36,9_{0,1}$, $33,5_{0,1}$, $23,5_{0,1}$, $16,5_{0,1}$.</i>														
О 47	<i>$1_{0,1} \times 45^\circ$; $34^\circ \pm 15'$.</i>														
Т 48	<i>396190 Патрон цанговый ГОСТ2876-80; 392190 Резец токарный контурный TNMX 160404-WF GC4215</i>														
Т 49	<i>"Sandvic"; Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"; Резец канавочный</i>														
Т 50	<i>N12362-0300-0001-CF GC1125 "Sandvic"; 393413 Микрометр МК-80 ГОСТ6507-80; 393110 Калибр.</i>														
51															
А 52	<i>XX XX XX 035 5130 Термическая</i>														
53															
А 54	<i>XX XX XX 040 4133 Плоскошлифовальная</i>														
Б 55	<i>381313 Плоскошлифовальный ЗФ71В1 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 46</i>														
О 56	<i>Шлифовать поверхность 1, 27 в размер $36_{0,1}$.</i>														
Т 57	<i>396161 Плита магнитная; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.</i>														
58															
А 59	<i>XX XX XX 045 4132 Внутршлифовальная</i>														
Б 60	<i>381312 Внутршлифовальный ЗК227В 3 18873 422 1P 1 1 1 1200 1 15</i>														
О 61	<i>Шлифовать поверхность 10 в размер $\phi 26_{0,033}$.</i>														
Т 62	<i>396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393413 Микрометр МК-80 ГОСТ6507-80.</i>														
63															
А 64	<i>XX XX XX 050 4132 Внутршлифовальная</i>														
МК															

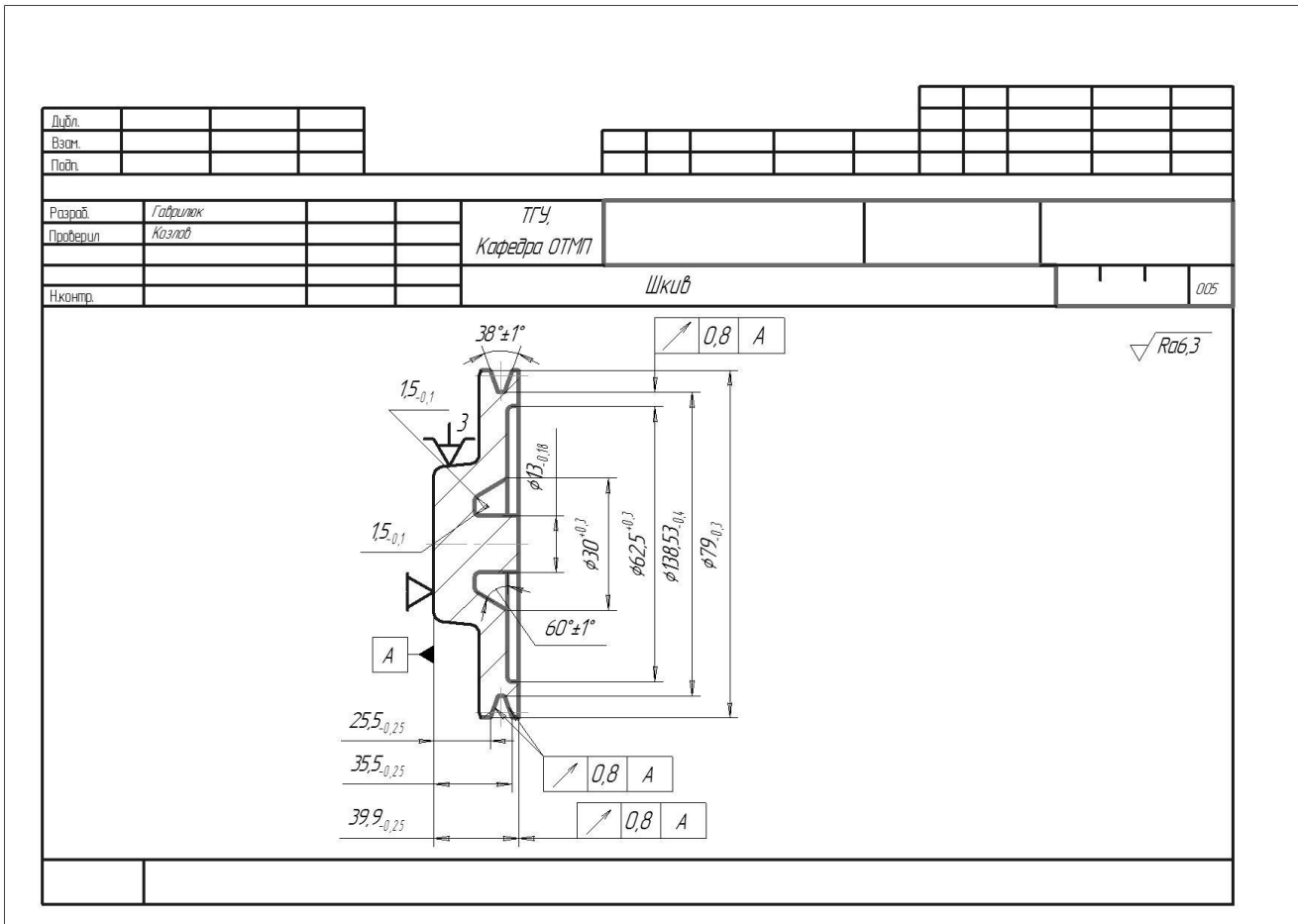
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
А 88	XX	XX	XX	075	4.131	Круглошлифовальная									
Б 89	38	13	11	Круглошлифовальный ЗМ174Е	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	1,7	
О 90	Шлифовать поверхности 33, 35 в размер 34 ^{±15} , 33 ₀₁ , 23 ₀₁ .														
Т 91	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.														
92															
А 93	XX	XX	XX	080	Моечная										
94															
А 95	XX	XX	XX	085	Контрольная										
96															
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форме 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Габриляк			ТГУ,								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Нконтр.				Шкив					Цех	Уч	РМ	Опер. 005
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Токарная		40Х ГОСТ 4543-71		НВ 200	166	154	φ160x419			194	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Tc	Tb	Tn3	Tшт	СОХ				
SAMAT 135 NC				2,45			3,19	Blasacut				
		ПК	В. или В.	L	+	I	S	n	V			
01	1. Установить заготовку											
T 02	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец токарный контурный TNMG 220408-PF											
T 03	GC4225 "Sandvic"; 392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"; 392190											
T 04	Резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC125 "Sandvic".											
O 05	2. Сверлить поверхности 2, 20, 27, 28, 30, 31 выдерживая размеры согласно эскиза											
P 06		1				2,5		0,2	1000	500		
P 07		2				2,5		0,2	930	400		
P 08		3				3,0		0,07	450	220		
T 09	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку											
10												
11												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форме 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Гафрлик			ТГУ,								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Нконтр.				Шкив					Цех	Уч	РМ	Опер.
												05
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Сверлильная		40Х ГОСТ 4543-71		НВ 200		166	154	φ160x419			194	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tca	Tшт	СОХ				
2С125Ф2				121			158	Blasacut				
		ПК	В. шти В	L	F	I	S	n	V			
01	1. Установить заготовку											
T 02	396190 Патрон цанговый ГОСТ2876-80; 391213 Сверла спиральное специальное φ10 Р6М5К5; 391213											
T 03	Сверла спиральное φ20 Р6М5К5 ГОСТ 2092-77.											
O 04	2. Сверлить поверхности 8, 12 выдерживая размеры согласно эскиза.											
P 05		1				5		0,3	680	28		
P 06		2				10		0,4	380	24		
T 07	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.											
08												
09												
10												

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21.БР.ОТМП.267.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3	1		21.БР.ОТМП.267.65.00.001	Корпус	1	
A4	2		21.БР.ОТМП.267.65.00.002	Муфта	1	
A4	3		21.БР.ОТМП.267.65.00.003	Крышка гидроцилиндра	1	
A4	4		21.БР.ОТМП.267.65.00.004	Корпус гидроцилиндра	1	
A4	5		21.БР.ОТМП.267.65.00.005	Шток	1	
A4	6		21.БР.ОТМП.267.65.00.006	Поршень	1	
A4	7		21.БР.ОТМП.267.65.00.007	Клин	3	
A4	8		21.БР.ОТМП.267.65.00.008	Постоянный кулачек	3	
A4	9		21.БР.ОТМП.267.65.00.009	Тяга	1	
A4	10		21.БР.ОТМП.267.65.00.010	Сменный кулачек	3	
<i>Стандартные изделия</i>						
		11		Гайка М14 ГОСТ8918-69	1	
		12		Винт М8х35 ГОСТ11738-84	5	
		13		Винт стопорный М5х10 ГОСТ1479-93	1	
		14		Винт М5х30 ГОСТ11738-84	6	
		15		Винт М4х12 ГОСТ1479-93	3	
		16		Кольцо ГОСТ 1567-68	3	
		17		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
21.БР.ОТМП.267.65.00.000						
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разработчик Габрилюк Пров.		Козлов				
Исполнитель Чтб.		Козлов Логина				
Патрон трёхкулачковый самоцентрирующий				Лит.		Лист
				1		2
				ТГУ, ИМ, гр. ТМп-1702а		
Копировал				Формат А4		

