

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс изготовления шкива привода коробки  
скоростей токарно-расточного станка М52

Студент(ка)	<u>А.В. Семенов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.А. Козлов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Семенов Артем Владимирович. Технологический процесс изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ, Тольятти, 2019 г.

Выпускная квалификационная работа рассматривает проектирование технологического процесса изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52. В процессе проектирования решаются вопросы выбора и разработки заготовки, расчета припусков на обработку и выбора параметров заготовки. Далее решены вопросы проектирования технологического маршрута изготовления детали на основе использования типовых маршрутов. Проведено проектирование технологических операций с учетом структуры техпроцесса, рассчитанных режимов обработки, а также выбора средств оснащения техпроцесса. Все операции, которые имели существенные технические недостатки, влияющие на показатели техпроцесса, модернизированы путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектированный техпроцесс проверен на безопасность его внедрения в производство. Принятые усовершенствования операций проверены экономическими расчетами, которые показали их эффективность.

Пояснительная записка включает 68 страниц, 16 таблиц, 3 рисунка. Графическая часть включает 7 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	7
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Обоснование выбора заготовки.....	10
2.2 Проектирование заготовки.....	13
2.3 Проектирование маршрута изготовления детали.....	20
2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса.....	21
2.5 Определение режимов резания.....	26
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	29
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	43
4.6 Заключение по разделу.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	64

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технологическое оборудование современного производства предусматривает высокую степень применения CNC-технологий. Рассматриваемый токарно-расточной станок М52 построен на основе данных технологий. Использование данных технологий позволяет существенно сократить время на подготовку производства, сократить время обработки за счет уменьшения вспомогательного времени операций и уменьшить количество брака за счет уменьшения доли участия человека непосредственно в процессе управления технологическим оборудованием. Требования к персоналу, работающему на данном оборудовании, также уменьшаются, что позволяет использовать менее квалифицированных работников. С другой стороны у данного оборудования повышенные требования к точности и надежности его узлов, агрегатов и деталей, входящих в их состав. Выполнение данных требований может быть обеспечено только технологией их изготовления.

Таким образом, основная цель выполнения данной выпускной квалификационной работы заключается в создании такого технологического процесса изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52, который обеспечит выполнение всех технических требований предъявляемых к шкиву, а также оптимальные экономические показатели его изготовления.

# **1 Анализ исходных данных**

## **1.1 Служебное назначение детали**

Шкив является частью механизма привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52 и основное его назначение в данном механизме заключается в передаче крутящего момента от привода входному валу.

Данный шкив является частью ременной передачи с использованием зубчатого ремня, поэтому момент воспринимается боковыми поверхностями зубчатого венца от приводного ремня и передается боковыми поверхностями шлиц на входной вал коробки скоростей.

В узле шкив установлен на входном валу на шлицах. Работа детали осуществляется в закрытом корпусе станка, при безударных нагрузках, в нормальном температурном режиме, поэтому условия эксплуатации можно считать неагрессивными.

## **1.2 Технологичность детали**

Оценка шкива на технологичность производится по нескольким составляющим [1]: технологичность материала, технологичность заготовки, технологичность конструкции и технологичность базирования.

Оценка технологичности материала детали складывается из оценки химического его состава и физико-механических свойств. Определение данных характеристик производим по справочным данным [2]. Химический состав стали 40ХГНМ: С 0,37-0,42%, Cr 1-1,3%, Mn 0,9-1,2%, Ni 1-1,3%, Mo до 1% и другие элементы в незначительных количествах. Основная физико-механическая характеристика, влияющая на обрабатываемость стали, предел прочности на растяжение в данном случае составляет до 720 МПа. Эти характеристики обеспечивают хорошие показатели обрабатываемости материала, коэффициент обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом  $K_o = 0,7$ , коэффициент обрабатываемости при обработке быстрорежущим инструментом  $K_o = 0,8$ .

Для получения заготовки шкива, исходя из его формы и материала, наиболее применимы методы литья и штамповки. Применение метода литья требует применения менее дорогой оснастки, но требует замены материала на более дорогой литейный аналог, также это может привести к увеличению количества брака. Применение штамповки требует более дорогой оснастки и инструмента, но при этом величину припусков и напусков можно будет снизить. В обоих случаях заготовка достаточно простая в получении.

Конструкция детали достаточно простая с точки зрения формирования контура поверхностей при механической обработке. Использовано много типовых элементов, таких как фаски, канавки и т.д. Все параметры точности и шероховатости поверхностей взяты из стандартного ряда чисел, это означает, что для их получения не требуется специальных средств оснащения. Контур детали позволяет его получать стандартными методами обработки, с возможностью применения параллельной обработки, что позволит существенно сократить как время подготовки производства, так и сам производственный процесс.

Базирование заготовки на операциях техпроцесса возможно различными способами. Базами могут быть как наружные, так и внутренние и торцовые поверхности шкива. В данном случае легко добиться соблюдения фундаментальных принципов базирования. Это позволит снизить затраты на механическую обработку, т.к. не требуется дополнительной обработки искусственных технологических баз и есть возможность минимизации припусков на технологических переходах.

Проведенный анализ технологичности показал, что по всем критериям шкив можно считать технологичной деталью, не требующей особого подхода к проектированию техпроцесса его изготовления и применения специальных методов обработки.

### **1.3 Анализ параметров техпроцесса**

Анализ параметров техпроцесса предусматривает определение типа производства, т.к. именно от этого зависят все параметры проектируемого

техпроцесса. Тип производства можно определить двумя методами [3]. Согласно первому методу тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций. Применение данного метода требует знания всей номенклатуры производства, что на начальной стадии проектирования невозможно. Согласно второму методу необходимо знать массу детали (1,8 кг) и программу выпуска (4800 штук). Согласно имеющимся данным тип производства соответствует среднесерийному.

Зная тип производства, определяем параметры проектируемого техпроцесса [4] и анализируем их.

Технологический процесс проектируется на основе групповой формы его организации с применением последовательной стратегии его проектирования. Желательно использование типовых технологических операций. Такое решение позволит существенно сократить время проектирования без уменьшения качества проектирования.

Заготовка может быть получена методами литья и штамповки. При ее проектировании методы обработки поверхностей определяются по коэффициенту удельных затрат, а припуски как расчетно-аналитическим методом, так и статистическим, в зависимости от требуемой точности.

Операции технологического процесса проектируются с учетом максимальной концентрации переходов. Для достижения точности обработки на операциях предпочтительной является обработка на настроенном оборудовании или применение активного контроля, с соблюдением основных принципов базирования. Режимы резания на операциях техпроцесса, в зависимости от требуемой точности обработки, могут быть определены расчетным методом или с применением статистических данных. Оборудование, применяемое на операциях желательно применять универсальное с предпочтением оборудования с числовыми системами управления, но возможно использование специализированного оборудования для получения сложных поверхностей. Вид и тип станочных приспособлений и режущего инструмента во многом определяется принятым на операции



оборудованием и конструктивными особенностями самой детали, поэтому в данных условиях наиболее применимы универсальные, стандартизированные, стандартные приспособления и режущий инструмент. Применение специальной оснастки также возможно, но делать это следует только в обоснованных случаях. Средства контроля могут быть применены разнообразные в зависимости от необходимой точности контроля и формы контролируемой поверхности. Предпочтение следует отдавать стандартным средствам контроля.

Спроектированный техпроцесс должен быть оформлен в виде маршрутных и операционных карт.

#### **1.4 Задачи работы**

Результаты проведенного анализа позволяют поставить задачи, которые должны быть достигнуты в данной работе для достижения ее цели.

Задачи необходимо решить в следующем порядке:

- 1) проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей, расчета режимов резания и исходных параметров,
- 2) проектирование плана изготовления детали на основе типового маршрута обработки детали с определением средств оснащения и схем базирования,
- 3) проектирование технологических операций с проведением определения режимов обработки и технологического нормирования,
- 4) выявление технически несовершенных операций и их модернизация путем проектирования специальных средств оснащения,
- 5) определение показателей безопасности техпроцесса,
- 6) определение экономических показателей.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Обоснование выбора заготовки

Анализ детали на технологичность и анализ параметров техпроцесса показали, что возможны два варианта метода получения заготовки отливка или штамповка. Выбор в пользу одного из вариантов основан на проведении экономического анализа этих вариантов [5]. Оптимальным будет тот вариант, который покажет минимальные затраты на получение детали из данной заготовки, которые рассчитываются по формуле:

$$C_i = C_{3i} + C_{OBR.i}, \quad (2.1)$$

где  $C_{3i}$  – затраты на получение заготовки рассматриваемым методом, руб;

$C_{OBR.i}$  – затраты на механическую обработку, руб.

Затраты на получение заготовки рассматриваемым методом определяются по формуле [6]:

$$C_{3i} = \frac{C_{M.i} \cdot M_{3i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

где  $C_M$  – стоимость стали за тонну, руб;

$M_3$  – масса заготовки, кг;

$K_{СП}$ ,  $K_T$ ,  $K_{СЛ}$  – коэффициенты, учитывающие способ получения, точность и сложность заготовки.

Расчет массы детали производится по формуле:

$$M_d = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2) l_1 + (d_2^2 - d_3^2) l_2 + (d_4^2 - d_5^2) l_3 - 4d_6^2 l_6 \rho, \quad (2.3)$$

где  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$  – диаметры цилиндрических поверхностей детали, мм;

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$  – длина цилиндрических поверхностей детали, мм;

$\rho$  – плотность, кг/мм<sup>3</sup>.

$$M_o = \frac{\pi}{4} ((8,154^2 - 7,2^2) \cdot 2,75 + (2,5^2 - 1,3^2) \cdot 3,15 + (7,7^2 - 2,5^2) \cdot 0,7 - 4 \cdot 1,8^2 \times \times 0,7) \cdot 0,00786 = 1,8 \text{ кг.}$$

Масса штампованной заготовки рассчитывается по формуле:

$$M_{31} = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + (d_1^2 - d_2^2) l_2 + d_3^2 l_2) \cdot K_{шт} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где  $d_1, d_2, d_3$  – диаметры цилиндрических поверхностей штамповки, мм;

$l_1, l_2$  – длина цилиндрических поверхностей штамповки, мм;

$K_{шт}$  – коэффициент, который учитывает параметры штамповки.

$$M_{31} = \frac{\pi}{4} (8,5^2 \cdot 1,0 + (8,5^2 - 7,0^2) \cdot 2,8 + 2,9^2 \cdot 2,8) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 2,2 \text{ кг.}$$

Масса литой заготовки рассчитывается по формуле:

$$M_{32} = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + (d_1^2 - d_2^2) l_2 + d_3^2 l_2) \cdot K_{л} \cdot \rho, \quad (2.5)$$

где  $d_1, d_2, d_3$  – диаметры цилиндрических поверхностей отливки, мм;

$l_1, l_2$  – длина цилиндрических поверхностей отливки, мм;

$K_{л}$  – коэффициент, который учитывает параметры отливки.

$$M_{32} = \frac{\pi}{4} (8,64^2 \cdot 1,0 + (8,64^2 - 7,1^2) \cdot 2,8 + 2,92^2 \cdot 2,8) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 2,5 \text{ кг.}$$

По формуле (2.2) получаем следующие результаты.

$$C_{31} = \frac{20000 \cdot 0,22 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 3,6 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{20000 \cdot 0,25 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 4,9 \text{ руб.}$$

Затраты на механическую обработку для каждого метода рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{ОБР},i} = \frac{C_{\text{уд}} \left( \frac{1}{K_{\text{ИМ},i}} - 1 \right) M_{\text{Д}}}{K_{\text{О}}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{уд}}$  – удельная стоимость снятия 1 кг стружки, руб/кг;

$K_{\text{О}}$  – коэффициент обрабатываемости стали;

$K_{\text{ИМ}}$  – коэффициент использования стали.

$$K_{\text{ИМ},i} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}}}. \quad (2.7)$$

$$K_{\text{ИМ}1} = \frac{0,18}{0,22} = 0,82.$$

$$K_{\text{ИМ}2} = \frac{0,18}{0,25} = 0,72.$$

$$C_{\text{ОБР}1} = \frac{120 \cdot \left( \frac{1}{0,82} - 1 \right) \cdot 2,2}{1,1} = 5,3 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ОБР}2} = \frac{120 \cdot \left( \frac{1}{0,72} - 1 \right) \cdot 2,5}{1,1} = 10,6 \text{ руб.}$$

Затраты на получение детали для каждого варианта получения заготовки рассчитываются по формуле (2.1).

$$C_1 = 3,6 + 5,3 = 8,9 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 4,9 + 10,6 = 15,5 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что в данном технологическом процессе экономически выгоднее в качестве метода получения заготовки применить штамповку.

## 2.2 Проектирование заготовки

Процесс проектирование заготовки состоит из нескольких этапов.

На первом этапе определяются маршруты обработки поверхностей. Для этого используются данные по удельным трудоемкостям обработки [7].

Каждой поверхности присваивается свой номер, который указан на эскизе шкива (рисунок 2.1).

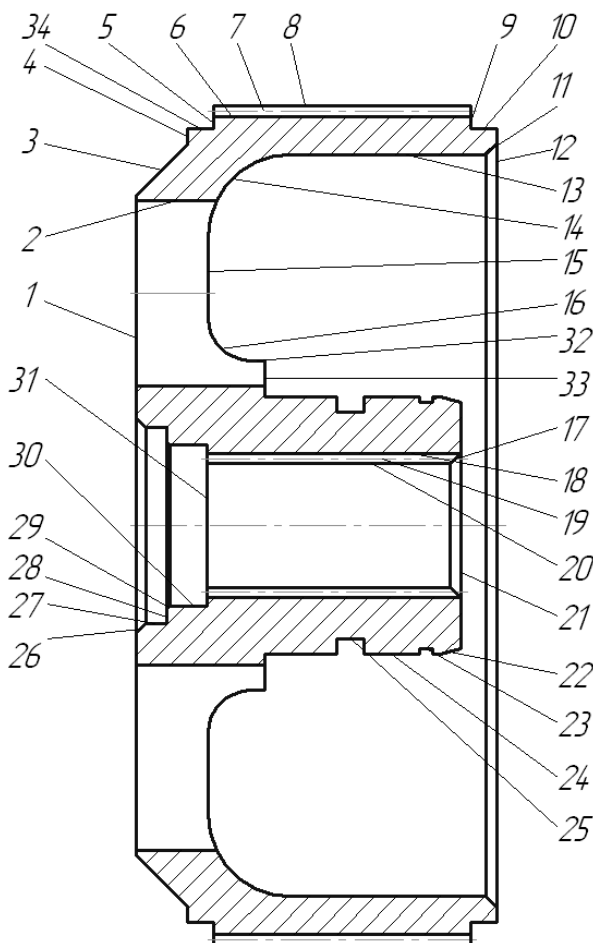


Рисунок 2.1 – Эскиз шкива

Полученные маршруты обработки поверхностей представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1– Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Точность	Шероховатость	Маршрут
1	2	3	4
1, 12	14	2,5	точение черновое - точение чистовое - термическая обработка - шлифование черновое
2, 27, 28	14	12,5	сверление - термическая обработка
3, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 21, 32, 34	14	12,5	точение черновое - термическая обработка
6	10	12,5	зубофрезерование - термическая обработка
7	7	1,6	зубофрезерование - шевингование - термическая обработка
8	6	1,6	точение черновое - точение чистовое - термическая обработка - шлифование черновое
17, 22, 23, 25, 26, 29	14	12,5	точение чистовое - термическая обработка
18, 19	7	1,6	протягивание - термическая обработка
20	7	1,6	сверление - точение чистовое - термическая обработка
24	6	1,6	точение черновое - точение

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
			чистовое - термическая обработка - шлифование черновое - шлифование чистовое
30	9	1,6	сверление - точение чистовое - термическая обработка - шлифование черновое - шлифование чистовое
31	14	1,6	сверление - точение чистовое - термическая обработка - шлифование черновое - шлифование чистовое
33	14	1,6	точение черновое - точение чистовое - термическая обработка - шлифование черновое - шлифование чистовое

На следующем этапе определяются припуски на обработку поверхностей. Для этого могут быть использованы различные методики [8]. Наиболее приемлемой методикой определения припусков для точных поверхностей является расчетно-аналитический метод [9]. Расчет припусков для поверхности 24 проводим согласно данной методике.

Минимальные припуски для каждого перехода рассчитываются:

$$Z_{i \min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (2.8)$$

где  $a$  – дефектный слой на предыдущем переходе, мм;

$\Delta$  – погрешность пространственных отклонений на предыдущем переходе, мм;

$\mathcal{E}$  – погрешность установки в приспособлении на текущем переходе, мм.

$$z_{1\min} = 0,3 + \sqrt{0,3^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0,025^2} = 0,26 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = 0,15 + \sqrt{0,009^2 + 0,012^2} = 0,165 \text{ мм.}$$

Далее определяем максимальный припуск:

$$z_{i\max} = z_{i\min} + 0,5 \cdot (\overline{Td_{i-1}} + \overline{Td_i}), \quad (2.9)$$

где  $\overline{Td_i}$  - допуск на данном переходе, мм;

$\overline{Td_{i-1}}$  - допуск на предыдущем переходе, мм.

$$z_{1\max} = 0,601 + 0,5 \cdot (\overline{0,2} + \overline{0,21}) = 1,306 \text{ мм.}$$

$$z_{2\max} = 0,26 + 0,5 \cdot (\overline{0,21} + \overline{0,084}) = 0,407 \text{ мм.}$$

$$z_{3\max} = 0,292 + 0,5 \cdot (\overline{0,160} + \overline{0,033}) = 0,389 \text{ мм.}$$

$$z_{4\max} = 0,165 + 0,5 \cdot (\overline{0,033} + \overline{0,013}) = 0,188 \text{ мм.}$$

Средний припуск рассчитываем по формуле:

$$z_{cpi} = \frac{z_{i\max} + z_{i\min}}{2}. \quad (2.10)$$

$$z_{cp1} = \frac{0,601 + 1,306}{2} = 0,954 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = \frac{0,260 + 0,407}{2} = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = \frac{0,292 + 0,389}{2} = 0,341 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = \frac{0,165 + 0,188}{2} = 0,177 \text{ мм.}$$

Предельные размеры для каждого перехода рассчитываются по



формулам:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\min} + 2 \cdot z_{i\min}, \quad (2.11)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1}. \quad (2.12)$$

На переходе термической обработки минимальный размер вследствие фазовых превращений уменьшается, что следует учесть:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999. \quad (2.13)$$

$$d_{4\min} = 24,9935 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 25,0065 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = 24,9935 + 2 \cdot 0,165 = 25,3235 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = 25,3235 + 0,033 = 25,3565 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min} = 25,3235 + 2 \cdot 0,292 = 25,9075 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max} = 25,9075 + 0,160 = 26,0675 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = 25,9075 \cdot 0,999 = 25,8816 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = 25,8816 + 0,084 = 25,9656 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = 25,8816 + 2 \cdot 0,260 = 26,4016 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = 26,4016 + 0,210 = 26,6116 \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = 26,4016 + 2 \cdot 0,601 = 27,6036 \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = 27,6036 + 1,2 = 28,8036 \text{ мм.}$$

Средние размеры для каждого перехода определяются по формуле:

$$d_{icc} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2}. \quad (2.14)$$

$$d_{cp0} = \left( \sqrt{8,8036 + 27,6036} \right) / 2 = 28,2036 \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = \left( \sqrt{6,6116 + 26,4016} \right) / 2 = 26,5066 \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = \left( \sqrt{5,9656 + 25,8816} \right) / 2 = 25,9236 \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = \left( \sqrt{6,0675 + 25,9075} \right) / 2 = 25,9875 \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = \left( \sqrt{5,3565 + 25,3235} \right) / 2 = 25,340 \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = \left( \sqrt{5,0065 + 24,9935} \right) / 2 = 25,000 \text{ мм.}$$

Общие припуски для данной поверхности рассчитываются по формуле:

$$2z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}, \quad (2.15)$$

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + Td_0 + Td_4, \quad (2.16)$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot \left( \sqrt{2z_{\min} + 2z_{\max}} \right). \quad (2.17)$$

$$2z_{\min} = 27,6036 - 25,0065 = 2,597 \text{ мм.}$$

$$2z_{\max} = 2,5971 + 1,2 + 0,013 = 3,810 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot \left( \sqrt{2,5971 + 3,8101} \right) = 3,204 \text{ мм.}$$

Для остальных поверхностей определение припусков производится с применением статистического метода [10]. Данная методика менее точная, чем предыдущая, но при этом и менее трудоемкая. Точности данной методики достаточно для определения припусков на поверхности точностью до 8 качества, поэтому для оставшихся поверхностей ее применение оправдано. Результаты определения припусков для удобства восприятия представим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты определения припусков

В миллиметрах

Поверхность	Номер перехода	Минимальный припуск	Максимальный припуск
1, 12	1	1,5	2,2
	2	0,7	0,85
	3	0,3	0,37
6	1	0,7	1,325
	2	0,3	0,337
8	1	0,6	1,475
	2	0,125	0,37
	3	0,10	0,177
20	1	0,7	1,575
	2	0,5	0,59
30	1	0,7	1,575
	2	0,5	0,59
	3	0,3	0,357
	4	0,15	0,193
31	1	0,7	1,575
	2	0,35	0,457
	3	0,15	0,218
33	1	0,8	1,49
	2	0,7	0,825
	3	0,4	0,449
	4	0,1	0,127

На заключительном этапе проектирования заготовки определяются технологические допуски и напуски [11]. Для этого необходимо определить исходные параметры заготовки [12]: Т4, М2, С2, И9, уклоны 7°, закругления 3 мм, облой до 1,2 мм, концентричность поверхностей до 1 мм.

### 2.3 Проектирование маршрута изготовления детали

Анализ исходных параметров техпроцесса позволил установить, что маршрут изготовления шкива проектируется на основе типовых маршрутов [13, 14]. Следует учесть, что типовые маршруты обработки могут быть избыточны, т.е. содержать операции по получению поверхностей отсутствующих у данной детали или недостаточны, т.е. не предусматривать обработку ряда поверхностей. Результаты проектирования представим в таблице 2.3, что облегчит дальнейшее использование полученных данных.

Таблица 2.3 - Маршрут изготовления шкива

Номер операции	Название операции	Поверхности обработки
005	Токарная	8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 24, 32, 33
010	Токарная	1, 3, 4, 5, 8, 34
015	Сверлильная	2, 20, 27, 28, 30, 31
020	Токарная	10, 11, 12, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 33
025	Токарная	1, 8, 26, 29, 30, 31
030	Протяжная	18, 19
035	Зубофрезерная	6, 7
040	Зубошевинговальная	7
045	Термическая	все
050	Шлифовальная	12, 24, 33
055	Шлифовальная	1, 30, 31
060	Шлифовальная	8
065	Шлифовальная	24, 33
070	Шлифовальная	30, 31
075	Моечная	все
080	Контрольная	все

После проектирования маршрута изготовления детали можно формировать план ее изготовления, который является графическим отражением маршрута. На плане изготовления представлены эскизы выполнения операций с указанием схем базирования, которые проектируются на основе рекомендаций [15]. Более подробно результаты выполнения данного этапа проектирования техпроцесса представлены в графической части данной работы.

#### 2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса

Средства оснащения техпроцесса должны отвечать всем требованиям, которые были выявлены в результате анализа параметров техпроцесса. В частности необходимо обеспечить гибкость технологического оборудования, быстроту переналадки на выпуск нового изделия и максимальное использование стандартных и универсальных средств оснащения. Для решения этой задачи будем использовать следующие данные: по выбору технологического оборудования [16, 17], по выбору станочных приспособлений [18], по выбору металлообрабатывающего инструмента [19], по выбору средств контроля [20]. Результаты выбора средств оснащения для удобства дальнейшего их использования представим в виде таблиц 2.4 – 2.7.

Таблица 2.4 – Выбор станков

Операция	Точность обработки	Станок
1	2	3
005 Токарная	12	Токарно-винторезный 16К20Ф3
010 Токарная	12	Токарно-винторезный 16К20Ф3
015 Сверлильная	12	Вертикально-сверлильный 2С125Ф2
020 Токарная	10	Токарно-винторезный 16К20Ф3
025 Токарная	10	Токарно-винторезный 16К20Ф3

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
030 Протяжная	7	Протяжной 7А510
035 Зубофрезерная	10	Зубофрезерный 5Д32
040 Шевинговальная	7	Шевинговальный 5715
045 Термическая		Печь термическая
050 Шлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К228
055 Шлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К228
060 Шлифовальная	8	Круглошлифовальный 3Е153
065 Шлифовальная	6	Внутришлифовальный 3К228
070 Шлифовальная	6	Внутришлифовальный 3К228
075 Контрольная		
080 Моечная		Моечная машина

Таблица 2.5 – Выбор станочных приспособлений

Операция	Установочный элемент	Приспособление
1	2	3
005 Токарная	Торец кулачков	Патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80
010 Токарная	Торец кулачков	Патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80
015 Сверлильная	Установочные штыри	Приспособление

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
	ГОСТ4743-83	специальное
020 Токарная	Установочные штыри ГОСТ4743-83	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
025 Токарная	Установочные штыри ГОСТ4743-83	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
030 Протяжная	Установочные штыри ГОСТ4743-83	
035 Зубофрезерная	Установочные штыри ГОСТ4743-83	Приспособление специальное
040 Шевинговальная	Установочные штыри ГОСТ4743-83	Патрон цанговый специальный
050 Шлифовальная	Установочная пластина ГОСТ4743-83	Патрон мембранный специальный
055 Шлифовальная	Установочная пластина ГОСТ4743-83	Патрон мембранный специальный
060 Шлифовальная	Установочная пластина ГОСТ4743-83	Патрон мембранный специальный
065 Шлифовальная	Установочная пластина ГОСТ4743-83	Патрон мембранный специальный
070 Шлифовальная	Установочная пластина ГОСТ4743-83	Патрон мембранный специальный

Таблица 2.6 – Выбор металлообрабатывающего инструмента

Операция	Марка инструментального материала	Инструмент
1	2	3
005 Токарная	T5K10	Резец контурный специальный, резец расточной контурный ГОСТ 18879-73
010 Токарная	T5K10	Резец контурный специальный
015 Сверлильная	P6M5	Сверло спиральное ГОСТ 4010-77, сверло комбинированное
020 Токарная	T30K4, T5K10	Резец контурный специальный, резец расточной контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73
025 Токарная	T30K4	Резец контурный специальный, резец расточной контурный ГОСТ 18879-73
030 Протяжная	BK6M	Протяжка шлицевая ГОСТ6033-81
035 Зубофрезерная	P6M5	Фреза червячная ГОСТ9324-80
040 Шевинговальная	P18	Шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75
050 Шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный тип 1 23A46O5V, тип 6-23A54M6V
055 Шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный тип 1 23A46O5V, тип 6-23A54M6V
060 Шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный тип 1-24A80K5V



Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
065 Шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный тип 1 23А60К5V, тип 6-24А90L7V
070 Шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный тип 1 23А60К5V

Таблица 2.7 – Выбор средств контроля

Операция	Контролируемая точность	Приборы и приспособления
1	2	3
005 Токарная	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
010 Токарная	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
015 Сверлильная	12	Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88, калибр
020 Токарная	10	Микрометр МК-80 ГОСТ6507-90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88, калибр
025 Токарная	10	Микрометр МК-80 ГОСТ6507-90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88
030 Протяжная	7	Калибр
035 Зубофрезерная	10	Калибр
040 Шевинговальная	7	Калибр
050 Шлифовальная	8	Калибр
055 Шлифовальная	8	Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88, калибр
060 Шлифовальная	8	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3
065 Шлифовальная	6	Калибр
070 Шлифовальная	6	Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88

## 2.5 Определение режимов резания

В ходе выполнения анализа параметров техпроцесса было установлено, что для проведения расчетов режимов резания и выполнения нормирования техпроцесса применимы две основные методики. Первая методика представляет собой расчетно-аналитический метод определения режимов резания [21], который дает наилучшие результаты для методов обработки имеющих постоянные физико-технические характеристики, что характерно в основном для лезвийной обработки. Вторая методика представляет собой статистический метод определения режимов резания [22], который дает наилучшие результаты для методов обработки с нестационарными характеристиками, что характерно для абразивной обработки. Для удобства использования полученной информации представим результаты в форме таблицы 2.8.

Таблица 2.8 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005					
1	0,35	185	730	23	0,10
2	0,35	175	730	94	0,38

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6
Операция 010					
1	0,35	185	730	101	0,41
Операция 015					
1	0,32	24	360	108	0,8
2	0,21	28	360	33	0,4
Операция 020					
1	0,2	210	1250	10	0,04
2	0,2	195	1250	45	0,18
3	0,07	50	630	2,5	0,06
4	0,1	50	630	2	0,03
Операция 025					
1	0,2	210	1250	32	0,13
2	0,2	195	1250	6	0,03
Операция 030					
1	-	2,5	-	32	0,3
Операция 035					
1	2,4	40	320	25	0,6
Операция 040					
1	0,04	60	240	25	0,72
Операция 050					
1	0,0015	17	276	0,341	0,78
2	0,0012	17	276	0,328	0,89
Операция 055					
1	0,0015	17	276	0,328	0,72
2	0,0012	17	276	0,328	0,89
Операция 060					
1	0,017	38	320	0,138	0,82

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6
Операция 065					
1	0,0018	14	276	0,177	0,34
2	0,0015	14	276	0,113	0,28
Операция 070					
1	0,0018	14	276	0,172	0,35
2	0,0015	14	276	0,114	0,28

Представленные в таблице 2.8 результаты переносятся в соответствующую технологическую документацию.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Для 015 сверлильной операции с целью устранения основного ее недостатка, который заключается в отсутствии механизированного силового привода, проведем проектирование специального станочного приспособления. Это приводит к увеличению вспомогательного времени на обработку. В качестве зажимного механизма выбираем цанговый механизм [23], который обеспечит необходимую точность центрирования заготовки и надежность ее закрепления. Расчеты проводим с использованием методики [24].

На первом этапе определяем силу, которая необходима для закрепления детали.

Рассчитываем момент и силу, возникающие в процессе сверления:

$$M_{кр} = 10C_u D^{q_u} S^{y_u} K_p, \quad (3.1)$$

$$P_o = 10C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, \quad (3.2)$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм;

$S$  – подача на один оборот сверла, мм/об;

$C_u$ ,  $C_p$ ,  $q_u$ ,  $y_u$ ,  $q_p$ ,  $y_p$ ,  $K_p$  - постоянные и показатели степеней, учитывающие фактические условия обработки.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 18^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,94 = 152 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 9^0 \cdot 0,32^{0,7} \cdot 0,94 = 394 \text{ Н}.$$

Для удержания заготовки в процессе резания от проворота под воздействием крутящего момента, к заготовке должна быть приложен уравновешивающий ее момент. Величина этого момента рассчитывается по формуле:

$$M_3 = 2W' \cdot f \cdot d_3, \quad (3.3)$$

где  $W'$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения;

$d$  – диаметр закрепления, мм.

Из условия равновесия полученных моментов сил и закрепления выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W' = \frac{M_p \cdot k}{2fd_3}, \quad (3.4)$$

где  $k$  – коэффициент запаса.

$$W' = \frac{152 \cdot 2,48}{2 \cdot 0,16 \cdot 25} = 62 \text{ Н.}$$

Аналогично определяем силу закрепления, которая необходима для удержания заготовки под действием осевой силы резания.

Сила трения, удерживающая заготовку равна:

$$F_{\text{тр}} = 8W'' \cdot f, \quad (3.5)$$

где  $W''$  – сила зажима, Н.

$$W'' = \frac{P_o \cdot k}{8 \cdot f}. \quad (3.6)$$

$$W'' = \frac{394 \cdot 2,5}{8 \cdot 0,16} = 770 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчетов принимаем наибольшее усилие, т.е. 770 Н.

На втором этапе определяем характеристики силового привода.

Обеспечение необходимого усилия производится путем применения пневматического силового привода. Определение его параметров зависит от необходимого диаметра поршня. В данном случае рабочим является штоковая полость привода, поэтому его диаметр определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (3.7)$$

где  $P$  – рабочее давление в цилиндре, Н;

$d$  – диаметр штока, мм.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 770}{0,4} + 25^2} = 37 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра поршня округляем до ближайшего стандартного большего, получаем 40 мм.

На третьем этапе проектирования станочного приспособления необходимо определить его точность. Для этого составляем расчетную схему погрешностей приспособления, которая представлена на рисунке 3.1.

Согласно данной схеме, точность установки в данном приспособлении равна:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (3.8)$$

где  $\Delta_1, \Delta_2$  – погрешности колебания зазоров в соответствующих сопряжениях деталей приспособления, мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера зажимной поверхности цанги, мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,041^2 + 0,048^2 + 0,01^2} = 0,035 \text{ мм.}$$

Расчетная погрешность не должна превышать величины допускаемой погрешности:

$$\varepsilon_y^{\text{don}} = 0,3 \cdot Td, \quad (3.9)$$

где  $Td$  – допуск на выполняемый размер, мм.

$$\varepsilon_y^{\text{don}} = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,15 = 0,045 \text{ мм.}$$

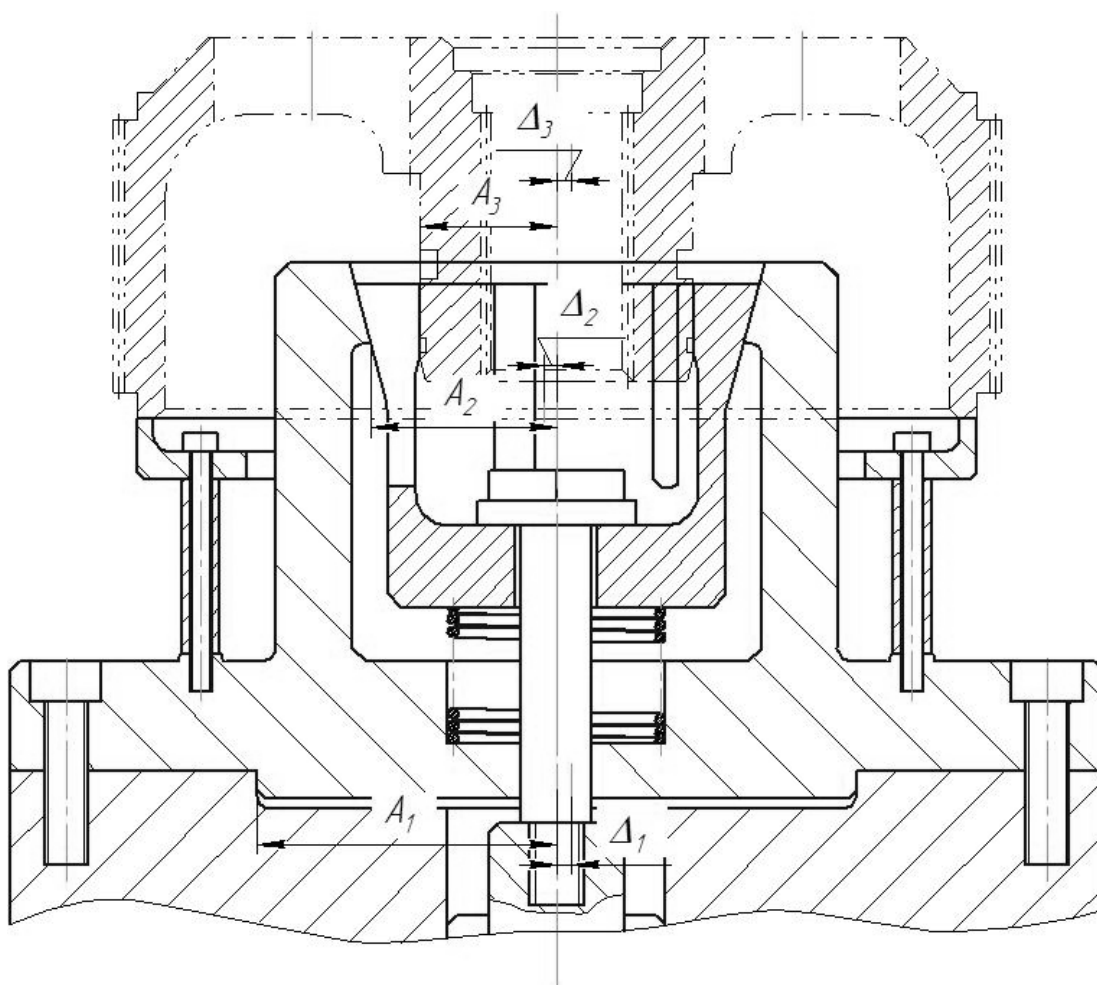


Рисунок 3.1 – Расчетная схема погрешностей приспособления

Расчетная погрешность меньше, чем допустимая. Условие выполняется, значит, приспособление соответствует необходимой точности и может быть применено в проектируемом технологическом процессе для изготовления шкива.



Конструкция приспособления представлена в графической части работы. Недостаток базового техпроцесса можно считать устраненным.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

В проектируемом технологическом процессе на токарных операциях для обработки контура детали предполагается использование токарных контурных резцов с режущей пластиной, которая крепится к державке при помощи механической системы крепления. Стандартные системы крепления обеспечивают недостаточную жесткость крепления, что приводит к необходимости использования менее производительных режимов резания и повышенному износу инструмента. Решение задачи устранения этого недостатка произведем с помощью литературного анализа и расчета согласно методике и данных [25].

Исходя из физико-технологических параметров материала обрабатываемой заготовки, а также необходимости обеспечения заданных параметров операции в качестве материала режущей пластины выбираем твердый сплав Т15К6.

Основной геометрической характеристикой резца является главный угол в плане, который исходя из параметров обработки, в данном случае должен составлять  $93^\circ$ .

Остальные параметры резца определяются по величине сечения срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S, \quad (3.10)$$

где  $t$  – максимальная глубина резания на переходе, мм;

$S$  – максимальная подача инструмента на оборот заготовки на переходе, мм/об.

$$F = 1,5 \cdot 0,35 = 0,6 \text{ мм}^2.$$

Данной глубине срезаемого слоя соответствуют следующие параметры: сечение державки 20x20 мм; рабочая высота 25 мм; максимальная длина 140 мм; максимальный диаметр описанной окружности режущей пластины 12,7 мм.

Для устранения недостаточной жесткости крепления пластины применим крепление с поджимом режущей пластины к опорному штифту винтом через клин.

При такой схеме крепления необходимо определить диаметр крепежного винта.

Для этого используем соотношение:

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sigma_o, \quad (3.11)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на винт в процессе обработки, Н;

$D$  – диаметр винта, мм;

$\sigma_o$  – предел прочности материала винта, МПа.

Из этого соотношения искомый диаметр равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_o}}. \quad (3.12)$$

Силу, действующую на винт в процессе обработки также можно определить из соотношения:

$$Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7}, \quad (3.13)$$

где:  $P_{z \max}$  – максимальная сила резания на операции, Н.

$$Q_1 = \frac{720}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

Рассчитываем минимально допустимый искомый диаметр винта.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1030}{3,14 \cdot 500}} = 1,6 \text{ см.}$$

Более подробно конструкция резца представлена в графической части.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Оценку безопасности и экологичности технологического процесса изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52 производим по рекомендациям [26].

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

В таблице 4.1 представлены характеристики рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3	Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71, ветошь, полусинтетическая смазочно-охлаждающая жидкость
	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Станок внутришлифовальный 3К228	

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – 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
1	2	3
Токарная операция, шлифовальная операция	Оборудование, имеющее открытые движущиеся (вращающиеся) элементы конструкции, подвижные части производственного оборудования	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228, приспособление, режущий инструмент, внутрицеховой транспорт
	Острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок	Заготовка, режущий инструмент
	Повышенный уровень вибрации	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228, внутрицеховой транспорт
	Повышенный уровень шума	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228, приспособление, режущий инструмент, внутрицеховой транспорт

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	Опасный уровень напряжения в электрической цепи	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228
	Повышенная температура поверхности оборудования	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228, приспособление, режущий инструмент
	Мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости	Полусинтетическая смазочно-охлаждающая жидкость
	Неудовлетворительная освещенность рабочей зоны	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228
	Физические перегрузки	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение рисков воздействия опасных и вредных факторов технологического процесса предполагается достигнуть путем применения методов и средств представленных в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (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 работающего
1	2	3
Оборудование, имеющее	Проведение инструктажей по охране	Костюм для защиты от

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
открытые движущиеся (вращающиеся) элементы конструкции, подвижные части производственного оборудования	труда. Применение систем аварийного отключения и изоляции опасных элементов конструкции оборудования. Применение специальной разметки и знаков.	общих производственных загрязнений и механических воздействий, ботинки кожаные с защитным подноском, очки защитные, рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок	Проведение инструктажей по охране труда. Слесарная доработка.	Перчатки с покрытием из полимера
Повышенный уровень вибрации	Проведение инструктажей по охране труда. Применение специальных виброгасящих опор.	Коврик виброгасящий
Повышенный уровень шума	Проведение инструктажей по охране труда. Применение защитных экранов, глушителей, методов изоляции источников шума.	Наушники противозумные
Опасный уровень напряжения в электрической цепи	Проведение инструктажей по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция и ограждение электрооборудования, Применение систем аварийного отключения электрооборудования.	Диэлектрический коврик
Повышенная температура поверхности оборудования	Проведение инструктажей по охране труда. Применение смазочно-охлаждающей жидкости в процессе обработки. Применение	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	термозащитных кожухов.	механических воздействий, ботинки кожаные с защитным подноском, очки защитные, рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости	Проведение инструктажей по охране труда. Использование изоляции рабочей зоны станков и местной вытяжной вентиляции.	Респиратор
Неудовлетворительная освещенность рабочей зоны	Проведение инструктажей по охране труда. Применение дополнительного местного освещения. Рациональное расположение источников освещения	
Физические перегрузки	Проведение инструктажей по охране труда. Соблюдение последовательности перерывов.	

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлены основные мероприятия позволяющие обеспечить пожарную безопасность на участке по изготовлению шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52.



Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228	Класс пожара В (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов)	Повышенная температура в источнике пожара, тепловой поток, пламя, искры, повышенная концентрация токсичных веществ, пониженная концентрация кислорода в воздухе, снижение видимости	Осколки и обломки оборудования и зданий, появление высокого напряжения на токопроводящих частях станков, воздействие огнетушащих средств

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Огнетушители ящики с песком, пожарные щиты	Пожарные автомобили и лестницы, мотопомпы и передвижные огнетушители	Автоматизированные системы тушения пожаров	Извещатели, приборы приемно-контрольные, приборы управления, системы передачи извещений о пожаре	Пожарные гидранты, рукава	Респираторы, противогазы, самоспасатели

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52	Инструктажи и обучение правилам пожарной безопасности на производстве, обучение действиям при возникновении пожара и эвакуации, применение наглядной агитации	Использование пожарной сигнализации и извещателей, обеспечение средствами пожаротушения

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В таблицах 4.7, 4.8 представлены мероприятия, позволяющие обеспечить экологическую безопасность выполнения технологического процесса изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52 и снизить его влияние на окружающую среду.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления шкива	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, внутришлифовальный 3К228	Металлическая стружка и пыль, смазочно-охлаждающая жидкость в виде аэрозоля	Стружка, пыль, абразивные частицы, нефтепродукты, технические жидкости	Стружка, лом металлов, шлак, пыль, нефтепродукты, технические жидкости

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение для очистки воздуха пылеуловителей и многоступенчатых фильтров
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки из отстойников, биологических фильтров и флотационных установок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование регламентированных процедур по охране окружающей среды и экологии

#### 4.6 Заключение по разделу

Результатом выполнения данного раздела стал комплекс разработанных мер по снижению и устранению опасных и вредных факторов технологического процесса изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52, обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

## 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.

Основные изменения технологического процесса изготовления детали «Шкив» коснулись операций:

- 005 токарной, здесь заменили резец контурный T5K10 на резец контурный специальный T5K10. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 29%;

- 010 токарной, здесь заменили резец контурный T5K10 на резец контурный специальный T5K10. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 34%;

- 060 шлифовальной, здесь заменили оправку с ручным зажимом на патрон мембранный специальный с гидроприводом. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 80%.

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [27], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,

- затраты на инструмент для операций 005 и 010;

- затраты на приспособление для операции 060;

- оборотные средства в незавершенном производстве, т.к. на токарных операциях применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 82367,45 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Шкив» в объеме 4800 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали «Шкив» по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [27]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

- затрат на основной материал ( $M$ ),
- основной заработной платы ( $Z_{пл.осн}$ ),
- начислений на заработную плату ( $H_{з.пл}$ ),
- и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{э.об}$ ).

Однако, если в ходе совершенствования технологического процесса, изменения не касаются метода получения заготовки, то величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на уровень отклонений в технологической себестоимости. Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в среднем примерно на 30,02%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 6,05 рублей, что составило 30,16%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

- цеховой себестоимости;
- заводской или производственной себестоимости;
- полной себестоимости детали по сравниваемым операциям.

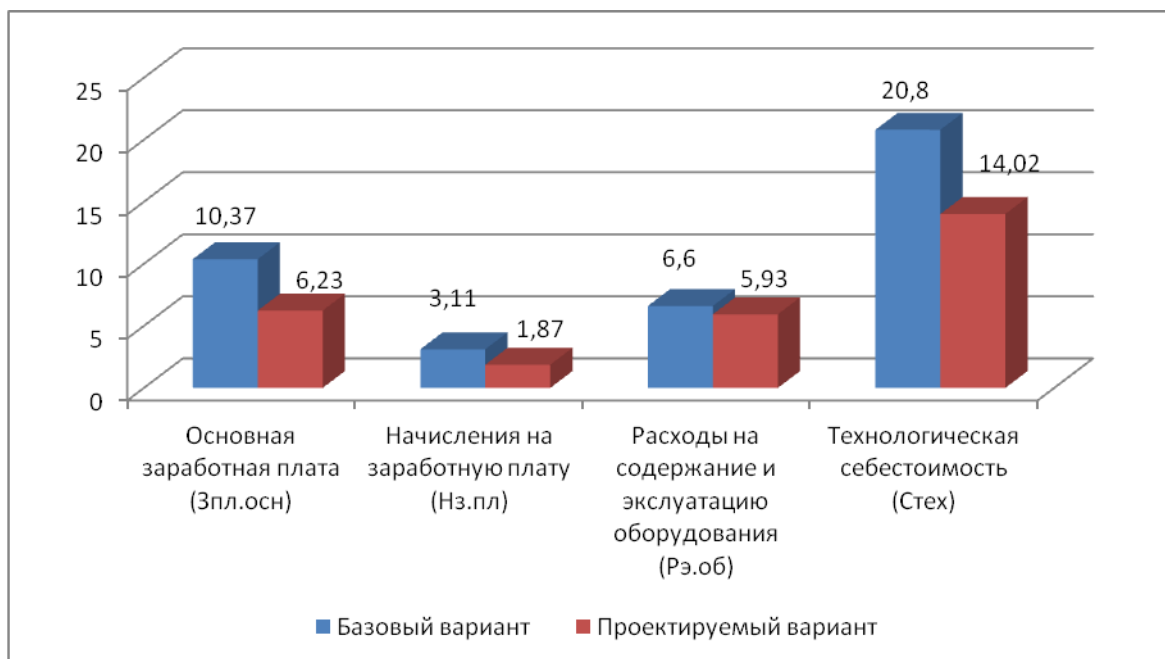


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Шкив», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [27], благодаря которой полная себестоимость ( $C_{полн}$ ) по базовому варианту составляет 57,99 рублей, а по проектируемому – 36,79 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 21,2 рублей с единицы изделия или 36,56%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [27], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ( $P_{чист}$ ), которая составит 81408 рублей;
- срок окупаемости ( $T_{ок}$ ), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ( $ЧДД$ ), величина которого равна 17275,94 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если ЧДД  $> 0$ , то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если ЧДД  $< 0$ , то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк. Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Шкив» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств в совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 1,21 рублей на каждый вложенный рубль.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения работы стал технологический процесс изготовления шкива привода коробки скоростей токарно-расточного станка М52, который обеспечил выполнение всех технических требований предъявляемых к шкиву при оптимальных экономических показателях, что подтверждено соответствующими расчетами.

Для этого были решены следующие задачи:

- 1) спроектирована заготовка на основе определения маршрутов обработки поверхностей, расчета режимов резания и исходных параметров,
- 2) спроектирован план изготовления детали на основе типового маршрута обработки детали с определением средств оснащения и схем базирования,
- 3) спроектированы технологические операции с проведением определения режимов обработки и технологического нормирования,
- 4) модернизированы сверлильная и токарная операции путем проектирования специального станочного приспособления и токарного резца соответственно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Химический состав и физико-механические свойства стали 40ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zavodsz.ru/files/gost/40hgnm.pdf> (дата обращения: 20.04.2019).
3. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 20.04.2019).
4. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 620 с.
5. Схиртладзе, А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.
6. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 27.04.2019).
7. Пухаренко, Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 27.04.2019).

8. Седых, Л.В. Технология машиностроения: практикум / Л.В. Седых. – Москва. : МИСиС, 2015. - 73 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/69757> (дата обращения: 06.05.2019).

9. 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.

10. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 06.05.2019).

11. Константинов, И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению 22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.

12. Горохов, В.А. Материалы и их технологии: учеб. для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Горохова. - Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 588 с.

13. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.05.2019).

14. Технология машиностроения: курсов. проектирование и диплом. проектирование: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности 15.05.01 "Проектирование технол. машин и комплексов" и направлению подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" (бакалавриат) / М. Ф. Пашкевич [и др.]. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 443 с.

15. 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: 13.05.2019).

16. 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.

17. Мещерякова, В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 20.05.2019).

18. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 20.05.2019).

19. 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.

20. Пелевин, В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 20.05.2019).

21. Пухаренко, Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 25.05.2019).

22. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 25.05.2019).

23. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г.

Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. - 517 с.

24. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.

25. Клименков, С.С. Обработывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. - 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 30.05.2019).

26. 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: 05.06.2019).

27. 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: 07.06.2019).

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Спецификации к сборочным чертежам**









## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

### **Маршрутные карты**







А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	Код, наименование оборудования											
Т 65	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75											
66												
А 67	XX XX XX 055 4132 Внутршлифовальная											
Б 68	381312 Внутршлифовальный 3К228 3 18873 312 1Р 1 1 1200 1 1,89											
0 69	Шлифовать поверхность: 1, 30, 31 в размер $\phi 15,94_{-0,013}^{+0,052}$ ; 32 $_{-0,013}^{+0,052}$ ; 35 $_{-0,013}^{+0,052}$											
Т 70	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75											
71												
А 72	XX XX XX 060 4131 Шлифовальная											
Б 73	381311 Круглошлифовальный 3Е153 3 18873 312 1Р 1 1 1200 1 1,03											
0 74	Шлифовать поверхность 8, в размер $\phi 81,54_{-0,013}$											
Т 75	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная											
Т 76	СР ГОСТ11098-75.											
77												
А 78	XX XX XX 065 4132 Внутршлифовальная											
Б 79	381312 Внутршлифовальный 3К228 3 18873 312 1Р 1 1 1200 1 0,76											
0 80	Шлифовать поверхность: 24, 33 в размер $\phi 25_{-0,0065}^{+0,0005}$ ; 12,5 $_{-0,0065}^{+0,027}$											
Т 81	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75											
82												
А 83	XX XX XX 070 4132 Внутршлифовальная											
Б 84	381312 Внутршлифовальный 3К228 3 18873 312 1Р 1 1 1200 1 0,77											
0 85	Шлифовать поверхность: 30, 31 в размер $\phi 15,6_{-0,043}^{+0,043}$ ; 32 $_{-0,043}^{+0,052}$											
Т 86	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75											
87												
МК												



**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Операционные карты**









