

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 оси ременного вариатора

Студент

А.А. Батраев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

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

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.В. Краснов

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

Тольятти 2020

Аннотация

Батраев А.А. Технологический процесс изготовления оси ременного вариатора. ТГУ - Тольятти. 2020.

В работе выполнено проектирование технологии изготовления детали – ось ременного вариатора. Деталь ответственная и сложная с целым рядом не технологических элементов. Поэтому в работе выполнен анализ технологичности и предложены меры по устранению или частичному снижению этих не технологичных конструктивных особенностей.

Технология изготовления оси временного вариатора выполняется для мелкосерийного производства с использованием автоматизированных станков с числовым программным управлением. Это позволяет увеличить скорость обработки, производительность снятия материала и за счёт этого снизить время и себестоимость изготовления данной детали. Выбранное оборудование обеспечивает высокую гибкость, что необходимо для условий мелкосерийного производства.

Для обеспечения надежного и точного закрепления спроектировано приспособление типа универсального сборного приспособления для выполнения переходов на токарно фрезерном центре. Его использование позволяет снизить вспомогательное время, повысить точность, повысить производительность обработки. Для обеспечения заданной точности и качества также спроектирован высокопроизводительной сборной инструмент, в котором используются режущие пластины, обеспечивающие высокий уровень стойкости, стружкодробления.

Все операции, приведённые в записке, обоснованы мерами по охране труда и обеспечению экологичности. Предложенные усовершенствования подтверждается экономическим расчетом.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали.....	5
1.2 Анализ служебного назначения поверхностей вала.....	5
1.3 Анализ технологичности.....	7
2 Технологическая часть работы	11
2.1 Анализ базового техпроцесса	11
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	11
2.3 Выбор технологических переходов	14
2.4 Расчет припуска аналитически	16
2.5 Проектирование заготовки.....	17
2.6 Разработка технологического маршрута	19
2.7 Разработка схем базирования	20
2.8 Выбор оснащения.....	22
2.9 Разработка технологических операций	26
3 Проектирование специальных средств оснащения	33
3.1 Сбор данных	33
3.2 Расчет усилия зажима.....	34
3.3 Расчет зажимного механизма	38
3.4 Расчет силового привода.....	38
3.5 Расчет точности установки в патроне.....	39
3.6 Описание работы патрона.....	39
3.7 Проектирование режущего инструмента	41
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	43
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	43
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
4.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	44
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47
5 Экономическая эффективность работы	50
Заключение	55
Список используемых источников.....	56
Приложение А Технологическая документация.....	60
Приложение Б Спецификация приспособления	66
Приложение В Спецификация инструмента	68

Введение

Качество проектирования технологического процесса определяет конкурентоспособность изготавливаемой в условиях современного машиностроения продукции. Изготовление деталей различных редукторов является ответственной задачей машиностроительного производства. Это связано с важностью задач, которые выполняют данные механизмы. Необходимо обеспечить силовые и скоростные характеристики, а также надежность работы этих исполнительных механизмов. Для этого технология изготовления деталей редукторов должна отличаться надежностью, стабильностью, точностью, производительностью с учетом того, что современное производство постепенно переходят к индивидуализированному производству.

Необходимо обеспечить максимальное снижение издержек. Для этого используют автоматизированные высокопроизводительные станки, обладающие высокой гибкостью для максимально быстрой и эффективной переналадки на обработку различных заготовок. Технология изготовления оси ременного вариатора проводится с учетом всех современных тенденций в развитии технологической отрасли. Технолог должен использовать при разработке своих технологий самые современные достижения в области станкостроения, инструментального обеспечения, методы расчета и проектирования технологических операций.

Для обеспечения качества изделия необходимо использовать правильно выбранный пооперационный и комплексный контроль всех основных параметров детали. К ним необходимо отнести точность размеров, точность формы и расположения поверхностей, шероховатость поверхностей, твердость материала, химический состав. Для этого в ходе технологического процесса необходимо предусмотреть весь набор контрольных приемов и операций, а также соответствующие контрольно-измерительную оснастку и инструмент для снижения себестоимости.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Необходимо разработать высокопроизводительный процесс обработки вала оси ременного вариатора.

Ось ременного вариатора предназначена для передачи крутящего момента от двигателя на конические шкивы, которые путем осевого перемещения меняют передаточное отношение ременной передачи. Ось ременного вариатора работает в условиях циклических нагрузок при передаче вращения. Также она испытывает высокие силы трения при перемещении подвижной половины шкива по шлицевой поверхности. Для обеспечения постоянства усилия прижима этот подвижный шкив подпружинен при помощи цилиндрической пружины и упорной гайки. Усилие поджима пружины регулируется при помощи регулировочной гайки, которая перемещается по резьбе оси ременного вариатора. Передача крутящего момента на ось проводится при помощи шпоночной передачи внутри отверстия детали. Для закрепления неподвижной части шкива используется фланец детали. Для центрирования шкива используется штифт, а его закрепление производится винтами. Для подачи смазки к трущимся узлам внутри оси выполнена система смазочных отверстий. Два отверстия взаимно перпендикулярны. Длинное продольное отверстие набивается консистентной смазкой и заглушается винтом. Отверстия перпендикулярно выходят радиально в месте контакта отверстия шкива и шлицев оси.

1.2 Анализ служебного назначения поверхностей вала

Номера поверхностей вала представлены на рисунке 1.

Рабочая поверхность оси - боковые поверхности шлицев и шпоночного паза внутри отверстия, также фланец с отверстиями и прилегающая шейка.

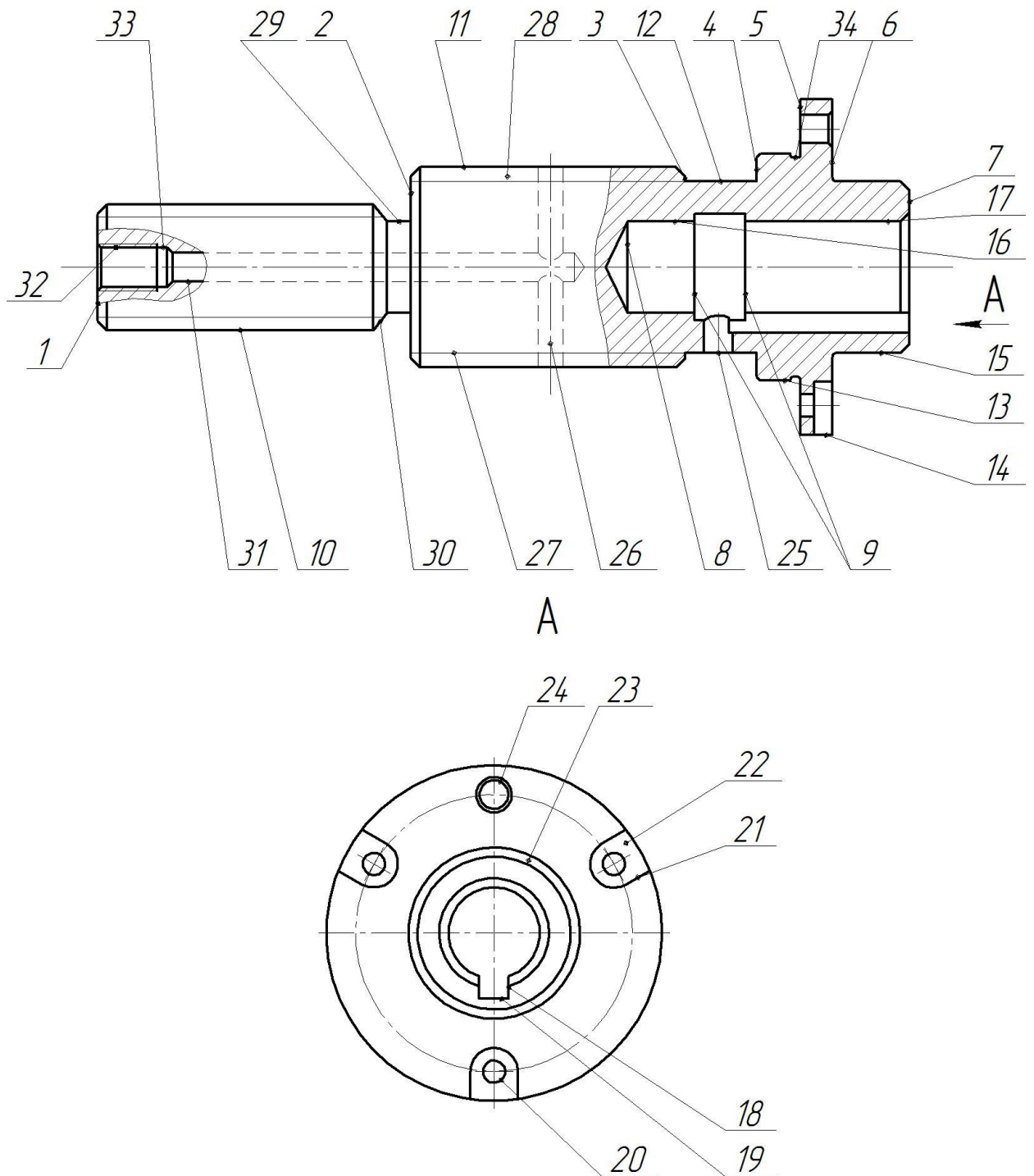


Рисунок 1 - Эскиз вала

Основные базы – это отверстие под выходной вал двигателя привода со шпоночным пазом. В осевом направлении ось базируется и ориентируется при помощи ременной передачи за счет само установки. Конические поверхности шкивов выполняют функцию осевой фиксации.

Вспомогательные базы – это все поверхности, которые расположены слева от установочного фланца и служат для присоединения элементов шкива, закрепления неподвижной половиной шкива (посадочная шейка и буртик, отверстия для крепления) и поверхности для перемещения и регулировки подвижной половиной шкива (шлицы, резьба).

1.3 Анализ технологичности

Деталь ось ременного вариатора является не технологичной, так как она имеет целый ряд не технологичных элементов.

Материал детали: углеродистая низколегированная сталь 40ХМ [9]. Этот материал не дефицитный и имеет хорошие технологические свойства по обрабатываемости. Конструктивные элементы детали стандартизированы, но не унифицированы. Например, отверстия под смазку в различных направлениях имеют разные диаметры. Это расширяет номенклатуру применяемого мелкоразмерного сверлильного инструмента.

Деталь является не технологичной в связи с большим количеством сложных конструктивных элементов. К ним можно отнести фланец с штифтовыми и крепежными отверстиями и с посадочным буртиком.

Отверстие в продольном направлении детали, из-за его соотношения длины к диаметру, относится к категории глубоких.

С другой стороны в детали выполнено глухое отверстие. Глухое отверстие со шпоночным пазом также трудно обработать. Оно получается в материале после сверления и растачивания по 7 качеству, так как поверхность предназначена для стыкования с выходным валом двигателя. В отверстии выполнена канавка. При этом форма канавки нестандартная из-за ее большой ширины. Связано это с необходимостью выхода в это отверстие перпендикулярного отверстия для подачи смазки.

Система смазочных каналов небольшого размера требует использование мелкоразмерного осевого инструмента. Отверстия

радиальные под смазку в двух местах нетехнологичны из-за сложности захода инструмента. Система смазочных отверстий выполняется мелкоразмерным инструментом и требует в радиальном направлении предварительной зацентровки. Для обработки осевого отверстия необходимо использовать сверло для глубокого сверления в связи с затрудненным отводом стружки [8].

К не технологическим элементам этой детали можно отнести также резьбовую часть, которая имеет резкий переход в большую канавку между резьбовой частью и прилегающим буртиком. Для повышения технологичности необходимо обеспечить плавный переход под углом 45° .

Ось вариатора обрабатывается в условиях мелкосерийного производства. В качестве заготовки такой детали необходимо выбрать или прокат нормальной точности или использовать поковку.

Для проката требуется обработка всех поверхностей детали с большими напусками. Второй способ обеспечивает форму заготовки более приближенную к форме готовой детали, что позволит сэкономить материал и снизить затраты на механическую обработку [23].

В целях повышения точности и качества обработки необходимо правильно выбирать методы обработки поверхностей, исходную заготовку, правильно рассчитывать режимы резания и выполнять нормирование технологических операций.

Ось имеет высокоточную резьбовую поверхность для установки регулировочной гайки под пружину. Это резьба имеет достаточно большой размер М34. Соответственно, требуется последовательная обработка в виде нескольких переходов. Для чернового нарезания резьбы используется, например, токарный резьбовой инструмент. Окончательная обработка резьбы будет на резьбошлифовальном станке.

Отверстие под установку вала двигателя привода имеет шпоночный паз. Этот шпоночный паз не имеет свободного выхода, кроме как широкой внутренней канавки. Единственным методом его формирования является

переход - долбление. С учетом возможности современного автоматизированного оборудования предлагается данный переход выполнить на токарном обрабатывающем центре [12]. Выбор оборудования связан также с обработкой фланца оси. По периметру фланца выполняется комплекс отверстий. Одно из них под штифты с высокой точностью (7 квалитет). Три других служат для закрепления неподвижной половинки конического шкива при помощи винтов. Под винты отверстия выполнены с заглаблением в виде полуоткрытого паза. Это требует использования метода фрезерования концевыми фрезами в радиальном направлении. Данный переход также можно осуществить на современном токарном обрабатывающем центре.

Деталь имеет шлицевую поверхность, которая используется для центрирования подвижной половинки шкива под ремень вариатора. Подвижный блок шкива по шлицам имеет центрирование по наружной поверхности шлицев вала и по боковой поверхности шлица.

Количественные показатели технологичности следующие. Коэффициент средней точности [21]:

$$K_T = 1 - \frac{1}{\bar{A}}, \quad (1)$$

где $\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n IT \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$ - средний квалитет.

$$\bar{A} = 10,84,$$

$$K_T = 0,908 > 0,85.$$

По данному показателю деталь является технологичной.

Коэффициент средней шероховатости:

$$K_{Ra} = \frac{1}{\bar{Ra}}, \quad \text{где } \bar{Ra} = \frac{\sum_{i=1}^n Ra_i}{n}. \quad (2)$$

$$\bar{Ra} = 9,726, \quad K_{Ra} = 0,103 < 0,32.$$

По данному показателю деталь также является технологичной.

Коэффициент использования материала для проката:

$$K_{им} = \frac{q}{Q} = \frac{5,2}{8,7} = 0,59 < 0,6, \quad (3)$$

где q-масса детали, кг;

Q-масса заготовки, кг.

Для выбранного предварительно метода штамповки можно обеспечить средний показатель по расходу материала ниже, чем у проката.

Коэффициент унификации:

$$\frac{N_{ун}}{N_{\Sigma}} = 0,98 > 0,95, \quad (4)$$

т. е. поверхности вала в основном унифицированы.

Для установки оси используется комбинированная схема базирования. С одной стороны по шейке с упором в торец, с другой – по шейке с поджимом задним центром в отверстии с фаской под резьбу или с использованием люнета.

Вывод по разделу

Была проанализирована конструкция оси с учетом выявленного служебного назначения. Анализ количественных показателей технологичности показал ее хорошую технологичность.

Для обработки глубокого отверстия необходимо использование специализированного инструмента в виде одно кромочного сверла с внутренним подводом смазочно-охлаждающей жидкости. Затруднения также будут при обработке глухого точного отверстия и паза внутри него.

2 Технологическая часть работы

2.1 Анализ базового техпроцесса

Годовой объем выпуска составляет 500 деталей в год. С учетом приблизительной массы в 2,6 кг это соответствует мелкосерийному типу производства [10].

Для детали данного типа требуется последовательная обработка. Она проходит на станках токарного типа на черновой и чистовой стадиях. Для формирования резьбовой и шлицевой поверхностей необходимо применить специализированные методы обработки. Предпочтительнее методы обката – зубофрезерование червячными фрезами. Отверстие требует также полного цикла обработки. Отверстие базовое, точное, требования высокие и вся обработка содержит переходы по сверлению, растачиванию и шлифованию. Из-за необходимой высокой твердости поверхностного слоя, его износостойкости используется термообработка – закалка ТВЧ. После чего необходимо ввести шлифование шеек. Обработка зубьев и шлицев также требует применения шлифовальных переходов. Для каждого этапа применяется свой тип станка. Лимитирующими переходами будет чистовая токарная обработка, обработка зубьев и шлицев. Более подробно все эти методы рассмотрены далее в данном разделе. Для повышения эффективности и производительности обработки предлагается использовать высокоскоростной обрабатывающий токарный центр с возможностью выполнения на нем зубофрезерных переходов методом обката.

2.2 Выбор и проектирование заготовки

Сравниваться будут для условий мелкосерийного производства прокат и штамповка. Это два самых распространенных способа для данного типа детали. Себестоимость получения и обработки заготовок [12, 13]:

$$C_T = \frac{g}{K_{ИМ}} \cdot (C_{заг} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_M)), \quad (5)$$

где g – масса вала, кг;

$K_{ИМ}$ – коэффициент использования материала [15];

$C_{заг}$ – стоимость исходной заготовки, руб/кг;

$C_{мех}$ – затраты на обработку, руб/кг;

$C_{отх}$ – цена лома, $C_{отх} = 0,0298$ руб/кг.

Затраты по удалению одного килограмма стружки лезвийным и абразивным инструментом:

$$C_{мех} = C_c + E_M C_K, \quad (6)$$

где $C_c = 4,95$ – переменные часть, руб/кг;

$C_K = 10,85$ – капитальные вложения, руб/кг;

$E_H = 0,15$ – коэффициент отдачи капитальных вложений.

После подстановки:

$$C_{мех} = C_c + E_M C_K = 4,95 + 0,15 \cdot 10,85 = 6,58 \text{ руб/кг.}$$

С учетом полученных параметров штамповка будет стоить:

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_M \cdot k_n \text{ руб/кг,} \quad (7)$$

где $C_{шт} = 38,26$ руб/кг – стоимость штамповки на ГКШП.

Параметры для расчета штамповки следующие:

$k_m = 1$ для четвертого класса размерной точности;

$k_c = 0,8$ для второй группы сложности штамповки;

$k_v = 0,9$ для материала 40ХМ;

$k_m = 1,0$ для массы более 5 кг;

$k_n = 1,3$ для мелкосерийного производства. Тогда стоимость штамповки:

$$C_{заг} = 38,26 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 31,8 \text{ руб/кг.}$$

Стоимость проката

$$C_{заг} = C_{mat} \cdot h_{\phi} \text{ ,руб/кг} \quad (8)$$

где C_{mat} - стоимость материала, $C_{mat} = 20,74$ руб/кг;

h_{ϕ} - коэффициент формы проката, $h_{\phi} = 1,03$.

$$C_{заг} = 20,74 \cdot 1,03 = 21,36, \text{ руб/кг.}$$

С учетом найденных затрат на единицу массы заготовки найдем технологическую себестоимость изготовления детали по двум вариантам.

Для штамповки:

$$C_T = \frac{2,6}{0,7} \cdot (31,8 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,75)) = 114,7 \text{ руб.}$$

где $K_{им1} = \frac{q}{Q} = \frac{2,6}{3,5} = 0,75$.

Для проката:

$$C_T = \frac{2,6}{0,3} \cdot (21,36 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,3)) = 216,5 \text{ руб}$$

где $K_{им2} = \frac{q}{Q} = \frac{2,6}{5,7} = 0,3$.

Более выгодным способом является штамповка.

2.3 Выбор технологических переходов

Для обеспечения заданной точности шлицевой поверхности оси ее необходимо обрабатывать по полной технологии, включая черновое зубофрезерование шлицевыми фрезами методом обката. Далее окончательная обработка на шлицешлифовальной операции. Для того, чтобы разделить обрабатываемую боковую поверхность шлица и впадину шлица на первой зубофрезерной операции проводим подрезку ножки шлица при помощи модифицированной червячной фрезы [22].

Для обеспечения высокой точности комплекса цилиндрических внутренней и наружной поверхностей, резьбовой, шлицевой поверхностей после термообработки предусмотрена группа шлифовальных операций на специализированном оборудовании. Вся технология изготовления данной оси соответствует типовому техпроцессу изготовления шлицевого вала.

В таблице 1 рассмотрены все поверхности с точки зрения их обработки от заготовительного этапа до окончательного формирования по заданным требованиям.

Таблица 1 - Выбор технологических переходов

Поверхность	Квалитет	Качество, Ra мкм	Переход
1	2	3	4
1 Плоская	12	6,3	Подрезка черновая (Ra 6,3; 12 кв). – ТО
2 То же	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) – ТО
3 Фасонная	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) - точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.)- ТО
4 Плоская	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) - точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.)- ТО
5 То же	12	1,25	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) – точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.)- ТО; шлифование чистовое (Ra 1,25; 7 кв.)
6 Плоская	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) - ТО
7 То же	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) – ТО

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
8 Отверстие	12	6,3	Сверление (Ra 6,3; 12 кв) - ТО
9 Канавка	12	6,3	Растачивание черновое (Ra 6,3; 13кв) – ТО
10 Резьба наружная	6	2,5	Точение черновое (Ra 6,3; 13кв) - точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.) - Резьбнарезание чистовое (Ra 3,2; 8 ст.т.) – ТО; резьбовое шлифование (Ra 2,5; 6 ст.т.)
11 Шлицы	7	2,5	Зубофрезерование черновое (Ra 6,3; 9 ст.т.) - ТО – шлифование чистовое (Ra 2,5; 7 кв.)
12 Цилиндрическая	12	6,3	Точение торца черновое (Ra 6,3; 13кв) – точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.)- ТО
13 Цилиндрическая	6	1,25	Точение черновое (Ra 6,3; 13кв); точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.); ТО; шлифование чистовое (Ra 2,5; 7 кв.); шлиф тонкое (Ra 1,25; 6 кв)
14 Цилиндрическая	12	6,3	Точение черновое (Ra 6,3; 13кв) - ТО
15 Цилиндрическая наружная	12	6,3	Точение черновое (Ra 6,3; 13кв) - ТО
16 Отверстие	12	6,3	Сверление (Ra 6,3; 12 кв) - ТО
17 Отверстие	7	1,25	Сверление (Ra 6,3; 12 кв); Растачивание (Ra 2,5; 9 кв.); ТО; шлифование внутреннее (Ra 2,5; 7 кв.)
18, 19 Паз	9	2,5	Долбление (Ra 2,5; 9 кв.); ТО
20 Отверстие	12	6,3	Сверление (Ra 6,3; 12 кв) - ТО
21 22 Паз	12	6,3	Фрезерование (Ra 6,3; 12 кв) - ТО
23 Фаска	12	6,3	Точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.); ТО
24 Отверстие	6	1,25	Сверление (Ra 6,3; 12 кв) – Зенкерование (Ra 2,5; 9 кв.); Развертывание (Ra 1,25; 7 кв.); ТО
25, 26 Отверстие	12	6,3	Сверление (Ra 6,3; 12 кв) –ТО
26 Резьбовая	8g	12,5	Резьботочение (Ra 2,5; 6); ТО; шлифование (Ra 1,25; 4 кв.)
27 Шлицы	11	6,3	Зубофрезерование черновое (Ra 6,3; 9 ст.т.) - ТО
28 Шлицы	7	2,5	Зубофрезерование черновое (Ra 6,3; 9 ст.т.) – Зубошлифование (Ra 2,5; 7-С ст.т.)
29,30 Канавка	12	6,3	Точение чистовое (Ra 2,5; 9 кв.)- ТО

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
31 Отверстие	12	6,3	Глубокое сверление (Ra 3,2; 11 кв.); ТО
31 Резьбовое отверстие	8	3,2	Сверление (Ra 6,3; 11 кв.); Нарезание резьбы (Ra 3,2; 8 кл.т.) ТО
32 Отверстие	12	12,5	Сверление (Ra 6,3; 11 кв.); ТО
Примечание: ТО- термообработка; кв. – квалитет, ст. т. – степень точности; кл. т.- класс точности			

2.4 Расчет припуска аналитически

Рассчитаем припуск на поверхность 13 диаметром $D = 62_{+0.032}^{+0.051}$ мм и шероховатостью Ra1,25мкм. Расчеты [12] занесем в таблицу 2.

Таблица 2 - Расчет припуска

Переход	Элемент припуска, мкм				Td, мм	2·Z, мм		D, мм	
	T	R _z	ρ	ε _ц		min	max	min	max
Штамповка	120	80	1760	-	2,4			65,4	67,8
Точение черновое	30	25	72	50	0,46	2·1,40	2·2,37	62,56	63,02
чистовое	30	16	48	20	0,12	2·0,13	2·0,30	62,30	62,42
Шлифование чистовое	15	10	24	10	0,03	2·0,09	2·0,13	62,13	62,16
тонкое	8	5	12	7	0,019	2·0,05	2·0,05 5	62,031	62,051

Элементы припуска включают в себя пространственные отклонения заготовки. Для их расчета у штамповки необходимо учесть два параметра. Это коробление $\rho_{кор}$, вызванное изгибом оси заготовки. Второй фактор - это смещение цилиндрических поверхностей $\rho_{см}$ относительно друг друга. Коробление рассчитывается исходя из удельной величины коробления, которая берется из справочных таблиц. Другой фактор, который учитываются при ее расчете - это длина заготовки. В случае использования центровых отверстий учитывается еще фактор - погрешность зацентровки $\rho_{ц}$

в осевом направлении. Величина смещения определяется смещением штамповой оснастки при выполнении заготовительных переходов штамповки:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (9)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l = 2 \cdot 110 = 220 \text{ мкм}, \quad (10)$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot TD_3^2 + 1} = \sqrt{0,25 \cdot 2,4^2 + 1} = 1,56 \text{ мм}, \quad (11)$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{0,22^2 + 1,56^2 + 0,8^2} = 1,76 \text{ мм}.$$

Исходная величина коробления $\rho_{\text{заг}}$ с каждым переходом уменьшается в соответствии с коэффициентом уточнения K_{1-4}

$$\rho_{\text{точ1}} = K_1 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 1,76 = 0,072 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{точ2}} = K_2 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 1,76 = 0,048 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{шл2}} = K_3 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 1,76 = 0,024 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{шл2}} = K_4 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,03 \cdot 1,76 = 0,012 \text{ мм}.$$

Рассчитаем номинальный размер заготовки:

$$d_{\text{min1}} + 1/3TD = 65,4 + 1/3 \cdot 2,4 = 66,2 \text{ мм}. \quad (12)$$

Схема расположения припуска представлена на рисунке 2.

2.5 Проектирование заготовки

Внешние штамповочные уклоны принимаем равными 5° . Радиусы сопряжений 5 мм [4]. Эти параметры обеспечат технологичность заготовки и исключат появление концентраторов напряжений.

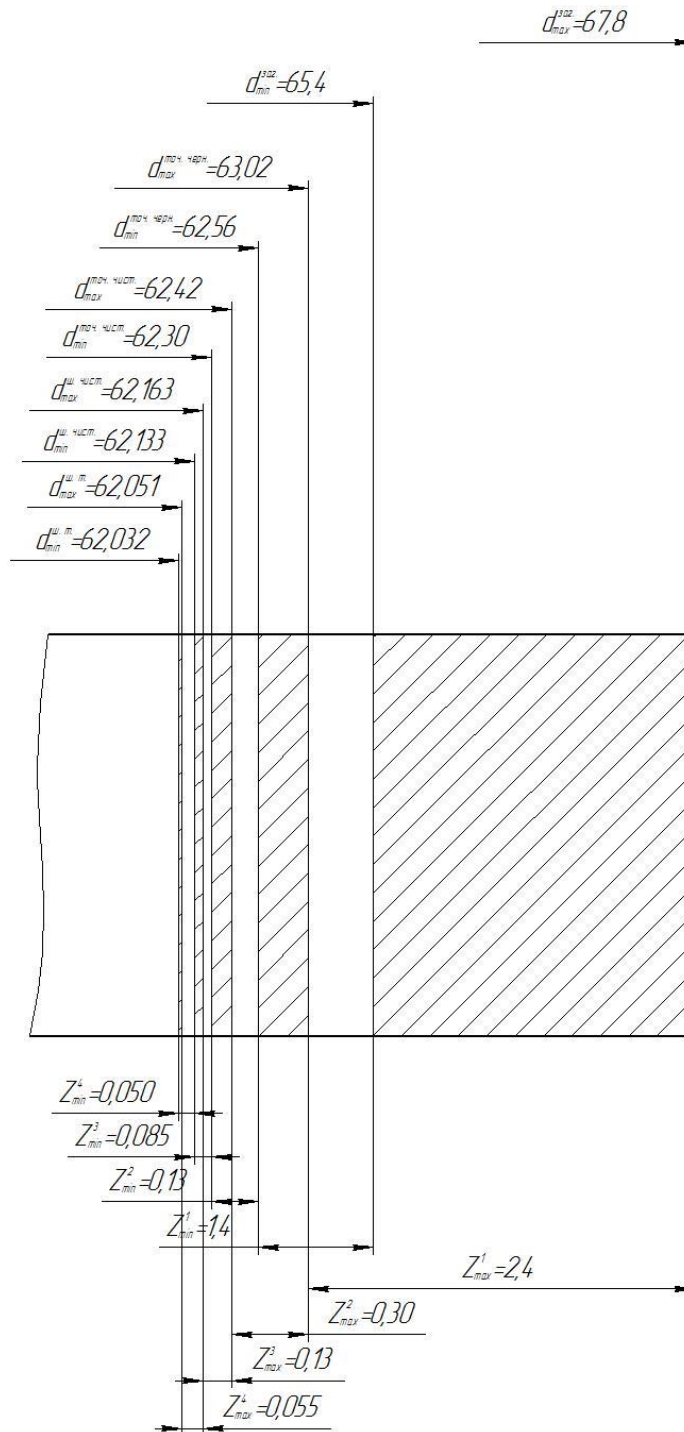


Рисунок 2 - Схема расположения припусков

Проектирование штамповки включает назначение допусков и припусков по исходным данным, учитывающим группу материала – М2, степень сложности – С2, класс точности – Т4 и ориентировочную массу 3,4

кг. По этим параметрам определяем исходный индекс – 13. По нему находятся припуски и допуски, показанные в таблице 3 [6, 12].

Таблица 3 - Допуски и припуски на штамповку, мм

Размеры	Припуск	Допуск	Окончательный размер
Диаметр 62	2,1	+1,6 -0,8	Диаметр $66,2^{+1,6}_{-0,8}$
Диаметр 90	2	+1,6 -0,8	Диаметр $92,4^{+1,6}_{-0,8}$
Диаметр 46	2,5	+1,2 -0,6	Диаметр $51^{+1,2}_{-0,6}$
Длина 220	3	+1,8 -0,9	$226^{+1,8}_{-0,9}$
Длина 20	3	+1,0 -0,5	$20^{+1,0}_{-0,5}$
Длина 9	3	+0,6 -0,3	$15^{+0,6}_{-0,3}$

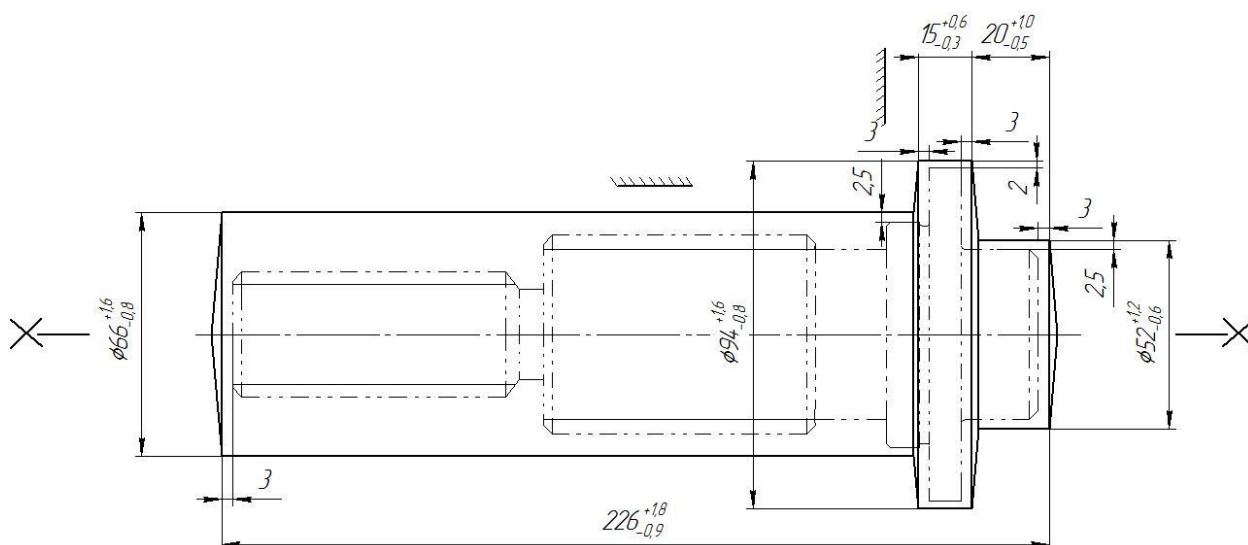


Рисунок 3 - Штамповка оси

2.6 Разработка технологического маршрута

В подразделе, на основе типового технологического процесса изготовления вала, спроектирована технология изготовления оси ременного вариатора, учитывающая замечания раздела 1 [11].

В таблице 4 приведено сравнение базовой и предлагаемой технологий для реализации на многофункциональном обрабатывающем центре.

Таблица 4 - Анализ технологий

Базовая технология	Комплексная технология
Наладка станка	Наладка станка
Токарная обработка, включая резьбонарезание, сверление отверстия (соосного), растачивание канавки	Токарная обработка, резьбонарезание, фрезерование зубьев шлицов, сверление отверстий (всех), фрезерование пазов, долбление паза, растачивание канавки
Транспортировка, хранение	Транспортировка, хранение
Наладка	Наладка
Фрезерная обработка пазов	Экономия
Наладка	
Фрезерование зубьев	
Наладка	
Сверление отверстий (во фланце)	
Термообработка	Термообработка
Наладка	Наладка
Круглошлифовальная (черновая, чистовая)	Круглошлифовальная (черновая, чистовая)
Транспортировка, хранение	Транспортировка, хранение
Наладка	Наладка
Шлицешлифование	Шлицешлифование
Наладка	Наладка
Резьбошлифование	Резьбошлифование

2.7 Разработка схем базирования

Черновая база для установки штамповки на первом переходе токарной операции – цилиндрическая 14 и торец 1. Заготовка выдвигается на небольшое расстояние из кулачков патрона.

Данный способ установки необходим для подрезки торца и зацентровки.

Таблица 5 - Технологический маршрут изготовления оси

№ опер.	Наименование	Оборудование	Содержание	Квалитет	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная	Пресс гидравлический	Штамповка всей заготовки	17	20
010	Токарная комплексная	Токарно-фрезерный центр Multus U3000	Установ А Подрезка торца и зацентровка 1, 33 Установ Б Точение черновое по контуру: поверхности 10, 2, 11, 3, 4, 5, 12, 14 Установ В Точение черновое по контуру: поверхности 7, 6, 15 Точение чистовое по контуру: 7, 6, 15 Сверление поверхность 8, 16 Растачивание поверхности 9 Растачивание чистовое 17 Долбление паза 18, 19 Установ Г Точение чистовое по контуру: 10, 29, 2, 11, 3, 12, 4, 5, 34, 13 Резьбонарезание 10 Зубофрезерование шлицев 27, 28 Сверление отверстий 31 Нарезание резьбы 32 Сверление отверстий с предварительной зацентровкой 25, 26 Сверление отверстий 20 Фрезерование пазов 21, 22 Сверление отверстия 24 Зенкерование отверстия 24 Развертывание отверстия 24	13 9 13 13 10 12 12 9 9 8 6 9 8 9 9 10 11 12 11 9 7	6,3 2,5 6,3 6,3 3,2 6,3 6,3 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 3,2 3,2 3,2 3,2 2,5 1,25
020	Термообработка	Печь	Закалка поверхности 11, 27 и 28	-	-
030	Круглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный полуавтомат	Шлифовать поверхности 11, 13, 5	7	2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
		КШ-3 CNC			
040,0 60	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3 CNC	Шлифовать поверхности 11, 13	6	1,25
050	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный полуавтомат GearSpect SBO 340 CNC Basic	Шлифовать поверхность 28	7	1,25
070	Резьбошлифовальная	Резьбошлифовальный полуавтомат 5822M	Шлифовать поверхность 10	6	1,25
080	Моечная	Камерная мойка	Мойка	-	-
090	Контрольная	Стенд	Контроль комплексный	-	-

Далее базы сменяются в соответствии с принципом постоянства баз. С одной стороны это шейка 15 и отверстие 33. С другой шейка 11 и торец 5.

Смена баз на одном станке реализуется за счет использования дополнительной опоры с центром и двух шпинделей, один из которых подвижный в осевом направлении. Для установки может использоваться вариант, когда вместо центра используется самоцентрирующий люнет [12].

Схемы базирования представлены на листе плана изготовления [10].

2.8 Выбор оснащения

В таблицах 6 - 8 даются в подробностях все оборудования и средства оснащения по технологии изготовления оси [10, 15, 19, 20, 22], включая зажимные приспособления и обрабатывающий инструмент.

Таблица 6 - Выбор технологического оборудования

№ опер.	Наименование оборудования	Габариты станка	Рабочая зона		Диапазон и число скоростей (об/мин)	Диапазон подачи и число подач (мм/об) (мм/мин)	N, кВт
			длина (L)	ширина (D)			
010	Токарно-фрезерный центр Multus U3000	4925x2995x3052	650	1000	12,5-5000 б/с	продольная: 3-200 поперечная: 1,5-600 Б/с	22
020	ТО	-	-	-	-	-	-
030	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3CNC	2180 x 1630 x 1870	200	360	-	-	5
040	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3	2180 x 1630 x 1870	200	360	-	-	5
050	Зубошлифовальный полуавтомат GearSpect SBO 340 CNC Basic	2000x1800x1800	350	-	1000-2000 б/с	продольная максимальная 5 мм/об	5
060	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3	2180 x 1630 x 1870	200	360	-	-	5
070	Резьбошлифовальный полуавтомат 5822M	1940x1800x1600	200	500	1440, 1680, 2010, 2380	-	12

Таблица 7 - Выбор станочного приспособления

№ опер.	Наименование оборудования	Наименование приспособления	Установочные элементы	зажимные элементы
1	2	3	4	5
010	Токарно-фрезерный центр Multus U3000 ГО	Патрон 7100-0026 ГОСТ 2675-80 Люнет опорный трех роликковый с гидравлическим зажимом	Кулачки, ролики	
020	Печь электрическая	-	-	-
030,040	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3СNC	Патрон цанговый серия QCRS 80. Люнет опорный трех роликковый с гидравлическим зажимом	Цанга, ролики	
050	Зубошлифовальный полуавтомат GearSpect SBO 340 CNC Basic	Патрон цанговый серия QCRS 80. Люнет опорный трех роликковый с гидравлическим зажимом	Цанга, ролики	
060	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3	Патрон цанговый серия QCRS 80. Люнет опорный трех роликковый с гидравлическим зажимом	Цанга, ролики	
070	Резьбошлифовальный полуавтомат 5822М	Патрон цанговый серия QCRS 80. Люнет опорный трех роликковый с гидравлическим зажимом	Цанга, ролики	

Для контроля и измерений используем следующие средства: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78; прибор БВ-5061 цехового типа; скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; профилометр TR-110 [15].

Таблица 8 - Выбор режущего инструмента

№ операции	Режущий инструмент	Метод обработки	Инструментальный материал	Геометрия				
				φ	φ	α	γ	τ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Резец контурный DCLNR 1616H 12, пластина CNMG 12 04 08-PR, материал – 4325	Точение	4325	93	5	10	-6	0,79
010	Резец для канавки R/LF 151.23-2525-40	Точение	T5K10	93		10	10	
010	Резец резьбовой BT32-PTG NR-L-2532-16	Нарезание резьбы	T5K10	93		10	10	
010	Сверло одно кромочное 426.6-1124 D48 50	Сверление	T15K6					
010	Расточная головка A16R-SDXCR 07-R	Растачивание	T5K10	93		12	8	
010	Фреза червячная шлицевая 2520-0721 ГОСТ 9324-80	Зубофрезерование	P9K10			12	0	
010	Резец долбежный							
010	Сверло центровочное	Центровка	P6M5	118	5	8		
010	Фреза концевая 2F342-1000-100-PC	Фрезерование	P6M5					
010	Сверло 870-2400-24L32-5	Сверление	P6M5	118				
010	Сверло диаметр 6	Сверление	P6M5	118				
010	Сверло диаметр 12	Сверление	P6M5	118				
010	Зенкер диаметр 7	Зенкерование	P6M5					
010	Развертка диаметр 8	Развертывание	P6M5					
010	Метчик M14	Нарезание резьбы	P6M5					
030	Круг шлифовальный с выточкой 5 500x80x123 24A 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифование	Электрокорунд белый	-	-	-	-	-
040	Круг шлифовальный с выточкой 5 500x80x123 24A 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифование	Электрокорунд белый	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
05 0	Круг шлифовальный червячный 5 500x80x123 24А 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифо- вание	Электро- корунд белый	-	-	-	-	-
06 0	Круг шлифовальный 1 18x30x10 24А 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифо- вание	Электро- корунд белый	-	-	-	-	-
07 0	Круг шлифовальный резьбовой 5 500x80x123 24А 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифо- вание	Электро- корунд белый	-	-	-	-	-

2.9 Разработка технологических операций

Расчет режимов резания выполняется на все переходы для токарной 010 операции (точение черновое, чистовое, нарезание резьбы и канавок, сверление отверстий, зенкерование, развертывание, шлиценарезание, фрезерование пазов).

Формулы для определения скорости резания [14]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (13)$$

где C_V - коэффициент для точения;

T - стойкость инструмента, мин;

m, y, x - табличные значения показателей степени;

K_v - общий поправочный коэффициент, который рассчитывается по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_\varphi \cdot K_r \quad (14)$$

где $K_{mv}, K_{nv}, K_{iv}, K_\varphi, K_r$ – поправочные параметры.

Частота вращения шпинделя для максимальной ступени:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин.}$$

Основная составляющая сила резания P_z :

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_\phi^n \cdot K_p, \quad (15)$$

где C_p , y , x , n – поправочные параметры.

Рассчитаем эффективную мощность резания:

$$N_\varepsilon = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}. \quad (16)$$

Время обработки по токарным проходам: первый – 0,37 мин и 0,33 мин; 0,32 мин; 0,02 мин. Вспомогательное время по быстрому подводу – 0,05 мин. Режимы сведены в таблицу 9.

Таблица 9 - Режимы резания для обтачивания оси

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход	Третий переход
Скорость резания	м/мин	303	359	303
Подача на оборот	мм	0,35	0,288	0,35
Минутная подача	мм/мин			
Обрабатываемый диаметр	мм	94/66	63,02	52
Обработанный диаметр	мм	90/63,02	62,42	46
Глубина резания	мм	1,9	0,22	1,9
Частота вращения	об/мин	1670	2120	1670
Максимальная мощность резания	кВт	10,8	7,44	10,8
Максимальный крутящий момент	Нм	68,1	33,5	68,1
Число проходов	-	2	1	2

Для резца контурного DCLNR 1616H 12 с пластиной CNMG 12 04 08-PR из материала – 4325 стойкость – 23 детали. Время черновой обработки – 1,1 мин. Время чистовой обработки – 1,4 мин.

Сверление отверстия диаметром 24 мм с допуском 0,21 мм длиной 80 мм. Инструмент сверло со сменной головкой 870-2400-24L32-5 из материала 4334 с креплением ISO9766:32. Стойкость 120 мин и 672 деталей Растачивание чистовое и растачивание канавки проводится расточным резцом A16R-SDXCR 07-R с пластиной DCMT 07 02 08-UM из материала 4325. Стойкость инструмента на 1030 деталей. Режимы резания в таблице 10.

Таблица 10 - Режимы резания для сверления и растачивания отверстия

Параметры	Размерность	Сверление	Растачивание канавки	Чистовое растачивание
Скорость резания	м/мин	110	332/352	333
Подача на оборот	мм	0,335	0,288	0,28
Минутная подача	мм/мин	489	1182	922
Обрабатываемый диаметр	мм	-	24	24
Обработанный диаметр	мм	24	26,4/28	24,6
Глубина резания	мм	12	0,6/0,8	0,2
Частота вращения	об/мин	1460	4000	2300
Максимальная мощность резания	кВт	11,3	2,24/3,1	-
Максимальный крутящий момент	Нм	74,1	5,4/7,3	-
Осевое усилие	Н	4870	-	-

Основное время сверления отверстия 0,17 мин, растачивание 0,03 мин, чистовое растачивание 0,02 мин.

Фрезерование пазов шириной 13 мм. Инструмент фреза двухзубая 2F342-1000-100-PC из материала 1730 с креплением DIN 1835-A/DIN 6335-NA:10. Стойкость 66 мин и 1620 деталей Режимы резания в таблице 11.

Таблица 11 - Режимы резания для фрезерования пазов

Параметры	Размерность	Первый переход
Скорость резания	м/мин	82
Подача на зуб	мм/зуб	0,121
Минутная подача	мм/мин	491
Обработанный паз	мм	13
Глубина резания	мм	0,25
Частота вращения	об/мин	2027
Максимальная мощность резания	кВт	1,5
Максимальный крутящий момент	Нм	1,36
Число проходов	-	20

Основное время для пазов 0,11 мин.

Основное технологическое время для второго установа [13]:

$$T_o = T_{o \text{ черн}} + T_{o \text{ чист}}, \quad (17)$$

$$T_{o \text{ черн(чист)}} = \frac{L}{n_{\text{ст}} \cdot S} \cdot i, \quad (18)$$

где L- расчетная длина обрабатываемой поверхности:

$$L = l + l_1 + l_2 = l + t \cdot \text{ctg} \varphi + 2,5 \cdot S \quad (19)$$

На шлицефрезерный переходы согласно технологическому маршруту будем использовать дополнительный фрезерный навесной блок-кадетку. Для данной операции будем использовать червячную фрезу диаметром 90 мм, материал режущей части P9K10.

На данном переходе обрабатываются шлицевые поверхности: 27,28. Глубина фрезерования: $t=4$ мм. Ширина фрезерования $B=8$ мм. Подача: Согласно рекомендациям назначаем подачу на оборот: $S_0 = 2,2$ мм/об.

Тогда подача на зуб будет равна:

$$S_z = \frac{S_0}{z}, \text{ мм/зуб.} \quad (20)$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = v_{\text{табл}} \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \quad (21)$$

где $v_{\text{табл}}$ – табличная скорость фрезерования, м/мин;

K_{v1} – коэффициент, учитывающий твердость материала заготовки;

K_{v2} – коэффициент, учитывающий химический состав материала заготовки;

K_{v3} – коэффициент, учитывающий отношение фактической стойкости фрезы к табличной $T=120$ мин.

$$V = 35 \cdot 0,85 = 29,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Сила резания при зубофрезеровании составит:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{\text{ст}}^\omega} \cdot K_{\text{мр}}, \quad (22)$$

где C_p – коэффициент;

x, y, u, q, ω – табличные показатели степени;

$K_{\text{мр}}$ – поправочный коэффициент:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,157^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 14}{100^{0,86} \cdot 95^0} \cdot 0,91 = 1150 \text{ Н.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (23)$$

$$N_э = \frac{1150 \cdot 29,8}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт.}$$

Потребляемая мощность на шпинделе станка:

$$N_{\Pi} = \frac{N_э}{\eta} \quad (24)$$

Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{L}{S_M} \cdot i, \quad (25)$$

где L - длина хода:

$$L = l + l_1 + l_2 \quad (26)$$

где l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1 = \sqrt{t(D - t)}$ - величина врезания, мм;

l_2 - величина перебега, мм;

S_M - минутная подача, рассчитывается по формуле:

$$S_M = S_z \cdot n \cdot z. \quad (27)$$

$$S_M = 0,157 \cdot 95 \cdot 14 = 209 \text{ мм/мин.}$$

$$l_1 = \sqrt{4(100 - 4)} = 19,6 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{19,6 + 5 + 74}{209} \cdot 1 = 0,47 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время $T_{шт-к}$:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_o + T_{всп} + T_{обс.} + T_{отд.} \quad (28)$$

где $T_{п.з.}$ - подготовительно-заключительное время на партию запуска n [10];

$$n = \frac{N}{254} \cdot \alpha = \frac{500}{254} \cdot 12 = 24 \text{ шт.}$$

Для операции на наладку станка и установку приспособления при установке заготовки в патронах и люнете: $T_{п-з}=20$ мин. Тогда определяем штучно-калькуляционное время $T_{шт-к}$ по формуле (6.27):

$$T_{шт-к}=20/24+11,38+(16 \cdot 0,03+16 \cdot 0,01+2,5+0,4)1,7+(11,38+6,02)0,11=19,24 \text{ мин.}$$

На остальные операции аналогично находятся режимы резания и нормы времени.

Выводы по разделу

Выполнено проектирование технологии изготовления оси вариатора по всем необходимым этапам, включая выбор рационального способа получения заготовки, ее параметры, выбор переходов, операций и оснащения. Лимитирующая операция спроектирована по режимам и определению времени.

Вся информация по текущему техпроцессу, включая маршрут, сведения о заготовке, технологических операциях переносится в маршрутную и операционную карты. Подготовленная технологическая документация приведена в приложении А.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Сбор данных

В подразделе разрабатывается патрон для двух шпиндельного токарно-фрезерного центра. Он должен обеспечить возможность установки и обработки заготовки на черновых переходах по точению, чистовую обработку, включая точение канавок, резьбы, сверление и растачивание, а также зубофрезерование шлицев, фрезерование пазов, зенкерование и развертывание.

Заготовка – ступенчатая штамповка из сплава 40ХМ [9]. Все силовые расчеты на переходы выполнены в предыдущем разделе.

Силу резания определяем через рассчитанный крутящий момент резания. Для этого полученную величину момента резания делим на радиус обрабатываемой поверхности.

$$P_z = \frac{M_{кр}}{R}. \quad (29)$$

Получены следующие результаты:

Точение черновое – $P_z = 3062$ Н, $P_y = 1148$ Н. Растачивание – $P_z = 4592$ Н. Зубофрезерование зубчатого венца – $P_z = 2100$ Н.

Для сверления используем момент – $M_{кр} = 479$ Нм.

Тип проектируемого приспособления переналаживаемое (для обработки различных заготовок) одноместное (два шпинделя по одной заготовке) универсальное приспособление – токарный патрон. Предусматривается различная форма кулачков [16].

В схему установки входит на одном из установов люнет. Альтернативой может быть центр. Другой установ предусматривает только патрон [17].

3.2 Расчет усилия зажима

Расчет силы зажима проведем с учетом особенностей каждой схемы установки (рисунки 4 - 5) и с учетом переходов, которые выполняются на каждом из них.

Тангенциальная составляющая сил резания при точении проворачивает заготовку в патроне (рисунок 3.1). Кулачки через силу зажима, создающую силу трения между кулачками и зажимаемой поверхностью, препятствуют этому. Кроме этого, радиальная сила стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно точки поворота - крайней точки поверхности зажима.

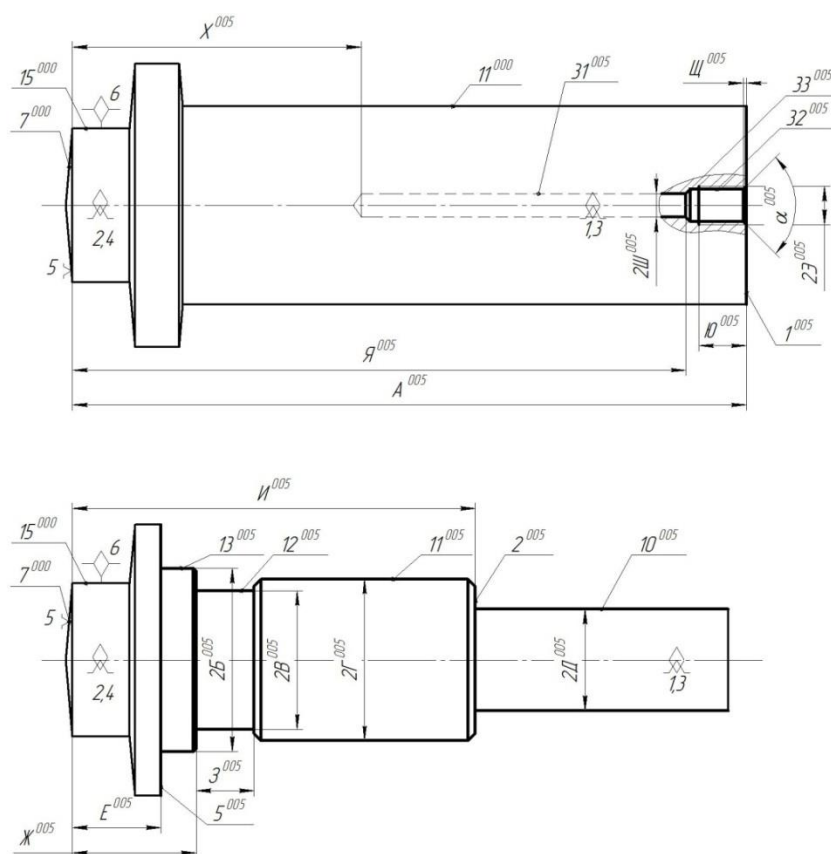


Рисунок 4 – Схема для расчета сил зажима на переходе – точение на установке А

Для расчета силы закрепления составим уравнение равновесия сил.
Уравнение [1]

$$K P_z L_1 = W \cdot f L_2, \quad (30)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

L_1, L_2 , – плечи действия сил резания и усилий закрепления, мм;

W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения в контакте кулачок – заготовка.

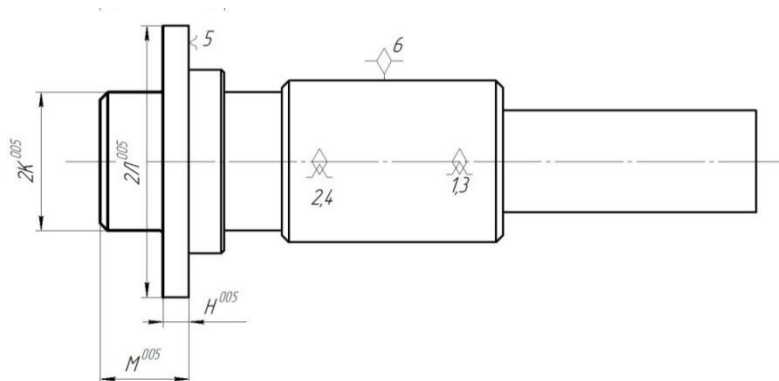


Рисунок 5 – Схема для расчета сил зажима на переходе – точение на установе Б

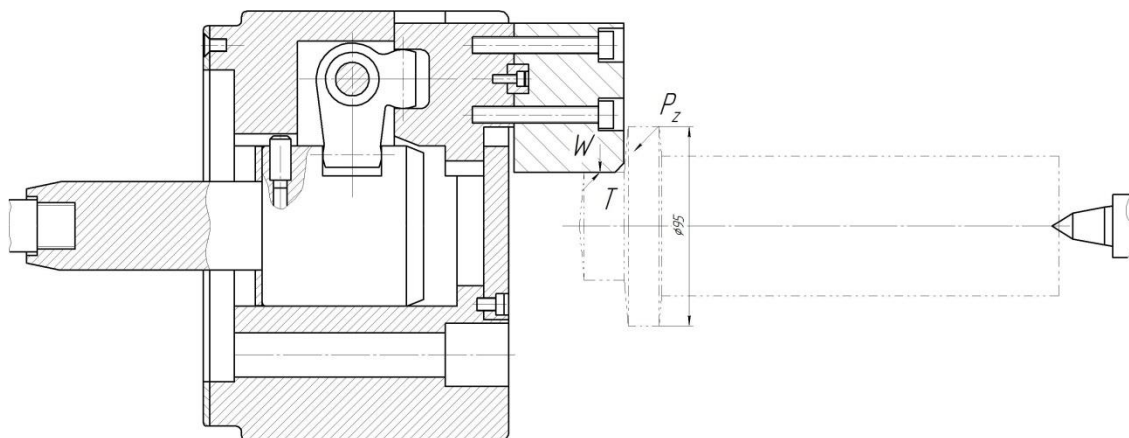


Рисунок 6 – Схема для расчета сил зажима на переходе – точение

Заготовка на установе А закрепляется по двух опорной схеме. Жесткость первой опоры – это жесткость патрона, второй – центра. Эти узлы создают сопротивление деформациям, которые возникают под действием поперечной составляющей P_y .

Осевая составляющая силы резания R_x прижимает заготовку к установочным кулачкам патрона. Поэтому для расчета силы зажима на установке А необходимо учесть только касательную составляющую силы.

Коэффициент безопасности K :

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (31)$$

где k_0 – минимальный коэффициент, $k_0 = 1,5$;

k_1 – параметр неравномерности сил резания для чернового точения,
 $k_1 = 1,2$;

k_2 – параметр увеличения силы от износа, $k_2 = 1,2$;

k_3 – параметр прерывистого резания, $k_3 = 1,2$;

k_4 – параметр, учитывающий механизацию зажима, $k_4 = 1,0$;

k_5 – коэффициент для механизированного зажима, $k_5 = 1,0$ [2].

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,59.$$

Тогда сила закрепления для точения на установке А будет

$$W = 2,59(3062 \cdot 0,095/2)/3 \cdot 0,2(0,051/2) = 24621 \text{ Н.}$$

Сила закрепления, необходимая для сверления на установке Б будет

$$K \cdot M_{кр} = W \cdot f \cdot L_3/2, \quad (32)$$

где L_3 – плечо действия силы закрепления, мм.

$$W = 2,59 \cdot 479/3 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,059}{2} = 70090 \text{ Н.}$$

Для сверления сила закрепления будет больше.

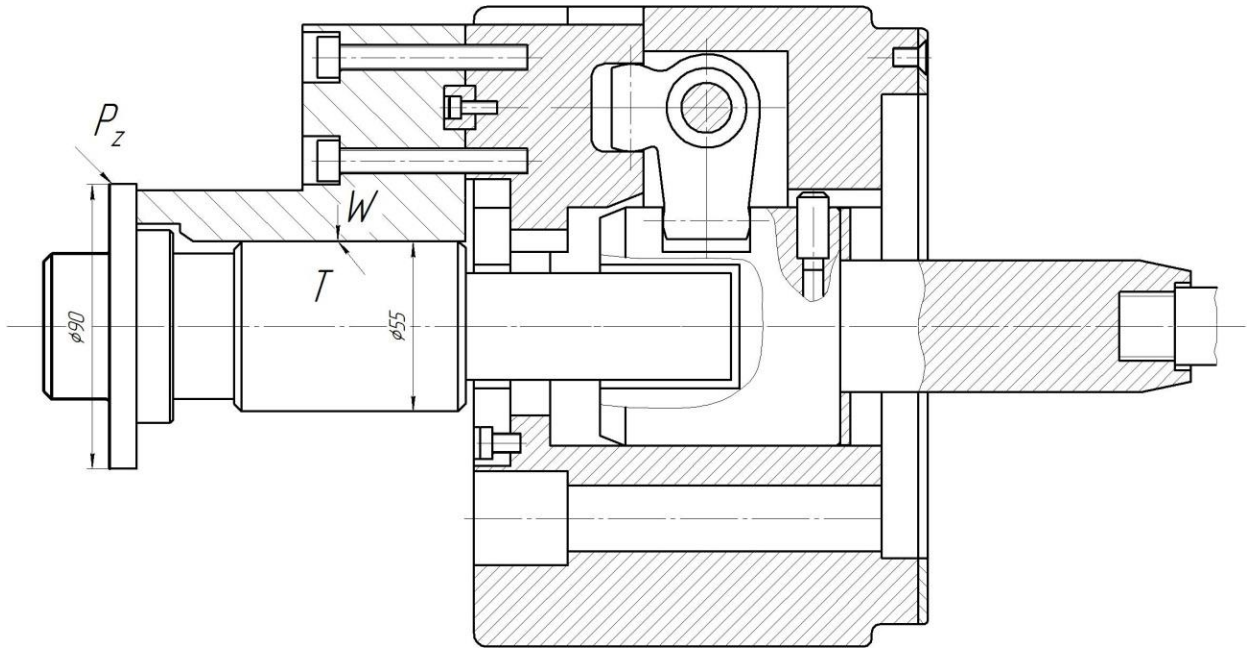


Рисунок 6 – Схема для расчета сил зажима на переходе – точение, сверление

Максимальное значение 70090 Н уточняем с учетом потерь на трение в направляющих кулачков [2]:

$$W_1 = W / \left(1 - \left(\frac{3 \cdot l_k}{H_k} f_1 \right) \right), \quad (33)$$

где l_k – вылет, мм;

H_k – длина направляющей, мм;

f_1 – коэффициент трения для смазанных поверхностей, $f_1=0,07$.

$$W_1 = 70090 / \left(1 - \left(\frac{3 \cdot 20}{60} 0,07 \right) \right) = 70385 \text{ Н.}$$

Данное расчетное усилие обеспечит надежную фиксацию заготовки в патроне с гарантией отсутствия ее вырывания от действия максимальных нагрузок на операции.

3.3 Расчет зажимного механизма

Сила Q на механизированном приводе увеличивается за счет использования клинового зажима [17]:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (34)$$

где i_c – усиливающий коэффициент, который определяется по отношению плеч рычагов. В [12] выбираем $i_c = 1,44$.

$$Q = \frac{70385}{1,44} = 48878 \text{ Н.}$$

Диаметр корпуса патрона $D_{\text{п}}$, мм:

$$D_{\text{п}} = d_3 + 2 \cdot H_K = 50 + 2 \cdot 60 = 170 \text{ мм.} \quad (35)$$

Принимаем конструктивно 200 мм.

3.4 Расчет силового привода

У станка привод зажима расположен с обратного конца шпинделя. Для максимального усилия используется гидравлический привод. Найдем диаметр его поршня [1]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}, \quad (36)$$

где P – давление среды, МПа. Принимаем $P=7,5$ МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{48878}{7,5}} = 91 \text{ мм.}$$

Полученный размер поршня $D < 120$ мм. Для закрепления-раскрепления заготовки найдем ход поршня:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}}, \quad (37)$$

где S_W – минимальное перемещение кулачков, $S_W = 4$ мм;

$i_{II} = \operatorname{ctg} \alpha$ - передаточный параметр

$$S_Q = \frac{4}{0,69} = 5,8 \text{ мм.}$$

Принимаем $S_Q = 20$ мм.

3.5 Расчет точности установки в патроне

Точность определяется погрешностью перехода предварительного растачивания перед обработкой кулачков. Погрешность не должна быть более:

$$\varepsilon_y = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,36 = 0,0108 \text{ мм.} \quad (38)$$

где Td – технологический допуск на самый точный переход, мм.

3.6 Описание работы патрона

Патрон необходим для установки заготовки на токарной комплексной операции. Рычажный патрон предназначен для закрепления заготовки оси ременного вариатора на токарной операции. Особенность патрона заключается в том, что он имеет кулачки двух типоразмеров и форм. Первый

комплект кулачков предназначен для закрепления оси с двух опорной схемой установки. Для этого используется небольшой буртик с поджимом заготовки центром, которой устанавливается в адаптере, закрепленным в резцедержателе или при помощи самоцентрирующего люнета. Другой комплект кулачков предназначен для консольной установки оси только по цилиндрической шейке с упором в большой буртик.

Приспособление состоит из гидравлического привода зажима 1, который оснащен муфтой 2 для подвода гидравлических шлангов. В корпусе патрона 3 по трем направляющим Т-образной формы перемещаются постоянные кулачки 7. На этих кулачках 7 по шпонкам 16, закрепленными винтами 17, закрепляются сменные кулачки 8 двумя винтами 18. Внутри корпуса 3 в пазах на осях 11 установлены поворотные рычаги 9. Эти рычаги 9 с одной стороны входят в прорезь постоянных кулачков 7, а с другой стороны установлены в прорези центровика 4, который при помощи тяги 5 соединяется со штоком гидравлического привода зажима 1. Патрон с обратной установочной стороны имеет защитную пластинку 14, которая закреплена на корпусе при помощи винтов. Для исключения поворота центровика 4 используется направляющий штифт 12, которые перемещаются по пазу внутри корпуса 3. Для защиты от попадания загрязнений в направляющую часть центровик 4 имеет защитную пластину 13. Со стороны заготовки центральное отверстие корпуса 1 закрывается крышкой 15. Второе исполнение патрона имеет крышку 15 со сквозным отверстием и глухое отверстие в центровике 4 для прохода свободного конца заготовки, которая закрепляется в кулачках патрона. Патрон крепится на шпинделе станка по базовому цилиндрическому отверстию тремя винтами.

Приспособление работает следующим образом. Давление масла подается через муфту 2 в рабочую полость гидравлического привода зажима 1. Перемещается вправо шток и тянет за собой тягу 5, центровик 4. Рычаги 9 поворачиваются по часовой стрелке, приводя в движение постоянной кулачок 7 со сменными кулачками 8. Они двигаются к центру, проводя

фиксацию заготовки. При раскреплении давление подается в правую полость и тяга 5, центровик 4 перемещаются влево, поворачивая рычаги 9 против часовой стрелки. За счет этого постоянные кулачки 7, сменные кулачки 8 отходят от заготовки, происходит ее раскрепление.

Спецификация приведена в приложении Б.

3.7 Проектирование режущего инструмента

В подразделе проектируется ружейное трубчатое сверло для глубокого сверления отверстия размером 8 мм [19, 20].

В базовом варианте технологического процесса изготовления оси используется спиральное сверло для сверления 2300-2602 диаметром 8 Р6М5 ГОСТ 10902-77.

Время обработки данным сверлом составляет 4,75 мин.

За счет использования специализированного инструмента время сокращается до 0,34 мин. Сверло для данного перехода по глубокому сверлению состоит из следующих элементов. Режущая часть, которая крепится к трубке стебля, интегрированной с хвостовиком для установки инструмента.

Диаметр хвостовика для данного сверла равен размеру стебля по которому подается СОЖ внутри. Рабочая часть изготавливается цельной конфигурации из твердого сплава в виде цилиндра с вырезами внутренними и внешними. Форма поперечного сечения режущей части и стебля V – образная. Этот вырез служит для отвода образующейся стружки. Внутри и режущей части и стебля идет канал для подачи в зону резания СОЖ.

Угол продольной канавки принимают равным $\psi = 115^\circ$. Соединение рабочей части сверла и стебля идет по клину с углом $\varphi = 90^\circ$ способом индукционной пайки. Осуществляют это на установке нагрева способом ТВЧ. Припой - ПСр40 (ГОСТ19739-74).

Длина головки выбирается равной 26 мм.

Чертеж сверла представлен на листе.

Выводы по разделу

В разделе спроектирована оснастка для лимитирующей операции, включая станочное зажимное приспособление и режущий инструмент.

Все спроектированные средства оснащения обеспечивают высокую производительность. Патрон за счет механизации зажима и точности и быстроты настройки. Также характеризуются надежностью при работе. Инструмент обеспечивает обработку глубокого отверстия на токарном станке с максимальной производительностью.

Спецификация приспособления в приложении Б, инструмента в приложении В.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления оси ременного вариатора с учетом требований стандартов по безопасности.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 12 приведены данные по выбранной операции [5].

Таблица 12 - Паспорт объекта

Объект	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Штамповка	Штамповщик	Пресс	Сталь 40ХМ, смазка графитовая
Механическая обработка	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарно-фрезерный центр Multus U3000, патрон люнет	Сталь 40ХН, СОЖ, смазки
Механическая обработка	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Станок КШ-3НС, Gear Spect SB0340, 5822, 3К229, патрон, люнет	Сталь 40ХМ, СОЖ, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 13 рассматриваются риски. В подразделе приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, к которым относят вредные и опасные производственные факторы, источником которых являются оборудование и материалы, используемые при изготовлении оси ременного вариатора.

Таблица 13 - Определение рисков

Технологическая операция	Опасный и вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Штамповка	ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты	Пресс
Токарная, точение черновое, чистовое,	Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов	Станки Multus U3000, КШ-3НС, Gear Spect SB0340, 5822, 3K229 зона резания, зажимные
фрезерование шлицев, сверление глубокого отверстия, шлифование	Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания) Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия: Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	кулачки патрона, резцы, червячная фреза, сверло СОЖ, стружка Заготовка, инструмент она резания Пульт управления станком СОЖ, смазки Манипуляция заготовкой, контроль и управление

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

В разделе выбраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, или частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении оси ременного вариатора. Снижение рисков достигается мерами (таблице 14).

Таблица 14 – Мероприятия снижения уровня ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационные методы	Средства защиты (СИЗ)
Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 15 – 18 рассматриваются источники пожарной опасности, а также средства, которые необходимо применить, и меры организационного характера для обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Прессовай	ГКМ	Класс D	Пламя и искры; тепловой поток	Части оборудования, изделий и иного имущества
Участок обработки осей	Станки Multus U3000, КШ-3NC, Gear Spect SB0340, 5822, 3K229	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 16 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Технические средства по оповещению и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 17 – Средств защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
Веревки пожарные карабины, пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 18 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления оси ременного вариатора, Станок Multus U3000, КШ-3NC, Gear Spect SB0340, 5822, 3K229	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в негоряемых ящиках ; Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, Наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средств пожаротушения, проведение инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа в таблицах 19 и 20. Мероприятия направлены на защиту гидросферы, атмосферы и литосферы.

Таблица 19 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный техпроцесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления оси ременного вариатора	Станки Multus U3000, КШ-3NC, Gear Spect SB0340, 5822, 3K229	Стружка Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

Выводы по разделу

В разделе рассматривается процесс изготовления оси ременного вариатора. Рассматривается заготовительная операция на прессе, токарная операция на токарно-фрезерном центре Multus U3000, группа шлифовальных

операций на КШ-3NC, Gear Spect SB0340, 5822, 3K229. Обработка включает переходы точения, фрезерования шлицев, сверления, шлифования, нагрева. Задействован оператор станков с ЧПУ, шлифовщик. Приспособление - патрон и люнет. Инструмент контурный, канавочный резцы, шлицевая фреза, одно кромочное сверло, шлифовальный абразивный круг. Применяются материалы: 40ХН, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 12).

Таблица 20 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект воздействия	Участок обработки оси
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка, пылеуловители, циклоны
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов, соблюдение правил обращения с отходами

Идентификация профессиональных рисков выполнена для прессовой, токарной и шлифовальной операций, что позволило определить ОВПФ. Это неподвижные колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов, движущиеся твердые объекты, ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов, чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, механическими колебаниями твердых тел, акустическими колебаниями твердых тел, электрическим током и электромагнитными полями, токсического, раздражающего воздействия (через органы дыхания), статической нагрузкой и перенапряжением анализаторов (таблица 13).

Для их устранения и снижения негативного воздействия применяются такие методы и средства, как защитный кожух и ограждение, демпфирующие опоры станка, снижение времени контакта с вибрирующими поверхностями, покрытие звукопоглощающими материалами, заземление станка и изоляция токоведущих частей, соблюдение регламентированных перерывов на отдых, а также инструктажи по охране труда, (таблица 14).

Выполнена определение класса, опасных факторов пожара для участка изготовления оси (таблица 15). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 16, 17), мер по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления оси ременного вариатора (таблица 18).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления оси на окружающую среду (таблица 19). Указаны организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию: атмосферы – оснащение фильтрующими элементами систем производственной вентиляции, гидросферы – использованием системы многоступенчатой очистки сточных вод; литосферы – сортировкой отходов и их утилизацией на специальных полигонах (таблица 20).

Выявив и проанализировав технологию изготовления оси, ее воздействие на среду, делаем вывод, что данная технология удовлетворяет нормам по защите здоровья человека и окружающей среде.

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.

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления оси ременного вариатора. На одной из операций предполагается применить однокромочное сверло из твердого сплава Т15К6 вместо спирального сверла диаметром 8 мм из быстрорежущей стали Р6М5.

Учитывая описанные изменения, возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности таких действий. Для этого, в рамках достижения основной цели раздела необходимо определить основные экономические параметры, которые позволят сделать соответствующие выводы, а именно:

- рассчитать полную себестоимость выполнения анализируемой операции по вариантам;
- определить капитальные вложения в проектируемый технологический процесс;
- и произвести расчеты показателей экономической эффективности предложений по совершенствованию процесса.

Все перечисленные параметры определяются по соответствующим методикам, представленным в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [7], с применением программного обеспечения Microsoft Excel.

На величину полной себестоимости оказывают влияние такие параметры как: технологическая себестоимость, цеховые, заводские и внепроизводственные расходы. Максимальное влияние на конечный результат, из перечисленных параметров, оказывает технологическая

себестоимость, поэтому на рисунке 7 показаны элементы, из которых формируется эта себестоимость.

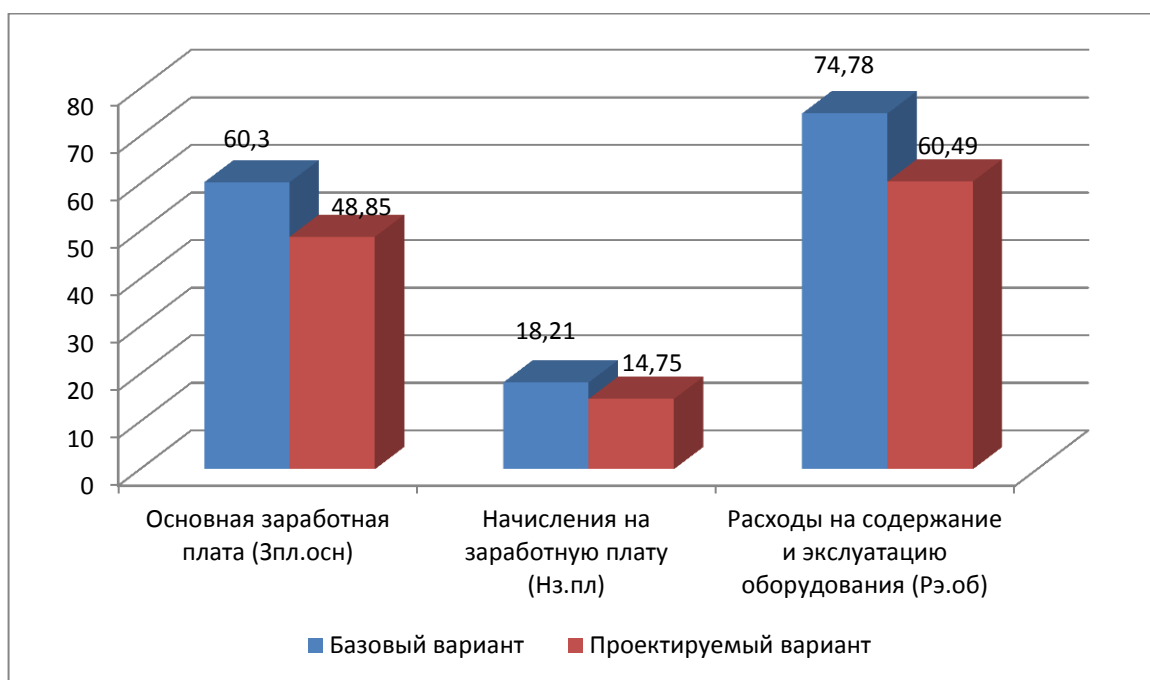


Рисунок 7 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса, руб.

Из рисунка 7 видно, что все показатели: основная заработная плата, начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, имеют тенденция к снижению. Максимальную долю в общем объеме технологической себестоимости составляют расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в базовой варианте эта доля составляет 48,8%, а в проектном – 48,7%. Это связано с тем, что имеются весомые расходы на такие статьи как:

- расходы на электроэнергию, по причине высокой мощности главного привода используемого оборудования;
- расходы на площадь, по причине значительных габаритов применяемого оборудования;

– и расходы на восстановление и эксплуатацию управляющей программы, из-за сложной программы перемещения инструментов и их существенного количества.

Представленное на рисунке 7 значение основной заработной платы является основой для определения описанных выше расходов (цеховых и заводских). Учитывая тот факт, что основная заработная плата имеет тенденция к снижению в проектируемом варианте, уменьшение составило 19%, то можно говорить о снижении этих расходов, сравнивая их значения по вариантам технологического процесса. Соответственно произойдет и снижение цеховой, заводской и полной себестоимостей.

На рисунке 8 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

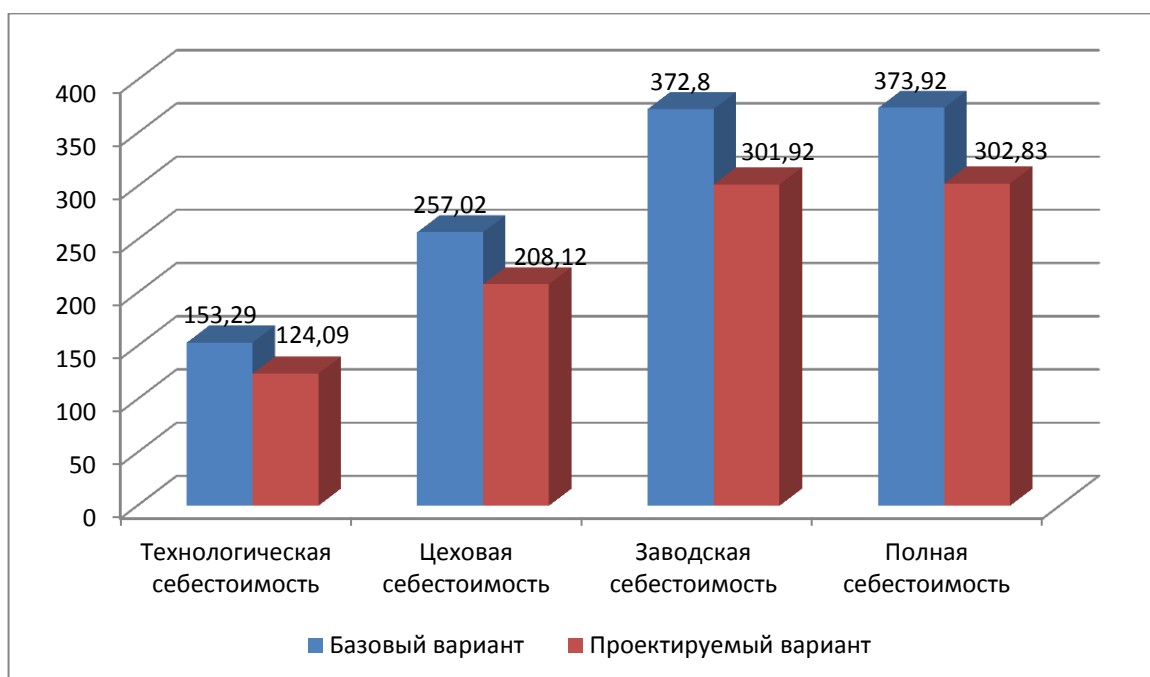


Рисунок 8 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 8, видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости также имеют тенденцию к снижению, в среднем

себестоимость сократилась на 19,1%, а величина полной себестоимости изменилась на 19% в меньшую сторону.

Чтобы принять решение об эффективности предложенных мероприятий, необходимо знание величины капитальных вложений в проект. Учитывая то, что совершенствования касаются только инструмента, то капитальные вложения будут складываться из суммы затрат на проектирование, инструмент и оборотные средства в незавершенном производстве. Доля всех перечисленных параметров, в общем объеме капитальных вложений, которые составляют 29399,5 руб., представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Доля затрат в общем объеме капитальных вложений, %

Представленные на рисунке 9 значения, позволяют сделать вывод о том, что наибольшее влияние на величину капитальных вложений оказывают затраты на проектирование, с долей в общем объеме капитальных вложений 95,3%.

Имея значения величины капитальных вложений и полной себестоимости можно провести экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенных изменений в технологический процесс.

Для проведения таких расчетов необходимо последовательно определить следующие значения:

- ожидаемую и чистую прибыль,
- срок окупаемости финансовых вложений,
- общий дисконтированный доход и экономический эффект от внедрения.

Согласно проведенным расчетам по определению указанных значений можно сделать вывод об эффективности предлагаемых мероприятий, так как экономический эффект составит 5480,1 руб., что является положительной величиной данной величины, и это обязательное условие для признания проекта эффективным. Вторым весомым значением при определении эффективности является срок окупаемости, который составляет 2 года, что является весьма хорошим значением.

Выводы по разделу

Основываясь на двух показателях: положительном экономическом эффекте сроке окупаемости (2 года) можно делать итоговый вывод, что предложенные мероприятия по замене инструмента являются эффективными.

Заключение

В работе, связанной с проектированием технологии изготовления оси ременного вариатора, получены следующие результаты:

- проанализированы конструкция оси ременного вариатора на технологичность, предложены изменения конструкции для повышения технологичности и снижение затрат при обработке;
- выбран способ экономичного получения исходной заготовки и выполнены все расчеты по определению размеров и допусков этой заготовки;
- с использованием высокопроизводительного оборудования и эффективного инструмента спроектирована технология, включающая в себя лезвийную и обработку и группу шлифовальных операций;
- на лимитирующую токарную операцию выполнен расчет режимов резания и нормирование основного и вспомогательного времени;
- с учетом типового техпроцесса выбраны переходы, спроектированы операции, подобрано оборудование и технологическое оснащение;
- в целях снижения себестоимости выполнена конструкторская разработка станочного зажимного приспособления на токарную операцию и режущего инструмента для глубокого сверления;
- технологические операции проанализированы на состав опасных производственных факторов и с учетом этого предложены меры для снижения или исключения их вредного воздействия на здоровье работающих, а также предусмотрены мероприятия по защите окружающей среды;
- экономические расчеты подтверждают обоснованность предложенных изменений в проектировании технологии по сравнению с базовой.

Список используемых источников

1. Боровский Г. В. Справочник инструментальщика [Текст] / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2005. - 463 с. : ил. - Библиогр.: с. 460-463. - ISBN 5-217-03284-7 : 553-64.
2. Водяник В. И. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : учеб. пособие / В. И. Водяник ; Сочинск. гос. ун-т туризма и курортного дела. - Изд. 2-е, перераб. и доп. ; ВУЗ/изд. - Сочи : ГУП "СПП", 2002. - 284 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284 (13назв.). - 220-00.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТолПИ , 2000. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 79. - 1-00. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Текст] : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

8. Зуев А. А. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Зуев. - 2-е изд., испр. и доп. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 496 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 491-492. - ISBN 5-8114-0470-0 : 175-90.

9. Марочник сталей и сплавов [Текст] / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с. : ил. - Библиогр.: с. 773-782. - Прил.: с. 585-772. - ISBN 5-217-03177-8 : 6230-35.

10. Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 335 с. : ил. - Библиогр.: с. 332-335. - ISBN 978-5-94178-193-5. - 458-18.

11. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

12. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

13. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии

машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

16. . Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с. : ил. - Библиогр.: с. 314. - Прил.: с. 254-313. - ISBN 978-5-00091-121-1. - 639-82.

17. Станочные приспособления [Текст] : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с. : ил. - Библиогр.: с. 585. - Предм. указ.: с. 588-591.

18. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. - Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2001. - 110 с. : ил. - ISBN 5-06-003988-9 : 110-00.

19. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с. : ил. - Библиогр.: с. 531-544. - ISBN 978-5-94178-160-7 : 463-50.

20. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 502-515. - ISBN 978-5-94178-122-5 : 463-50.

21. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с. : ил.

22. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского . - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 564 с. : ил. - Библиогр.: с. 559.

23. Технология машиностроения: учебник/А. А. Маталин.- Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 512 с.

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1										
Дубл.										
Взам.										
Тюбл.										
									3	1
Разраб.	Ось ременного вариатора									
Проверил										
Утвердил										
Н. контр.										
М 01	Круг 85 ГОСТ 2590-88 / Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71									
М 02	Код	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ		
А	02	кг	2,6	1	0,75	12	90x220	1	3,5	
Б	Обозначение документа									
	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тшт.
А03	000 Штамповка заготовительная									
Б04	Пресс КГ8046 1 1 1 1									
А05	010 4114 Токарно-винторезная ИОТ Т5, С6									
Б06	Токарный центр MultusU3000 1 1 1 1 1,36									
А07	020 5030 Закалка									
Б08	1 1 1 1									
А09	030 4145 Торцевуглошлифовальная									
Б10	Торцевуглошлифовальный станок КШ-3 1 1 1 1									
А11	040 4145 Торцевуглошлифовальная									
Б12	Торцевуглошлифовальный станок КШ-3 1 1 1 1									
А13	050 4141 Зубошлифовальная									
Б14	Зубошлифовальный станок Gear Spect SB0340 CNC 1 1 1 1									
А15	060 Внутришлифовальная									
Б16	Внутришлифовальный 1 1 1 1									
МК	Маршрутная карта									

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма

Дюбл.	Взам.	Посл.											2					
А	Цех	Уч.	Р/М	Опер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	ЕН	КИ	Тшт.	
Б	К/М	Наименование детали, со. единицы или материала		Обозначение кода														
				Обозначение документа														
A01					070 4135 Резьбошлифовальная													
B02					Резьбо-шлифовальный полуавтомат 5822М									4	1		1	
A03					080 0125 Промыека													
B04					Моечная машина									1	1		1	
O05					090 0200 Контроль													
06					Стол													
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
МК	Маршрутная карта																	

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1105-84 ФОРМЕ	
ДЮЛ.	
ВЗАМ.	
ТИПОЛ.	
	3
	010
<p>Technical drawing showing three views of a mechanical part. The top view is a cross-section with dimensions: $\phi 29_{-0.06}$, $\phi 8_{-0.12}$, 24, 4, 12, 38, and $\sqrt{Ra 2.5}$. The middle view is a side view with dimensions: $\phi 15_{-0.05}$, $9_{-0.12}$, and $29_{-0.05}$. The bottom view is a cross-section with dimensions: $56_{-0.15}$ and $\sqrt{Ra 6.3}$. A note indicates 'Станок 5 / Переход 2'. A surface finish symbol $\sqrt{Ra 1.2}$ is also present.</p>	
КЭ	Карта эскизов

Приложение Б

Спецификация приспособления

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
A1			20.ВКР.ОТМП.717.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
<i>Сборочные единицы</i>								
	1		20.ВКР.ОТМП.717.01.000.	Гидравлический цилиндр	1			
	2		20.ВКР.ОТМП.717.02.000.	Муфта	1			
	3		20.ВКР.ОТМП.717.03.000.	Зажимной механизм	1			
<i>Детали</i>								
	4		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.004.	Центровик	1			
	5		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.005.	Тяга	1			
	6		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.006.	Фланец	1			
	7		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.007.	Кулачок постоянный	3			
	8		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.008.	Кулачок сменный	3			
	9		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.009.	Рычаг	3			
	10		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.010.	Корпус	1			
	11		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.011.	Ось	3			
	12		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.012.	Штифт направляющий	1			
	13		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.013.	Кольцо защитное	1			
	14		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.014.	Кольцо торцовое	1			
	15		20.ВКР.ОТМП.717.65.00.015.	Крышка верхняя	1			
			20.ВКР.ОТМП.717.65.00.000.СП					
						Патрон		
						ТГУ, ИМ ТМдз-1502а		
						Формат А4		
						Копировал		
						66		

