

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 корпуса ременного
вариатора

Студент

Е.В. Новиков

(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

Новиков Е. В. Технологический процесс изготовления корпуса ременного вариатора. ТГУ - Тольятти. 2020

Цель представленной работы - спроектировать технологический процесс изготовления корпуса ременного вариатора. Корпус ременного вариатора используется для размещения привода регулирования натяжения ремня ременной передачи. Для мелкосерийного производства выбрана методика проектирования технологии, соответствующая данному типу производству. Для условий мелкосерийного производства данную деталь целесообразно делать из заготовки, полученной методом литья в песчаные формы. Деталь имеет сложную конфигурацию. Поэтому технологический процесс изготовления корпуса проводится на автоматизированных высокопроизводительных обрабатывающих центрах. Для доступа к обрабатываемым поверхностям с разных сторон используются надежные, механизированные зажимные станочные приспособления с возможностью поворота заготовки. Это обеспечивает снижение количества установов, повышение точности, снижение вспомогательного времени. Для эффективной обработки используется современной высокопроизводительной высокостойкий режущий инструмент. Обрабатываемые поверхности данного корпуса относятся к трем типовым группам поверхностей: базовые отверстия, крепежные отверстия, гладкие и резьбовые, и плоскости. В работе спроектировано станочное приспособление для закрепления заготовки на чистовой операций механической обработки фрезерованием и растачиванием. Также спроектирован и представлен режущий инструмент - сборная расточная борштанга с механизмом гашения вибраций в процессе резания. Для повышения безопасности при реализации данной технологии предусмотрены меры по защите здоровья рабочих, занятых на операциях, а также защите окружающей среды. Выполнен экономический расчет изменений.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ состояния вопроса	6
1.1 Служебное назначение корпуса ременного вариатора	6
1.2 Классификация поверхностей	7
1.3 Технологичность корпуса ременного вариатора	7
2 Технологическая часть работы	9
2.1 Выбор типа производства	9
2.2 Выбор метода получения заготовки	10
2.3 Экономическое обоснование выбора заготовки	12
2.4 Выбор методов обработки.....	14
2.5 Расчет припусков	15
2.6 Разработка технологического маршрута и схем базирования	17
2.7 Схемы базирования.....	21
2.8 Разработка технологических операций	22
3. Проектирование специальных средств оснащения	33
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления	33
3.2 Расчет сил резания	33
3.3 Расчет усилия зажима.....	34
3.4. Расчет силового привода.....	39
3.5. Расчет погрешности установки	40
3.7 Описание конструкции приспособления.....	41
3.8 Расчёт и проектирование инструмента.....	43
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	46
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	46
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	46
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	47
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта.....	48
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	49

4.6 Выводы по разделу	50
5 Экономическая эффективность работы	52
Заключение	57
Список используемых источников.....	58
Приложение А Технологическая документация.....	62
Приложение Б Спецификация приспособления	68
Приложение В Спецификация инструмента	70

Введение

Для надежной и эффективной работы механизмов необходимо, кроме правильного их проектирования, обеспечить разработку технологического процесса их изготовления, сборки механизмов на основе последних достижений научно технического прогресса. С учетом современных тенденций в машиностроительной области, когда основная доля продукции приходится на единичный и мелкосерийный сектор производства, необходимо для получения прибыли обеспечивать проектирование технологических процессов, которые при максимальной производительности имеют максимальную гибкость производственного оборудования. Это возможно реализовать только с использованием автоматизированных обрабатывающих центров с числовым программным управлением. Данный вид станков позволяет интегрировать их в производственные линии, объединенные механизированными транспортными системами. С использованием современных систем управления производством данные комплексы формируют гибкие производственные модули, ячейки и системы, которые обеспечивает высокоэффективную обработку самых сложных деталей. В том числе это реализуется для условий единичного производства. В работе рассматривается технология изготовления корпуса, который входит в конструкцию ременного вариатора.

Рассматриваемая деталь входит в привод регулирования диаметра шкива ременной передачи. Внутри корпуса размещается червячный механизм, который приводится в движение отдельным приводом регулирования передаточного отношения редуктора. Данный корпус привода регулирования устанавливается на основной корпус ременного вариатора. На выходе из этого корпуса перемещается шток, который путем поворота рычагов производит регулирования диаметра шкива. Так как деталь ответственная, она обеспечивает эффективность работы ременного вариатора, необходимо обеспечить проектирование технологии ее

изготовления на самом современном уровне. Для повышения производительности можно использовать современные конструкции инструментов, которые обеспечивают гашение вибраций, возникающих в процессе резания. Это позволит снизить шероховатости обработанной поверхности, повысить стойкость инструмента, снизить затраты на дорогостоящий инструмент, снизить время, необходимое на его замену и настройку. На основе полученных режимов обработки проводят расчет сил резания и с учетом фактической силовой нагрузки производят расчет сил закрепления.

Современные тенденции в машиностроении связаны с разработкой так называемых «зеленых» технологий или устойчивых технологий. Это направление обеспечивает проектирования техпроцессов, которые наносят минимальный вред окружающей среде. В основном это связано с развитием безотходных технологий, а для механической обработки резанием это в первую очередь отказ от смазочно-охлаждающих жидкостей или использование сухого резания.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение корпуса ременного вариатора

Корпус привода регулирования натяжения ремня ременного вариатора предназначен для регулирования передаточного отношения этого редуктора. Для этого фланец корпуса прикрепляется к приводу регулирования. Через червячную передачу передаётся движение на регулировочный шток. Он приводит во вращение винт, который смещает подвижные шкивы ременного вариатора, изменяя межцентровое расстояние и таким образом регулирует передаточное отношение. Данный корпус червячной передачи закрепляется на крышке корпуса временного вариатора на фланце двигателя. С одной стороны прикрепляется к приводу регулировки. С другой стороны через крышку корпуса выходит наружу шток для проведения регулировки на шкиве ременного вариатора. Червячное зацепление передает момент и вращение на червячное колесо, которое через передачу винт-гайка обеспечивает перемещение регулировочного рычага. Он и изменяет расстояние между подвижными шкивами и за счёт этого изменяется межцентровое расстояние между шкивами. Червячное колесо на валу с передачей винт-гайка установлена в подшипниках качения внутри корпуса. Причём с одной стороны это установка непосредственно в корпус, а с другой стороны в крышке внутри которой установлены подшипники. Внутри этой крышки также установлена регулировочная пружина, которая обеспечивает постоянный поджим вала-винта с червячным колесом.

Корпус работает в условиях значительных статических и динамических нагрузок. Материал корпуса - серый чугун СЧ18 [8]. Деталь является не технологичной, поскольку имеет сложную конструктивную внешнюю и внутреннюю форму. Имеется комплекс пересекающихся отверстий для установки подшипников качения, а это требует высокоточной и дорогостоящей обработки с поворотами детали.

Основные характеристики материала серый чугун СЧ18 ГОСТ 14212-85 [8]:

- предел прочности на растяжение $\sigma_b = 180$ МПа;
- плотность 7800 кг/м³.

1.2 Классификация поверхностей

На основе служебного назначения корпуса ременного вариатора классифицируем поверхности с учетом их функций (рисунок 1, таблица 1) [20].

Таблица 1 – Классификация м по назначению поверхностей корпуса ременного вариатора

Вид	Номер
1 Исполнительный	12,13, 19,20
2 Конструкторская база	-
2.1 Основная	4,15, 16, 22
2.2 Вспомогательная	3,12,13,21,11,20,19,9,16
3 Свободные	Все остальные

1.3 Технологичность корпуса ременного вариатора

Для эффективной обработки такой детали необходимо использовать автоматизированные обрабатывающие центра. Сложность обработки заключается в выборе технологических баз для данной заготовки. Эти базы необходимо последовательно несколько раз менять в связи с отсутствием традиционной установочной плоскости с крепежными отверстиями [19].

Конструктивно деталь относится к группе корпусов призматической формы. Но часть элементов, в частности для крепления к регулировочному приводу и для выхода регулировочного штока являются фланцевым с конструктивными элементами для крепления через систему крепежных

отверстий и направляющим отверстием под втулку, которая запрессовывается в корпус. Отверстия под подшипники выполнены по седьмому качеству. Требования по точности расположения на уровне 0,012 мм. Качество поверхности – шероховатость Ra 0,63 мкм.

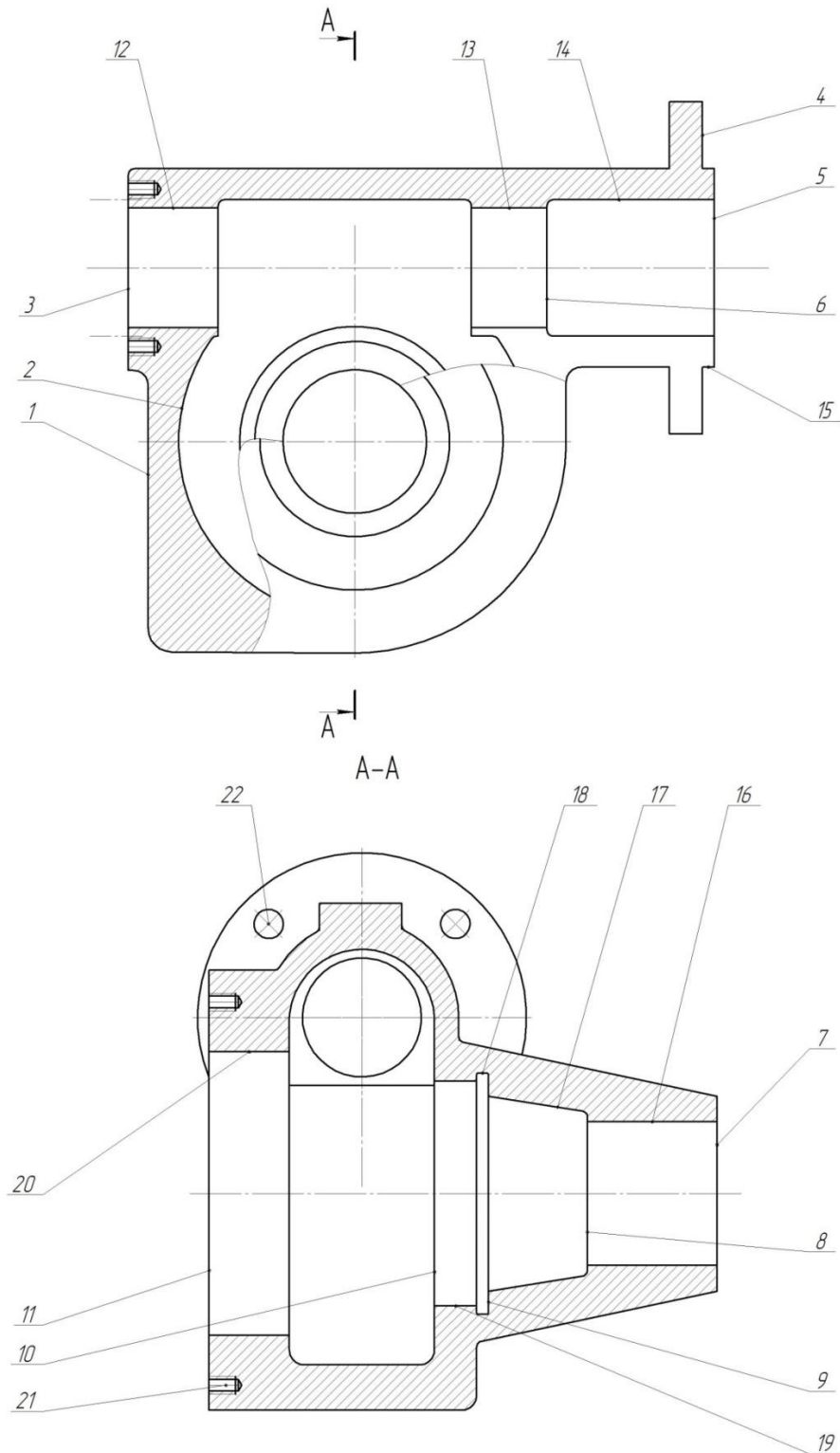


Рисунок 1 – Эскиз корпуса ременного вариатора

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Производство среднесерийное. Это получается по заданию (годовой объем задан $N=500$ деталей в год) и массе корпуса ременного вариатора (по чертежу) $m=4,6$ кг.

Размер партии запуска вала [11]:

$$n=(N \cdot a) / 254 = (500 \cdot 12) / 254 = 12 \text{ деталей.} \quad (1)$$

где a – период в днях запуска партии корпусов (12 дней);

254 – рабочих дней в году.

Систематизация поверхностей корпуса ременного вариатора по чертежным требованиям дана в таблице 2 [11].

Таблица 2 – Требования по поверхностям

Вид	Квалитет	Дополнительные требования, мм	Шероховатость, мкм
1	2	3	4
1 Фасонная	15	-	20
2 Фасонная внутренняя	15	-	20
3 Торец	12	Торцовое биение 0,016	2,5
4 Торец	12	Перпендикулярность 0,03	2,5
5 Торец	12	-	20
6 Торец	12	-	20
7 Торец	15	-	20
8 Торец	15	-	20
9 Торец	12	-	2,5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
10 Торец	12	-	2,5
11 Торец	12	-	2,5
12 Отверстие	7	Соосность 0,02	1,25
13 Отверстие	7	Соосность 0,02	1,25
14 Отверстие	15	-	20
15 Шейка цилиндрическая	7	Радиальное биение 0,016	1,25
16 Отверстие	15	-	20
17 Отверстие коническое	9	Радиальное биение 0,012	1,6
18 Канавка внутренняя	12	-	3,2
19 Отверстие	7	Соосность 0,02	1,25
20 Отверстие	7	Соосность 0,02	1,25
21 Отверстие резьбовое	8	-	3,2
22 Отверстие	12	-	3,2

2.2 Выбор метода получения заготовки

Заготовка данной детали получается или методом литья в песчаные формы или литьем в оболочковые формы. Для выбора оптимального варианта необходимо выполнить технико-экономическое сравнение. Для этого используем стандартную методику расчёта стоимости заготовки с учетом дополнительной составляющей стоимости на механическую обработку. У более сложной и точной заготовки данная часть стоимости сокращается за счет снижения доли механической лезвийной обработки [6].

Для выбора заготовки корпуса ременного вариатора проведем сравнение стоимости литья по методике расчёта [10]. В стоимости заготовки учитывает дополнительные затраты на механическую обработку. Стоимость отливки в оболочковые формы с учетом максимального габаритного размера

отливки, ее материала и способа литья назначаются характеристики заготовки [4]: класс размерной точности – 9; степень точности поверхности – 9; степень коробления – 8; ряд припусков – 3; класс точности массы – 12.

На основе класса точности назначаются допуски на размеры отливки, а в зависимости от ряда припусков назначаются припуски на размеры [4]. Полученные результаты заносятся в таблицу 3.

Таблица 3 - Размеры проектируемой отливки

Размер детали, мм	Допуск, мм	Припуск на сторону, мм	Размер отливки, мм	Отклонение отливки, мм
Диаметр 50	1,2	2,5	45	±0,6
Диаметр 62	1,4	1,8	57	±0,7
Диаметр 120	1,9	2,5	115	±0,8
Диаметр 95	1,4	2,5	90	±0,7
250	2,0	3,0	256	±1,0
216	2,0	3,0	222	±1,0

Принимаем литейные уклоны 4 градуса в направление увеличения размеров к плоскости разъема формы. Коэффициент использования материала K_M :

$$K_M = \frac{Q_d}{Q_3} = \frac{4,6}{5,2} = 0,88, \quad (2)$$

где Q_d – масса детали, кг;

Q_3 – масса заготовки, кг.

Массу заготовки находят как:

$$Q_3 = V \cdot \rho, \quad (3)$$

где $p = 7,75 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³ – плотность чугуна;

V – объем заготовки.

Чтобы найти объем заготовки, разбиваем ее на простые геометрические фигуры (цилиндры, кубы, конусы и т.д.) и находим общий объем, как сумму объемов составляющих фигур. Литье в песчано-глиняные формы с учетом максимального габаритного размера отливки, ее материала и способа литья назначаются характеристики заготовки: класс [4] размерной точности – 11; степень точности поверхностей – 12; степень коробления – 10; ряд припусков – 4; класс точности массы – 13. На основе класса точности назначаем допуски, а в зависимости от ряда припусков назначаем припуски на необходимые размеры. Полученные результаты заносим в таблицу 3.2. Принимаем литейные уклоны 5 градуса в направлении увеличения размеров. Литейные радиусы закруглений принимаем равными $R = 3$ мм, в местах перехода на другой диаметр $R = 15$ мм по [4]. Коэффициент использования материала K_M :

$$K_M = \frac{Q_d}{Q_z} = \frac{4,6}{5,6} = 0,82.$$

2.3 Экономическое обоснование выбора заготовки

Затраты на отливку, полученную методом литья в оболочковые формы [10, 11]:

$$\begin{aligned} C_{заг} &= C_{ом} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n = \\ &= 29 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 22 \text{ руб/кг}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $C_{ом} = 0,29$ руб/кг – базовая стоимость одного килограмма литых заготовок,

- $k_m = 1,1$ – коэффициент точности;
 $k_c = 0,95$ – коэффициент сложности;
 $k_g = 0,8$ – коэффициент массы заготовки;
 $k_M = 1,0$ – коэффициент марки материала;
 $k_n = 0,9$ – коэффициент объема производства [10].

Таблица 3 - Размеры проектируемой отливки

Размер детали, мм	Допуск, мм	Припуск на сторону, мм	Размер отливки, мм	Отклонение отливки, мм
Диаметр 50	2,6	2,0	46,0	±1,3
Диаметр 86	2,8	2,0	90,0	±1,4
Диаметр 120	3,0	2,2	115,6	±1,5
Диаметр 95	2,8	2,0	91,0	±1,4
250	3,4	2,2	254,4	±1,7
216	3,2	2,2	220,4	±1,6

Затраты на отливку, полученную методом литья в песчано-глиняные формы [10]:

$$C_{заг} = C_{ом} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n =$$

$$= 29 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,8 = 16 \text{ руб/кг},$$

где $C_{ом} = 29 \text{ руб/кг}$ – базовая стоимость одного килограмма литых заготовок;

остальные коэффициенты аналогичные формуле (3.2) $k_m = 1,0$,
 $k_c = 0,8$, $k_g = 0,8$, $k_M = 1,1$, $k_n = 0,8$

Технологическая себестоимость заготовки $S_{заг}$:

$$S_{заг} = Q_{заг} \cdot C_{заг} - Q_{заг} \cdot (1 - K_M) \cdot C_{отх}, \quad (5)$$

где $C_{отх} = 1,44 \text{ руб/кг}$ – стоимость одного килограмма лома заготовок;

K_M – коэффициент использования материала.

Себестоимость отливки, полученной методом литья в керамические формы:

$$S_{заг1} = 5,2 \cdot 22 - 5,2 \cdot (1 - 0,88) \cdot 1,44 = 114 \text{ руб.}$$

Себестоимость отливки в песчано-глиняные формы:

$$S_{заг2} = 5,6 \cdot 16 - 5,6 \cdot (1 - 0,82) \cdot 1,44 = 88 \text{ руб.}$$

Дополнительные затраты на снятие припуска по заготовкам и суммарная стоимость отливки:

$$\begin{aligned} C_T &= S_{заг} + [Q_{заг} \cdot C_{мех} \cdot (1 - K_M)], & (6) \\ C_T &= 114 + [5,2 \cdot 6,6 \cdot (1 - 0,88)] = 118 \text{ руб.} \\ C_T &= 88 + [5,6 \cdot 6,6 \cdot (1 - 0,82)] = 100 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Вывод: для получения заготовки детали корпус ременного вариатора для размещения червячной передачи регулирования диаметра шкива выбираем метод литья в песчаные формы. Чертеж заготовки представлен на формате А2.

2.4 Выбор методов обработки

В корпусе не все поверхности обрабатываются. На заготовительной стадии обеспечивается требуемая точность по чертежу детали для свободных внутренних и наружных поверхностей. При заливке металла интенсивно идут процессы газообразования из формообразующей облицовочной смеси. Также происходит отрыв частичек облицовочной формы. Поры и включения

вследствие их меньшей плотности всплывают кверху, формируя дефектный слой заготовки. При механической обработке необходимо их гарантировано снять. Для этого в технических требованиях прописывается глубина дефектного слоя не более половины припуска.

Припуски на обработку поверхностей заготовки по переходам назначают по таблицам из [9]. Аналитический расчет для припуска проведем на исполнительные поверхности, самые точные отверстия диаметром 50Js7 и 120Js7. Для назначения припусков надо знать переходы, которые применяются для формирования детали.

Для корпуса средних размеров из серого чугуна выбираются переходы согласно типовому процессу [14, 15].

2.5 Расчет припусков

Обработка отверстий диаметром 120 мм и 50 мм состоит из растачивания черного, полукристового и чистового. Растачивание проводится с одного установа для первых двух переходов. Далее на алмазном-расточном станке выполняется финишный переход. В таблицу 2.3 сведены расчетные данные по методике из [11].

Пространственные погрешности включают в себя два вида отклонения. Первое - это деформация отверстия из-за процессов кристаллизации при отверждении материала и второе – это смещение положения центра обрабатываемого отверстия из-за погрешности размеров, связывающего отверстие и технологические базы [8]:

$$\rho_z = \sqrt{(\rho_{\text{кор}})^2 + (\rho_{\text{ц}})^2}, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{ц}}$ – погрешность центрирования оси обрабатываемого отверстия, мкм;

$\rho_{\text{кор}}$ - коробление отверстия, мкм:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot l)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot d)^2} = \sqrt{(3 \cdot 120)^2 + (3 \cdot 60)^2} = 400 \text{ мкм}, \quad (7)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ – удельная величина коробления, $\Delta_{\text{к}} = 3 \text{ мкм}$;

d – диаметр отверстия, мм;

l – длина отверстия, мм.

Погрешность позиционирования отверстия

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{TA_{\text{заг}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{TB_{\text{заг}}}{2}\right)^2}, \quad (8)$$

где $TA_{\text{заг}}$, $TB_{\text{заг}}$ – допуски на размеры, координирующие положение обрабатываемого отверстия, мм.

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{0,3}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{2}\right)^2} = 0,42 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{з}} = \sqrt{(0,4)^2 + (0,42)^2} = 0,82 \text{ мм}.$$

Первоначальное отклонение будет снижаться по переходам

$$\rho_{\text{кор1}} = 0,06 \cdot 0,82 = 0,05 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{кор2}} = 0,05 \cdot 0,82 = 0,04 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{кор3}} = 0,04 \cdot 0,82 = 0,033 \text{ мм}.$$

Припуск

$$2Z_{\text{imin}} = 2 \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (9)$$

где Rz_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i – элементы припуска указанные в таблице 4.

Припуски расчетные:

$$2Z_{imin} = 2 \left(200 + 120 + \sqrt{820^2 + 60^2} \right) = 2 \cdot 1140 \text{ мкм},$$

$$2Z_{imin} = 2 \left(100 + 100 + \sqrt{50^2 + 4^2} \right) = 2 \cdot 300 \text{ мкм},$$

$$2Z_{imin} = 2 \left(30 + 25 + \sqrt{41^2 + 60^2} \right) = 2 \cdot 130 \text{ мкм}.$$

Все табличные и расчетные данные показаны в таблице 4.

Таблица 4 - Припуски на поверхности диаметром 120Js7 по переходам

Переход	Дефект ный слой	Шерохова тость	Отклон ения формы	Погреш ность установ ки	Доп уск	Припуск минимал ьный	Припуск максимал ьный	Размер минимал ьный	Размер минимал ьный
Заготовк а	200	120	820	-	2,4	-	-	114,479	116,879
Чернова я обработк а	100	150	50	60	0,35	2,28	4,3	118,813	119,163
Получис товая обработк а	30	25	41	4	0,08 7	0,6	0,86	119,675	119,762
Чистовая обработк а	10	20	33	60	0,03 4	0,26	0,18	119,983	120,017

В результате проведенного технико-экономического сравнения выбрано литье в землю. Данный способ обеспечивает точную для данных условий производства заготовку с минимальными затратами.

2.6 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Обработка корпуса регулировочного привода оси ременного вариатора протекает последовательно на нескольких операциях. Для того, чтобы

спроектировать технологический маршрут, необходимо для каждой поверхности выбрать отдельно свой набор технологических переходов [16-18]. Эта последовательность определяется точностью, шероховатостью, дополнительными техническими требованиями (если они есть) на каждую поверхность. Далее эти переходы группируются по однородности выполнения, то есть растачивание, фрезерование, обработка крепежных отверстий. Группируем по характеру: черновая, чистовая, тонкая обработка.

Формируется маршрут в виде последовательности операций, которые соответствуют типовому техпроцессу обработки корпуса червячного редуктора, поскольку в данном корпусе закрепляется червячный механизм регулирования натяжения ремня ременного вариатора [9].

На первой операции подготовим чистовые технологические базы. В качестве таких баз можно использовать фланцевую часть, где крепится привод регулировки. Для этого необходимо провести обтачивание буртика с прилегающим торцом и обработку системы крепежных отверстий, два из которых необходимо обработать по 7 качеству. Для этого необходимо использовать последовательность из сверления, зенкерования, развертывания. В этом случае точность отверстий будет соответствовать необходимой точности базовых поверхностей.

На следующих операциях при закреплении по данному буртику можно обрабатывать систему пересекающихся основных отверстий. Поскольку эти отверстия в пространстве расположены под 90° необходимо или использовать поворотное приспособление или использовать станки с различным расположением оси инструментального шпинделя. Выберем последний вариант. Поэтому технология будет состоять из ряда операций, выполняемых на станках двух типов с различным пространственным расположением инструментальной системы.

Для обработки системы отверстий под установку червяка в сборе необходимо использовать станок вертикальной компоновки. Для обработки системы отверстий под установку червячного колеса с валом в сборе,

установку втулки под регулировочную пружину, необходимо использовать горизонтальную компоновку. В процессе проектирования технологического процесса данный момент уточняется.

Обработка корпуса складывается из трех основных элементов. Первое - это обработка плоскостей. Для обработки буртиков используем операцию подрезки. Для этого используются торцевые пластины в державках, работающие методом врезания. Площадь обрабатываемых буртиков позволяет использовать данный метод обработки.

Для обработки основных отверстий используются типовые переходы: черновое растачивание, чистовое растачивание и алмазное окончательное растачивание на специализированном оборудовании. Для выхода инструмента в закрытых отверстиях необходимо предварительно обработать канавки под выход расточного инструмента.

Третьим элементом такого корпуса является система крепёжных отверстий. Это резьбовые отверстия под винты для крепления крышки или сквозные цилиндрические гладкие отверстия для крепления винтами с головкой. Это, например, отверстия для фиксации корпуса к приводу регулировки натяжения ремня.

Для обработки крепёжных резьбовых отверстий используется последовательность из двух переходов. Сначала обработка сверлением. Для уменьшения времени обработки используется комбинированное ступенчатое сверло. Данное сверло позволяет формировать фаску под заход резьбового инструмента. Это сокращает номенклатуру режущих инструментов и уменьшает время обработки. После сверления выполняем нарезание резьбы метчиком.

Технологический маршрут с выбранными оборудованием и переходами показан в таблице 5.

План изготовления представлены на листах графической части.

Таблица 5 –Маршрут обработки корпуса ременного вариатора

№ операции	Название операции	Станок	Приспособление	Инструмент
1	2	3	4	5
000	Заготовительная. Заливка формы	-	-	-
005	Многооперационная	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II	Стол 7204-0007 ГОСТ 16936-71	Резец MWLNL 2520M08 T15K6 ТУ 2-035-892-82
				2301-0866 Сверло диаметр 13 P6M5 ГОСТ 19546-74
				2300-0916 Сверло диаметр 12 P6M5 ГОСТ 19543-74
				2320-5687 Зенкер диаметр 12.75 ГОСТ 3231-71
				2363-0115 Развертка диаметр 13 BK6 ГОСТ 1672-80
010	Многооперационная	Обрабатывающий центр Mazatech V-414/32 (B)	Стол 7204-0007 ГОСТ 16936-71	2214-0505 Фреза диаметр 100, z=8 T15K6 ГОСТ 28719-90
				2300-0868 Сверло диаметр 7 P6M5 ГОСТ 19543-74
				2629-0039 Метчик ГОСТ 17927-72
				191421054 Оправка расточная ТУ 2-035-775-80
				191421054 Оправка расточная ТУ 2-035-775-80
015	Многооперационная	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II	Стол 7204-0007 ГОСТ 16936-71	2214-0505 Фреза диаметр 100, z=8 T15K6 ГОСТ 28719-90
				2300-0868 Сверло диаметр 7 P6M5 ГОСТ 19543-74
				2629-0039 Метчик ГОСТ 17927-72
				181352021 Головка расточная ОСТ

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
015	Многооперационная	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II	Стол 7204-0007 ГОСТ 16936-71	2И23-1-83
				181352021 Головка расточная ОСТ 2И23-1-83
025	Алмазно-расточная	Полуавтомат отделочно-расточной 2705	СНП	2009-0004 Головка расточная ГОСТ 23022-78
				191421054 Оправка расточная ТУ 2-035-775-80
025	Алмазно-расточная	Полуавтомат отделочно-расточной 2705	СНП	2009-0004 Головка расточная ГОСТ 23022-78
				191421054 Оправка расточная ТУ 2-035-775-80
030	Моечная	-	-	-
035	Контрольная	-	-	-

2.7 Схемы базирования

Как сказано раньше, базами являются фланец и отверстия. Для первой операции используются основные отверстия как двойная направляющая. Сбоку перекрещивающиеся отверстия как упорная база.

Для последующих операций для повышения жесткости схемы установки заготовки используются дополнительные опоры [16].

Для установки заготовки на всех последующих операциях используется фланец с крепежными отверстиями. Центрирование проводится по наружной шейке. Осевой упор в торец варится фланца. Два крепежных отверстия используются для установки по цилиндрическому и ромбическому пальцам. Для повышения жесткости заготовки при установке используются дополнительные подводимые регулируемые опоры.

2.8 Разработка технологических операций

Для проектирования технологических операций используем системы автоматизированного проектирования, включающие программы для построения чертежей деталей, системы автоматизированного расчета режимов резания, сил резания и норм времени. При проектировании операции используем специализированную программу.

Первую базовую поверхность фланца обрабатываем обтачиванием на обрабатывающем центре. Режимы резания в таблице. Тип инструмента – DCLNR 2525M 16 с пластиной SNMG 12 04 12-K CNMG 16 06 12-НМ 4335. Инструментальный материал – 3225 (аналог карбидо вольфрамовый сплав). СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,2 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 101.

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент – 7,96 %, режущие пластины – 2,49 %, станок – 89,6 %.

Таблица 6 - Режимы резания для обтачивания шейки

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход	Третий переход
Скорость резания	м/мин	173	173	173
Подача на оборот	мм	0,5	0,5	0,5
Минутная подача	мм/мин	300	317	317
Обрабатываемый диаметр	мм	142	91,8	88
Обработанный диаметр	мм	91,8	88	87
Глубина резания	мм	3,6	2,4	2,4
Частота вращения	об/мин	600	633	633
Максимальная мощность резания	кВт	9,4	6,43	6,43
Максимальный крутящий момент	Нм	219	96,9	158
Число проходов	-	7	1	1

Сверление отверстий, зенкерование и развертывание под базовые пальцы (таблица 7). Сверление диаметром 13 мм с отклонением 0,18 мм сверлом - 870-1300-12LX063-3 с пластиной 870-1300-12-КМ из материала 3334. Крепление держателем ISO9766 5/8x48. СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,02 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 11100. Общее вспомогательное время – 0,01 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 9,92 %, станок – 88,3 %.

Таблица 7 - Режимы резания для сверления

Параметры	Размерность	В размер	Под зекерование
Скорость резания	м/мин	130	107
Подача на оборот	мм	0,288	0,38
Минутная подача	мм/мин	917	1070
Обрабатываемый диаметр	мм	13	13
Глубина резания	мм	6,5	6,5
Частота вращения	об/мин	3180	2830
Максимальная мощность резания	кВт	6	5,2
Максимальный крутящий момент	Нм	17,8	17,6
Усилие подачи	Н	2160	2280

Сверление под зенкерование диаметром 12 мм с отклонением 0,04 мм сверлом - 460.1-1205-036A1-ХМ из материала GC34.

Крепление держателем DIN1835-A / DIN6535-НА - metric: 8. СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,02 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 5290. Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 61,6 %, станок – 38,2 %.

Для зенкерования и развертывания выбираем режимы резания следующие:

Время обработки одного элемента 0,08 мин. Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Так как отверстий четыре – общее время по обработке отверстий 0,4 мин. Вместе с обтачиванием – 0,6 мин.

Таблица 8 - Режимы резания для чистовой обработки

Параметры	Размерность	Зенкерование	Развертывание
Скорость резания	м/мин	55	35
Подача на оборот	мм	2	0,3
Минутная подача	мм/мин	2714	257
Обрабатываемый диаметр	мм	12,9	13
Глубина резания	мм	0,45	0,05
Частота вращения	об/мин	1347	857
Максимальная мощность резания	кВт	1,2	0,02
Максимальный крутящий момент	Нм	8,12	0,21

На остальные проектирование технологических операций проводим укрупненно для основных обрабатываемых поверхностей. Это основные отверстия, плоскости, установочные и крепежные отверстия.

Черновая обработка отверстия без уступа.

Положение оси шпинделя – вертикальное.

Способность выполнения глухого отверстия – нет.

Состояние поверхности заготовки – по корке.

Условия резания- непрерывное.

Стабильность крепления – низкая.

Обрабатываемый диаметр – 116 мм.

Обработанный диаметр – 118 мм.

Глубина отверстия – 50 мм.

Точность отверстия – Н12.

Допуск на размер – 0,035 мм.

Шероховатость – Ra 12,5 мкм.

Тип инструмента – однорезцовая расточная головка BR30-1225N12Y-S8 с пластиной SNMG 12 04 12-KR. Тип держателя - размер С8. Инструментальный материал – 3225 (аналог карбидо вольфрамовый сплав). СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,08 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 206.

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент – 7,96 %, режущие пластины – 2,49 %, станок – 89,6 %.

Чистовая обработка отверстия без уступа.

Положение оси шпинделя – вертикальное.

Способность выполнения глухого отверстия – нет.

Состояние поверхности заготовки – предварительно обработанная.

Условия резания- непрерывное.

Стабильность крепления – средняя.

Обрабатываемый диаметр – 118 мм.

Обработанный диаметр – 120 мм.

Глубина отверстия – 50 мм.

Точность отверстия – Н9.

Допуск на размер – 0,087 мм.

Шероховатость – Ra 2,5 мкм.

Тип инструмента – однорезцовая расточная головка 825-137ТС11-С6 с пластиной ТСМТ 11 03 04-КФ. Тип держателя - размер С6. Инструментальный материал – 3210 (аналог карбидо вольфрамовый сплав). СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,58 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 47.

Общее время обработки – 0,58 мин.

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 3,48 %, режущие пластины – 3,46 %, станок – 93,3 %.

Для отверстия 50 мм черновая обработка отверстия без уступа.

Положение оси шпинделя – горизонтальное.

Способность выполнения глухого отверстия – нет.

Состояние поверхности заготовки – корка.

Условия резания- непрерывное.

Стабильность крепления – средняя.

Обрабатываемый диаметр – 44 мм.

Обработанный диаметр – 46 мм.

Глубина отверстия – 50 мм.

Точность отверстия – Н12.

Допуск на размер – 0,25 мм.

Шероховатость – Ra 12,5 мкм.

Тип инструмента – двухрезцовая расточная головка BR30-51CC06F-C4 с пластиной CCMT 06 02 08-KR. Тип держателя – DIN2080-AD 40. Инструментальный материал – 3225 (аналог карбидо вольфрамовый сплав). СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,08 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 48.

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 2,13 %, режущие пластины – 2,39 %, станок – 95,4 %.

Чистовая обработка отверстия без уступа.

Положение оси шпинделя – горизонтальное.

Способность выполнения глухого отверстия – нет.

Состояние поверхности заготовки – предварительно обработанная.

Условия резания- непрерывное.

Стабильность крепления – хорошая.

Обрабатываемый диаметр – 46 мм.

Обработанный диаметр – 50 мм.

Глубина отверстия – 50 мм.

Точность отверстия – Н9.

Допуск на размер – 0,062 мм.

Шероховатость – Ra 2,5 мкм.

Тип инструмента – двухрезцовая расточная головка BR20-56CC09F-C5 с пластиной CCMT 09 T3 08-KF. Тип держателя - размер C5. Инструментальный материал – 3210 (аналог карбида вольфрамовый сплав). СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,17 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 127.

Таблица 9 - Режимы резания для растачивания отверстия 120 мм

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход	Третий переход
Скорость резания	м/мин	169	260	270
Подача на оборот	мм	1,51	0,1	0,05
Минутная подача	мм/мин	687	68,9	35,8
Обрабатываемый диаметр	мм	115	118,8	119,7
Обработанный диаметр	мм	118,8	119,7	119,98
Глубина резания	мм	1,6	0,3	0,11
Частота вращения	Об/мин	456	689	716
Максимальная мощность резания	кВт	8,6	1,16	-
Максимальный крутящий момент	Нм	179	16,1	-
Стойкость	мин	15	21	25

Общее время обработки – 0,58 мин. Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 3,48 %, режущие пластины – 3,46 %, станок – 93,3 %.

Полученные режимы обработки сведены в таблицы 9-10.

В полученных результатах частота вращения не скорректирована с диапазоном расчета, указанным для станка. Отсутствует конкретное значение частоты вращения заготовки. Глубина резания близка к значению, найденному при расчете аналитическим способом. Для проверочных

силовых расчетов используем силу, полученную по данному расчету. Для этого крутящий момент делим на радиус обрабатываемой поверхности. Тогда значение тангенциальной составляющей силы резания составит при обработке большого отверстия 2983 Н, для маленького отверстия – 1320 Н. Используем для расчетов максимальное значение.

Таблица 10 - Режимы резания для растачивания отверстия 50 мм

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход	Третий переход
Скорость резания	м/мин	170	260	270
Подача на оборот	мм	0,57	0,15	0,05
Минутная подача	мм/мин	644	248	35,8
Обрабатываемый диаметр	мм	46,1	49,1	49,7
Обработанный диаметр	мм	49,1	49,7	49,98
Глубина резания	мм	1,5	0,3	0,11
Частота вращения	об/мин	1130	1650	716
Максимальная мощность резания	кВт	3,9	3,04	-
Максимальный крутящий момент	Нм	33	17,6	-
Стойкость	мин	46	21	25

Для сверления и обработки другим осевым инструментом также используем систему автоматизированного расчета.

Сверление под резьбу отверстия диаметром 6,8 мм с отклонение 0,09 мм сверлом цельным - 460.1-0680-020A0-ХМ GC34 из материала GC34. Крепление держателем DIN1835-A / DIN6535-НА - metric: 8. СОЖ – эмульсия 5 %. Время обработки одного элемента 0,02 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 4650 (таблица 11).

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 39 %, станок – 61.1 %.

Нарезается резьба М8. Метчик T100-КМ106DA-М8 из материала D210. Крепление держателем DIN: 8,00x6,20. СОЖ – эмульсия 5 %. Время

обработки одного элемента 0,02 мин. Число обработанных отверстий за период стойкости – 25200 (таблица 12).

Общее вспомогательное время – 0,02 мин. Затраты по элементам распределяются так: инструмент 2,08 %, станок – 97,3 %.

Таблица 11 - Режимы резания для сверления

Параметры	Размерность	Значение
Скорость резания	м/мин	111
Подача на оборот	мм	0,2
Минутная подача	мм/мин	1040
Обрабатываемый диаметр	мм	6,8
Глубина резания	мм	3,4
Частота вращения	об/мин	5200
Максимальная мощность резания	кВт	1,96
Максимальный крутящий момент	Нм	3,6
Усилие подачи	Н	828

Таблица 12 - Режимы резания для нарезания резьбы

Параметры	Размерность	Значение
Скорость резания	м/мин	50
Подача на оборот	мм	1,25
Минутная подача	мм/мин	2488
Обрабатываемый диаметр	мм	8
Глубина резания	мм	1,25
Частота вращения	об/мин	1990
Максимальная мощность резания	кВт	1,83
Максимальный крутящий момент	Нм	8,79

Нормы времени по методике в [11] определяем по формуле

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}, \quad (10)$$

где все параметры приведены в [10].

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_e + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \quad (11)$$

где все параметры приведены в [11].

Для основных переходов время было рассчитано и приведено выше. Необходимо найти остальные составляющие времени. В мелкосерийном производстве на все операции время обслуживания $T_{\text{об}}$ и отдыха $T_{\text{от}}$ определяются суммарно в процентах от оперативного времени, как суммы основного и вспомогательного

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_v. \quad (12)$$

Тогда для первой операции время будет складываться

$$\begin{aligned} T_{\text{оп}} &= 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ мин.} \\ T_{\text{обс}} &= 0,06T_{\text{оп}}, \text{ мин.} \\ T_{\text{от}} &= 0,04T_{\text{оп}}. \end{aligned} \quad (13)$$

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{обс}} + T_{\text{от}} = 0,6 + 0,5 + 1,1 = 2,2 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 2,2 + \frac{20}{12} = 3,9 \text{ мин.}$$

Для остальных операций время определяется аналогично и представлено в таблице 2.4.

Для второй и третьей операции время будет складываться из растачивания чернового, получистового и чистового, фрезерования, сверления и нарезания резьбы. Отличаются только размеры обрабатываемых отверстий, количество отверстий с резьбой. Растачивание

$$T_o = 0,08 + 0,58 + 0,08 + 0,17 = 0,91 \text{ мин.}$$

$$T_o = 0,08 + 0,17 + 0,08 + 0,17 = 0,5 \text{ мин.}$$

Фрезерование для средней подачи 170 мм/мин

$$T_o = \frac{82+82}{170} = 0,96 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{82}{170} = 0,48 \text{ мин.}$$

Обработка отверстий

$$T_o = 6 \cdot 0,04 = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_o = 8 \cdot 0,04 = 0,32 \text{ мин.}$$

Время суммарное по операциям

$$T_o = 0,91 + 0,96 + 0,32 = 2,2 \text{ мин.}$$

$$T_o = 0,5 + 0,48 + 0,24 = 1,2 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_b = 0,5$ мин. Тогда

$$T_{\text{обс}} = 0,06 \cdot 2,7 = 0,16 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{от}} = 0,04 \cdot 2,7 = 0,11 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{обс}} = 0,06 \cdot 1,2 = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{от}} = 0,04 \cdot 1,2 = 0,05 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 2,2 + 0,5 + 0,16 + 0,07 = 2,93 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 2,93 + \frac{20}{12} = 4,6 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,2 + 0,5 + 0,11 + 0,05 = 1,93 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$$
$$T_{\text{шт-к}} = 1,93 + \frac{20}{12} = 3,6 \text{ мин.}$$

Для контроля используем стандартный универсальный инструмент (штангенциркуль, микрометр, нутромер, меры шероховатости) [13].

Для всей разработанной технологии операции заносятся в маршрутную карту и операционную карту с картами эскизов (многооперационная и алмазно-расточная операции). Эта технологическая документация представлена в приложении А.

3. Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

Спроектируем наладочное специализированное приспособление для обработки корпуса ременного вариатора на первой операции механической обработки. На данной операции выполняются переходы: обтачивание установочного фланца, а также проводится обработка крепежных отверстий. Два из этих отверстий используются в дальнейшем для установки по базовым пальцам, один цилиндрический, другой ромбический [1,2].

Проектируемое приспособление должно обеспечивать нормальную размерную взаимосвязь между чистовыми технологическими базами и основными отверстиями. Это позволит сформировать максимальную равномерность снимаемого припуска на самых точных поверхностях.

Режимы резания на переходы по обтачиванию и обработке осевым инструментом отверстий рассмотрены в предыдущем разделе. Все необходимые параметры для силового расчета известны и приведены в соответствующих таблицах.

Заготовка отливка, получаемая литьем в песчано глинистые формы. Материал заготовки - серый чугун. Обработка ведется по корке. Для установки используется черновые технологические базы - основные отверстия.

3.2 Расчет сил резания

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

$$P_z = \frac{M_{кр}}{R}, \quad (14)$$

где $M_{кр}$ – момент резания, Нм;

R – радиус обработанной поверхности, м.

$$P_z = \frac{219}{0,071} = 3084 \text{ Н.}$$

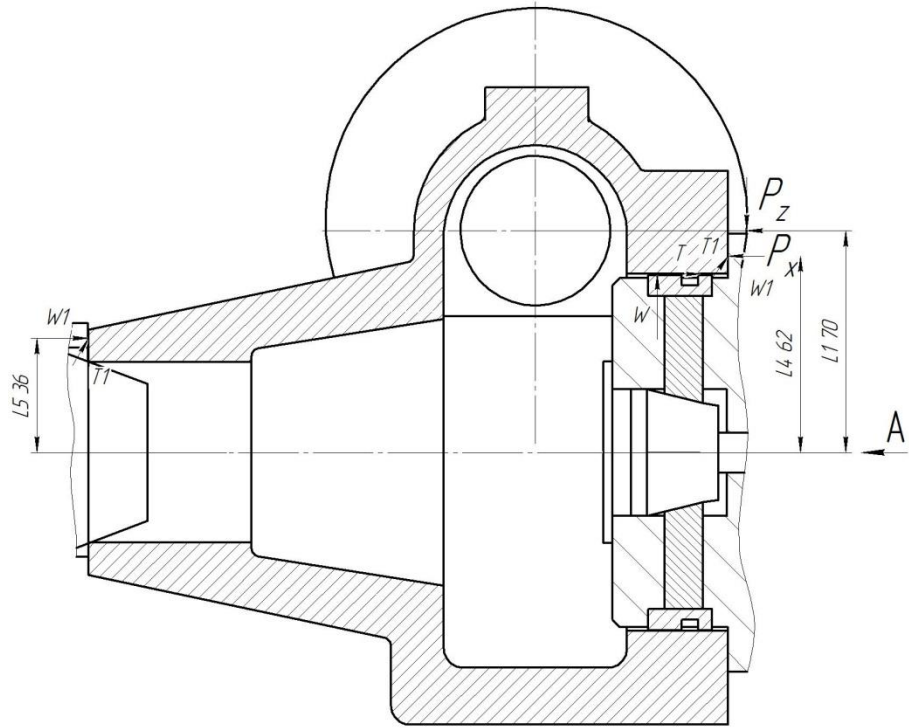
Остальные составляющие силы резания (радиальная P_y и осевая P_x составляющая) пересчитаем в долях от тангенциальной составляющей в следующей пропорции

$$P_z : P_y : P_x = 1 : 0,6 : 0,5.$$

Тогда $P_y = 1850$ Н, а $P_x = 1542$ Н. Под действием этих сил возникают опрокидывающие моменты. Схема для их расчета показана на рисунке 2.

3.3 Расчет усилия зажима

Установка корпуса происходит с одной стороны по оправке по большому отверстию диаметром 120 мм для установки крышки с подшипником. Для соосного отверстия под установку используется плита с подпружиненным коническим центром. За счет такой комбинированной схемы обеспечивается двойная направляющая база. Так как обработка ведется по корке с большой силой резания, используется гидравлический механизм привода зажима. Это обеспечит достаточное усилие закрепления для надежной фиксации корпуса. Схема направления и приложения сил закрепления и сил резания на рисунке 3. Все компоненты: осевая, тангенциальная и радиальная составляющие сил резания, возникающие при обтачивании, стремятся повернуть заготовку на центрирующей оправке. Причем эти силы образуют разные комбинации моментов в зависимости от положения вершины режущего инструмента [15,16].



A

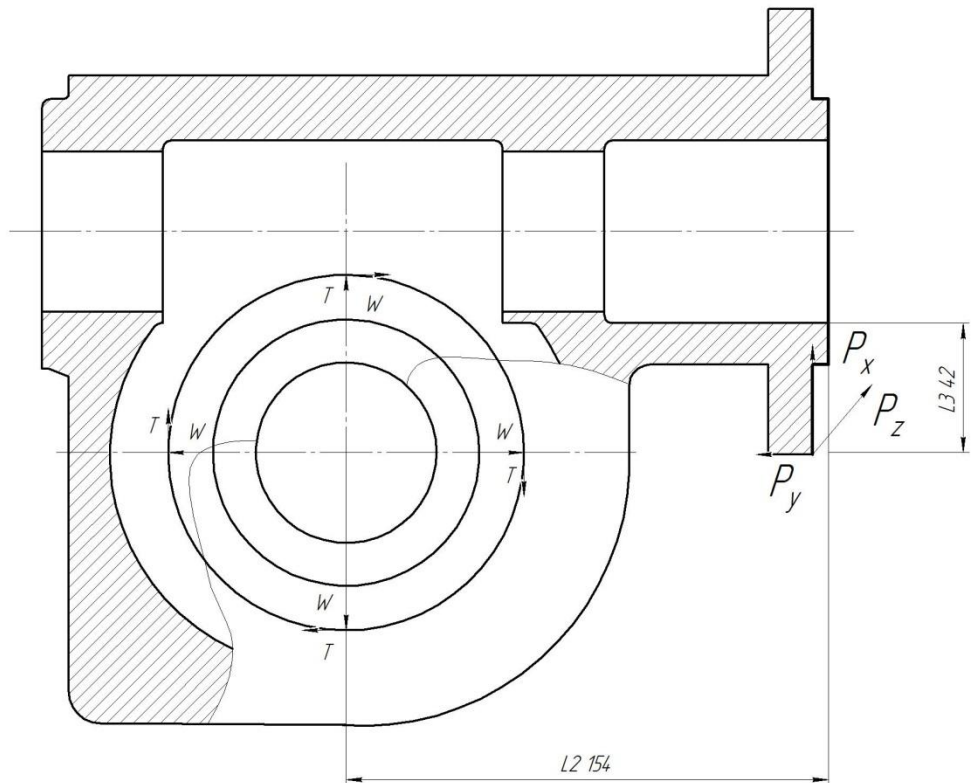


Рисунок 2 – Схема действия сил резания и сил зажима

Этому препятствует момент от сил закрепления, которые возникают при фиксации корпуса кулачками четырех кулачковой зажимной оправки с эксцентриковым зажимом для предварительной установки. Срезанный центр, который поджимается установочной плитой при помощи гидравлического привода, обеспечивает дополнительную силу закрепления, которая препятствует вырыванию и повороту заготовки во время резания.

Крутящий момент резания в зависимости от положения инструмента равен:

$$M_{рез1} = P_y \cdot L_3 + P_x \cdot L_2, \quad (15)$$

$$M_{рез2} = P_z \cdot (L_3 + D_{об}/2) + P_x \cdot L_1, \quad (16)$$

где L_{1-3} – плечо действия соответствующей силы резания, м.

Крутящий момент при обтачивании проворачивает заготовку вокруг горизонтальной оси оправок. Приведены формулы с использованием тангенциальной и осевой составляющих сил резания, которые создают два крутящих моментов. Из них выбираем для расчета максимальный момент.

$$M_{рез1} = 1850 \cdot 0,042 + 1542 \cdot 0,154 = 315 \text{ Нм},$$

$$M_{рез2} = 3084 \cdot (0,07 + 0,07) + 1542 \cdot 0,07 = 539 \text{ Нм}.$$

Для фиксации корпуса прикладываем силу закрепления по базовому отверстию. От силы закрепления возникает сила трения, препятствующая повороту заготовки. Исходя из равенства момента резания и момента от сил закрепления и, учитывая коэффициент запаса, необходимый для надежной фиксации заготовки, определим усилие зажима:

$$M_3 = 4TR = 4WfR, \quad (17)$$

где f - коэффициент трения, возникающий между кулачками оправки и базовой поверхностью корпуса;

T - сила трения от сил закрепления W , Н;

R – радиус базовой поверхности, м.

Выразим усилие закрепления и найдем его из формулы:

$$M_3 = K \cdot M_{рез2}, \quad (18)$$

где K - коэффициент запаса принимается по справочным данным, и в него входят параметры, которые учитывают особенности проведения данной операции.

Поправочные коэффициенты учитывают неравномерность резания, износ режущих пластин, степень механизации привода зажима. Для механизированного зажима, коэффициент, учитывающий эргономику закрепления, принимается $k=1$. Коэффициент трения между поверхностью отливки, образующей литейную корку и рифленой поверхностью кулачков оправки принимаем $f=0,3$.

$$W = \left(\frac{K \cdot M_{рез2}}{4fR} \right). \quad (19)$$

Сила закрепления увеличивается на потери от сил трения из-за перекоса направляющих в отверстиях корпуса. Это дополнительная составляющая от сил трения зависит от вылета направляющих по длине скользящей части направляющих. Вылеты и длину, направляющих принимаем конструктивно для свободной установки и снятия корпуса приспособления с учетом запаса по ходу прижимающей планки. Для определения усилия на штоке привода зажима необходимо учесть силы трения в направляющих, скользящих в отверстиях корпуса.

$$W = \left(\frac{K \cdot M_{\text{рез2}}}{4fR} \right) / \left(1 - \left(\frac{l_k}{H_k} f_1 \right) \right), \quad (20)$$

где l_k – вылет направляющей, м;

H_k – длина контакта направляющей части в отверстии, м;

f_1 – коэффициент трения между направляющим отверстием и ШТОКОМ.

Для спроектированного корпуса с материалами в контактирующей паре сталь по чугуну при граничном трении этот коэффициент равен $f_1=0,08$.

После подстановки в формулу исходных данных:

$$W = \left(\frac{539 \cdot 2,5}{4 \cdot 0,3 \cdot 0,06} \right) / \left(1 - \left(\frac{70}{100} 0,08 \right) \right) = 20124 \text{ Н.}$$

Эта сила необходима, если бы закрепление проходило бы только на оправке. Но основная часть силы закрепления создается в месте контакта торцов заготовки и упорных буртиков приспособления. Сила закрепления для этой составляющей равна

$$W_1 = \left(\frac{K \cdot M_{\text{рез2}}}{3,8f(D+d)} \right) / \left(1 - \left(\frac{l_k}{H_k} f_1 \right) \right), \quad (21)$$

где D – наружный диаметр буртика, м;

d – внутренний диаметр буртика, м.

$$W_1 = \left(\frac{2,5 \cdot 539}{3,8 \cdot 0,25 \cdot (0,08 + 0,06)} \right) / \left(1 - \left(\frac{70}{100} 0,08 \right) \right) = 10664 \text{ Н.} \quad (22)$$

Меньшая сила закрепления обеспечивается за счет прижима прихватом. Часть силы закрепления передается на кулачковый механизм с эксцентриковым приводом, который рассчитан в следующем подразделе.

3.4 Расчет силового привода

Расчет эксцентрикового привода кулачковой оправки с клиновым приводом проводится по формуле:

$$Q = W[tg(\alpha + \varphi_1) + tg(\varphi_2)], \quad (23)$$

где α – угол клина;

φ_1 – угол трения между клином штока и кулачком;

φ_2 – угол трения между штоком и направляющей.

Первоначально заготовка устанавливается по отверстию до упора в буртик на оправку. Далее поворотом рукоятки эксцентрика происходит перемещение штока, клиновья часть штока разжимает кулачки и происходит первоначальная фиксация заготовки в заданном положении. После этого включается механизированный гидравлический привод, который прижимной планкой производит окончательное закрепление корпуса. Сила закрепления от комбинированной кулачковой эксцентриковой оправки равна:

$$Q_1 = \frac{PL_p}{r} [tg(\alpha + \varphi_3) + tg(\varphi_4)], \quad (24)$$

где α – угол подъема кривой эксцентрика;

φ_3 – угол трения между эксцентриком и опорной поверхностью;

φ_4 – угол трения между эксцентриком и опорной осью.

P – усилие на рычаге, Н;

r – величина эксцентриситета, м.

$$Q_1 = \frac{20 \cdot 0,058}{0,012[tg(5 + 0,1) + tg(0,64)]} = 705 \text{ Н.}$$

$$Q = 705[tg(9 + 0,1) + tg(0,1)] = 5600 \text{ Н.}$$

Тогда на прихват остается

$$W_o = W - Q = 10664 - 5600 = 5064 \text{ Н.}$$

Рассчитаем диаметр привода пневматического зажима

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}},$$

где p –давление рабочей среды, МПа.

По формуле рабочее давление среды принимаем равным $p = 1$ МПа. Ход поршня определяем конструктивно для свободной установки-снятия заготовки равным 100 мм.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{5064}{1}} = 80 \text{ мм.}$$

Округляем до стандартного $D=100$ мм.

3.5 Расчет погрешности установки

Точность установки заготовки корпуса будет определяться параметрами точности оправки и ее соосности относительно поджимного усеченного центра. Это погрешность определяется в результате расчета размерной цепи, которая показана на рисунке. Составляющие звенья размерной цепи A_i . Замыкающее звено размерной цепи, которое необходимо обеспечить для точной установки заготовки – это отклонение от соосности (рисунок 3.3). Допуск на отклонение от соосности с учетом допусков на

размеры принимаем равным 0,05 мм. С учетом этого средняя точность размерных параметров, входящих в уравнение размерной цепи равна:

$$A_i = \frac{\Delta}{9} = \frac{0,05}{9} = 0,006 \text{ мм.} \quad (25)$$

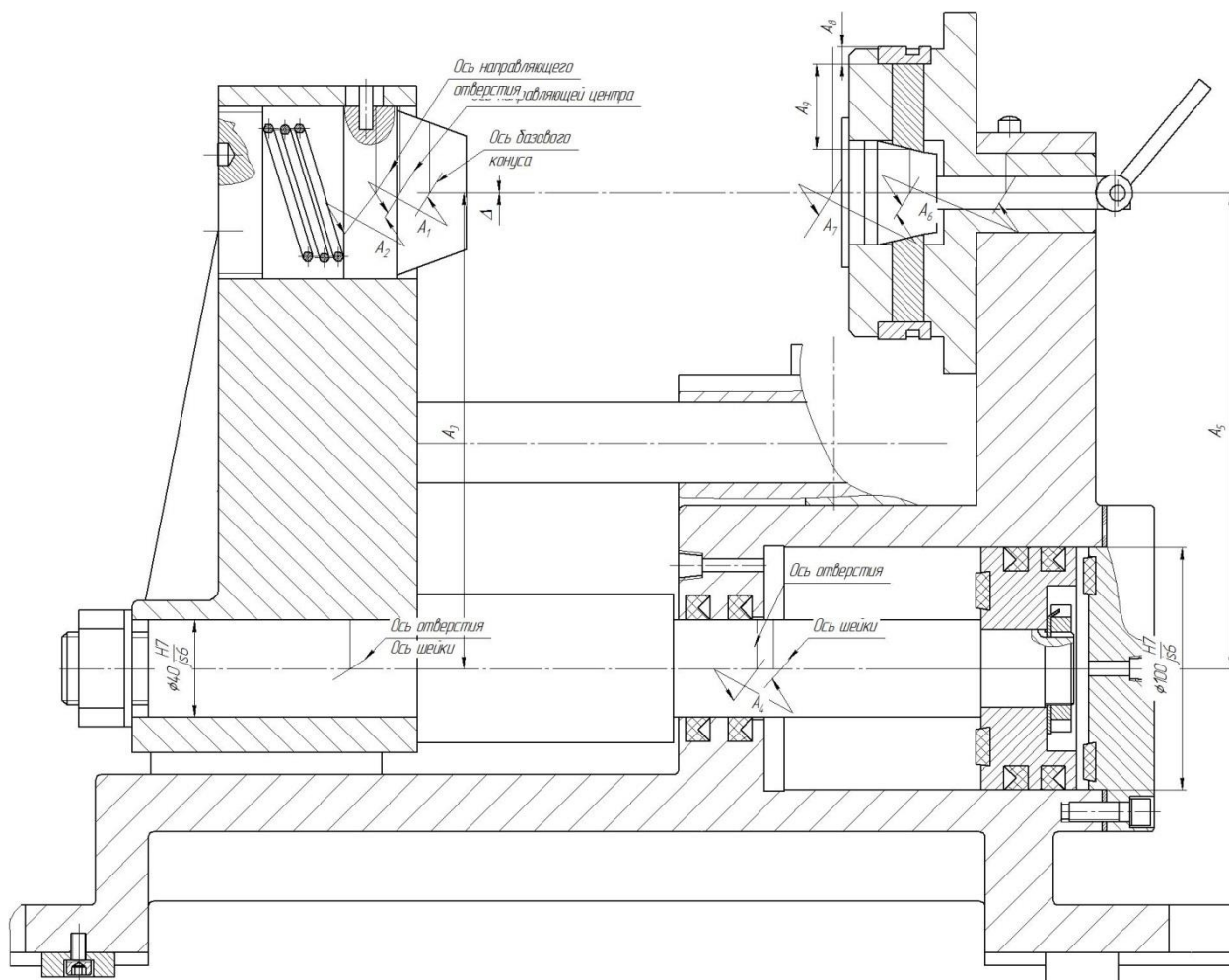


Рисунок 4 – Размерная схема

3.7 Описание конструкции приспособления

Приспособление предназначено для точного базирования и закрепления заготовки корпуса на первой операции механической обработки, выполняемой на обрабатывающем центре.

Приспособление состоит из корпуса 1, который имеет сложную конфигурацию. Основание корпуса 1 имеет вырезы под установочные болты, которые производят фиксацию приспособления на столе станка. В правом кронштейне корпуса 1 в отверстии установлена кулачковая оправка 6. В центре этой оправки проходит шток, который своими скосами упирается в кулачки 12. Эти кулачки 12 охватываются пружинным разжимным кольцом 13. На конце штока 16 установлена рукоятка с эксцентриком с наконечником 17. В корпусе 1 в отверстии установлен поршень 2, который закрепляется на штоке 3 и фиксируется при помощи гайки 31 и разжимной шайбы 32. Поршень имеет уплотнения, которые обеспечивают герметичность рабочей полости. Торцовые уплотнения предохраняют поршень от ударов. Шток 3 перемещается в направляющей части корпуса 1, в которой установлены уплотнительные манжеты 20. На противоположном конце штока, на его шейке, закрепляется поджимная плита 4. Внутри центрального отверстия этой плиты 4 при помощи гайки 32 поджимается пружина 33, которая упирается в срезанный конический центр 5. Для фиксации от поворота и от вываливания из отверстия данный центр упирается в прорезь планки 4 штифтом. Планка 4 закрепляется при помощи гайки 21 и шайбы 22. Для исключения перекосов штока в корпусе предусмотрены направляющие скалки 10, которые с двух сторон перемещаются в направляющих отверстиях корпуса 11, который при помощи винтов 23 зафиксирован на корпусе 1. От поворота заготовка предохраняется при помощи упора 9, который закреплен в кронштейне 8. Он зафиксирован на корпусе 1 винтом 25. Приспособление устанавливается по пазам стола станка при помощи шпонок 27. Они винтами 26 зафиксированы в центральном продольном пазу на нижней плоскости корпуса 1.

Приспособление работает следующим образом: заготовка корпуса устанавливается на оправку по большому отверстию. В угловом положении она фиксируется по боковому упору 9. Далее рукояткой 17 при помощи эксцентрика и штока производится раздвижение кулачков 12. Происходит

предварительная фиксация заготовки в угловом положении. Далее включается привод зажима и давление подается в левую полость цилиндра. Поршень перемещается вправо, шток перемещает плиту 4 со срезанным центром 5. Направляющие 10 обеспечивают плавную работу плиты 4. Центр 5 производит фиксацию заготовки упором торца заготовки в плиту 4. Происходит одновременно фиксация и базирование в радиальном направлении и общая фиксация заготовки. Раскрепление происходит в обратном порядке. Давление подается в правую полость цилиндра через штуцер, который установлен в крышке 7. Шток перемещает плиту 4 со срезанным коническим пальцем 5 влево на расстояние, достаточное для свободного снятия заготовки. Далее рукояткой 17 происходит ослабление кулачков путем выдвижения штока влево. Под действием пружинного кольца кулачки утапливаются в корпус оправки и происходит освобождение заготовки от закрепления. Далее она снимается с оправки и передается на следующую операцию.

Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

3.8 Расчёт и проектирование инструмента

Одним из путей повышения точности механической обработки является использование динамометрических расточных инструментов. Принцип управления точностью при растачивании заключается в измерении силовых параметров или упругих деформаций элементов технологической системы. Так как слабым звеном в технологической системе при растачивании отверстий является режущий инструмент, измерения, как правило, производят на нем [17, 18].

Силы резания обычно измеряют при помощи динамометрических устройств. Определение сил резания возможно косвенными путями путем измерения, например, силовой нагрузки по изменению силы тока на приводе главного движения. Но для того, чтобы обеспечить высокую точность

определения силовых параметров, необходимо проводить дополнительные инженерно-исследовательские работы по выявлению взаимосвязей токовых характеристик привода и реальных сил резания.

Более точным является способ, основанный на определении деформации непосредственно корпуса или державки расточной борштанги, которые возникают из-за составляющих сил обработки. Для этого необходимо предусмотреть в конструкции инструмента датчики, которые будут фиксировать смещения корпуса. Сложность управления при растачивании в данном случае заключается в том, что инструмент вращается при обработке, поэтому сигнал, который замеряет деформацию корпуса в реальном режиме резания должен передавать эту информацию в беспроводном режиме.

Основным элементом в конструкции борштанги является датчик и измерительный стержень. Инструмент состоит из следующих элементов. Корпус 1, где закрепляются режущие пластины 2 при помощи винтов 3. Это позволяет производить быструю переналадку инструмента в случае износа или поломки режущих пластин. Корпус 1 закрепляется в державке 7, которая имеет стандартную установочную цилиндрическую поверхность для закрепления в шпинделе станка. Корпус 1 державки 7 устанавливается по цилиндрической шейке, которая закрепляется при помощи винтов 6 в радиальном направлении и фиксируется контргайкой 5. Вылет борштанги может регулироваться за счет изменения положения регулировочной контргайки 5 при ослаблении винтов 6. Для измерения деформаций, по которым судят о величине сил резания, используют измерительный стержень 8. Он проходит через центральное отверстие корпуса 1 и зафиксирован по резьбовому отверстию. Специальная головка с прямым шлицем и фланцевыми вырезами позволяет производить надежную фиксацию этого измерительного стержня внутри корпуса. Базовая поверхность измерительного стержня проходит рядом с измерительным наконечником датчика 11. В данном случае используются бесконтактные индуктивные

измерители зазора Δ , который может регулироваться при помощи регулировочных шайб 10. Для обеспечения нормальной работы измерительного стержня отверстие в корпусе 1 заглушено при помощи гайки 12.

Борштанга работает следующим образом. Корпус 1 выставляется в заданное положение по вылету. Далее происходит фиксация винтами 6 и контргайкой 5. После этого инструмент вручную или манипулятором устанавливается в рабочий шпиндель станка и фиксируется в нем. В процессе резания сила резания действует на режущую пластину через которую она передается на корпус 1. Происходит деформация корпуса 1, при которой измерительный стержень 8 отклоняется от датчиков 11 в соответствии с направлением равнодействующей сил резания. Датчики 11 расположены в перпендикулярных направлениях и определяют тангенциальную и радиальную составляющие сил резания. В беспроводном режиме они передают информацию на блок управления. В случае превышения предельной деформации, блок управления вырабатывает сигнал на снижение величины подачи для снижения силы резания. Увеличение сил резания может происходить по причине повышенного припуска, износа инструмента. Данная конструкция позволяет компенсировать данные погрешности и повысить точность обработки. Спецификация на борштангу представлена в приложении В.

За счет оперативного управления сокращается время обработки при растачивании (основное время сокращается на

$$T_0 = \frac{30}{0,1 \cdot 689} + \frac{78}{0,15 \cdot 1650} = 0,75 \text{ мин.}$$

Дополнительное время $T_{\text{обс.от}} = 0,1 \cdot 0,75 = 0,08 \text{ мин.}$

Сокращение штучного времени на две операции составит 0,83 мин.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления корпуса с учетом требований стандартов по безопасности труда.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В разделе рассматриваются особенности технологии изготовления корпуса в виде основных характеристик операций разработанного технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик объекта указаны в таблице 13 [3].

Таблица 13 - Паспорт технического объекта

Объект технологии	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Литье	Литейщик	Литейная машина	Чугун СЧ18
Корпус ременного вариатора	Многооперационная	Оператор станков с ЧПУ	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Чугун СЧ18, эмульсия, смазочные вещества, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 14 рассматриваются вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении корпуса [3, 5].

Таблица 14 – Производственные риски

Технологическая операция, работы	Опасный и/или вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Литье	ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Литейная машина
Растачивание черновое, чистовое, зенкерование развертывание, сверление	Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление, зона резания, зажимные
	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	Прихваты патрона, резцы, сверла, зенкеры, развертка СОЖ, стружка Заготовка, инструмент Зона резания Пульт управления станком СОЖ, смазки Манипуляция заготовкой, контроль и управление

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Снижение рисков достигается методами и средствами снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении корпуса (таблица 15).

Таблица 15 – Мероприятия для снижения действия ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационно-технические методы	Средства индивидуальной 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; изоляция токоведущих элементов; предохранители. Инструктажи. Периодичность и продолжительность регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

В таблицах 16 – 17 информация по мерам пожарной безопасности.

Таблица 16 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Литейный	Литейная машина	Класс D	Пламя и искры	Части оборудования, изделий и иного имущества
Обработка корпусов	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Класс B, E	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос высокого напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 17 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
Первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Средства оповещения и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 18 – Средств защиты и пожаротушения

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

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа в таблицах 18 и 19.

Таблица 19 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления корпуса, Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Применение СОЖ на основе негорючих веществ; Хранение ветоши в негорючих ящиках.	Пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения, пожарные инструктажи

Таблица 20 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный техпроцесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Процесс изготовления корпуса	Литейная машина, Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Стружка Токсические испарения Масляный туман, производственная пыль	Взвешенные вещества и нефтепродукты, эмульсолы	Стружка ветошь Растворы жидкостей

Таблица 21 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект	Технология изготовления корпуса
Атмосфера	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
Гидросфера	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
Литосфера	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

4.6 Выводы по разделу

Рассматривается технологический процесс изготовления корпуса и его этапы – заготовительный и многоцелевые операции на обрабатывающем

центрах NEXUS 4000-II и Mazatech V-414/32, переходы, которые включают обтачивание, растачивание, сверление, зенкерование и развертывание, фрезерование. Работает оператор станков с ЧПУ. Приспособление - наладочное специализированное приспособление. Инструмент расточной резец, сверло, зенкер, развертка, фреза (таблица 13).

Идентификация профессиональных рисков выполнена для литья и многоцелевой операции, 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 14).

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 15).

Определены класс и опасные факторы от пожара для участка изготовления корпуса (таблица 16). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 17, 18), мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления корпуса (таблица 19).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления корпуса на среду (таблица 20). Перечислены организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию (таблица 21). Выявив и проанализировав технологию изготовления корпуса, 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 корпуса ремонтного корпуса. На одной из операций предлагается применить динамометрическая борштанга из твердого сплава Т15К6 вместо стандартной оправки расточной 191421054 из твердого сплава Т15К6, выполненной согласно ТУ.

Учитывая описанные изменения, возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности такого предложения по совершенствованию технологического процесса. 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 5 показаны элементы, из которых формируется эта себестоимость.

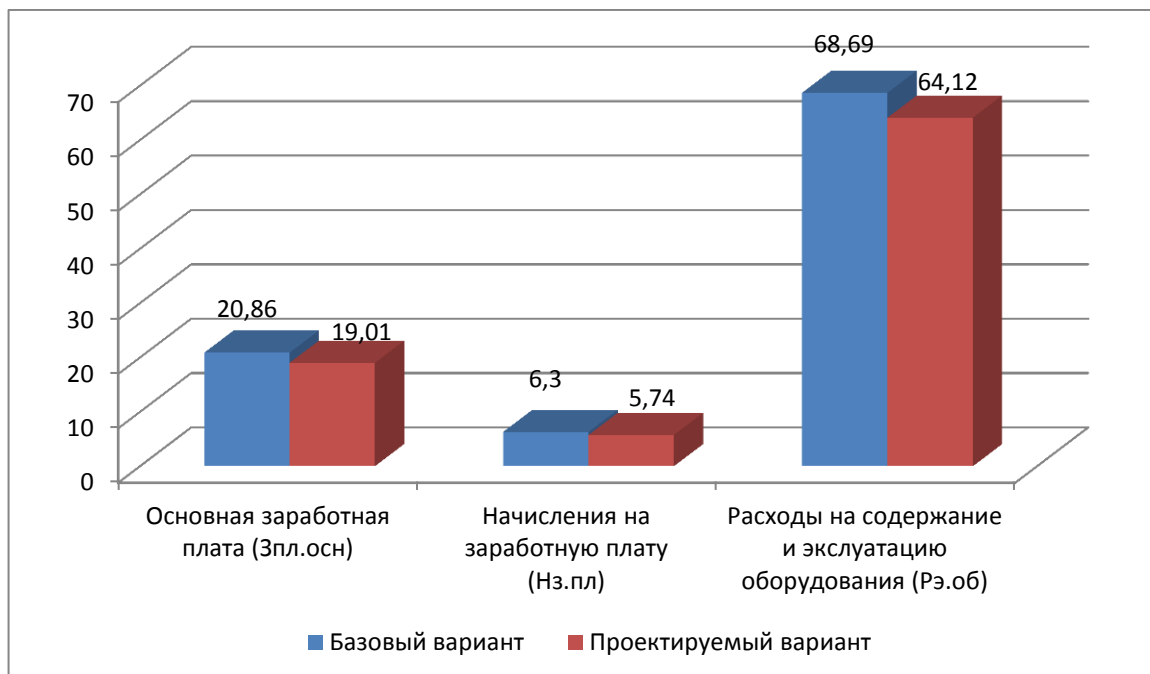


Рисунок 5 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса, руб.

Из рисунка 5 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 71,7%, а в проектном – 72,2%. 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 инструмент, по причине цены, применяемого инструмента на анализируемой операции;

– расходы на площадь, по причине значительных габаритов применяемого оборудования;

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

Представленное на рисунке 5 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 8,9%, 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 6 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

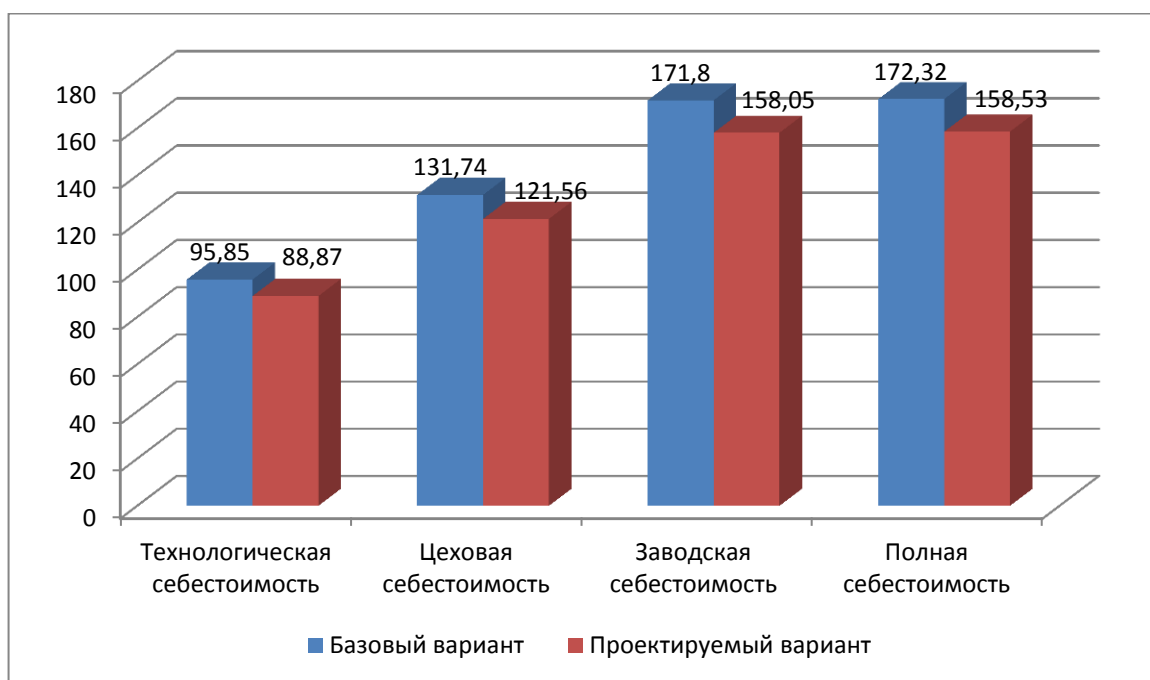


Рисунок 6 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 6, видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости также имеют тенденцию к снижению, в среднем

себестоимость сократилась на 8,15%, а величина полной себестоимости изменилась на 8% 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 9521,12 руб., представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Доля затрат в общем объеме капитальных вложений, %

Представленные на рисунке 7 значения, позволяют сделать вывод о том, что наибольшее влияние на величину капитальных вложений оказывают затраты на проектирование, с долей 91,9% от общей величины.

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 2098,23 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 3 года, что является весьма допустимым значением. Основываясь на этих двух показателях можно делать итоговый вывод, что предложенные мероприятия по замене инструмента являются эффективными.

Заключение

Технологический процесс изготовления корпуса червячного привода регулирования натяжения ремня вариатора представлен в записке. Он соответствует всем основным этапам проектирования технологии изготовления деталей в условиях среднесерийного машиностроения. Конструкция детали отличается сложной конфигурацией. В анализе технологичности конструкции рассмотрены технические требования с учетом служебного назначения, которые представлены на рабочем чертеже детали. Для условий мелкосерийного производства спроектирована технология, которая соответствует типовому техпроцессу изготовления сборного корпуса. Технологический процесс использует высокопроизводительные обрабатывающие центры, что позволяет сконцентрировать переходы, повысить производительность за счет интенсификации режимов резания и снизить вспомогательное время на установку и снятие заготовки. Для закрепления заготовки спроектировано сборное приспособление с механизированным гидравлическим зажимом. В конструкторском разделе проведен расчет необходимой силы зажима и точности установки. Инструмент для выполнения растачивания отверстия спроектирован в соответствующем разделе конструкторской части работы и содержит все необходимые данные. Технология также рассмотрена с точки зрения требований охраны труда и экологичности. Экономический расчет содержит типовую методику расчета по сравнению двух вариантов. Он показывает, что предложенные изменения технологического процесса изготовления корпуса червячной передачи привода регулирования натяжения ремня ременного вариатора, обоснованы.

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.
4. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 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. Косов Н. П. Технологическая оснастка [Текст] : вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф

МО. - Москва : Машиностроение, 2005. - 303 с. : ил. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 295. - Прил.: с. 296-302. - ISBN 5-217-03242-1 : 550-00.

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. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

11. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

18. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст] / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Библиогр.: с. 540-541. - ISBN 5-217-03353-3 : 450-00.

19. 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.

20. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] . 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. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 902-910. - ISBN 5-217-03083-6 : 2147-73. - 2200-00. - 1500-00.

21. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] . 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. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 928-941. - ISBN 5-217-03083-6 : 2147-73. - 2200-00. - 1500-00.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1											
Дуол.											
Взам.											
Плол.											
										2	1
Разраб.	Новиков Е.В.										
Проверил	Рассторгуев Д.А.										
Утвердил	Логинов Н.Ю.										
Н. контр.	Рассторгуев Д.А.										
Корпус ременного вариатора											
СЧ18 ГОСТ 1412-85											
M 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ	
M 02	05	кз	4,6	1	1	0,75	12	250x238x216	1	5,6	
А	Цех Уч. РМ	Опер.	Код наименования операции	Обозначение документа							
Б	Код наименования оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гшт.
A03	000	1060	Заготовительная								
B04											
A05	005	4237	Многооперационная								
06											
B07	Обрабатывающий центр Mazatech V-414/32 (B)										
A08	010	4237	Многооперационная								
09											
B10	Обрабатывающий центр Mazatech V-414/32 (B)										
A11	015	4237	Многооперационная								
B12	Обрабатывающий центр Mazatech V-414/32 (B)										
A13	020	4224	Алмазно-расточная								
B14	Алмазно-расточной 2705Б										
A15	025	4224	Алмазно-расточная								
B16	Алмазно-расточной 2705Б										
МК	Маршрутная карта										2

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82										Форма							
Дубл.	Взам.	Губл.															
												2					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименования операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа						
											КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз	Тшт.	
Б	Код. наименование оборудования					КМ	Обозначение, код				ЕН	КИ	Н. расх.				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ							
Б01	030 0125 Моечная										1	1	1	1			
А02	035 0200 Контроль																
Б03											1	1	1	1			
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта														3		

Продолжение приложения А

Продолжение приложения А

		ГОСТ 3.1105-84		Форме	
Дубл.					
Езам.					
Тлоол.					
				3	
				020	
КЭ	Карта эскизов				

Приложение Б

Спецификация приспособления

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист	Лист	Листов
Перв. примен.									
							<u>Документация</u>		
A1			20.ВКР.ОТМП.74.7.75.000.СБ	Сборочный чертеж	1				
Справ. №									
							<u>Детали</u>		
		1	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.001.	Корпус	1				
		2	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.002.	Поршень	1				
		3	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.003.	Шток	1				
		4	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.004.	Кронштейн	1				
		5	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.005.	Опора	1				
		6	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.006.	Оправка	1				
		7	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.007.	Крышка	1				
		8	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.008.	Уголок	1				
		9	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.009.	Опора	1				
		10	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.010.	Направляющая	1				
		11	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.011.	Плита	1				
		12	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.012.	Кулачок	4				
		13	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.013.	Клин	1				
		14	120.ВКР.ОТМП.74.7.75.014.	Кольцо	1				
		15	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.0015.	Шток-клин	1				
		16	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.016.	Эксцентрик	1				
		17	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.017.	Рычаг	1				
		18	20.ВКР.ОТМП.74.7.75.018.	Винт-опора	1				
Подп. и дата									
							20.ВКР.ОТМП.74.7.75.000.СП		
Изм. № подл.							Изм.	Лист	Листов
							Разраб.	Новиков Е.В.	
Изм. № подл.							Приспособление		
							Проб.	Распорзуб Д.А.	
Изм. № подл.							Копировал		
							Исполн.	Распорзуб Д.А.	
Изм. № подл.							Дата		
							Утв.	Логинов Н.Ю.	

Приложение В

Спецификация инструмента

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист	Лист	Листов
A4				<u>Документация</u>					
				20.ВКР.ОТМП.74.7.65.000.СБ	Сборочный чертеж				
				<u>Детали</u>					
			1	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.001.	Резец расточной	1			
			2	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.002.	Винт стопорный	1			
			3	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.003.	Корпус	1			
			4	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.004.	Заглушка	1			
			5	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.005.	Гайка	1			
			6	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.006.	Винт	2			
			7	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.007.	Державка	1			
			8	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.008.	Стержень	1			
			9	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.009.	Катушка	1			
			10	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.010.	Шайба	2			
			11	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.011.	Фиксатор	2			
			12	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.012.	Крышка	1			
13	20.ВКР.ОТМП.74.7.65.013.	Шарик	1						
			20.ВКР.ОТМП.74.7.65.000.СП						
			Изм. Лист № докум. Подп. Дата						
Инв. № подл.	Разраб.	Новиков Е.В.					Лист	Лист	Листов
	Проб.	Распорзуб Д.А.							1
Инв. № подл.	Исполн.	Распорзуб Д.А.					ТГУ, ИМ		
	Утв.	Логинов Н.Ю.					ТМдз-15028		
			Борштанга				Формат А4		
			Копировал						