

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технологии машиностроения и промышленной робототехники»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка конструкции оправки для алмазного выглаживания и исследование сил выглаживания при обработке поверхностей</b>

УДК 621.81-229.324:621.923.4:621.921.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСПР	Вильнин А.Д.			

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения	
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа	
<b>Общекультурные компетенции</b>		
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства	
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.	

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики  
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»  
 Кафедра «Технологии машиностроения и промышленной робототехники»

УТВЕРЖДАЮ:  
 И.о.зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Вильнин А. Д.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич

Тема работы:

<b>Разработка конструкции оправки для алмазного выглаживания и исследование сил выглаживания при обработке поверхностей</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является – процесс алмазного выглаживания наружных цилиндрических и фасонных поверхностей. Задача: спроектировать оправку для обработки выглаживанием наружных цилиндрических и фасонных поверхностей с постоянным усилием выглаживания.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Обзор литературы и задачи исследования 2. Краткая характеристика и область применения процесса выглаживания. Конструкции оправок. 3. Проектирование оправки для обработки выглаживанием наружных цилиндрических и фасонных поверхностей. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Исследовательский	Червач Ю.Б.

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын В.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Исследовательский (на англ. яз.)	Шепетовский Д.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Исследовательский раздел	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич		

## Оглавление

Введение.....	8
1 Литературный обзор .....	10
1.1 Оправки с силовым элементом в виде плоских пружин.....	10
1.2 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины .....	13
1.3 Оправка копирная с силовым элементом в виде скобы с оппозитно расположенными инденторами.....	16
1.4 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины с регулируемым упором .....	17
1.5 Оправка пневматическая на гибких опорах .....	19
1.6 Оправка пневматическая с параллелограммной установкой индентора на 4- х плоских стойках.....	21
2 Конструкторская часть .....	25
2.1 Компьютерное моделирование и расчет прочности оправки пневматической с компенсирующей подвеской индентора для прецизионного алмазного выглаживания.....	25
2.2 Описание конструкции оправки пневматической с компенсирующей подвеской индентора .....	33
2.3 Установка оправки на токарный станок.....	36
2.4 Алгоритм работы с пневматической оправкой для алмазного выглаживания с компенсирующей подвеской индентора .....	38
2.5 Технология сборки оправки.....	39
2.5.1 Разработка маршрутного технологического процесса сборки .....	39
2.5.2 Нормирование технологического процесса сборки.....	41
3 Тарировка оправки с компенсирующей подвеской индентора.....	46
4 Сравнительные испытания оправки с компенсирующей подвеской индентора .....	50
Заключение .....	54
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	56

5.1	Пред проектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
5.2	Оправка с компенсирующей подвеской индентора для алмазного выглаживания деталей.....	58
5.3	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	58
5.4	SWOT-анализ.....	59
5.5	Инициация проекта.....	63
5.6	Цели и результат проекта.....	63
5.7	Организационная структура проекта.....	64
5.8	Ограничения и допущения проекта. ....	64
5.9	План проекта.....	64
5.10	Бюджет научного исследования.....	67
5.11	Накладные расходы.....	70
5.12	Общие итоги финансирования и расходов.....	71
5.13	Матрица ответственности.....	71
5.14	Оценка экономической эффективности проекта.....	72
5.15	Оценка научно-технического уровня НИР.....	73
6	Социальная ответственность.....	79
6.1	Анализ опасных и вредных факторов.....	79
6.2	Микроклимат.....	80
6.3	Вредные вещества.....	81
6.4	Производственный шум.....	82
6.5	Освещение.....	82
6.6	Электробезопасность.....	85
6.7	Пожаровзрывобезопасность.....	86
6.8	Экологичность.....	87
6.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
6.10	Законодательные акты.....	89
6.11	Графические материалы.....	90

Список используемых источников .....	91
Приложение А .....	93

## Введение

Обработка деталей поверхностно-пластическим деформированием является наиболее простой и эффективной операцией для достижения высокого качества характеристик поверхностного слоя деталей: шероховатости, его структуры и глубины упрочнения. Именно они оказывают существенное влияние на такие эксплуатационные свойства деталей как коррозионная стойкость, износостойкость, усталостная и контактная прочность.

Одним из широко распространенных методов поверхностно-пластического деформирования является алмазное выглаживание. Алмазное выглаживание представляет собой процесс деформирования поверхности индентором, закрепленным в оправке, при котором в поверхности обрабатываемой детали создаются благоприятные сжимающие остаточные напряжения. В качестве деформирующего элемента используется кристалл алмаза с радиусом закругления 0,5 – 3 мм, что вызывает небольшие усилия деформирования, в связи с чем можно обрабатывать детали с небольшой толщиной стенок и небольшими диаметрами, не вызывая их коробления или изменения их размеров.

Алмазный выглаживающий инструмент обладает значительной стойкостью, достигающей 40-50 часов машинного времени, что способствует экономической эффективности процесса алмазного выглаживания. Алмазный инструмент выполняется в виде цилиндрической державки из стали 12ХН3А или 40Х и закрепленного в ней с помощью пайки кристалла алмаза. Рабочая поверхность выглаживателя может иметь форму сферы, цилиндра, кругового тора или конуса. Наиболее распространенной, в силу ее универсальности, является сферическая форма. Она применяется для выглаживания наружных, внутренних и торцовых поверхностей. Для изготовления индентора используются природные кристаллические алмазы, а также синтетические алмазы, представляющие собой поликристаллы размером до 5-6 мм. Алмазное выглаживание может осуществляться инструментами с жестким и упругим контактом деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью.



Широкое распространение получили оправки с упругим контактом индентора, так как такие конструкции лучше справляются со своей главной задачей – постоянное усилие прижатия алмаза к обрабатываемой поверхности. В качестве силового элемента применяются плоские и винтовые пружины, энергия сжатого воздуха или жидкости.

В конструкциях множества оправок имеется прецизионная возвратно-поступательная пара трения, которая имеет неблагоприятное влияние на постоянство сил выглаживания. В возвратно-поступательных парах трения происходит схватывание поверхностей, что приводит к зависанию индентора. Индентор не успевает в своем перемещении за приближающейся и отходящей обрабатываемой поверхностью и, как следствие, на выходе получается неоднородно упрочненная поверхность.

Исходя из выше сказанного становится очевидным тот факт, что конструкции существующих оправок имеют ряд конструктивных недостатков, а упрочненный слой, полученный этими оправками, не удовлетворяет требованиям современного машиностроения.

Актуальность работы заключается в том, что процесс алмазного выглаживания изучен недостаточно, а конструкции оправок нуждаются в доработке, либо в разработке новой конструкции с учетом недостатков существующих.

Целью работы является исследование процесса алмазного выглаживания и разработка оправки для прецизионного алмазного выглаживания.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Оправки с силовым элементом в виде плоских пружин

Оправка для алмазного выглаживания с силовым элементом в виде однопетлевой плоской пружины предназначена для обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей и их торцов, с учетом погрешностей установки детали и её формы.



Рисунок 1.1 Оправка с однопетлевой плоской пружиной

Оправка является простой по конструкции – однопетлевая плоская пружина является силовым элементом и базой для установки индентора. Корпус изготавливается из стали У8А с последующей термообработкой до твердости 48-50 HRC. В корпусе имеется сквозное отверстие, через который проходит щуп индикатора часового типа. Создаваемое усилие зависит от толщины рабочей части, выбираемой от 2 до 4 мм. Это усилие тарируется динамометром, затем его величина наносится гравировкой на корпус оправки. Простота конструкции позволяет использовать различные токарные станки, а компактный размер оправки обеспечивает доступ индентора к поверхностям сложных деталей.

К недостаткам данной конструкции можно отнести непостоянное пятно контакта вследствие прогиба из-за воздействия силы  $P_z$  и возникновение автоколебаний при высокой скорости вращения детали. Также недостатком является то, что обработка возможна при точной установке детали без радиального

биения, либо непосредственно после чистового точения без переустановки, что требует значительных временных затрат.

Близкой по конструкции является оправка с симметричной плоской пружиной. Оправка предназначена для обработки наружных цилиндрических поверхностей и торцов.



Рисунок 1.2 Оправка с симметричной плоской пружиной

Конструкция оправки состоит из плоской пружина, пенополиуретановой демпфирующей прокладки, индикатора часового типа и индентора. Индентор установлен на пружинной опоре, что позволяет индентору перемещаться относительно резцедержателя, в котором закреплена оправка. Пружинная опора также является основным силовым элементом – упругая деформация плоских пружин создает усилие выглаживания. Регулирование усилия осуществляется изменением расстояния, на которое подводится резцедержатель с оправкой после контакта алмаза индентора с поверхностью обрабатываемой заготовки.

Пружинная опора представляет собой сборку из восьми плоских пружин. Они располагаются между двумя стойками по четыре пружины с каждой стороны. При выглаживании пружины работают на изгиб. Конструкция позволяет перемещаться не только линейно вдоль оси индентора, но и поворачиваться. При

этом одна половина опоры сжимается, а другая растягивается. Недостатком пружинной опоры является сдвиг стоек друг относительно друга под действием  $P_x$  ввиду малой жесткости пружин в этом направлении. Это является существенным недостатком данной опоры при использовании в оправках для крепления алмазного индентора, так как это приводит к перекосам индентора.

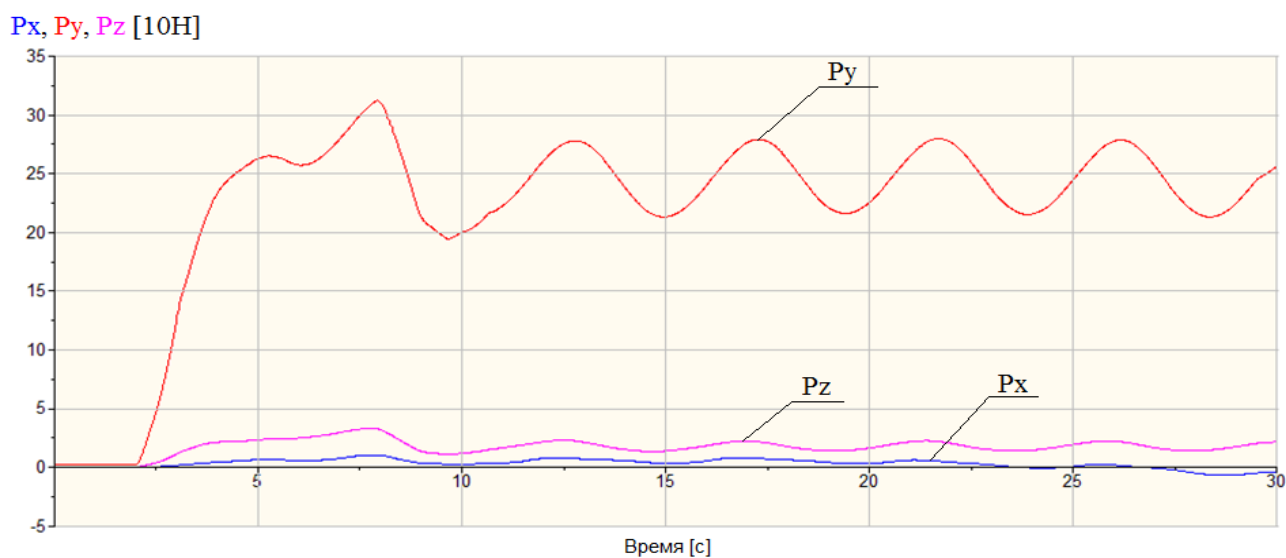


Рисунок 1.3 Зависимость составляющих силы выглаживания  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$  [H] от времени  $T$  [с] при выглаживании оправкой с симметричной плоской пружиной:

$$R_{сф} = 2 \text{ мм}; S = 0,05 \text{ мм/об}; V \approx 0,02 \text{ м/с}; \omega = 1,3 \text{ с}^{-1}$$

Радиальная сила  $P_y$  на графике (рис. 1.3)[1], полученном при обработке оправкой с силовым элементом в виде симметричной плоской пружины имеет синусоидальный вид. Исследования показали, что колебания силы зависят от коэффициента жесткости пружины и от величины радиального биения. Радиальное биение заготовки приводит к перемещениям алмазного индентора в направлении оси  $Y$ , который в свою очередь деформирует опору, на которой он закреплен. Упругая деформация пружин в опоре приводит к изменению силы. Колебания радиальной силы  $P_y$  на участке стабильного процесса выглаживания составили около 67 Н. Такой же характер выглаживания и у оправки с однопетлевой плоской пружиной.

Снизить амплитуду колебания сил возможно лишь уменьшением жесткости пружины или точной установкой заготовки без радиального биения. Уменьшения жесткости пружин можно добиться, уменьшив толщину самих пружин либо петлевой перемычки, что приведет к уменьшению силы прижатия индентора к обрабатываемой поверхности и увеличит риск разрушения пружин, а установка заготовки без эксцентриситета требует значительных временных затрат. Исходя из этого можно сказать что использование плоских пружин в качестве силового элемента нецелесообразно, так как основное требование – стабилизация силы выглаживания - не достигнуто. Так же побочным негативным эффектом является уменьшение производительности.

## **1.2 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины**

Оправка для алмазного выглаживания с силовым элементом в виде винтовой пружины предназначена для обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей и их торцов.

Оправка имеет прецизионную возвратно-поступательную пару, работающую в условиях сухого трения. В качестве силового элемента используется градуированная винтовая пружина, которая поджимается регулировочным винтом. Выглаживание производится при определенной величине силы прижатия, которая устанавливается с помощью шкалы и контролируется в процессе обработки индикатором часового типа.

Конструкция оправки представляет собой цилиндрический корпус со сквозным шлифованным отверстием, в которое устанавливаются плунжер с закрепленным на нем индентором и винтовая пружина. В корпусе профрезерован паз, через который проходит стержень, жестко соединенный с плунжером. Стержень одновременно служит как опора для щупа индикатора часового типа и ограничителем хода индентора. Ввинчивание регулировочного винта приводит к сжатию пружины, тем самым повышая давление алмаза индентора, подпираемого пружиной к заготовке через плунжер.

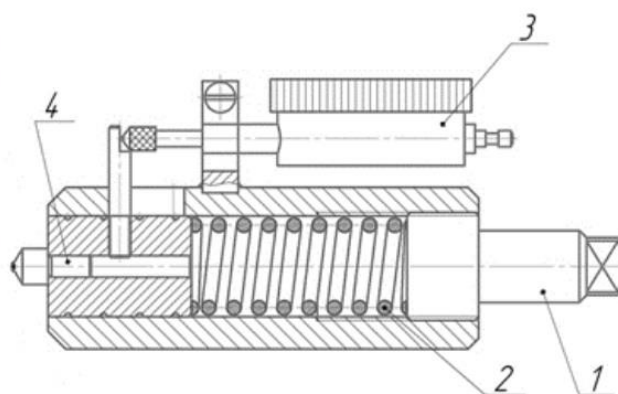


Рисунок 1.4 Оправка с винтовой пружиной: 1 – регулировочный винт;  
 2 – винтовая пружина;  
 3 – индикатор часового типа; 4 – индентор.

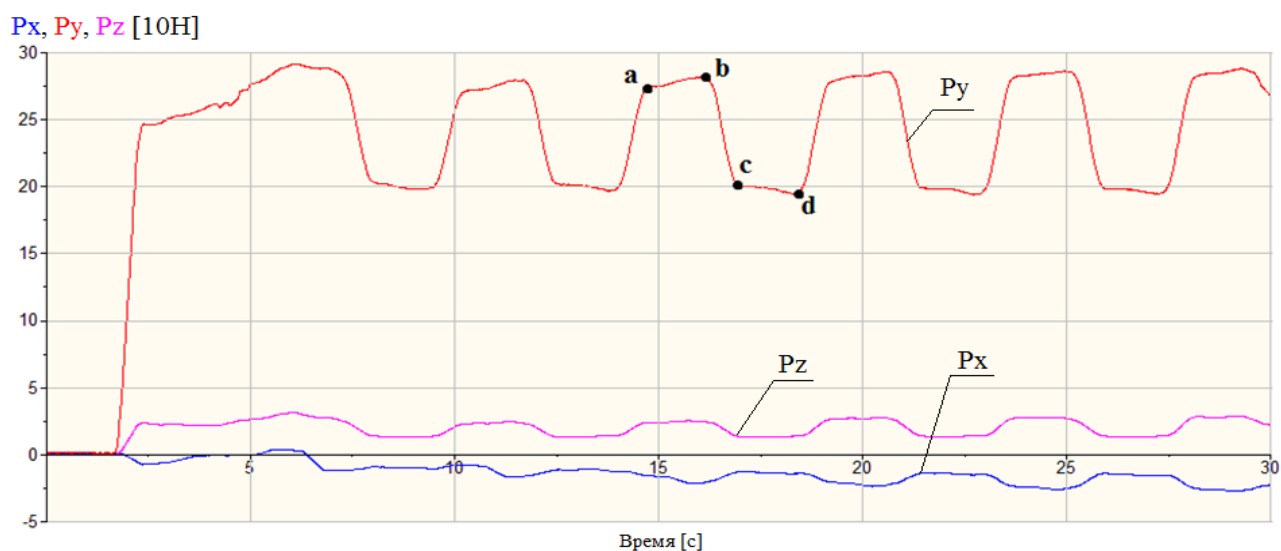


Рисунок 1.5 Зависимость составляющих силы выглаживания  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$  [Н] от времени  $T$  [с] при выглаживании оправкой с винтовой пружиной:

$$R_{сф} = 2 \text{ мм}; S = 0,05 \text{ мм/об}; V \approx 0,02 \text{ м/с}; \omega = 1,3 \text{ с}^{-1}$$

Пилообразный график зависимости радиальной силы от времени (рис. 1.5)[1], вероятнее всего, вызван схватыванием возвратно-поступательной пары трения. Попытки уменьшить трение в возвратно-поступательной паре путем подачи смазки, вращением индентора относительно корпуса, внешними вибрациями уменьшили амплитуду колебания силы  $P_y$ , но не имели значительного влияния на характер силовых зависимостей. Анализ показал, что величина

колебания радиальной силы выглаживания зависит не только от коэффициента жесткости винтовой пружины, но и от характера процесса выглаживания.

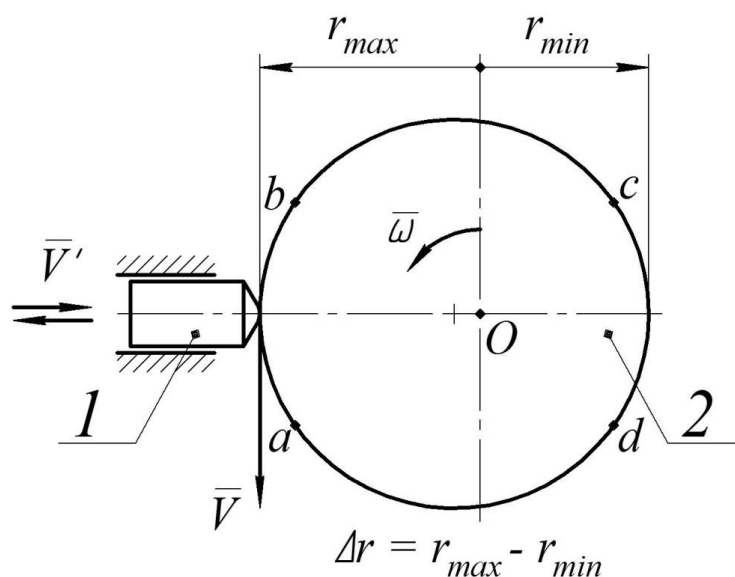


Рисунок 1.6 Схема движения индентора по поверхности с радиальным биением:  
 1- индентор, установленный в возвратно-поступательной прецизионной паре;  
 2 – обрабатываемая поверхность

На участке графика установившегося процесса выглаживания видно, что радиальная сила  $P_y$  возрастает и убывает скачкообразно, рывками. На участке « $a-b$ », соответствующем увеличению радиального размера, сила линейно возрастает вследствие роста силы упругости, которая стремится восстановить первоначальную форму пружины. На участке графика « $b-c$ », соответствующем прохождению индентора максимального радиуса, видим резкий спад. Это объясняется возникновением схватывания в возвратно-поступательной паре, кратковременно появляется сила трения покоя, которая затем сменяется силой трения скольжения. Срыв и начало плунжера приводят к скачкообразному уменьшению радиальной силы выглаживания. Следующий участок « $c-d$ » соответствует уменьшению радиуса обрабатываемой детали. Сила  $P_y$  линейно уменьшается в связи с уменьшением силы упругости пружины. Колебания силы составляют около  $88\text{ Н}$ , что больше амплитуды колебаний плоской пружины.

Вызвано это, вероятнее всего, возникновением инерции вследствие резкого начала движения так как стальной плунжер имеет массу.

На основании анализа графиков можно сделать вывод, что использование возвратно-поступательной пары трения в конструкциях оправок для алмазного выглаживания крайне нежелательно. Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины не справляется с основной задачей – стабилизацией сил выглаживания.

### 1.3 Оправка копирная с силовым элементом в виде скобы с opposитно расположенными инденторами

Оправка состоит из скобы 1 с opposитно расположенными на ней алмазными выглаживателями 2. Между ними располагают деталь 3 и копирный элемент 4, выполняющий функцию фиксатора положения выглаживателей на контуре детали. Скоба связана шарниром 5 с ползуном 6, в торец которого установлена пружина 7 сжатия, размещенная в корпусе 8. Корпус закрепляется в резцедержатель токарного станка. При работе контакт оправки с обрабатываемой деталью в трех точках должен обеспечить неизменное положение инденторов на линии в любом положении контура детали относительно центра вращения. Конструкция оправки способна полностью гасить радиальные биения любой величины.

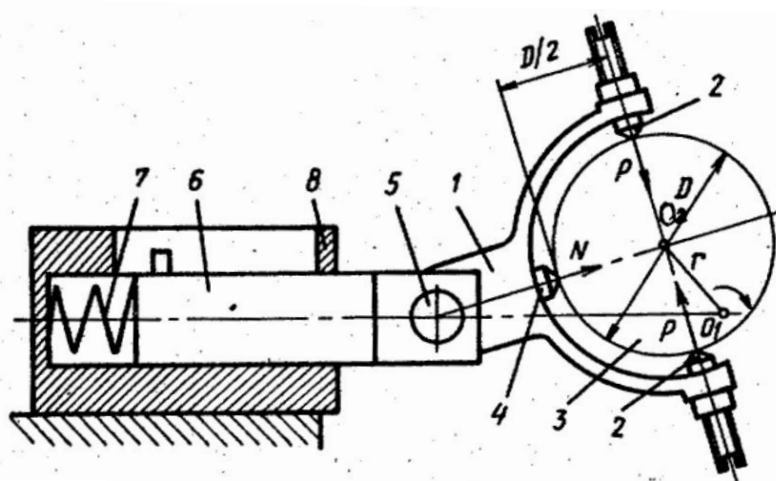


Рисунок 1.7 Оправка копирная с силовым элементом в виде скобы с opposитно расположенными инденторами;  $N$  – усилие, создаваемое деформацией пружины,

$P$  – сила выглаживания



Оправка предназначена для алмазного выглаживания наружных цилиндрических поверхностей, преимущественно эксцентриков и кривошипов на валах. Данный инструмент содержит в своей конструкции элементы, неблагоприятно влияющие на стабилизацию силы выглаживания: возвратно-поступательную (ползун-корпус) и вращательную (шарнир) пары трения и винтовую пружину. В парах трения возникают схватывания из-за адгезионного взаимодействия. Механические «зависания» ползуна влияют на силу  $N$ , создаваемую винтовой пружиной, в результате чего меняется усилие прижатия и возможно даже потеря контакта копирного элемента с обрабатываемой поверхностью. Винтовая пружина так же не обеспечивает постоянную силу прижатия: сила упругости напрямую связана с величиной деформации пружины. Трение в шарнире также неблагоприятно для процесса выглаживания по причине, указанной выше. Во время обработки в результате продольной подачи возникает сила  $P_x$ , которая прижимает торец скобы к вилке шарнирного механизма, создавая неблагоприятное для процесса выглаживания трение.

Исходя из выше сказанного можно сделать вывод что с задачей стабилизации сил выглаживания оправка с силовым элементом в виде скобы с оппозитно расположенными инденторами не справляется. Использование данной оправки является нецелесообразным.

#### **1.4 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины с регулируемым упором**

Оправка содержит индентор 1 с упором 2, размещенные на кольце 3, которое охватывает деталь. В корпусе 9 установлен стержень кольца, внутри которого установлены держатель 6 и тарированная пружина 5. Усилие выглаживания устанавливается с помощью вращения рукоятки 7. При этом гайка перемещается по винту 8, сжимая пружину и создавая необходимое усилие прижатия индентора к поверхности. Перемещения стержня кольца и держателя ограничены специальными ограничителями хода.

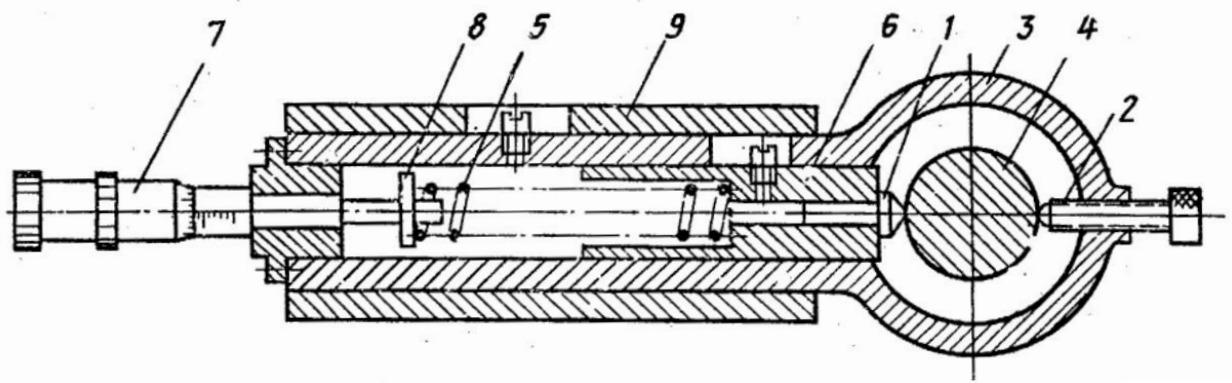


Рисунок 1.8 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины с регулируемым упором

Оправка работает следующим образом. Деталь при перемещении давит на индентор, индентор через держатель давит на пружину, втулку, соединенную винтами со стержнем кольца, кольцо при этом тянет упор, прижимая его к детали. Этим обеспечивается постоянство усилия прижатия индентора к поверхности.

Однако, в конструкции не учтено то, что при биении деталь будет двигаться во всех направлениях, не только в направлении движения держателя. Корпус оправки, жестко закрепленный в резцедержателе токарного станка, позволяет совершать только одно перемещение вдоль оси индентора. Таким образом, при движении детали, к примеру, вверх, перпендикулярно оси индентора, обрабатываемая поверхность будет выходить из контакта с алмазом и процесс выглаживания прекратится. Так же конструкция оправки содержит возвратно-поступательную пару трения и винтовую пружину, которые неблагоприятно влияют на стабилизацию сил выглаживания. Минусом является так же то, что размер обрабатываемой детали ограничен размерами кольца, что не позволяет проводить обработку деталей больших диаметров.

Анализ конструкции оправки с силовым элементом в виде винтовой пружины с регулируемым упором показал, что использование данной оправки для алмазного выглаживания недопустимо, так как конструкция оправки является

неработоспособной и содержит ряд недостатков. Основное требование – стабилизация силы выглаживания – в данной оправке не достигнуто.

### 1.5 Оправка пневматическая на гибких опорах

Особенностью конструкции данной оправки является то, что она не имеет пар трения, а перемещение индентора 1 в направлении оси  $Y$  осуществляется упругой деформацией гибких опор 3. Для вертикальной остойчивости опоры усилены пластинами, а для согласованной деформации они жестко связаны между собой штангами 6. В качестве силового элемента используется сильфон 2 к которому через штуцер 4 присоединяется ресивер. Усилие прижатия обеспечивает давление воздуха в системе «сильфон-ресивер». Оправка устанавливается и закрепляется в резцедержателе токарного станка креплением 5.

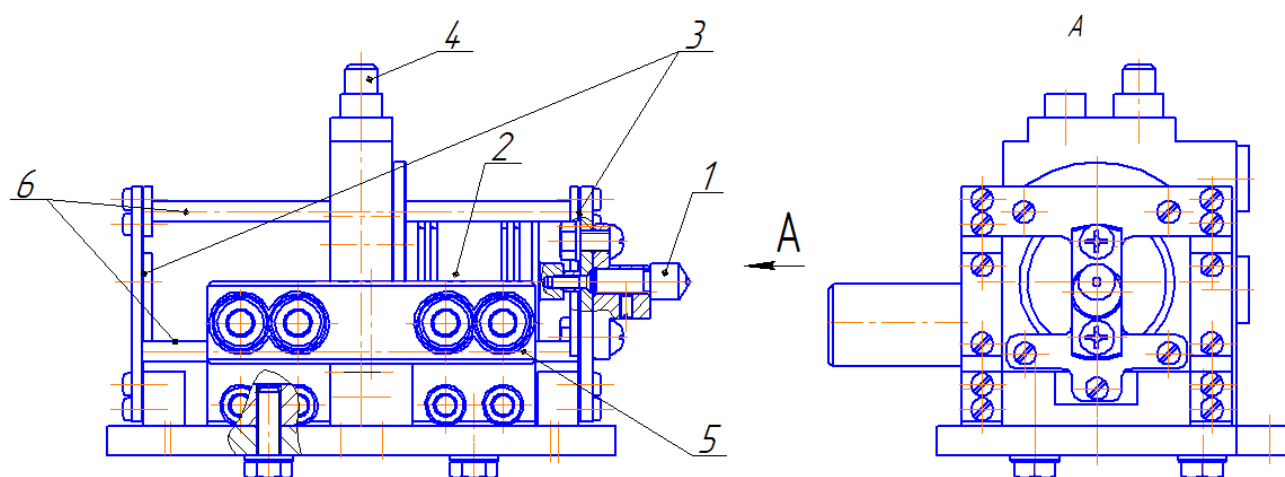
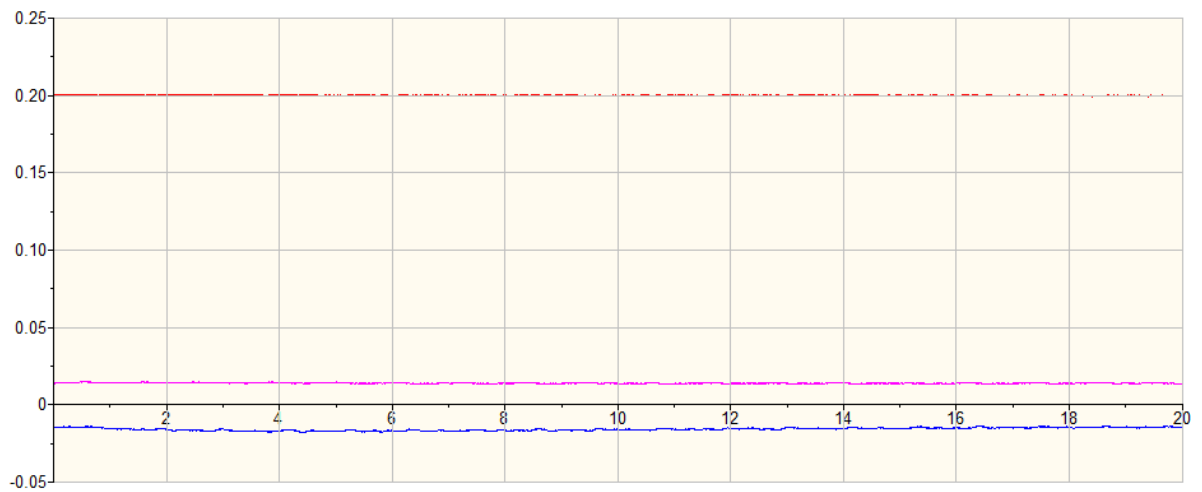
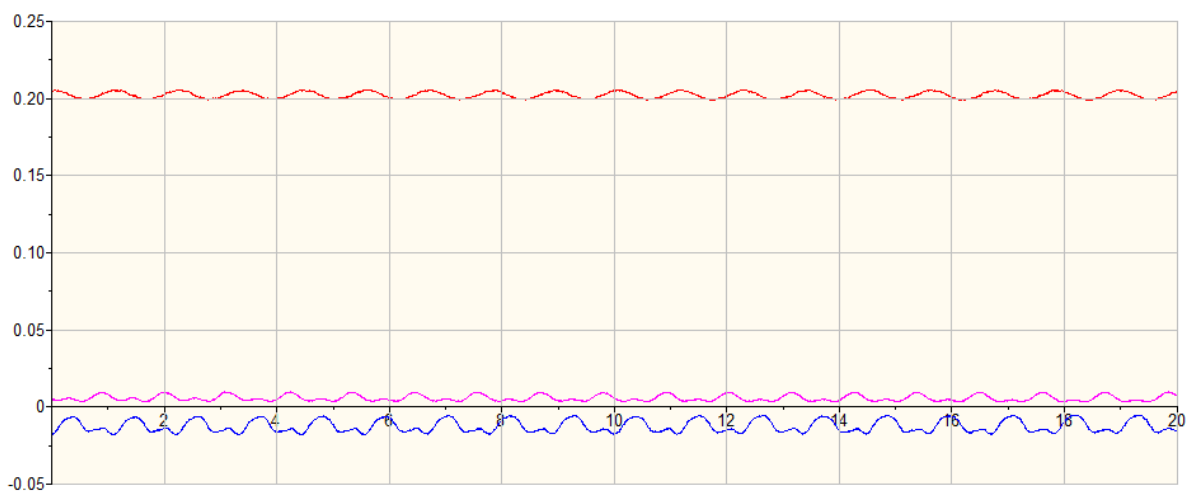


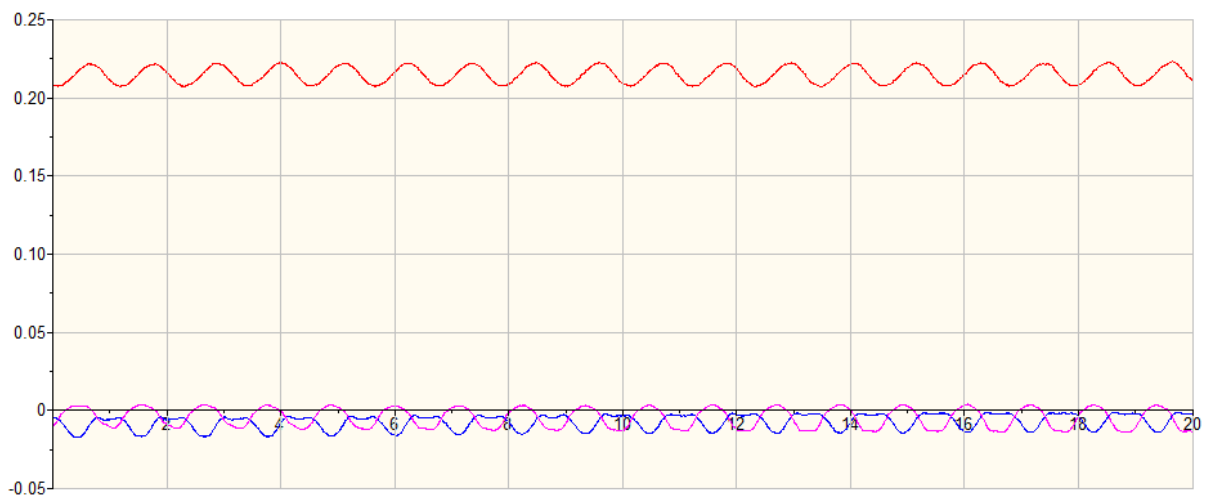
Рисунок 1.9 Оправка пневматическая на гибких опорах



a)



б)



в)

Рисунок 1.10 Зависимость составляющих силы выглаживания  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$  [H] от времени  $T$  [с] при выглаживании оправкой пневматической на гибких опорах: а,

б, в

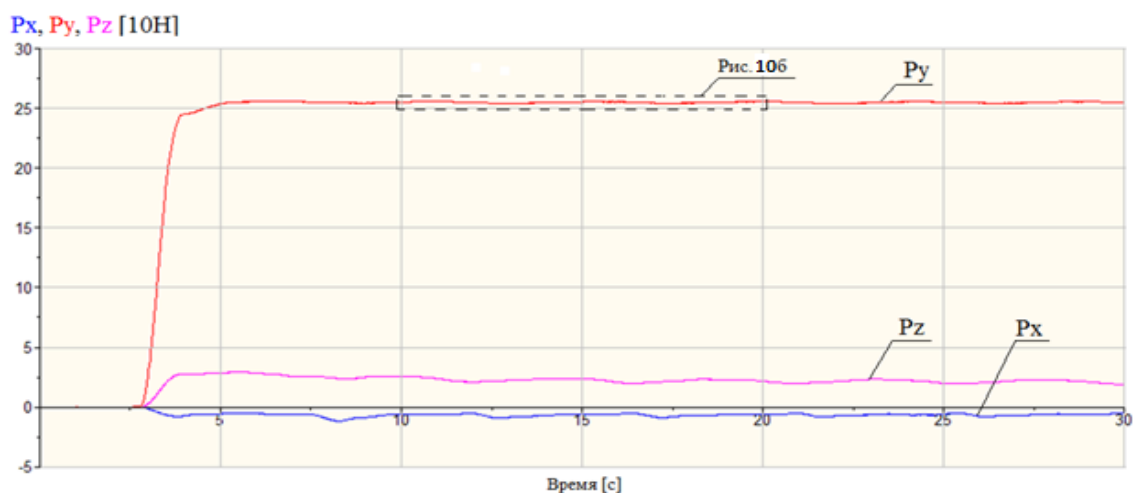
На данной оправке была проведена серия экспериментов по алмазному выглаживанию специально подготовленных образцов, установленных с различными заданными величинами радиального биения. Измерение составляющих сил выглаживания осуществлялось динамометром, на котором с помощью специального приспособления была закреплена оправка. Диаметр заготовки, обороты и подача инструмента для трех разных радиальных биений были заданы одинаковыми. На рисунке 1.10(а)[1] видим график зависимости силы от времени для обработки детали без радиального биения. Колебание силы выглаживания составило:  $\Delta P_y \approx 1,5 \text{ Н}$ . На рисунке 1.10(б)[1] график обработки детали с радиальным биением:  $e = 1 \text{ мм}$ . Колебание силы составило:  $\Delta P_y \approx 6,9 \text{ Н}$ . На третьем рисунке 1.10(в)[1] видим график обработки детали с радиальным биением:  $e = 2 \text{ мм}$ . Колебания силы составило:  $\Delta P_y \approx 15,7 \text{ Н}$ .

По полученным графикам силовых зависимостей можно сделать вывод, что при обработке поверхностей, установленных с биением, данная оправка обеспечивает высокую степень стабилизации сил выглаживания. Существующие колебания обусловлены упругими деформациями сиффона и деформациями изгиба гибких стоек. Оправка пневматическая на гибких опорах компактная, обладает хорошими показателями работы, но имеет серьезный недостаток: малая жесткость гибких опор и штанг, что при высоких скоростях вращения детали приводит к возникновению нежелательных колебаний в системе «инструмент-деталь».

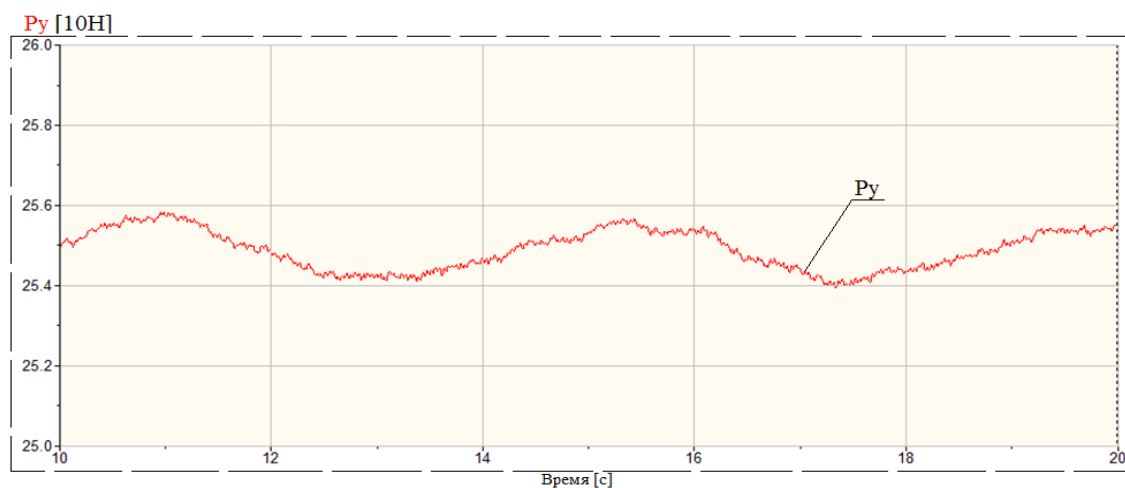
## **1.6 Оправка пневматическая с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках**

Оправка пневматическая с ресивером с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках была разработана на основе оправки на гибких опорах. По сравнению с предыдущей оправкой была значительно увеличена жесткость конструкции и изменена компоновка некоторых элементов. Корпус был изготовлен из цельного куска материала, так как сборная конструкция обладает

меньшей жесткостью. С помощью систем компьютерного моделирования были рассчитаны необходимые размеры и толщины стенок корпуса для исключения упругих деформаций под воздействием сил выглаживания. Корпус закреплен на 4-х плоских стойках на основании оправки. Перемещение индентора осуществляется упругой деформацией плоских стоек. Силовым элементом служит сильфон со сжатым воздухом с присоединенным к нему ресивером. Ресивер необходим для выравнивания давления и смягчения пульсаций, вызванных перемещением индентора.



а)



б)

Рисунок 1.11 Зависимость составляющих силы выглаживания  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$  [H] от времени  $T$  [с] при выглаживании оправкой пневматической с ресивером с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках:

$$R_{сф} = 2 \text{ мм}; S = 0,05 \text{ мм/об}; V \approx 0,02 \text{ м/с}; \omega = 1,3 \text{ с}^{-1}$$

При обработке деталей, установленных с радиальным биением, данная оправка показала практически прямой вид зависимости сил выглаживания, что видно на рисунке 1.11(a)[1]. На увеличенном виде части зависимости можно заметить, что колебания радиальной силы  $P_y$  не превышают 2 Н. Это небольшое изменение силы обусловлено, судя по тому, что они похожи на зависимости пружинных оправок, коэффициентом жесткости плоской пружины – сальфона и упругими деформациями стоек.



Рисунок 1.12 Оправка пневматическая с ресивером с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках

Представленная оправка с параллелограммной установкой индентора на четырех плоских стойках обеспечивает наиболее высокую степень стабилизации силы  $P_y$  в процессе обработки фасонных поверхностей и деталей, установленных с радиальным биением. Алмазное выглаживание данной оправкой можно производить без предварительной точной установки детали. Конструкция не имеет недостатков, которые присущи пружинным оправкам и оправкам с парами трения.

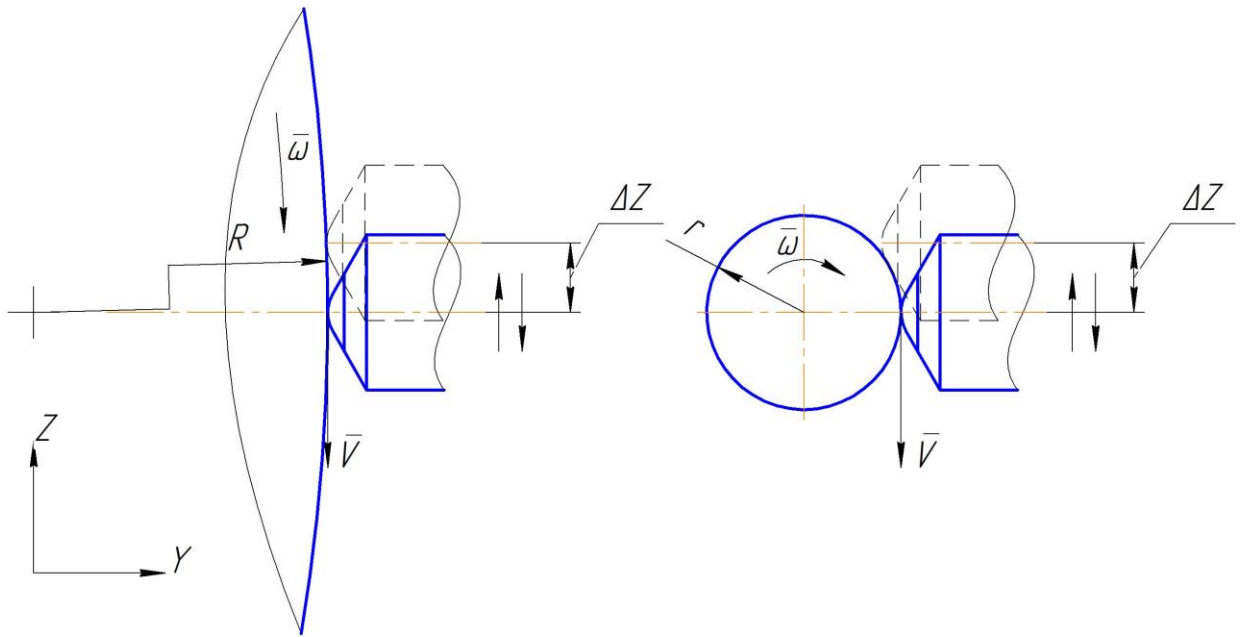


Рисунок 1.13 Схема перемещения индентора в направлении оси  $Z$

Однако, остается актуальной проблема перемещения индентора в направлении оси  $Z$ . В силу постоянства длины стоек во время перемещения в направлении оси  $Y$  индентор имеет небольшое линейное перемещение в направлении оси  $Z$  и угловое смещение относительно точки закрепления стоек. Это явление имеет неблагоприятное влияние на процесс обработки при малых диаметрах обрабатываемой детали. Индентор, сместившись по  $Z$ , контактирует с деталью конусной поверхностью, тем самым меняя пятно контакта и усилие прижатия.



## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Компьютерное моделирование и расчет прочности оправки пневматической с компенсирующей подвеской индентора для прецизионного алмазного выглаживания

На основании литературного обзора научно – технической литературы, патентов, в которой были рассмотрены различные конструкции оправок для алмазного выглаживания наружных цилиндрических и фасонных поверхностей, а также учитывая накопленный экспериментальный опыт, были выявлены следующие требования к конструкции будущей оправки.

Конструкция не должна иметь узлов, в которых используется возвратно-поступательные и вращательные пары трения: механическое «зависание» пар трения имеет неблагоприятное влияние на стабилизацию радиальной силы  $P_y$  и на процесс выглаживания в целом. В качестве силового элемента использовать систему «сильфон-ресивер» как хорошо себя зарекомендовавшую. Система обеспечивает высокую степень стабилизации и малую амплитуду колебания сил выглаживания. Индентор не должен иметь перемещений в направлении осей  $X$  и  $Z$ . В разработке конструкции будущей оправки необходимо обеспечить жесткость в направлении этих осей. Индентор должен иметь минимально возможное сопротивление перемещению в направлении оси  $Y$ . Так же должна обеспечиваться простота закрепления алмазного наконечника и установка оправки в резцедержатель токарного станка. Оправка должна быть компактной и удобной в эксплуатации. Ход перемещения алмазного наконечника должен быть в пределах 3 мм, так как силовой элемент - мембрана, спаянная на жесткой основе, имеет ограниченный рабочий.

Для проектирования и расчетов оправки использовались компьютерные программы АРМ FEM Компас 3D V16. АРМ FEM позволяет производить расчет напряжений, перемещений, действия нагрузок, расчет усталости конструкций, воздействия деформаций. Приложение АРМ FEM прочностной анализ Компас 3D V16 позволяет производить виртуальный расчет конструкций и на основе полученных результатов вносить изменения. Данная САЕ-система работает с

геометрической моделью напрямую, что позволяет избежать передачи 3D-данных через сторонние форматы и тем самым снизить вероятность возникновения ошибок. В состав АРМ FEM входят инструменты подготовки сборок к расчету, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной сетки (как с постоянным, так и с переменным шагом), расчетные модули, постпроцессор и средства визуализации результатов расчетов в виде цветowych схем. Этот функциональный набор дает возможность смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях с точки зрения статики, собственных частот, устойчивости и теплового нагружения.

Разработка началась с поиска оптимальной компоновки. Для исключения перемещения по оси  $Z$  решено было сконструировать симметричную подвеску.

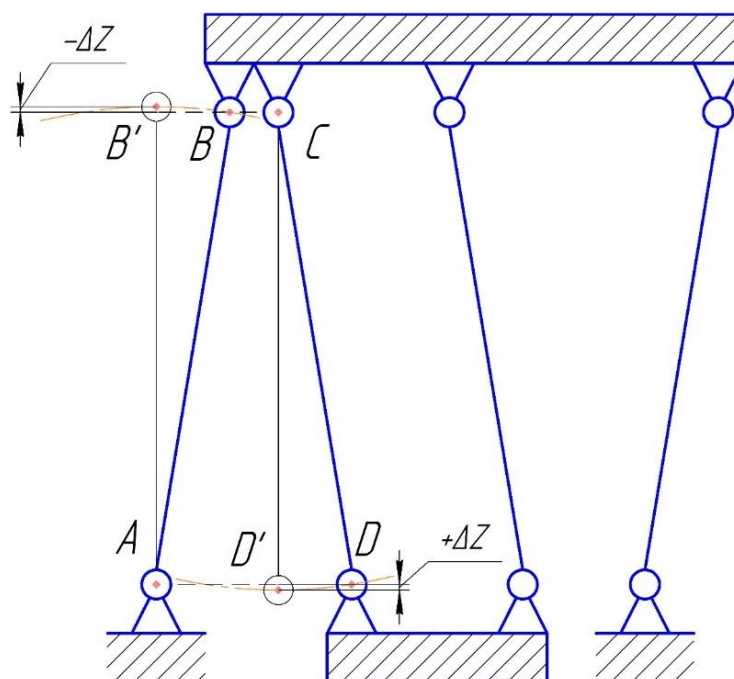


Рисунок 2.1 Схема шарнирно-неподвижного закрепления стоек

Точка  $A$  имеет шарнирно-неподвижную опору. Точки  $B$ ,  $C$  и  $D$  также имеют шарнирно-неподвижную опору, но на подвижном элементе. Угловое смещение точки по радиусу, равном длине стойки, из точки  $B'$  в точку  $B$  относительно точки

$A$  перемещает подвижный элемент вниз на расстояние  $\Delta Z$ . Аналогичное угловое смещение из точки  $D'$  в точку  $D$  относительно точки  $C$  перемещает нижний подвижный элемент на то же расстояние  $\Delta Z$  в направлении оси  $Z$  только в противоположном направлении. Таким образом, элемент с закрепленным на нем индентором совершает прямолинейное перемещение в направлении оси  $Y$ .

Однако, использовать эту схему в конструкции оправки нежелательно по двум причинам: 1) шарнир имеет пару трения 2) усложняется конструкция оправки при использовании данных элементов.

Заменим шарниры на жесткую заделку, а жесткие стойки заменим на упругие. Это позволит избежать использование пар трения и упростит конструкцию оправки. Перемещение будет осуществляться за счет упругой деформации стоек.

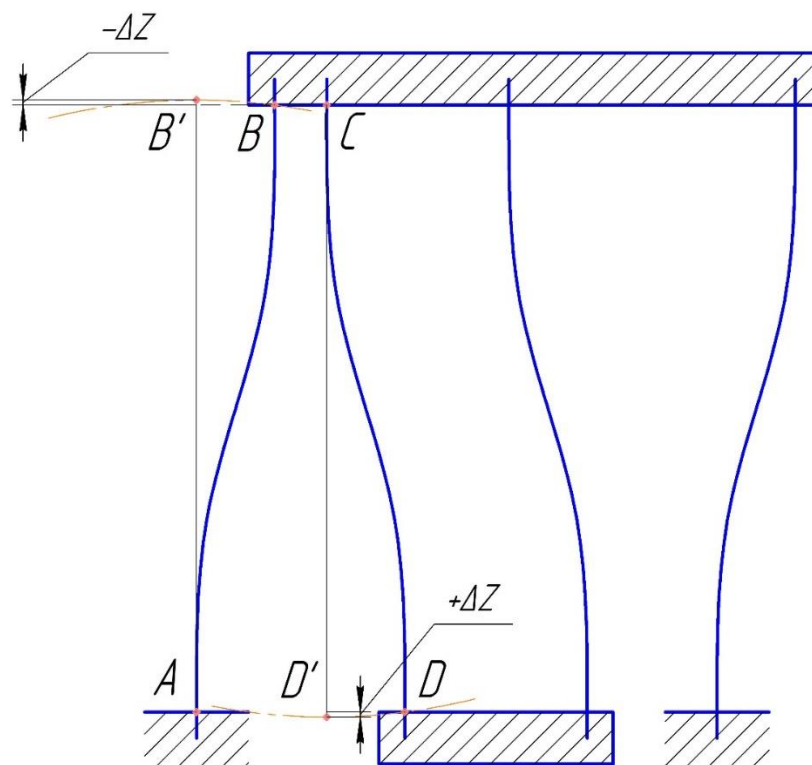


Рисунок 2.2 Схема жесткой заделки стоек

В схеме жесткой заделки стоек, реализуется та же кинематика, что в шарнирной схеме. Стойки одинаковой жесткости под воздействием радиальной силы выглаживания испытывают одинаковый изгиб. Для того чтобы стойки не

потеряли остойчивость из-за воздействия силы  $P_z$ , а также для прогнозируемой деформации они будут усилены пластинами, закрепленными винтами. Для увеличения жесткости в направлении оси  $X$  пластины будут скреплены в пары.

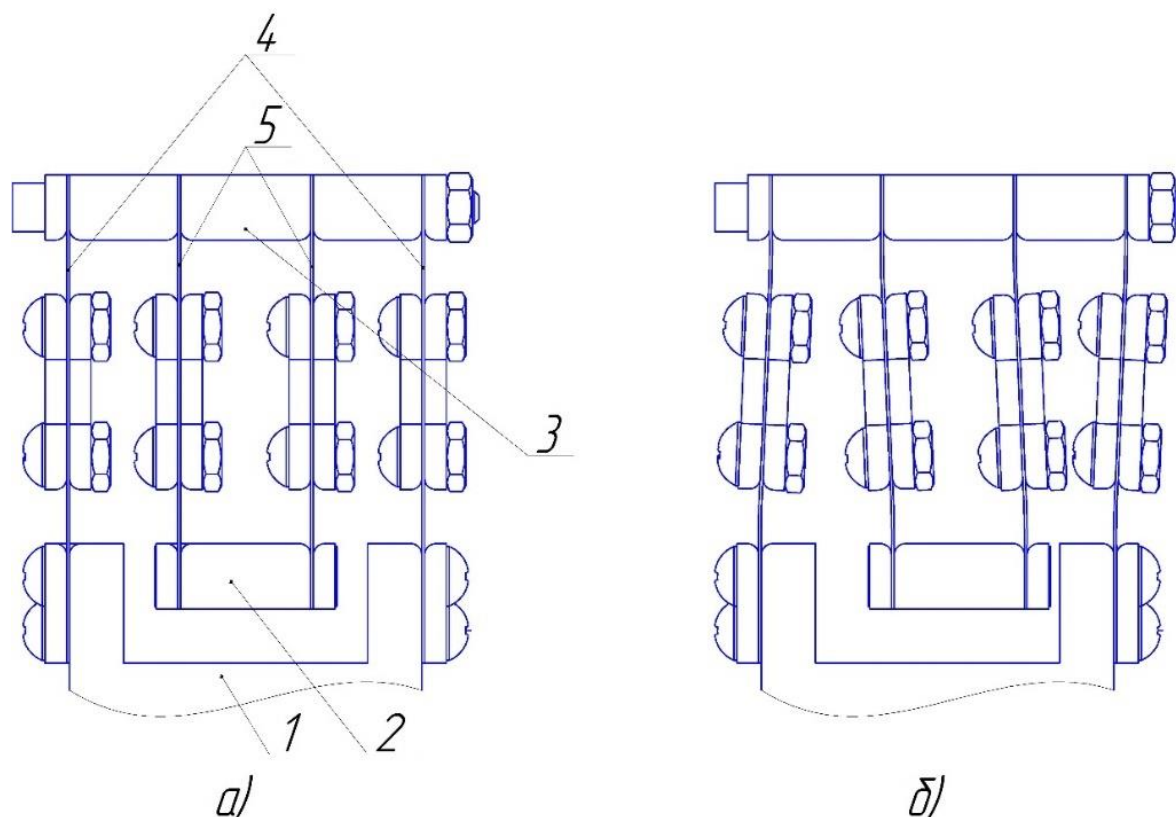


Рисунок 2.3. Фрагмент конструкции компенсирующей подвески оправки.

а) исходное положение б) деформированное положение

1 – основание, 2 – держатель, 3 – подвижная рама, 4 – наружные стойки, 5 – внутренние стойки.

Для уменьшения жесткости оправки стойки были выполнены из листа толщиной 0,1 мм и скреплены усилителями в многослойные пакеты из четырех стоек. Это уменьшит жесткость подвески индентора в направлении оси  $Y$ , так как суммарная вязкость пакета стоек меньше вязкости отдельной стойки той же толщины. При этом внутренние стойки 4-хслойные, а наружные 3-х. Это сделано для того чтобы стойки имели одинаковую величину перемещения вдоль оси  $Y$ , ведь изгибающий момент, действующий на внутренние стойки несколько выше момента, который действует на наружные.

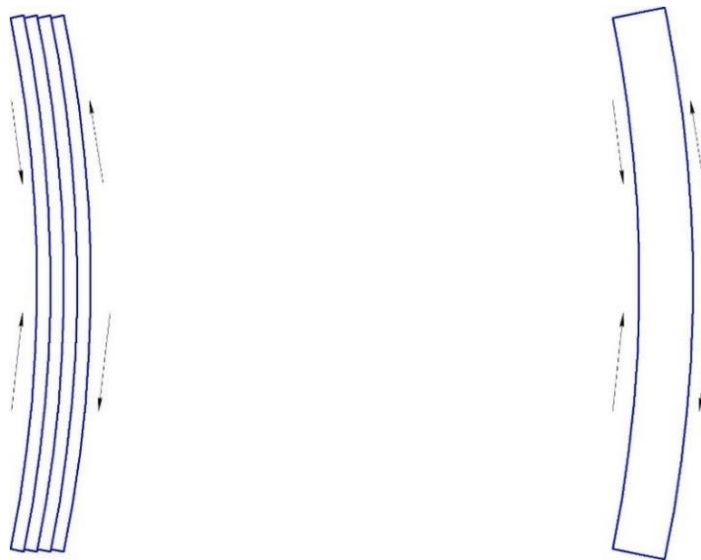


Рисунок 2.4 Схема деформации стоек

Во время процесса выглаживания стойки испытывают изгиб, при этом одна сторона стойки сжимается, а другая сторона растягивается. В первом случае изгибу сопротивляются четыре тонкие стойки, причем стороны каждой растягиваются и сжимаются одинаково. В случае одной стойки изгибающему моменту той же величины, что и в первом случае, необходимо растянуть правую сторону стойки на ~2% от первоначальной длины и сжать левую сторону на ту же величину. Тангенциальные напряжения, возникающие в первом случае, в разы меньше тангенциальных напряжений, возникающих во втором. Этим объясняется повышенная жесткость одной стойки по сравнению с многослойным пакетом стоек равной толщины.

Подвеска была смоделирована в программном обеспечении Компас 3D. Далее произведен статический анализ стоек в АРМ FEM Компас 3D. Материал корпусных деталей выбран дюралюминий Д16Т, как легкий и прочный материал. Для гибких стоек был выбран материал 36ХНТЮ, так как этот сплав обладает хорошими упругими свойствами и повышенной усталостной прочностью.

При построении деталей в Компас 3D свойства материала уже заложены в библиотеку материалов и будут учитываться в дальнейшем расчете.

Далее необходимо установить поверхности, за которые происходит закрепление детали и действие нагрузок. Оправка должна выдерживать силовое

воздействие процесса алмазного выглаживания ( $P_y=250 \text{ Н}$ ,  $P_x=30 \text{ Н}$ ,  $P_z=40 \text{ Н}$ ).

Следующим этапом является сборка деталей и разбиение деталей методом конечных элементов, а также ввод расчетных коэффициентов.

Генерация КЭ-сетки в АРМ FEM осуществляется в автоматическом режиме с использованием таких параметров, как Максимальная длина стороны элемента, Максимальный коэффициент сгущения на поверхности и Коэффициент разрежения в объеме. В качестве конечных элементов используются тетраэдры, и одним из наиболее важных этапов создания КЭ-сетки является правильный выбор размера тетраэдра – максимальной длины стороны элемента. Практически длина стороны элемента должна быть примерно в 2–4 раза меньше толщины самой тонкой детали в сборке. Максимальный коэффициент сгущения на поверхности – величина, характеризующая, во сколько раз при адаптивной разбивке будут уменьшены размеры конечных элементов, т. е. ограничение на минимальную сторону треугольника на поверхности. Коэффициент разрежения в объеме – степень уменьшения стороны тетраэдра при уходе объема твердотельной модели. Чем меньше – тем более одинаковыми становятся слои конечных элементов. Использование данных параметров позволяет сетке «адаптироваться» к сложной твердотельной модели в автоматическом режиме [2].

Если перед выполнением расчета сборки совпадающие грани не были заданы, то система выполнит их поиск автоматически. При этом совместными будут считаться перемещения по всем трем осям глобальной системы координат [2].

Далее запускается статический расчет параметров модели, после чего можно посмотреть и проанализировать карты с результатами расчета.

Связь между геометрической и расчетной моделями обеспечивается при внесении изменений в геометрическую модель, редактировании закреплений или нагрузок достаточно всего лишь выполнить перестроение сетки и повторить расчет [2]. Таким образом подбираются оптимальные геометрические и физические параметры деталей.

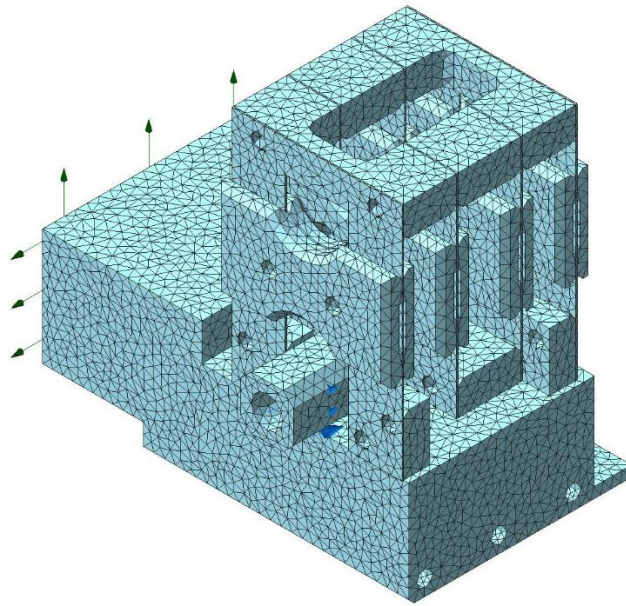


Рисунок 2.5 Сборка для статического анализа стоек, разбитая на конечные элементы

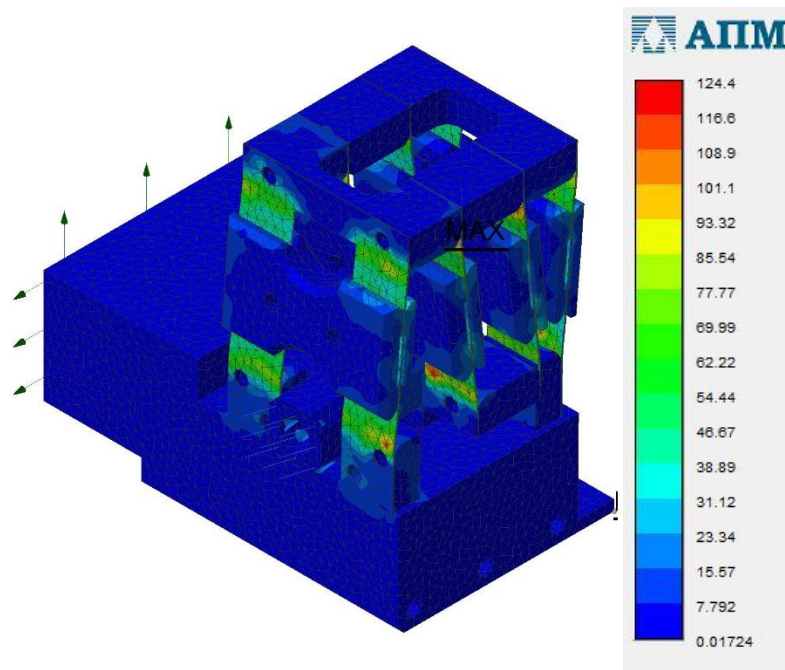


Рисунок 2.6 Карта напряжений, МПа (наибольшее напряжение составляет 85 МПа)



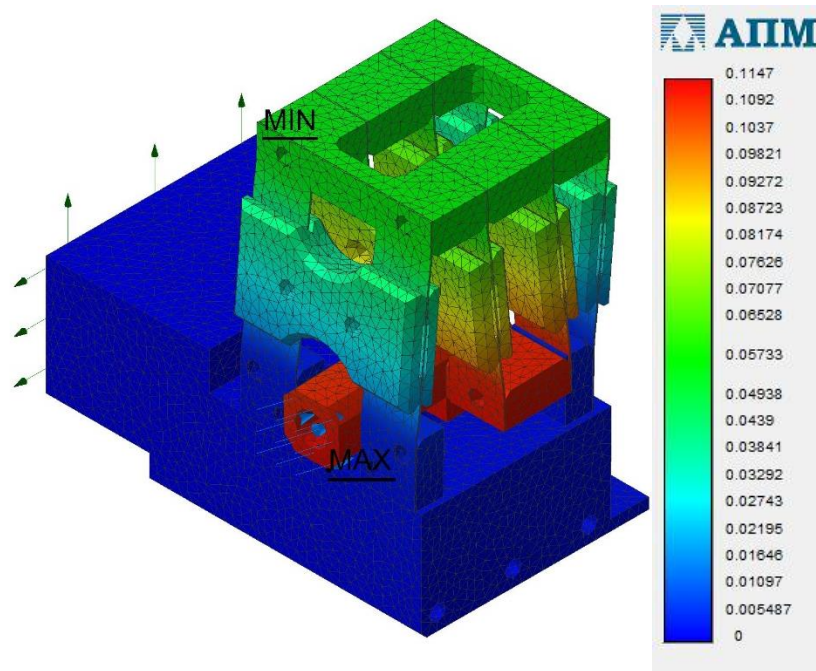


Рисунок 2.7 Карта перемещений, мм (наибольшее перемещение составляет 0,1147 мм)

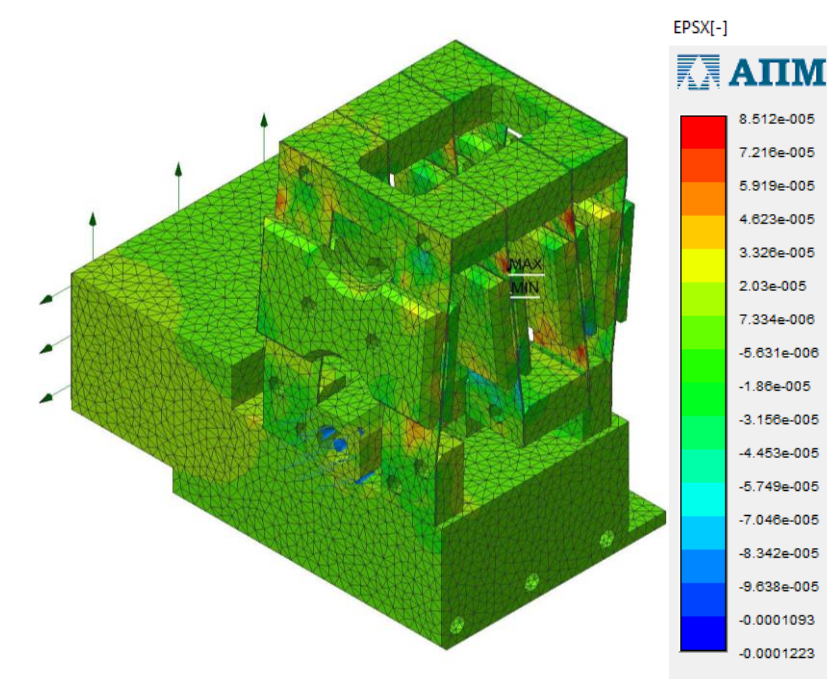


Рисунок. 2.8 Карта деформаций, % (наибольшая деформация составляет 0,00002%)



После проведения статического анализа были получены карты напряжений, перемещений и деформации (рисунки с 2.5 – 2.6). На карте напряжений видим, что максимальное напряжение составляет около  $85 \text{ МПа}$ , что значительно меньше предела пропорциональности прецизионного сплава 36НХТЮ ( $490\text{-}735 \text{ МПа}$ ). На карте деформации видно, что наибольшая деформация составляет  $0,00002\%$ . Деформацией такой величины можно пренебречь, приняв что оправка работает без деформаций. На основе статического анализа можно сделать вывод о том, что конструкция оправки является достаточно жесткой, работоспособной, не деформируется и имеет хороший ресурс долговечности.

## 2.2 Описание конструкции оправки пневматической с компенсирующей подвеской индентора

На рисунке 2.9 изображена оправка пневматическая с компенсирующей подвеской индентора. В основе конструкции лежит принцип возвратно-поступательного перемещения держателя, установленного системе восьми гибких стоек, расположенных симметрично. Вместе с держателем перемещается алмазный индентор.

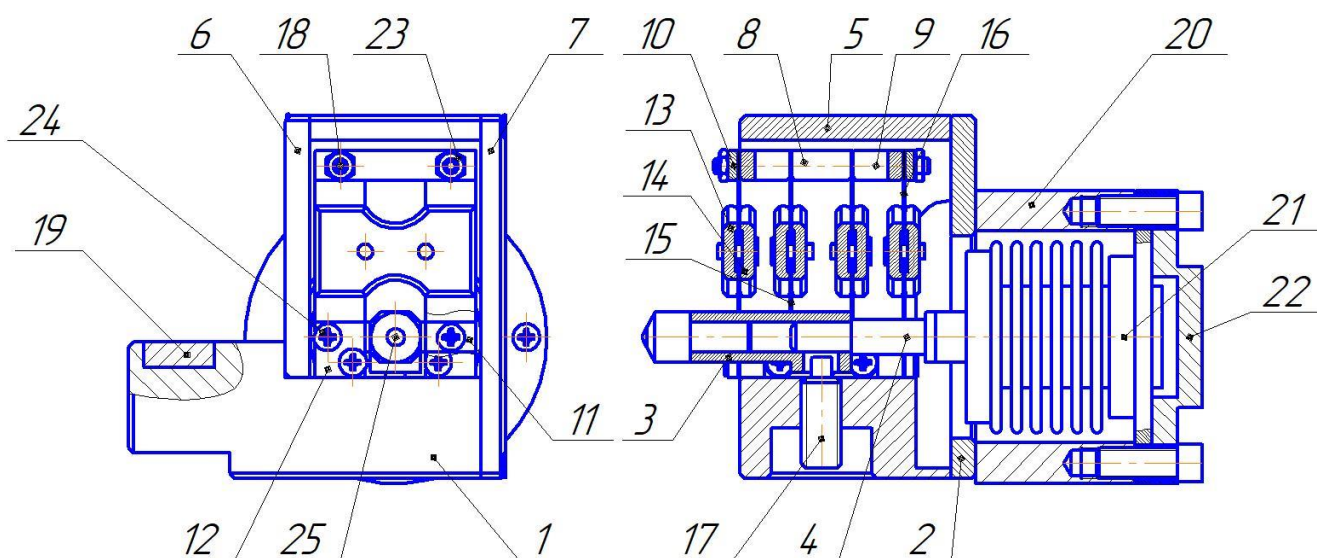


Рисунок 2.9 Оправка пневматическая с компенсирующей подвеской индентора

1 – Основание, 2 – Плита, 3 – Держатель, 4 – Пятка, 5 - Крышка, 6 – Стенка правая, 7 – Стенка левая, 8 – Проставка дистанционная, 9 - Планка прижимная, 10 – Пластина прижимная верхняя, 11 – Пластина прижимная внутренняя, 12 – Пластина прижимная, 13 – Усилитель стоек 1, 14 – Усилитель стоек 2, 15 – Стойка наружная, 16 – Стойка внутренняя, 17 – Ограничитель, 18 – Шпилька калиброванная, 19 – Пластина крепежная, 20 – Стакан, 21 - Сильфон, 22 – Крышка стакана, 23 – Гайка МЗ-6Н ГОСТ 5916-70 х 4, 24 – Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 МЗ-8Н х43.

Основание представляет деталь сложной конфигурации, на которой профрезерована площадка с четырьмя бобышками для крепления стоек наружных 15. В основании просверлены отверстия с резьбой для крепления винтами 24 стенки правой 6, стенки левой 7 и плиты 2. Так же к основанию в специальный паз крепится с помощью эпоксидной смолы пластина прижимная 12. Плита предназначена для установки и закрепления стакана 20 винтами 25. Держатель - Т-образная деталь для закрепления алмазного индентора и пятки 4. В держателе предусмотрены отверстия с резьбой для закрепления стоек внутренних 16. Алмазный индентор поджимается винтом для исключения проворота в процессе выглаживания. Пятка служит упором для держателя 3 и упрощения его конструкции. Стенка правая, стенка левая и крышка предназначены для защиты деталей оправки от механического воздействия, попадания стружки и масла. Стенки крепятся винтами 24 к основанию 1. Крышка крепится винтами 24 к стенке левой 6 и стенке правой 7. Проставка дистанционная является частью подвески и служит для закрепления стоек внутренних 16 на заданном расстоянии. Планка прижимная предназначена для закрепления наружных стоек 15 и внутренних стоек 16. Пластины прижимные 10, 11, 12 служат для закрепления стоек без деформации на деталях оправки. Усилители стоек 13 и 14 предназначены для закрепления наружных и внутренних стоек 15, 16 и усиления вертикальной остойчивости последних. Стойки наружная и внутренняя представляют собой тонкие пластины из прецизионного сплава 36НХТЮ. Наружные стойки закрепляются на основании 1 винтами 24. Внутренние стойки закреплены в держателе 3. Верхние концы стоек

закреплены в подвижную раму, состоящую из проставки дистанционной 8 и планки прижимной 9. Рама в сборе со стойками закреплены шпилькой калиброванной 18 и гайками 23. Ограничитель представляет собой шпильку с проточенным концом, закрепленную в специальное отверстие в основании 1. Ограничитель предназначен для ограничения максимального рабочего хода держателя 3. Пластина крепежная изготавливается из стали и защищает основание 1 от деформации вследствие установки в резцедержатель станка. Стакан представляет собой полый цилиндр, служит для установки и закрепления сильфона 21. Сильфон — это упругая однослойная металлическая оболочка, сохраняющая прочность при многоцикловых деформациях сжатия, растяжения, изгиба и их комбинаций под воздействием внутреннего или внешнего давления. Сильфон закреплен винтами со стаканом и крышкой стакана. Крышка стакана имеет специальное отверстие со штуцером для подачи воздуха в сильфон.

### 2.3 Установка оправки на токарный станок

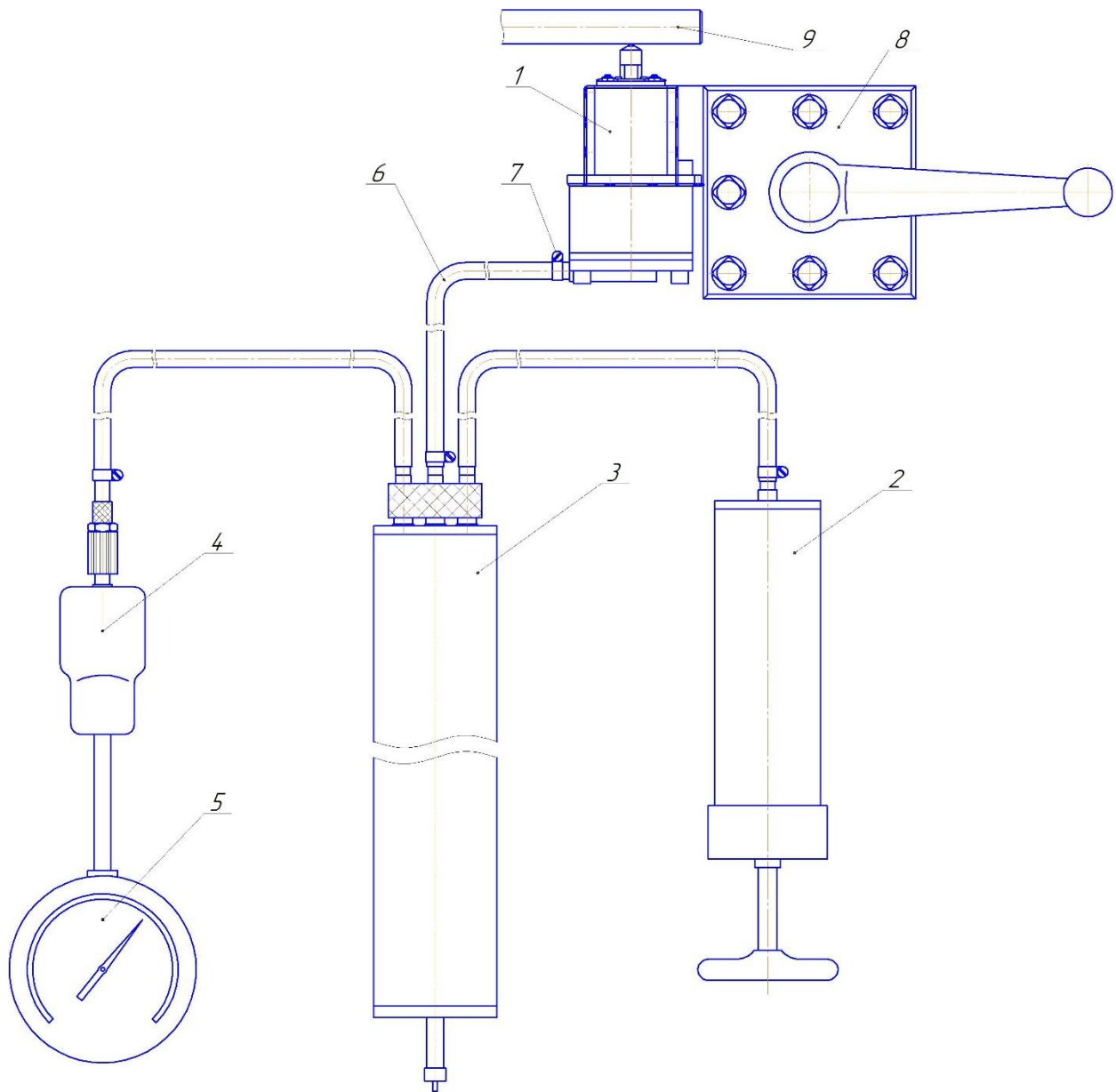


Рисунок 2.10 Схема закрепления оправки на токарный станок

1 – Оправка с компенсирующей подвеской индентора, 2 – ручной пневматический насос, 3 – пневматический ресивер, 4 – клапан сброса воздуха, 5 – манометр, 6 – рукава высокого давления, 7 – червячный хомут, 8 – резцедержатель токарного станка, 9 – обрабатываемая деталь.

Оправка с компенсирующей подвеской индентора устанавливается в резцедержатель токарного станка. Для выставления индентора на оси центров

станка используются специально изготовленные подкладки. Перед установкой на станок все элементы соединяются рукавами высокого давления и проверяются на герметичность. После чего оправка устанавливается на станок и в систему «сильфон - ресивер» с помощью насоса подается воздух. Оправка включается обороты станка, оправка подводится к обрабатываемой детали и поджимается до нейтрального положения держателя. Нейтральное положение – положение держателя без давления в сильфоне.

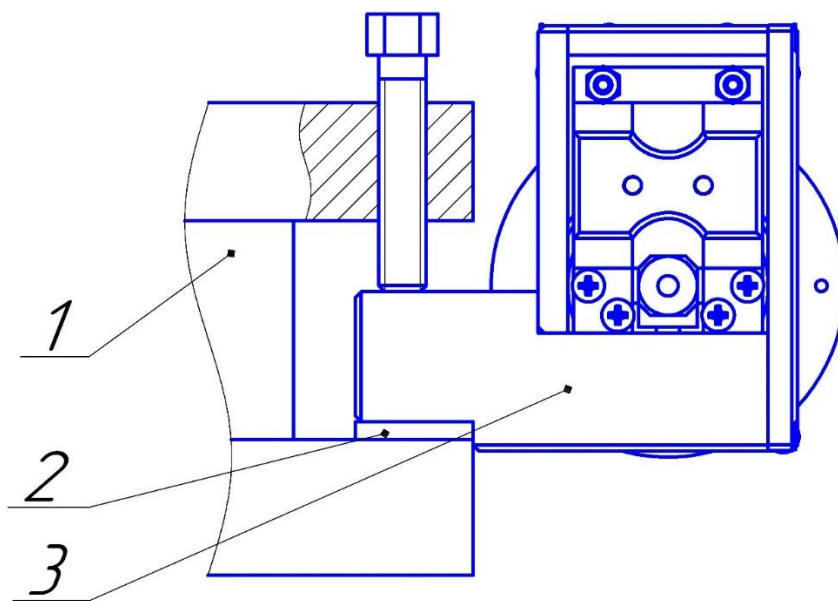


Рисунок 2.11 Схема закрепления оправки на токарный станок: 1 – резцедержатель токарного станка, 2 – подкладка, 3 – оправка для алмазного выглаживания

## **2.4 Алгоритм работы с пневматической оправкой для алмазного выглаживания с компенсирующей подвеской индентора**

1. Перед началом работы проверить техническое состояние деталей оправки. Наличие трещин, люфтов и заеданий не допускается.
2. Установить оправку в резцедержатель токарного станка. Выставить оправку по высоте, используя подкладные пластины требуемой толщины. Закрепить приспособление, используя болты резцедержателя.
3. Подсоединить оправку к пневматической системе (Оправка-ресивер-манометр-пневматический насос). Перед соединением золотника и накручивающегося колпачка проверить состояние резинового уплотнительного кольца. При необходимости кольцо заменить. Создать давление в системе 2-2.5 атмосферы с выдержкой более 3-х минут. Падение давления не допускается.
4. Установить требуемый алмазный наконечник в цангу оправки и зафиксировать завинчиванием гайки.
5. Ход перемещения алмазного наконечника регулируется сточенной шпильке в корпусе оправки.
6. Создать требуемое давление в пневматической системе, используя пневматический насос. Давление контролируется по манометру.
7. Подвести алмазный наконечник к заготовке, выдерживая безопасное расстояние.
8. Включить вращение шпинделя токарного станка с требуемым числом оборотов и подачей. Смазать обрабатываемую поверхность.
9. Подвести алмазный наконечник к заготовке. Алмаз требуется внедрять до нейтрального положения. Во время работы гибкие стойки должны быть перпендикулярны основанию.
10. По окончании обработки отвести оправку и отключить станок.
11. После работы очистить оправку от загрязнений.
12. Разборка оправки происходит в обратном порядке.

## 2.5 Технология сборки оправки

### 2.5.1 Разработка маршрутного технологического процесса сборки

Таблица 2.5.1. Технологическая карта сборки изделия

№ операции	Название операции	Содержание операции
005	Сборка державки 1 Сб. 3.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Закрепить державку 3 в приспособлении;</li><li>2. Запрессовать пятку 4 в отверстие державки;</li><li>3. Запрессовать индентор 19 в отверстие державки.</li></ol>
010	Сборка внутренней стойки 1 Сб. 16.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Собрать усилители стоек 13 и 14, две стойки 15 согласно чертежу;</li><li>2. Закрепить винтами 23 и гайками 24.</li></ol>
015	Сборка наружной стойки 1 Сб. 17.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Собрать усилители стоек 13 и 14 и наружную стойку 16 согласно чертежу;</li><li>2. Закрепить винтами 23 и гайками 24.</li></ol>
020	Сборка диафрагмы 1 Сб. 22.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Закрепить диафрагму 22 в приспособлении;</li><li>2. Запрессовать штуцер 18 на бобышку.</li></ol>
025	Сборка плиты 2 Сб. 2.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Установить диафрагму 22 на плиту 2.</li><li>2. Закрепить винтами 27 и гайками 26.</li></ol>
030	Сборка подвески 2 Сб. 3	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Закрепить державку 3 в приспособлении;</li><li>2. Собрать державку 3, внутренние стойки 15, внутренние прижимные пластины согласно чертежу;</li><li>3. Закрепить винтами 23.</li></ol>

		<p>4. Собрать планку 9, проставку 21, внутренние стойки 15, наружные стойки 16 и прижимную пластину верхнюю 10 согласно чертежу;</p> <p>5. Закрепить калиброванным винтом 20 и гайкой 24.</p>
035	Сборка оправки Сб. 1.	<p>1. Закрепить основание 1 в приспособлении;</p> <p>2. Установить стенку левую 6 на основание 1;</p> <p>3. Закрепить винтами 23;</p> <p>4. Установить подвеску 2 Сб.3 на основании 1;</p> <p>5. Закрепить винтами 23 и прижимными пластинами правой 12.1 и левой 12.2;</p> <p>6. Установить стенку правую 7 на основание 1;</p> <p>7. Закрепить винтами 23;</p> <p>8. Установить крышку 5 на стенке левой 6 и стенке правой 7;</p> <p>9. Закрепить винтами 23;</p> <p>10. Установить плиту 2 Сб.2 на основании 1, стенке левой 6, стенке правой 7, крышке 5;</p> <p>11. Закрепить плиту 2 Сб.2 винтами 23;</p> <p>12. Завинтить шпильку 17 в отверстие основания 1;</p>



## 2.5.2 Нормирование технологического процесса сборки

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 005 «Сборка державки». Операция выполняется в условиях единичного производства.

Расчленим операцию на следующие расчетные комплексы:

1. Запрессовать индентор. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,13$  мин.
2. Запрессовать пятку. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,13$  мин.

Суммарное время на операцию:

$$T_{оп1} = t_1 + t_2 = 0,13 + 0,13 = 1 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 010 «Сборка внутренней стойки».

1. Установить усилитель стоек в приспособление. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,3$  мин.
2. Установить стойки на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_2 = 0,09$  мин. Так как стоек 2 штуки время умножаем на 2.
3. Установить усилитель стоек на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_3 = 0,09$  мин.
4. Закрепить усилители и стойки винтами и гайками. Расчетное оперативное время  $t_4 = 0,28$  мин. Так как резьбовых соединений 2 время умножаем на 2.

Суммарное время на операцию:

$$T_{оп2} = t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_4 = 0,3 + 0,18 + 0,09 + 0,56 = 1,13 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 015 «Сборка наружной стойки».

5. Установить усилитель стоек в приспособление. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,3$  мин.
6. Установить стойки на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_2 = 0,09$  мин.
7. Установить усилитель стоек на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_3 = 0,09$  мин.

8. Закрепить усилители и стойки винтами и гайками. Расчетное оперативное время  $t_4 = 0,28$  мин. Так как резьбовых соединений 2 время умножаем на 2.

Суммарное время на операцию:

$$T_{оп3} = t_1 + t_2 + t_3 + 2t_4 = 0,3 + 0,18 + 0,09 + 0,56 = 1,04 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 020 «Сборка диафрагмы».

1. Запрессовать штуцер. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,13$  мин.

Суммарное время на операцию:

$$T_{оп4} = t_1 = 0,13 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 025 «Сборка плиты».

1. Установить плиту в приспособление. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,3$  мин.

2. Установить диафрагму на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_2 = 0,09$  мин.

3. Закрепить винтами и гайками.  $t_3 = 0,28$  мин. Так как резьбовых соединений 3 время умножаем на 3.

Суммарное время на операцию:

$$T_{оп5} = t_1 + t_2 + 3t_3 = 0,3 + 0,09 + 0,84 = 1,23 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 030 «Сборка подвески».

1. Установить державку в приспособление. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,3$  мин.

2. Установить внутреннюю стойку на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_2 = 0,09$  мин.

3. Установить внутреннюю прижимную пластину на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_3 = 0,09$  мин. Так как пластин 2 штуки время умножаем на 2.

4. Закрепить стойки и прижимные пластины винтами. Расчетное оперативное время  $t_4 = 0,28$  мин. Повторить пункты 1, 2, 3 и 4 с противоположной стороной державки.
5. Установить верхнюю прижимную пластину на калиброванный винт посадкой с зазором. Расчетное оперативное время  $t_5 = 0,18$  мин.
6. Установить наружную стойку на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_6 = 0,18$  мин.
7. Установить планку на калиброванный винт посадкой с зазором. Расчетное оперативное время  $t_7 = 0,18$  мин.
8. Установить внутреннюю стойку на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_8 = 0,18$  мин.
9. Установить проставку на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_9 = 0,18$  мин.
10. Установить вторую планку на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_{10} = 0,18$  мин.
11. Установить вторую наружную стойку на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_{11} = 0,18$  мин.
12. Установить вторую верхнюю прижимную пластину на калиброванный винт. Расчетное оперативное время  $t_{12} = 0,18$  мин.
13. Закрепить сборку гайками. Расчетное оперативное время  $t_5 = 0,42$  мин. Повторить пункты 5-13 для второго калиброванного винта.

Суммарное время на операцию:

$$\begin{aligned} T_{\text{оп6}} &= 2(t_1 + t_2 + 2t_3 + t_4) + 2(t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13}) \\ &= 2(0,3 + 0,09 + 0,18 + 0,28) + 2(8 * 0,18 + 0,42) = 5,42 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 035 «Сборка оправки».

1. Установить основание в приспособление. Расчетное оперативное время  $t_1 = 0,3$  мин.

2. Установить левую стенку на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_2 = 0,09$  мин.
3. Закрепить стенку винтами. Расчетное оперативное время  $t_3 = 0,28$  мин. Так как винтов 3 штуки время умножаем на 3.
4. Установить подвеску в сборе на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_4 = 0,09$  мин.
5. Установить прижимные пластины на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_5 = 0,09$  мин. Так как пластин 4 штуки время умножаем на 4.
6. Закрепить стойки и прижимные пластины винтами. Расчетное оперативное время  $t_6 = 0,28$  мин. Так как винтов 8 штук время умножаем на 8.
7. Установить правую стенку на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_7 = 0,09$  мин.
8. Закрепить винтами. Расчетное оперативное время  $t_8 = 0,28$  мин. Так как винтов 3 штуки время умножаем на 3.
9. Установить крышку совмещением отверстий согласно чертежу. Расчетное оперативное время  $t_9 = 0,09$  мин.
10. Закрепить винтами. Расчетное оперативное время  $t_{10} = 0,28$  мин. Так как винтов 6 штук время умножаем на 6.
11. Установить плиту в сборе на плоскость совмещением отверстий. Расчетное оперативное время  $t_{11} = 0,09$  мин.
12. Закрепить винтами. Расчетное оперативное время  $t_{12} = 0,28$  мин. Так как винтов 7 штук время умножаем на 7.
13. Установить шпильку. Расчетное оперативное время  $t_{13} = 0,28$  мин.

Суммарное время на операцию:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{оп7}} &= t_1 + t_2 + 3t_3 + t_4 + 4t_5 + 8t_6 + t_7 + 3t_8 + t_9 + 6t_{10} + t_{11} + 7t_{12} + t_{13} \\
 &= 0,3 + 0,09 + 0,84 + 0,09 + 0,36 + 2,24 + 0,09 + 0,84 + 0,09 + 1,68 \\
 &\quad + 0,09 + 1,96 + 0,28 = 8,95 \text{ мин.}
 \end{aligned}$$

Суммарное время на сборку:

$$\sum T_{оп} = T_{оп1} + T_{оп2} + T_{оп3} + T_{оп4} + T_{оп5} + T_{оп6} + T_{оп7}$$

$$= 1 + 1,13 + 1,04 + 0,13 + 1,23 + 5,42 + 8,95 = 18,9 \text{ мин.}$$

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени в условиях единичного производства производим по формуле:

$$T_{шк} = T_{оп} * \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100}\right) * K_1 * K_2 = 18,9 * \left(1 + \frac{3,5 + 3 + 5}{100}\right) * 1 * 1$$

$$= 21,1 \text{ мин.}$$

### 3 Тарировка оправки с компенсирующей подвеской индентора

С целью определить реакционную силу сопротивления подвески оправки возвратно-поступательному рабочему движению была проведена тарировка. Были последовательно протарированы все элементы, имеющие жесткость. Тарировка осуществлялась закреплением оправки в положении, при котором ось индентора совпадала с вертикалью. Далее был установлен индикатор часового типа на специально изготовленной площадке для определения величины перемещения индентора в зависимости от нагрузки. Нагружение производилось грузами постепенно, с постоянным увеличением нагрузки. Показания снимались после добавления каждого груза, а также при разгрузке, то есть обратном порядке нагружения.



Рисунок 3.1 График тарировки упругих стоек

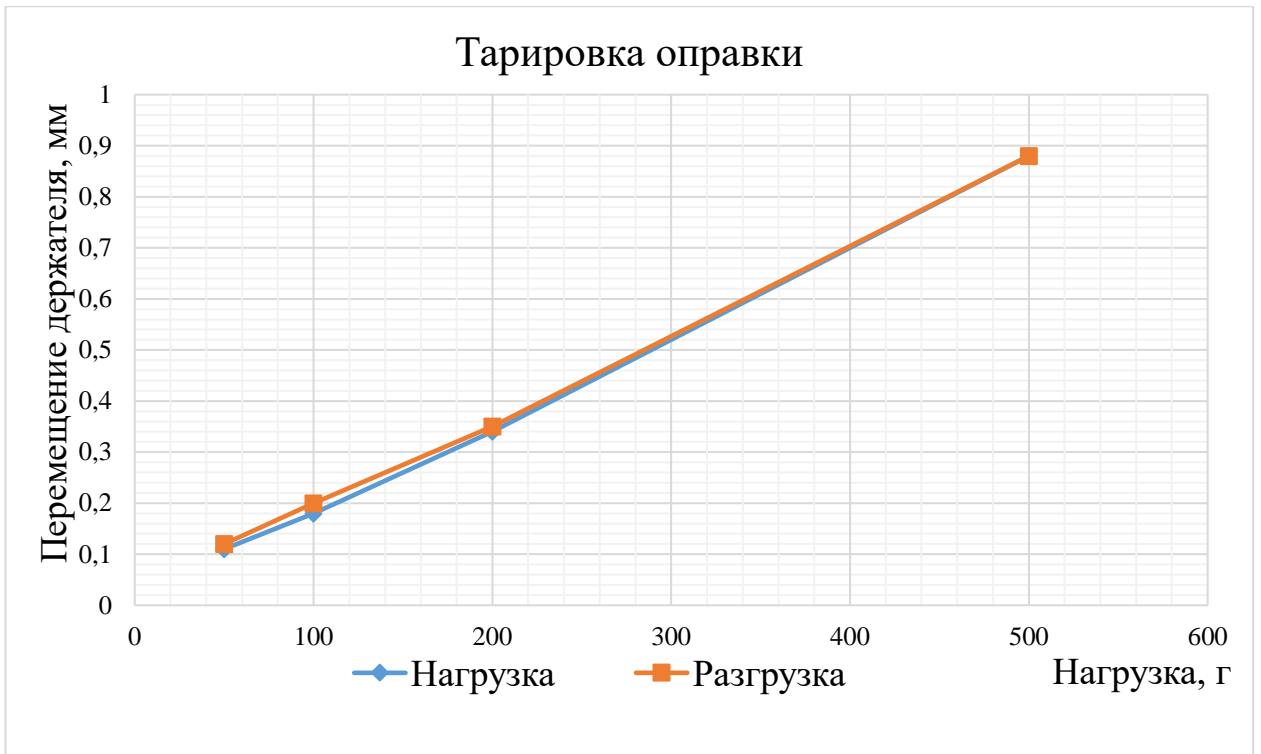


Рисунок 3.2 График тарировки оправки в сборе с сильфоном без рабочего давления

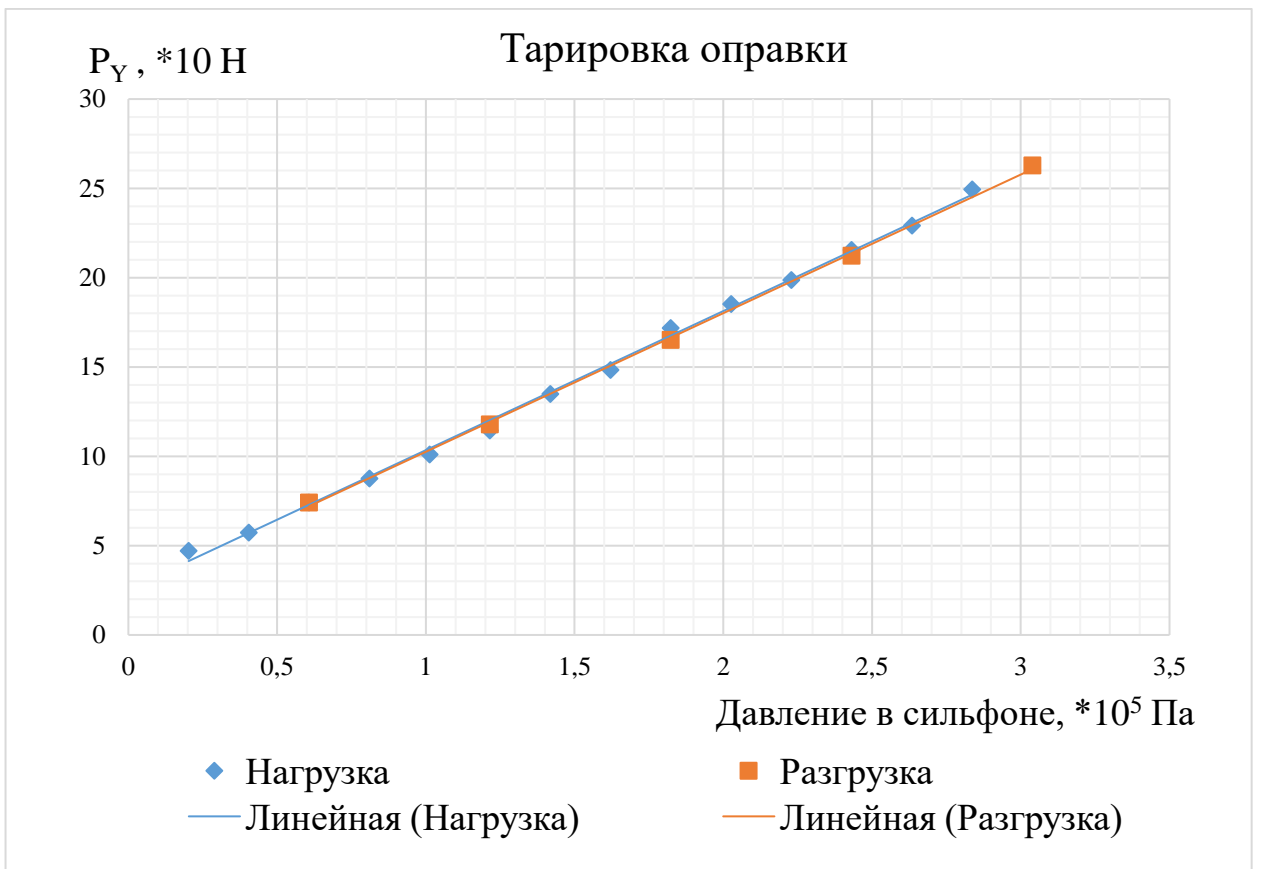


Рисунок 3.3 График тарировки оправки в сборе с сильфоном и с рабочим давлением

Исходя из тарировочного графика на рисунке 3.3 видно, силовая система приспособления, состоящая из сильфона и подвески индентора, имеет незначительный разброс силы при циклическом увеличении и уменьшении нагрузки. А также имеет малую реакционную силу сопротивления деформациям: для отклонения держателя из ненагруженного состояния до крайнего положения необходимо приложить усилие в 5 Н, при рабочей нагрузке в процессе выглаживания до 200 Н. На основе чего можно сделать предположение о высокой стабильности усилия выглаживания.

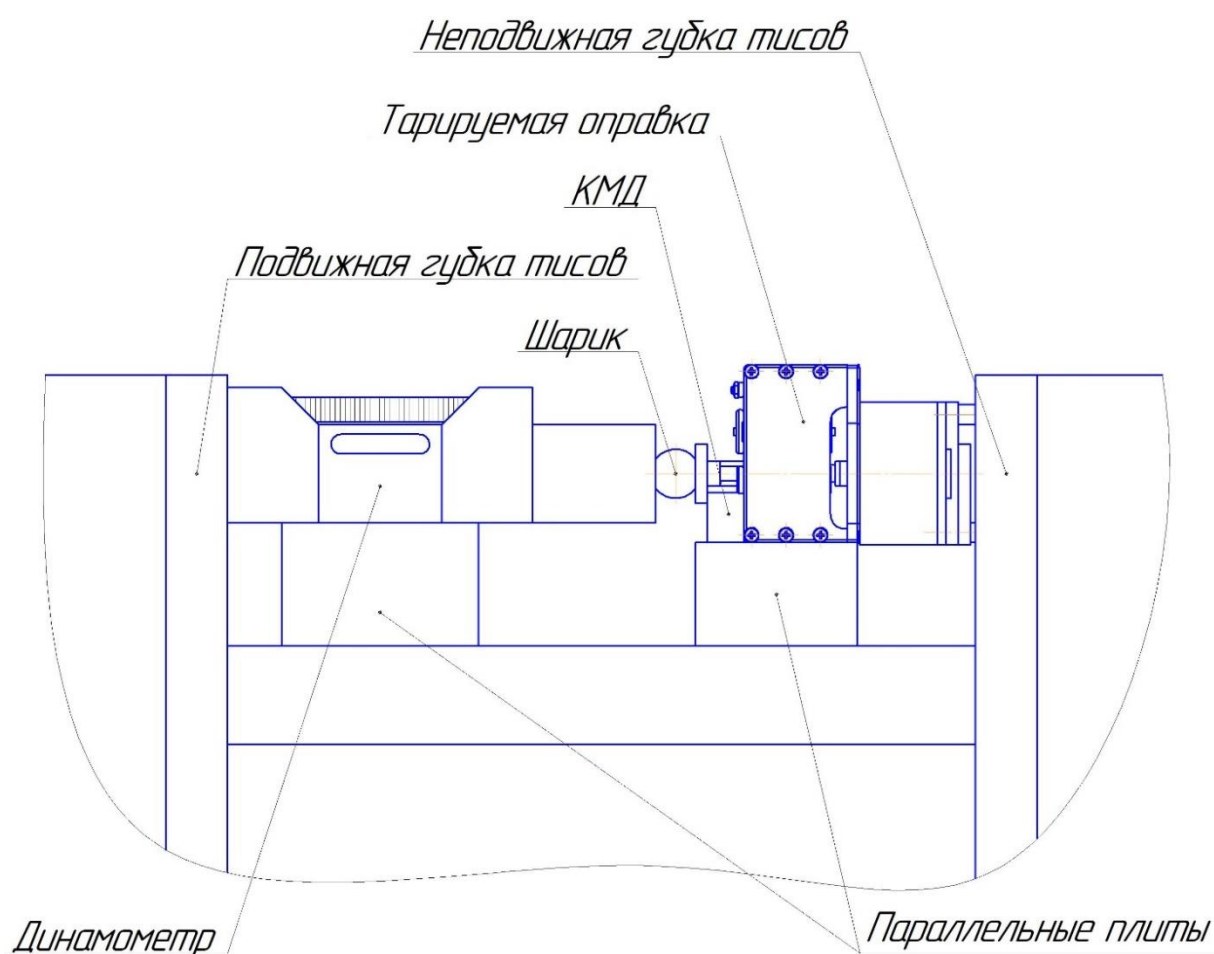


Рисунок 3.4 Схема тарировки оправки

Тарировка оправки в сборе с сильфоном и ресивером производилась следующим образом. Оправка и динамометр системы Токаря были установлены в тиски оппозитно. Для установки динамометра на оси оправки использовались параллельные плиты. В отверстие установки индентора была закреплена



специальная подставка с площадкой. Площадка служит измерительной базой. Было определено нейтральное положение держателя и затем измерен размер между площадкой и основанием оправки как неподвижной измерительной базой. По измеренному размеру был подобран комплект из двух концевых мер длины. Затем в силовую систему оправки с помощью ручного пневматического насоса был подан воздух. С помощью манометра контролировали давление в системе «сильфон - ресивер». Силовая система оказывала давление на динамометр, с индикатора которого записывалась величина перемещения. Затем с помощью подвижной губки тисов держатель оправки перемещали обратно в исходное положение. Увеличивая давление в системе с шагом в 0.2 атмосферы повторялись описанные выше действия. Затем полученные величины с помощью тарировочного графика динамометра были сведены к размерности  $[кГс/МПа]$  и по полученным данным был построен тарировочный график оправки с компенсирующей подвеской индентора. На рисунке 3.5 изображен тарировочный график оправки.

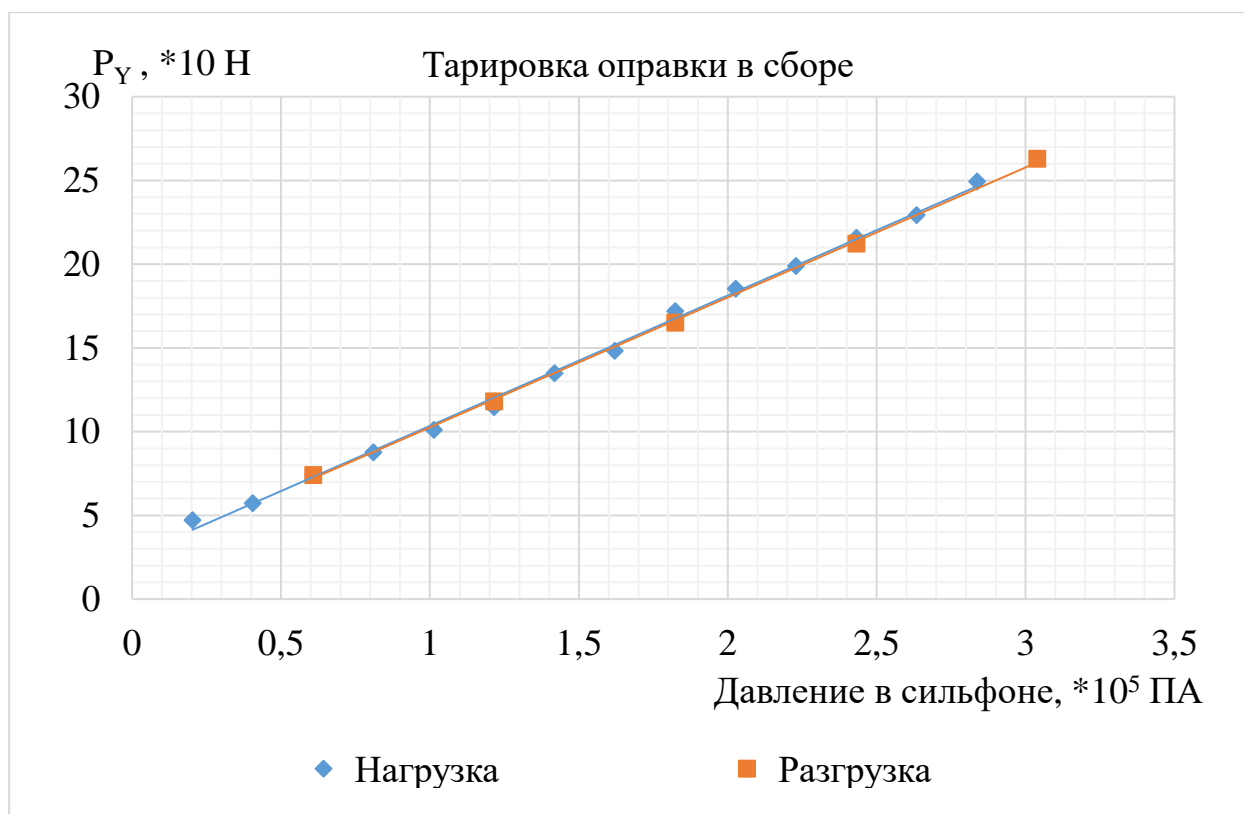


Рисунок 3.5 Тарировочный график оправки с компенсирующей подвеской индентора

#### 4 Сравнительные испытания оправки с компенсирующей подвеской индентора

Для обработки алмазным выглаживанием фасонных поверхностей в рамках ведения дипломной работы была создана оправка пневматическая с ресивером с компенсирующей подвеской индентора. Индентор вмонтирован в держатель, который в свою очередь крепится к системе из восьми симметрично расположенных гибких стоек. Такая конструкция позволяет проводить алмазное выглаживание с постоянной силой прижатия алмаза к обрабатываемой детали. В качестве силового элемента используется сильфон со сжатым воздухом. Давление в силовой системе контролируется с помощью манометра. В подобной схеме исключены негативные конструктивные особенности, созданных ранее оправок.

С целью определения степени успешности выполнения поставленных при проектировании задач были проведены сравнительные испытания. Для сравнительных экспериментов были подготовлены образцы из стали Д16Т ГОСТ 4784-97 с диаметрами 16 и 18 мм. Выглаживание образцов проводилось с переменным радиальным биением. Образцы устанавливались в центра, один из которых был закреплен в патроне токарного станка с заданным эксцентриситетом. Таким образом, образцы устанавливались с переменным радиальным биением, с 0 до 1 мм. Измерение составляющих силы выглаживания  $P_y$ ,  $P_x$  и  $P_z$  при обработке образцов проводилось с использованием трёхкомпонентного динамометра модели 5233A1 фирмы «KISTLER». В процессе выглаживания в качестве смазывающего материала использовалось индустриальное масло марки И-20.

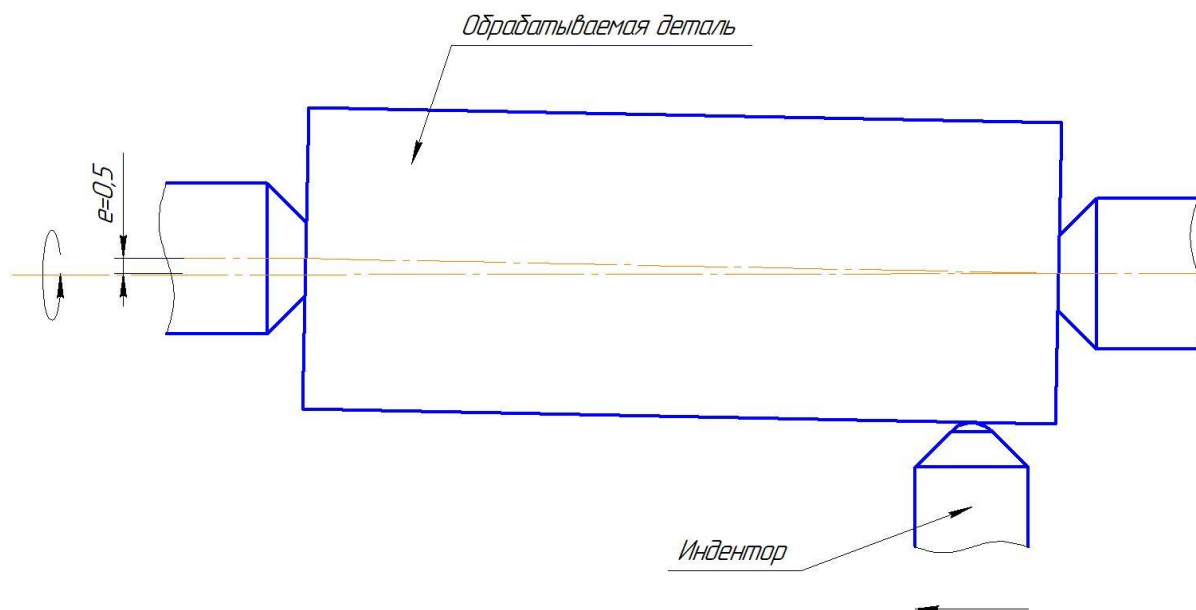


Рисунок 4.1 Схема закрепления образца для сравнительных экспериментов

Каждый образец был условно по длине поделен на 4 участка. Радиальное биение на первом участке имело величину в пределах 0,1-0,2 мм, на втором участке 0,3-0,4 мм, на третьем 0,5-0,7 мм и на четвертом 0,8-0,9 мм. Таким образом для каждого образца были получены 4 графики сил выглаживания.

В сравнительных испытаниях оправки были применены инденторы с радиусом закругления алмаза 2,5 мм, 3 мм, 3,5 мм и 4 мм. Образцы выглаживались при двух различных величинах усилия прижатия. Значения усилий выглаживания были установлены экспериментально методом подбора.

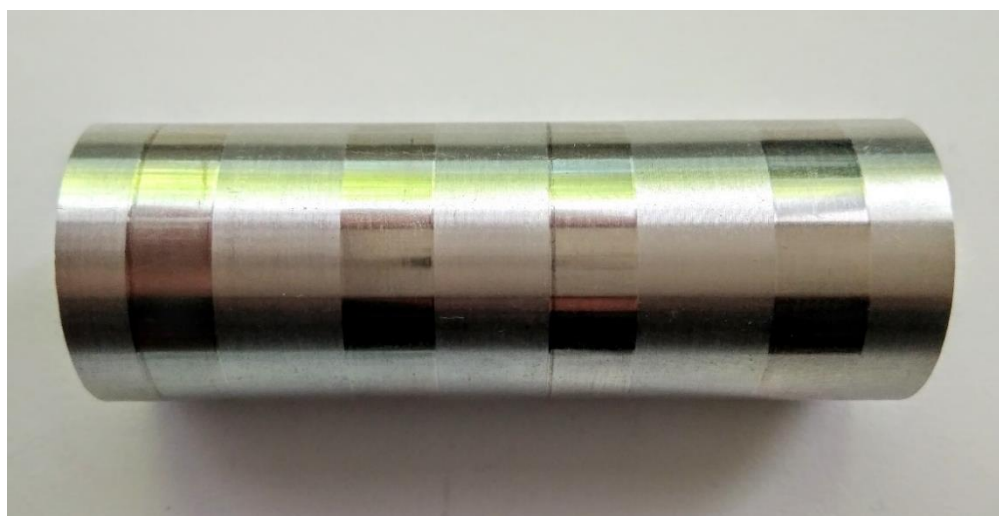


Рисунок 4.2 Образец для испытаний, блестящие пояски – выглаженные участки

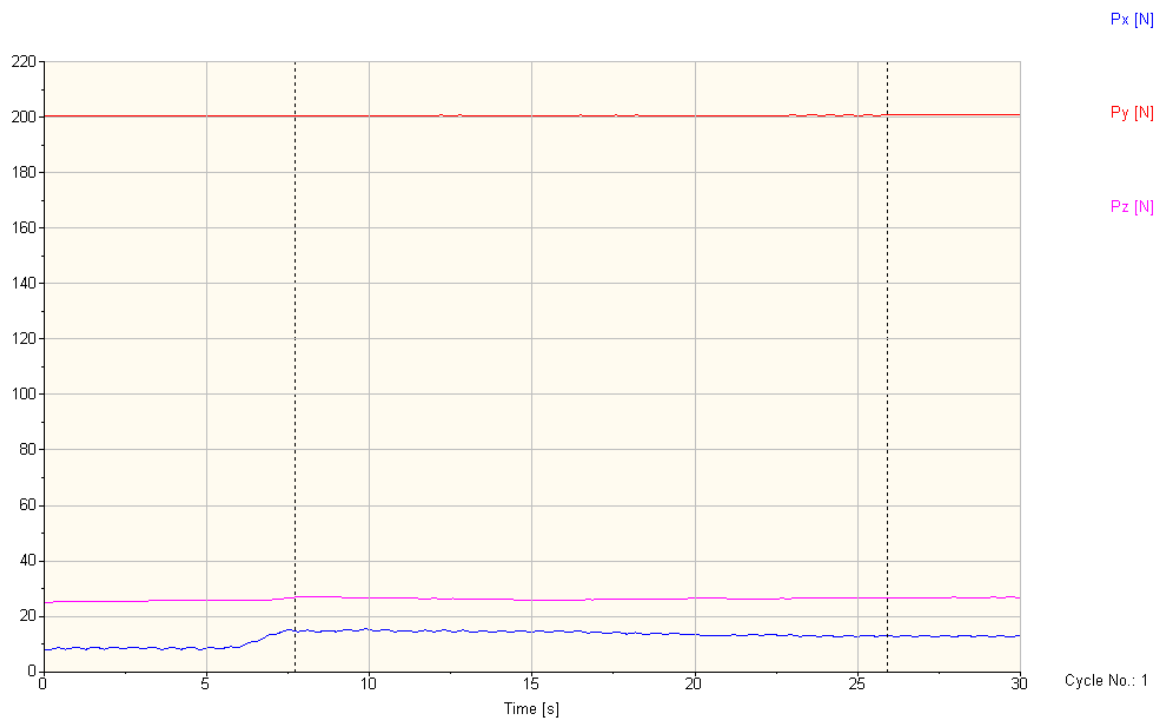


Рисунок 4.3 График сил при выглаживании деталей, участок 1. Радиальное биение  $\sim 0,2$  мм. Колебание радиальной силы  $\sim 0,37$  Н

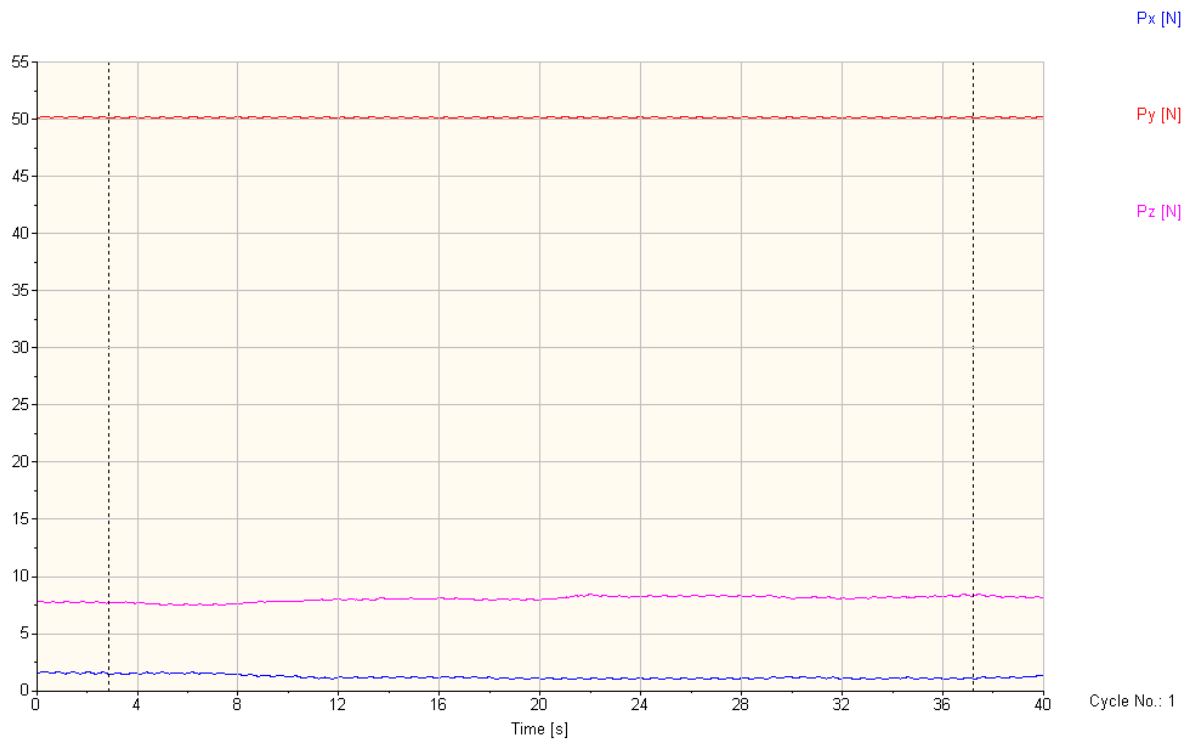


Рисунок 4.4 График сил при выглаживании деталей, участок 2. Радиальное биение  $\sim 0,4$  мм. Колебание радиальной силы  $\sim 0,68$  Н

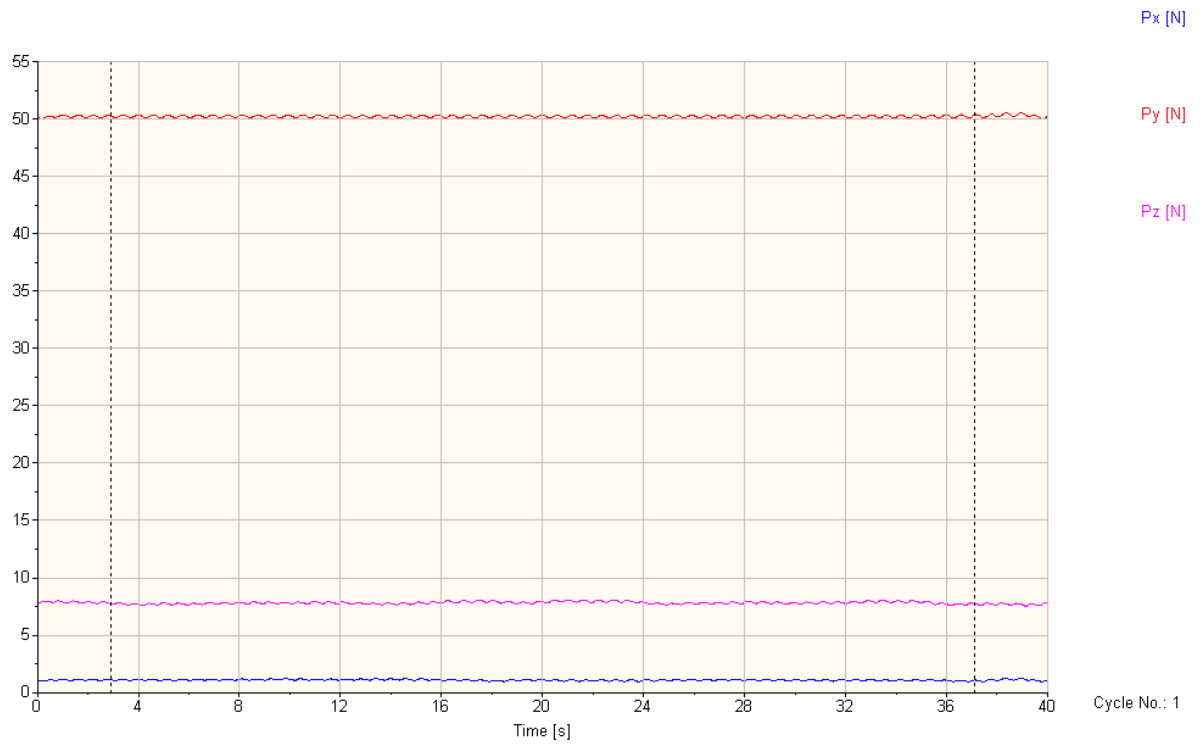


Рисунок 4.5 График сил при выглаживании деталей, участок 3. Радиальное биение  $\sim 0,6$  мм. Колебание радиальной силы  $\sim 1,28$  Н

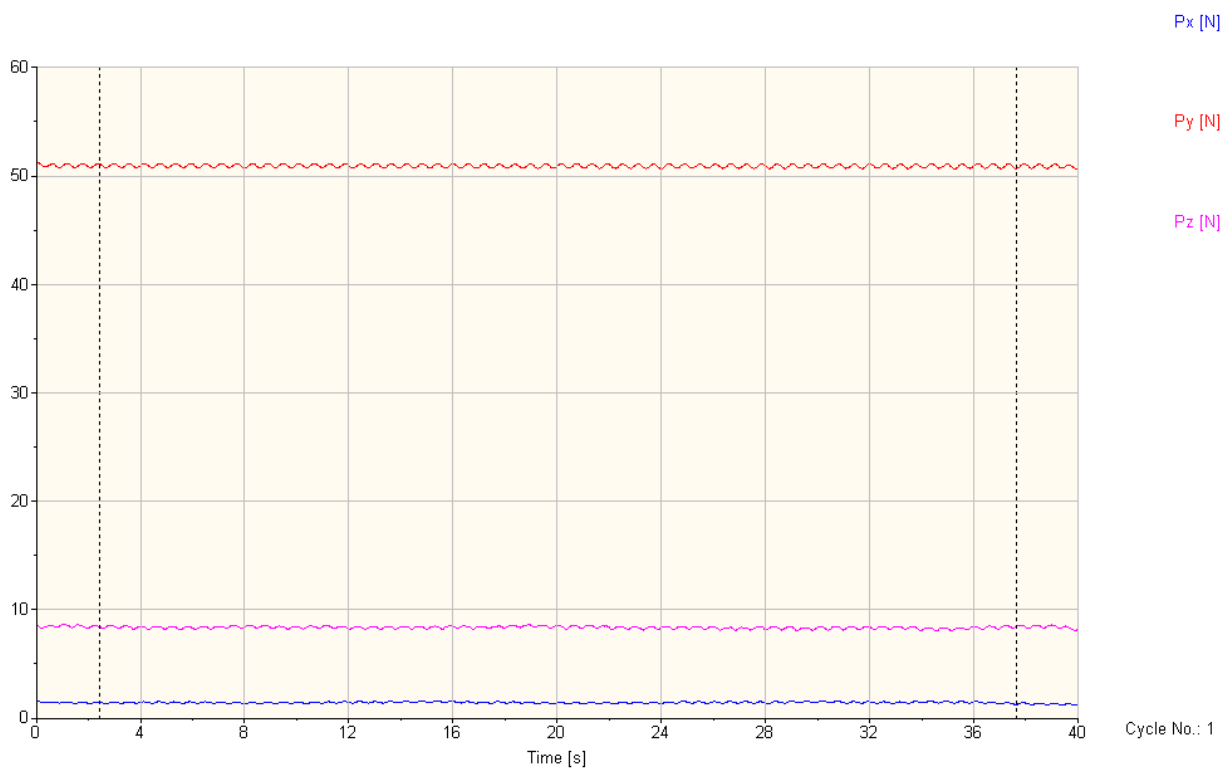


Рисунок 4.6 График сил при выглаживании деталей, участок 4. Радиальное биение  $\sim 0,8$  мм. Колебание радиальной силы  $\sim 1,92$  Н

На графиках видно, что составляющая силы выглаживания  $P_y$  остается стабильной на всех выглаженных участках. Колебания силы увеличиваются параллельно увеличению радиального биения, но незначительно - с  $0,37\text{ Н}$  до  $1,92\text{ Н}$  при увеличении эксцентриситета с  $0,2\text{ мм}$  до  $0,9\text{ мм}$ . Построив график этих точек и экстраполировав данные мы с определенной долей погрешности узнаем величины колебания сил при иных значениях радиального биения.

### **Заключение**

Исходя из анализа графика сил, полученного при обработке детали, установленной с переменным радиальным биением можно заключить следующее: была достигнута высокая стабильность усилия выглаживания.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич

Институт	ИК	Кафедра	ТМСИР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01/Машиностроение

#### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов научного исследования (НИ) включает в себя: 1. Расчет оплаты труда работников; 2. Расчет стоимости материалов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчёт затрат на исследование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	При расчете заработной платы труда учитывались отчисления во внебюджетные страховые фонды, которые составляют 30 %.

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Составлен портрет потенциального потребителя, выполнен SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	2. Разработан устав проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	3. Составлен график Ганта, подсчитан бюджет проекта, оценены риски проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	4. Оценена эффективность проекта

#### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
2. Сегментирование рынка	
3. SWOT-анализ	
4. График проведения и бюджет НТИ	
5. Матрица ответственности	
6. Потенциальные риски	
7. Оценка экономической эффективности НТИ	
8. Оценка научно-технического уровня НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич		

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Машиностроение является одной из движущих отраслей индустрии. Эффективный рост промышленности, а также в свою очередь темпы внедрения инновационных технологий в превосходящей степени зависят от уровня развития отрасли машиностроения. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Также машиностроение относится к энергоёмким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего,



что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

## **5.1 Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования**

Проектируемая оправка для алмазного выглаживания фасонных поверхностей востребована в мелко- и среднесерийном машиностроительном производстве. Может быть использована для удешевления процесса получения поверхностно упрочненных деталей и деталей с низкой шероховатостью.

## **5.2 Оправка с компенсирующей подвеской индентора для алмазного выглаживания деталей**

Оправка с компенсирующей подвеской индентора является совершенно новым продуктом на рынке выглаживателей. В оправке не используются пары трения, качения, пружины и иные конструктивные элементы, которые имеют неблагоприятное влияние на стабилизацию сил выглаживания. Оправка имеет систему из 8 симметрично расположенных стоек, которые обеспечивают прямолинейное перемещение индентора. Силовым элементом является система «сильфон-ресивер», которая имеет высокую степень стабилизации силы радиальной силы выглаживания. Оправка имеет компактные размеры, что обеспечивает доступ к поверхностям деталей. Простота оправки позволяет использовать различные токарные станки (Knuth, ФТ-11, 16к20 и др.). Оправка не требует сложной настройки, а значит не требуется высококвалифицированный работник. Оправка разработана таким образом, что позволяет выглаживать фасонные поверхности и детали с эксцентриситетом. Это свойство экономит вспомогательное время, практически полностью сокращая время на выставление детали без радиального биения.

## **5.3 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Основным конкурентом является оправка для алмазного выглаживания наружных поверхностей с жестким закреплением индентора. Данная оправка широко применяется в современном машиностроении в силу своей простоты и

доступности. Оправка представляет собой стальной корпус с жестко закрепленным в нем алмазным выглаживателем. Оправка закрепляется в резцедержатель токарного станка, подводится к детали для обработки. Деталь предварительно необходимо выставить с минимально возможным радиальным биением с помощью индикатора.

К достоинствам можно отнести простоту и дешевизну. Так же плюсом является то что инструмент не требует дополнительных силовых элементов для выглаживания. Основным минусом является невозможность выглаживания фасонных деталей или деталей с эксцентриситетом.

Таблица 5.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности труда	0,15	5	1	0,75	0,15
Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
Простота в эксплуатации	0,07	3	4	0,21	0,28
Энергоэкономичность	0,05	3	4	0,15	0,2
Надежность	0,05	2	4	0,1	0,2
Уровень шума	0,15	3	2	0,45	0,3
Безопасность	0,15	3	3	0,45	0,45
<b>Экономические критерии оценки</b>					
Конкурентоспособность	0,07	2	4	0,14	0,28
Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	0,1	0,4
Цена	0,05	1	4	0,05	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	3	2	0,18	0,12
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>2,98</b>	<b>2,98</b>

## 5.4 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для

реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Матрица SWOT

<p><b>Strengths (сильные стороны)</b></p> <p>С1. Не требуется специализированное оборудование, обработка возможно на универсальных станках.</p> <p>С2. Производительность выше, чем у шлифования и поверхностной закалки.</p> <p>С3. Стоимость поверхностной закалки и шлифования выше, стоимости выглаживания.</p> <p>С4. Упрочнение поверхностного слоя, из-за наклепа.</p> <p>С5. Снижение шероховатости поверхности.</p>	<p><b>Weaknesses (слабые стороны)</b></p> <p>Сл1. Средство алмаза исключает возможность обработки некоторых материалов.</p> <p>Сл2. Низкая степень переналадки.</p> <p>Сл3. Динамометрические оправки не обеспечивают постоянство качества поверхности.</p>
<p><b>Opportunities (возможности)</b></p> <p>В1. Освоение новых материалов индентора, для получения возможности обработки твердого сплава.</p> <p>В2. Создание оснасти, обеспечивающей постоянство качества поверхности.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство.</p>	<p><b>Threats (угрозы)</b></p> <p>У1. Длительное время технология не получала развития, и для использования метода выглаживания необходимо существенно изменять технологические процессы.</p> <p>У2. Развитие более универсальных методов может привести к потере конкурентного преимущества – производительности.</p> <p>У3. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.</p>

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах ниже.

Таблица 5.3 Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и ВОЗМОЖНОСТИ»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	-
	B2	-	-	-	+	+
	B3	+	+	+	-	-

Таблица 5.4 Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и ВОЗМОЖНОСТИ»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	-
	B2	-	-	+
	B3	-	+	-

Таблица 5.5 Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	+	-	+	+
	У3	-	+	+	-	-

Таблица 5.6 Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	+	-	+
	У3	-	+	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5.7.

Таблица 5.7 Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Не требуется специализированное оборудование, обработка возможно на универсальных станках.</p> <p>С2. Производительность выше, чем у шлифования и поверхностной закалки.</p> <p>С3. Стоимость поверхностной закалки и шлифования выше, стоимости выглаживания.</p> <p>С4. Упрочнение поверхностного слоя, из-за наклепа.</p> <p>С5. Снижение шероховатости поверхности.</p> <p>С5. Уменьшение шероховатости поверхности и придание эстетического вида</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Средство алмаза исключает возможность обработки некоторых материалов.</p> <p>Сл2. Низкая степень переналадки.</p> <p>Сл3. Динамометрические оправки не обеспечивают постоянство качества поверхности.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Освоение новых материалов индентора, для получения возможности обработки твердого сплава.</p> <p>В2. Создание оснасти, обеспечивающей постоянство качества поверхности.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство.</p>	<p>В1С1 В2С4С5 В3С1С2С3</p>	<p>В1Сл1 В2Сл3 В3Сл2</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Длительное время технология не получала развития, и для использования метода выглаживания необходимо существенно изменять технологические процессы.</p> <p>У2. Развитие более универсальных методов может привести к потере конкурентного преимущества – производительности.</p> <p>У3. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.</p>	<p>У1С1 У2С2С4С5 У3С2С3</p>	<p>У1Сл2 У2Сл1Сл3 У3Сл2</p>

## 5.5 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

## 5.6 Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 5.8 Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение приспособления, для обработки алмазным выглаживанием фасонных поверхностей, с постоянным усилием.

В таблице представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 5.9 Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка приспособления, для обработки алмазным выглаживанием фасонных поверхностей, с постоянным усилием.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение приспособления, для обработки алмазным выглаживанием фасонных поверхностей, с постоянным усилием.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Эффективная и работоспособная оснастка для обработки фасонных поверхностей.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Разработка оправки
	Оформленный графический материал
	Оформленная магистерская диссертация

## 5.7 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице.

Таблица 5.10 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Доржиев Д.Х., магистрант каф. ТАМП	Исполнитель	1. Конструирование оправки. 2. Испытание оправки. 3. Составление отчета.	1500
2	Червач Ю.Б., НИ ТПУ, доцент	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в разработке документации и изготовлении оправки. 3. Помощь в проведении анализа испытания и оформлении отчета.	130
ИТОГО:				1630

## 5.8 Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица 5.11 Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	50000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ООО “Сибирский машиностроитель”, г. Томск
3.2. Сроки проекта:	12.10.2017-10.06.2017
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	13.11.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

## 5.9 План проекта



















В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный график представляется в виде таблицы 5.12



Таблица 5.12 Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	3	12.10.16	15.10.16	Червач Ю.Б.
2	Изучение литературы	19	19.10.16	7.11.16	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
3	Разработка календарного плана	4	9.11.16	13.11.16	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
4	Обсуждение литературы	26	16.11.16	12.12.16	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
5	Разработка конструкции	12	14.12.16	26.12.16	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
6	Составление конструкторской документации	12	11.01.17	23.01.17	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
7	Изготовление оправки	54	1.02.17	26.03.17	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
8	Проведение испытания оправки	5	28.03.17	2.04.17	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
9	Анализ результатов испытания	40	4.04.17	14.05.17	Доржиев Д.Х.
10	Оформление пояснительной записки	5	16.05.17	21.05.17	Доржиев Д.Х.
11	Подведение итогов	18	23.05.17	10.06.17	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.
Итого:		193			

Таблица 5.13 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				окт.	нояб.	дек.	январ.	фев.	март	апр.	май	июнь			
1	Постановка целей и задач	Червач Ю.Б.	3												
2	Изучение литературы	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	19	 											
3	Разработка календарного плана	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	4		 										
4	Обсуждение литературы	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	26		 										
5	Разработка конструкции	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	12												
6	Составление конструкторской документации	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	12												
7	Изготовление оправки	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	54					 							
8	Проведение испытания оправки	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	5							 					
9	Анализ результатов испытания	Доржиев Д.Х.	40												
10	Оформление пояснительной записки	Доржиев Д.Х.	5									 			
11	Подведение итогов	Червач Ю.Б. Доржиев Д.Х.	18										 		



- руководитель



- инженер

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями.

### 5.10 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

1) Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты  
(за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 5.14 Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт. (кг)	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
Наконечник из технического алмаза 1419-0201	(10x6x22), R=0,5 мм	1	3000	3000
Лист Сталь 70ХСА	(50x20), s=0,3 мм	0,3	800	240

Лист из алюминиевого сплава АМГ	(150x500), s=2 мм	1	250	250
Сталь 20Х13	d=5 мм, l=20 мм	0,1	310	31
Алюминиевый сплав Д16Т	d=50 мм, l=30 мм	1,22	207	252,5
Алюминиевый сплав Д16Т	(50x50x20)	3x1,6	207	993,6
Всего за материалы				4767,1
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				190,6
Итого по статье С <sub>м</sub>				4957,7

## 2) Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

, где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

, где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_r$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}$$

, где:  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.  $F_d=1790$  рабочих дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * (k_{пр} + k_d) * k_p$$

, где:  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 5.15.

Таблица 5.15 Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264	1,2	1,1	1,3	69559,36	404,14	62	25056,2
Инженер	14874	1,2	1,1	1,3	44473,26	258,4	193	49871,2

3) Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн}$$

, где:  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 5.16 Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	25056,2	49871,2
Дополнительная зарплата	2505,62	4987,12
Итого по статье $C_{\text{зн}}$	82420,14	

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

, где:  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 82420,14 = 24726,04 \text{ руб.}$$

### 5.11 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

, где:  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,7 * 82420,14 = 57694,1 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 5.17.

Таблица 5.17 Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	4957,7
Основная заработная плата	74927,4
Дополнительная заработная плата	7492,7
Отчисления на социальные нужды	24726
Накладные расходы	57694,1
Итоговая плановая себестоимость	189834

### 5.12 Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 189834 рубля, финансирование составило 50000 рублей. Посчитаем разницу:

$$189834 - 50000 = 139834 \text{ р.}$$

Разница составляет 139834 рубля, расходы превышают поступления. Разработка и выполнение проекта велись на базе кафедры ТМСР, с использованием оборудования и материалов кафедры. Таким образом, недостающая разница в финансировании проекта была покрыта за счет кафедры.

### 5.13 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 5.18 Матрица ответственности

Этапы проекта	Инженер (магистр анг)	Руководи тель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Изучение литературы	И	О
3. Разработка календарного плана	И	О
4. Обсуждение литературы	И	О
5. Разработка конструкции	И	У
6. Составление конструкторской документации	И	У
7. Изготовление оправки	И	О
8. Проведение испытания	И	О
9. Анализ результатов испытания	И	У
10. Оформление пояснительной записки	И	У
11. Подведение итогов	И	О

#### 5.14 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта не представляется возможным.



## 5.15 Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

, где:  $R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;  
 $n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 5.20 Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та $n_i$
1. Уровень новизны	0,4
2. Теоретический уровень	0,1
3. Возможность реализации	0,5

Таблица 5.21 Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 5.22 Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2

5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5
--	-----

Таблица 5.23 Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 5.24 Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 5.25 Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	3	Обобщение и систематизация данных о различных видах оправок для алмазного выглаживания, формирование рекомендаций по выбору параметров конструкции оправок, определение зависимостей, способствующих улучшению выглаживания.
Теоретический уровень	0,1	Элементарный анализ связей между фактами	6	Разработка нового приспособления, для обработки, с ранее не достижимыми свойствами.
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Сконструированная оправка готовка к внедрению в производство.

Из сводной таблицы оценки научно-технического уровня НИР можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, анализ функциональных элементов ранее применявшихся оправок дает возможность определить наиболее эффективные конструкции, а также исключить элементы, негативно влияющие на стабильность усилия выглаживания. Использование этой информации позволило спроектировать оправку, позволяющую производить обработку поверхности, с постоянным усилием фасонных поверхностей. Ранее это было невозможно.

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{\text{нту}} = 0,4 * 3 + 0,1 * 6 + 0,5 * 10 = 1,2 + 0,6 + 5 = 6,8$$

Таким образом данное исследование имеет средний уровень научно-технического эффекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич

Институт	ИК	Кафедра	ТМПСР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

**Тема дипломной работы: «Разработка конструкции оправки для алмазного  
выглаживания и исследование сил выглаживания при обработке поверхностей».**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. *Ноксологический анализ инновационных решений по теме диссертации на предмет возникновения:*
  - **вредных** проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, эл – магнитные поля, ионизирующие излучения, и других специфических явлений);
  - **опасных** проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной взрывной и другой природы);
  - **негативного** воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
  - **чрезвычайных ситуаций** (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)
2. *Компетентный обзор законодательных и нормативных документов по теме.*

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. *Анализ выявленных **вредных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*
  - физико – химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой;
  - действие фактора на организм человека;
  - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
  - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
2. *Анализ выявленных **опасных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*
  - механические опасности (источники, средства защиты)
  - термические опасности (источники, средства защиты)
  - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);
  - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);
3. *Охрана окружающей среды:*
  - защита селитебной и других зон окружающей среды;
  - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы: абразивная пыль);
  - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы: СОЖ);
  - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы: стружка, бумага);
  - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*

перечень возможных ЧС на объекте: сильные морозы, диверсия;

выбор наиболее типичной ЧС;

разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

<i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i> <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</i>
5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i></li> <li>• <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i></li> </ul>
<b>Перечень графического материала:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>План эвакуации</i></li> <li>• <i>План размещения светильников на потолке рабочего помещения</i></li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич		

## **6 Социальная ответственность**

Основной целью данного раздела является выявление опасных факторов промышленного производства, создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются на основе проектирования, изготовления и испытаний оправки с постоянным усилием выглаживания. Данная оправка используется для алмазного выглаживания торцевых и цилиндрических поверхностей. Проектирование конструкции оправки велось с использованием ЭВМ. Испытания проходили на токарном станке 16К20. Изготовление оправки и сборка происходила с применением универсального металлорежущего оборудования. Основным местом проведения работы является 101 аудитория 16 корпуса НИ ТПУ.

Производственная среда, организация рабочего места должны соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной санитарии.

### **6.1 Анализ опасных и вредных факторов**

При изготовлении оправки использовалось металлообрабатывающее оборудование. Работа на нем представляет некоторые вредные производственные факторы.

Вредные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.
- Абразивная пыль, мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости;
- Повышенный уровень вибрации;
- Повышенный уровень шума;

- Повышенный уровень статического электричества;
- Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:
- Получение травм, при работах на токарно-винторезном станке 1К62;
- Поражение электрическим током, при работе оборудования;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы.

Кроме того, в ходе выполнения данного проекта большое количество времени работе велась с использованием ПЭВМ. Для работы с данным оборудованием существует следующая типовая инструкция: ТОИ Р 01-00-01-96 «Типовая инструкция по охране труда для операторов и пользователей персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) и работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видеодисплейных терминалов (ВДТ)». Работа оператора ПЭВМ относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда.

Самый верный и наиболее надежный путь борьбы с производственным травматизмом – четкое знание каждым работником требований правил техники безопасности труда и неукоснительное их исполнение.

## 6.2 Микроклимат

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88. Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- температура воздуха  $t$ , °С;
- относительная влажность воздуха  $\phi$ , %;
- скорость движения воздуха на рабочем месте  $v$ , м/с.

Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние,



но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

По тяжести работ оператор относится к категории 2б. Параметры микроклимата не должны выходить за рамки допустимых значений, указанных в таблице.

Таблица 6.1 Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	22	18-27	62	65	0,15	0,2
Холодный	2б	19	17-23	55	<75	0,1	0,2

На проектируемом участке показания замеров микроклимата не превышает допустимых пределов и обеспечивается за счет следующего:

- в холодный период года – применение водяного отопления;
- в теплый период года – искусственной вентиляции.

### 6.3 Вредные вещества

При анализе вредных выделений на участке выявлены следующие вредные вещества: масло минеральное, окись железа. Результаты замеров сведены в таблицу.

На проектируемом участке концентрация загрязняющих элементов соответствует санитарным нормам ПДК по ГОСТ 12.1.005 – 88. Очистка воздуха от загрязнения осуществляется с помощью фильтров и приточной – вытяжной вентиляцией.

Таблица 6.2 Результаты замеров вредных выделений

Наименование вещества	Макс.	Номин.	ПДК	Класс опасности	Агрегатное состояние
Окись железа	3,6	3,2	6	4	Аэрозоль
Масла минеральные	2,1	1,9	5	3	Аэрозоль

## **6.4 Производственный шум**

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

### **СКЗ**

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

### **СИЗ**

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

## **6.5 Освещение**

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении

людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 12$  м, ширина  $B = 8$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1$  м.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами без штор  $\rho_c = 70\%$ , чистого бетонного потолка  $\rho_{\text{п}} = 50\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений со средним выделением пыли равен  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу ЛД-40, световой поток которой равен  $\Phi_{\text{лд}} = 2300$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2 \text{ м.}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{12 * 8}{2 * (12 + 8)} = 2,4$$

Коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,56$ .

Потребные группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$n = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{\Phi_{\Pi} * \eta} = \frac{150 * 12 * 8 * 1,5 * 1,1}{2300 * 0,56} \approx 18$$

Общее число светильников:  $n = 9$ .

Размещаем светильники в 3 ряда по 3 светильника.

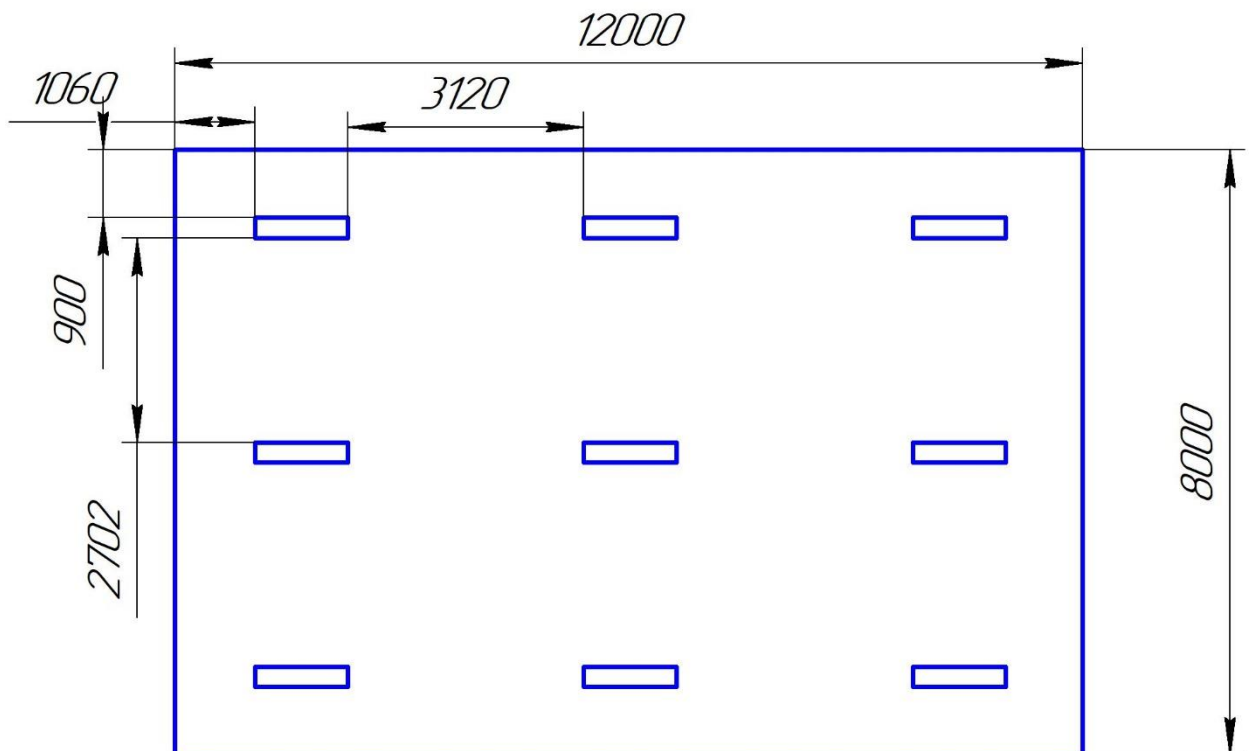


Рисунок 6.1 План размещения светильников в помещении

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 3 * 1227 = 12000$$

$$L_1 = 3120$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + 2L_2 + 3 * 265 = 8000$$

$$L_2 = 2702$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{n * \eta} = \frac{150 * 12 * 8 * 1,5 * 1.1}{18 * 0,56} = 2357$$

Проверяем выполнение условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{лд} - \Phi_{п}}{\Phi_{лд}} 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{2300 - 2357}{2300} * 100 \approx -2,5\%$$

$-10\% \leq -2,5\% \leq 20\% \sim$  условие выполнено.

## 6.6 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Лаборатория относится к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Токарный станок работает в сети с напряжением 380 В.

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность

достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

## **6.7 Пожаровзрывобезопасность**

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д: негорючие вещества и материалы находятся в холодном состоянии. Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном

состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

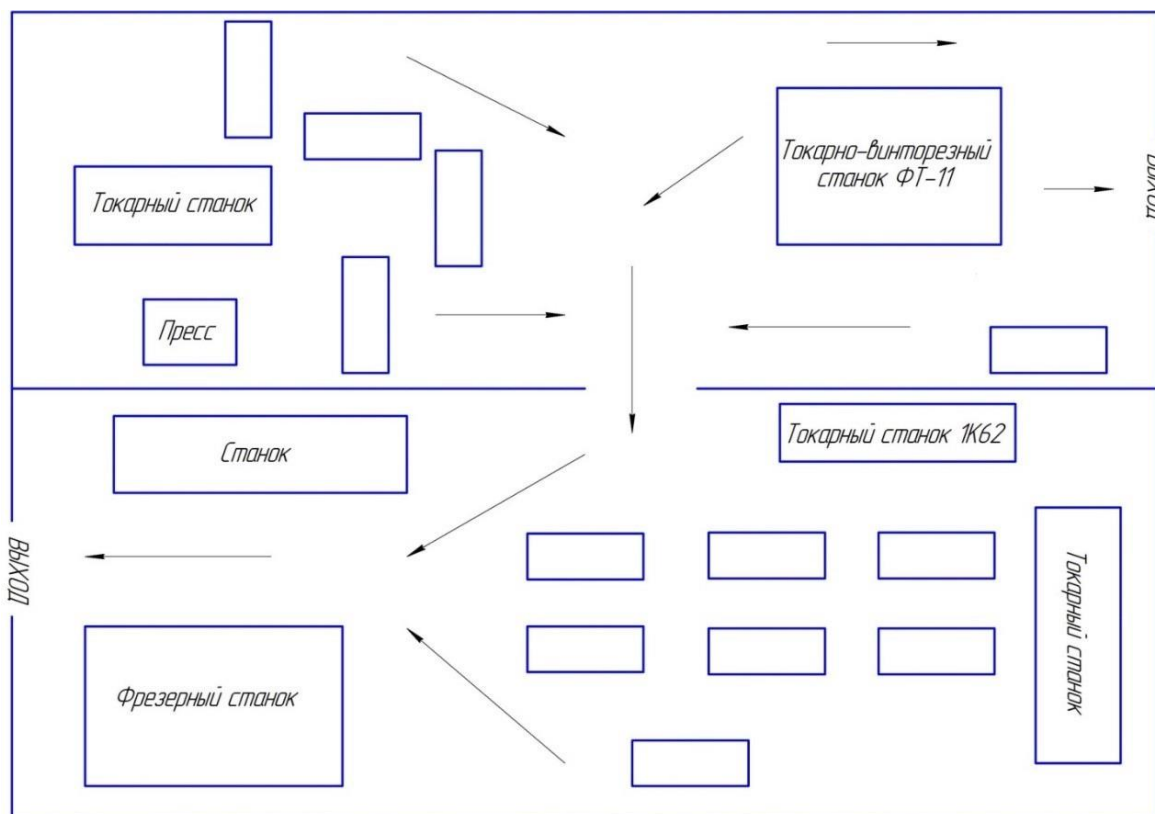


Рисунок 6.2 План эвакуации аудитории 101а

## 6.8 Экологичность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма ее решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрана природы — комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов. Окружающий человека воздух непрерывно подвергается загрязнению.

Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов. Удаляемый из помещений вентиляционный воздух может стать причиной загрязнения воздуха промышленных площадок и населенных мест. Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе среды обитания человека не выше ПДК. В тех случаях, когда реальные выбросы выше этого уровня, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Данная магистерская работа не представляет опасности для экологической обстановки, поскольку отсутствует использование токсичных материалов. Все операции являются сугубо механическими, без выделения вредных газов и веществ, однако, в процессе металлообработки снимается слой металлической стружки, которая должна правильно утилизироваться для переработки (переплавки). Стружку необходимо разделить на цветной и черный лом, спрессовать, упаковать и отправить на переплавку. Ртутные лампы сдать в соответствующую фирму на утилизацию. Смазочно-охлаждающую жидкость фильтровать и вернуть в цикл, взвеси собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

## **6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Лаборатория находится в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.) в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС могут быть: природного характера – сильные морозы, техногенного характера – шпионаж, диверсия.



Критически низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае заморозки труб в лаборатории предусмотрены запасные электрообогреватели. Электропитание для обогревателей обеспечивает генератор. Данное оборудование хранится на складе и их техническое состояние постоянно проверяется.

ЧС, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными, однако, работы в данном случае все равно прекращаются. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположений помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица обязаны раз в полгода проводить тренировки по отработке действий на случай ЧС.

#### **6.10 Законодательные акты**

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

### **6.11 Графические материалы**

1. План размещения светильников в помещении
2. План эвакуации аудитории 101*a*

## Список используемых источников

1. Червач, Юрий Борисович. Выбор оптимальной конструкции силовых элементов оправок для выглаживания [Электронный ресурс] = Selection of optimal design of burnishing tool actuators for diamond smoothing / Ю. Б. Червач, В. А. Мезенцев // Справочник. Инженерный журнал с приложением. — 2015. — № 7. — [С. 11-15].
2. Магомедов А. Интегрированный конечно-элементный анализ в Компас 3D [Электронный ресурс] /А. Магомедов, А. Алехин // Журнал «САПР и графика» – М., 2011. - №1.
3. Евсин Е.А. Исследование возможности оптимизации инструмента для алмазного выглаживания / Е.А. Евсин // Совершенствование процесса абразивно-алмазной и упрочняющей технологии в машиностроении: сб. ст. Пермь: Перм. политехн. ин-т, 1983. С. 63-70.
4. Клепиков В.В. Технологические процессы алмазного выглаживания: учеб. для вузов / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.
5. Горгоц В.Г. Теоретический анализ динамики процесса алмазного выглаживания поверхностей деталей методом фазовой плоскости / В.Г. Горгоц, В.П. Кузнецов // Технология машиностроения. 2006. № 11. С. 18-21.
6. Донсков А.С. Исследование контактной зоны деформации при выглаживании инструментом произвольной формы / А.С. Донсков // Совершенствование процессов абразивно-алмазной и упрочняющей технологии в машиностроении: сб. ст. Пермь: Перм. политехн. ин-т, 1983. С. 36-45.
7. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник / Л. Г. Одинцов. — М.: Машиностроение, 1987.
8. О технологических возможностях и эффективности процесса алмазного выглаживания / Л. А. Хворостухин, Н. Н. Ильин // Научные принципы управления качеством поверхностного слоя при механической обработке. — 1977. — № 5. — С. 170-174.
9. Повышение износостойкости деталей алмазным выглаживанием / Л. А. Хворостухин, А. С. Чабан // Вестник машиностроения: научно-технический и производственный журнал / Орган Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике. — 1973. — № 10. — С. 11-19. — ISSN 0042-4633.
10. Щербак А. М. Механические и микромеханические особенности алмазного выглаживания. – В сб.: Алмазы и сверхтвердые материалы, 1979, № 9, с. 8-9.
11. Повышение несущей способности деталей машин алмазным выглаживанием // В.К. Яценко, Г.З. Зайцев, В.Ф. Притченко – М.: Машиностроение, 1985. 232 с., ил.
12. Гурин Ф.В. и Смелянский В.М. Шероховатость и отклонение формы при алмазном выглаживании жестким инструментом. Сб. «Размерно-чистовая и упрочняющая обработка поверхностным деформированием», Минск, АН БССР, 1966 №3.
13. Торбило В.М., Алмазное выглаживание. М., «Машиностроение», 1972, 105 с.

14. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник/ Под общ. ред. А.М. Маслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 554 с.: ил.
15. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009. - 64с.
16. Влияние шероховатости исходной поверхности на силу алмазного выглаживания Антонюк Ф. И., Калмыков В. В., Федоров В. А./Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 171–180.

## Приложение А

### Раздел на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Доржиев Дэмбэрэл Хэшигтуевич		

Консультант кафедры ТМСПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФВТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепетовский Д.В.			

## Flat spring actuator tools

The tool design is simple, it consists of a single-loop flat spring actuator and the base for mounting the indenter. The body is made of W108 steel and then heat-treated to 48-50 HRC hardness.



Figure 1. Single-loop flat spring actuator tool

A head of dial gauge passes the through hole of the body. The burnishing force depends on the working part thickness recommended from 2 to 4 mm. This force is calibrated with a dynamometer, the value then is engraved on the tool body. The simplicity of the design allows to use various lathes, and the tool compact size allows the indenter to access the surfaces of complex parts.

A non-constant contact patch due to  $P_z$  force deflection and self-oscillations occurred at a high speed of the part rotation are the considered disadvantages of this design.

Another disadvantage is that the burnishing is possible only after the precise part installation without radial runout or immediately after the turning is completed without the part reinstallation, which requires immense time input.

A symmetrical flat spring tool demonstrates a similar design. The tool is intended for the outer cylindrical surfaces and part's ends processing.



Figure 2. Symmetrical flat spring tool

Burnishing tool design includes a flat spring, a polyurethane damping layer, a dial gauge and a diamond indenter. The spring support of the indenter allows it to move relative to the tool holder where the burnishing tool is fixed. The spring support is also the actuator as the flat springs deflection generates the burnishing force. The force is controlled by the adjustment of the distance to which the burnishing tool holder is fed after the indenter contacts the processed part surface.

The spring support is an assembly of eight flat springs. They are located between two columns of four springs on each side. The springs exert on bending while burnishing. In this case, one-half of the support is compressed, and the other is stretched. Under the of  $P_x$  force a column shift is possible due to small stiffness of springs in  $X$ -axis direction. This is considered to be a significant disadvantage of this support since the shift leads to distortions of the indenter.

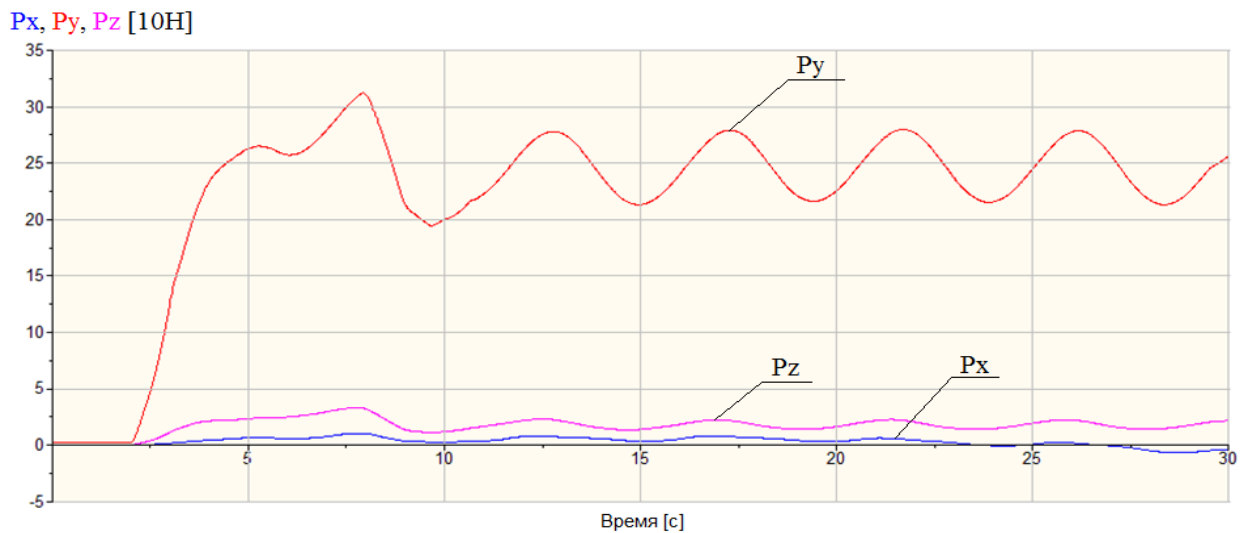


Figure 3. Force versus time graph

The radial  $P_y$  force is sinusoidal in the graph. Studies have shown that the force oscillations depend on the spring stiffness coefficient and on the radial runout value. Radial workpiece runout leads to the diamond indenter displacement along the Y-axis, which in turn deforms the support. The spring support deflections lead to a change in the burnishing force. The  $P_y$  force oscillations of the stable burnishing process area were registered at about 67 N. The same type of burnishing was observed for a single-loop flat spring actuator tool.

The reduction of forces oscillations is only possible by reducing the spring stiffness or by precise workpiece setting without radial runout. The spring stiffness reduction can be achieved by reducing the thickness of the spring's loop lintel, which reduces the indenter pressure to the surface and increases the risk of spring breakage. Setting the part without eccentricity requires considerable time. On this basis, it may be concluded that the flat spring application as a actuator is inexpedient, since the main requirement - the stabilization of the burnishing force - is not achieved. Production loss due to time expenditure for part installation is another negative impact.



## Helical spring actuator tool

The helical spring actuator tool for diamond burnishing is designed for processing the outer cylindrical parts surfaces and their ends.

The tool has a precision reciprocating pair operating under dry friction conditions. A graduated helical spring tightened by an adjusting screw is used as the actuator. A certain value of the pressing force is necessary for the burnishing process and is set by the scale and monitored during processing by a dial gauge.

The tool design represents a cylindrical body with a through smoothed hole for a helical spring and a plunger with the indenter. There is a groove through the body for a plunger rigidly connected to the rod, which presents either the support for the dial gauge probe and the stop block of the indenter movement. The adjusting screw causes the spring compression, thereby indenter diamond pressure increases as the plunger pushes the spring against the workpiece.

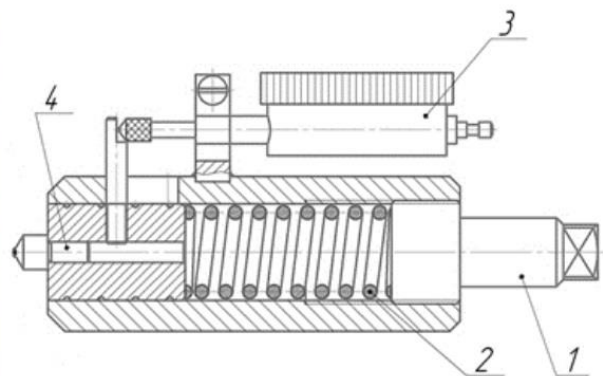


Figure 4. Helical spring actuator tool

1-adjusting screw, 2-helical spring, 3-dial gauge, 4-indenter

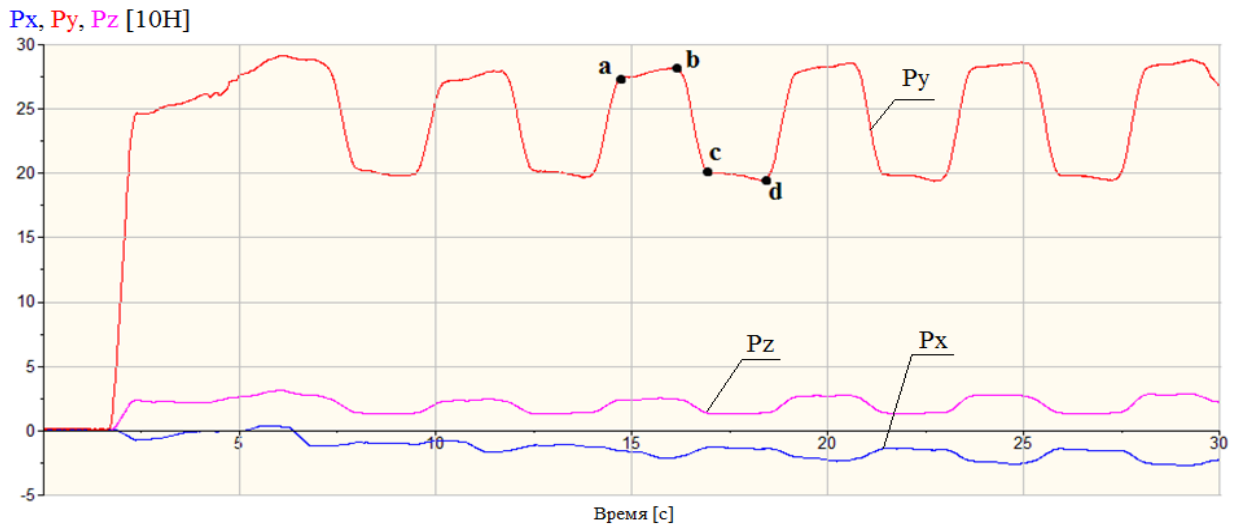


Figure 5. Force versus time graph

The saw-like graph of the radial force and time correlation may be observed due to the seizure of a reciprocating friction pair. To lower the amplitude of the force  $P_y$  fluctuation, several procedures were implemented: the lubricant application to the reciprocating pair; the indenter rotation relative to the body; external vibrations. All those procedures reduced amplitude of force oscillations, but did not affect the force character significantly. The analysis showed that the vibration of the radial smoothing force magnitude depends not only on the helical spring stiffness, but also on the nature of the smoothing process.

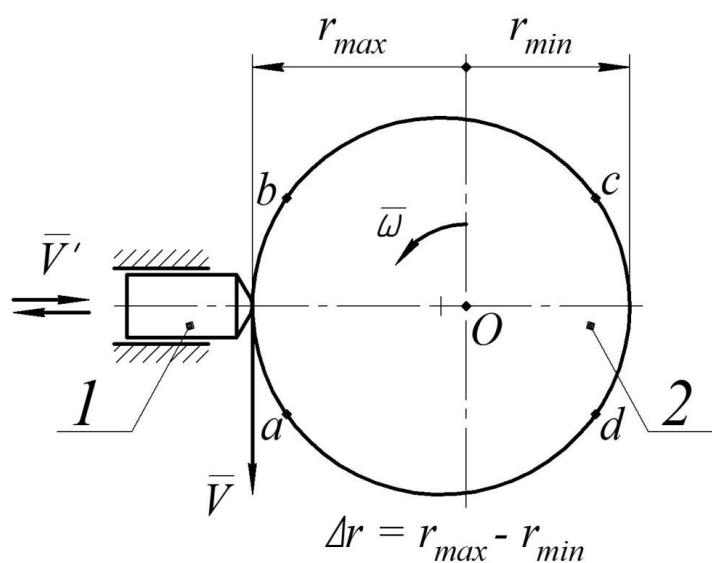


Figure 6. Indenter movement diagram over the surface with runout  
1- indenter, installed in a reciprocating pair, 2 - machined surface

The graph section demonstrating the stable burnishing process shows that the radial  $P_y$  force increases and decreases in a step- and -flick-like manner. The "a-b" graph section (corresponding to the radial dimension increase) shows that the force increases linearly as a result of the elastic force growth tending to restore the original spring shape. The "b-c" graph section (corresponding to the period when the indenter passing the runout maximal value) shows a sharp decline. The reciprocating pair seizure, which generates the friction force of rest, alternated by the sliding friction force, is the supposed explanation for the observed decline. The breakage and beginning of the plunger result in a sudden decrease in the radial force of smoothing. The "c-d" section corresponds to the workpiece radius reduction. The force  $P_y$  decreases linearly due to the spring elastic force decline. The force oscillations are about 88 N, which is higher than the flat spring oscillations amplitude. Since the mass of the steel plunger is essential, the inertia causes a sharp start of the movement, which is the conceivable reason of the mentioned oscillations.

The adoption of a reciprocating friction pair in burnishing tool design is not recommended according to the graphs analysis. The helical spring force element tool does not fulfil the projected task of stabilizing the burnishing forces.

### **Copying tool with cramp actuator**

The tool consists of a cramp 1 with two indenters 2 oppositely disposed on it. The copying element 4 functions as the fixator for the indenters position on the part. A part is located between indenters 2. The cramp is connected to a slider 6 by a hinge 5. A compression spring 7 is connected with the end of slider. The body is fixed to the tool holder of the lathe. While processing, a 3-point contact of the burnishing tool with the workpiece ensures the permanent position of the indenters in the line in any position of the workpiece contour relative to the center of rotation. The configuration of this type is capable of complete dampening of any runouts.

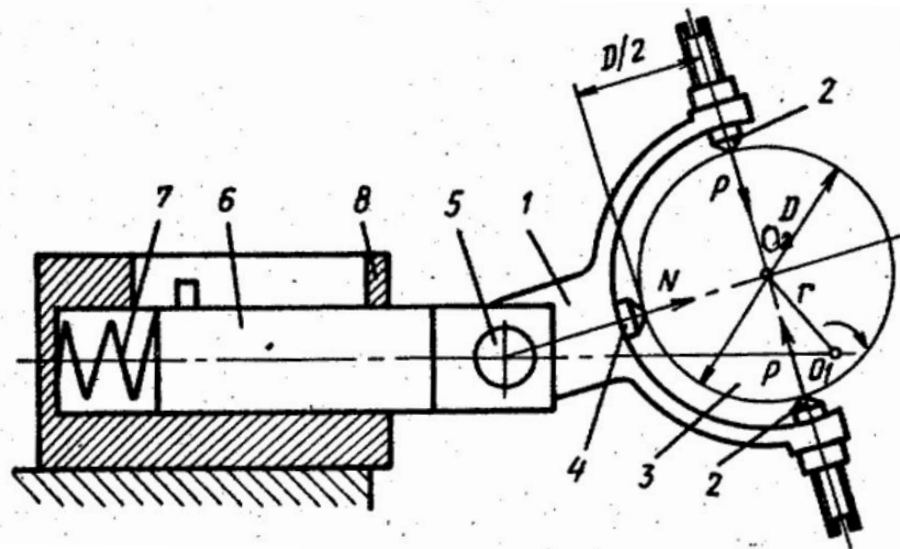


Figure 7. Copying tool with cramp actuator

The tool is intended for burnishing outer cylindrical surfaces, eccentrics and shaft cranks. The reciprocating (slider-body) and rotational (hinge) of the friction pair, the helical spring are the design elements, which affect the stabilization of the ironing force negatively. Seizures occur in friction pairs due to adhesion interaction. Mechanical "sticking" of the slider affect the helical spring generated force  $N$ ; the pressing force alters and a contact loss between the copying element and the part surface is possible as a result. A helical spring also does not guarantee the constant pressing force: the elastic force is directly related to the spring deformation.

Friction in the hinge is also unfavorable for the burnishing process for the reason indicated above. The longitudinal feed generates  $P_x$  force during machining and presses the end of the cramp to the hinge mechanism jaw; the resulted friction is unfavorable to the smoothing process.

Based on the above, it may be concluded that a tool with a cramp with two oppositely disposed indenters as a force element does not stabilize the burnishing forces. The appliance of a tool of this type is not expedient.

### Helical spring actuator tool with adjusting abutment

The tool includes an indenter 1 with an abutment 2 disposed on the ring 3, surrounding the part. A ring rod with a holder 6 and a tapered spring 5 inside are installed in the body 9. The burnishing force is regulated by rotating the handle 7. The rotation moves the nut along the screw 8, the spring compresses and creates the force which presses the indenter to the surface. The movement of the ring bar and the holder are limited by stop block.

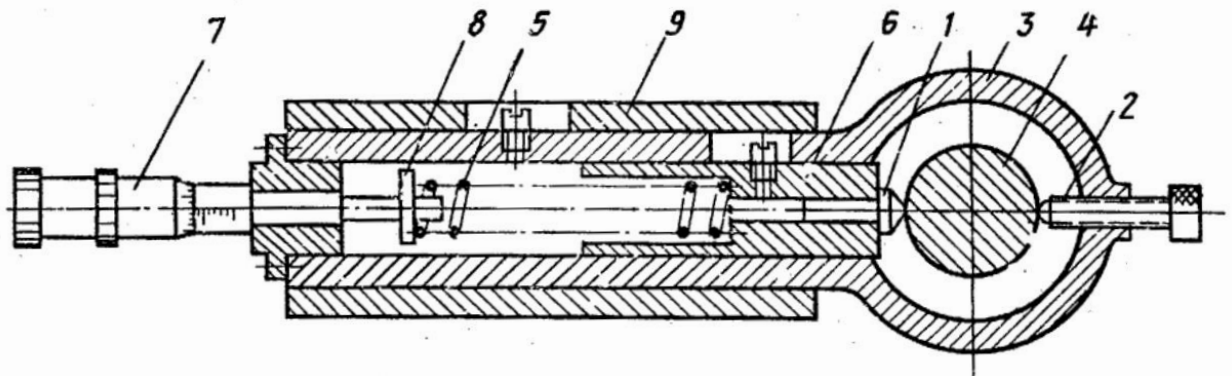


Figure 8. Helical spring actuator tool with adjusting abutment

The tool works as follows. The moving part presses the indenter, the indenter via the holder presses the spring and the bushing connected by screws to the ring bar, the ring thus pulls the stop, pressing it against the part. This ensures the constant effort of pressing the indenter to the surface.

However, the fact that during the runout the part moves not only in the direction of the holder movement, but in several directions is not taken into account. The tool body, fixed in the lathe holder rigidly, allows only one movement along the axis of the indenter. Thus, at the part upward movement, which is perpendicular to the axis of the indenter, the treated surface loses the contact with the indenter and the burnishing process intermits. Also, the design includes a reciprocating friction pair and a screw spring, which adversely affect the stabilization of the burnishing forces. The fact that the size of the ring limits the workpiece size and does not allow processing parts of large diameters is another disadvantage.

Analysis of this tool design has showed that the appliance of the tool with a helical spring and the adjustable stop force element is unacceptable for burnishing process since the tool design is inefficient and allows a number of faults. The main requirement which is the stabilization of the burnishing force is neither achieved.

**Pneumatic tool with elastic posts**

The peculiarity of this tool is that it is constructed without friction pairs, and the indenter 1 movement in the Y axis direction is realized due to the elastic deformation of the flexible supports 3. The supports are reinforced with plates to ensure the vertical stability, and the rigid connection with the rods 6 provides the coordinated deformation. A bellows 2 is the actuator. The bellows is connected to a receiver with a choke 4. The pressing force generates the air pressure in the "bellows-receiver" system. The tool is mounted and fixed in the lathe holder with the fixation 5.

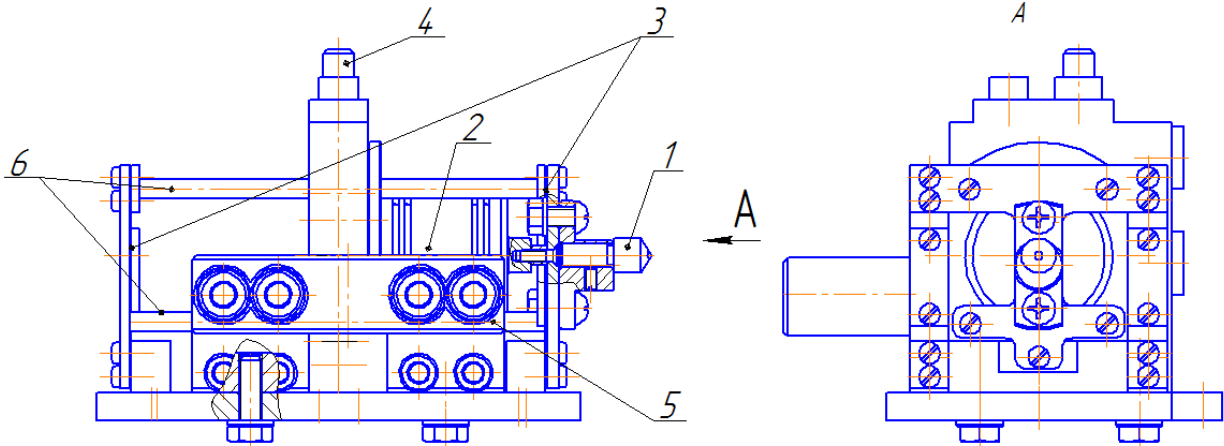
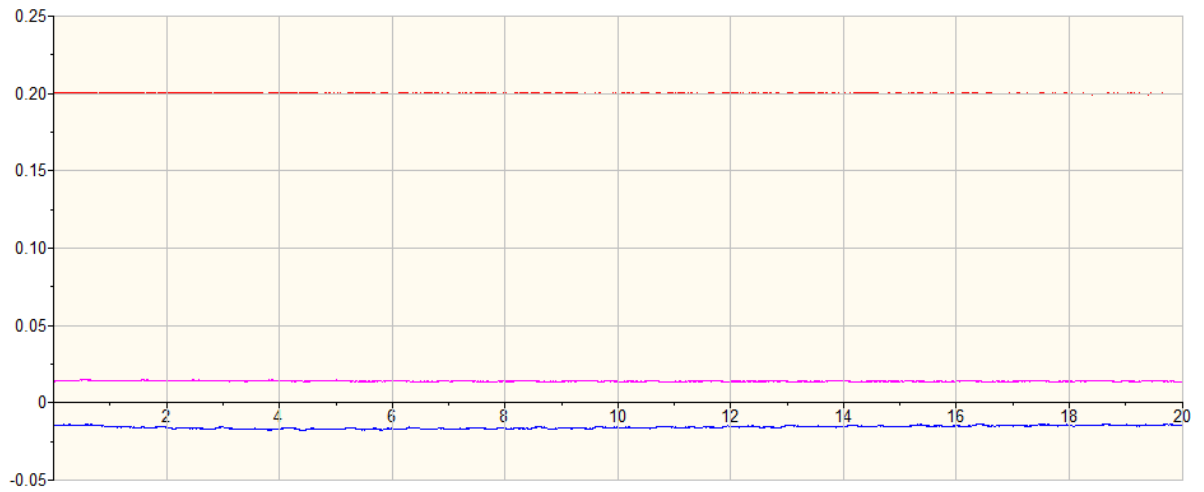
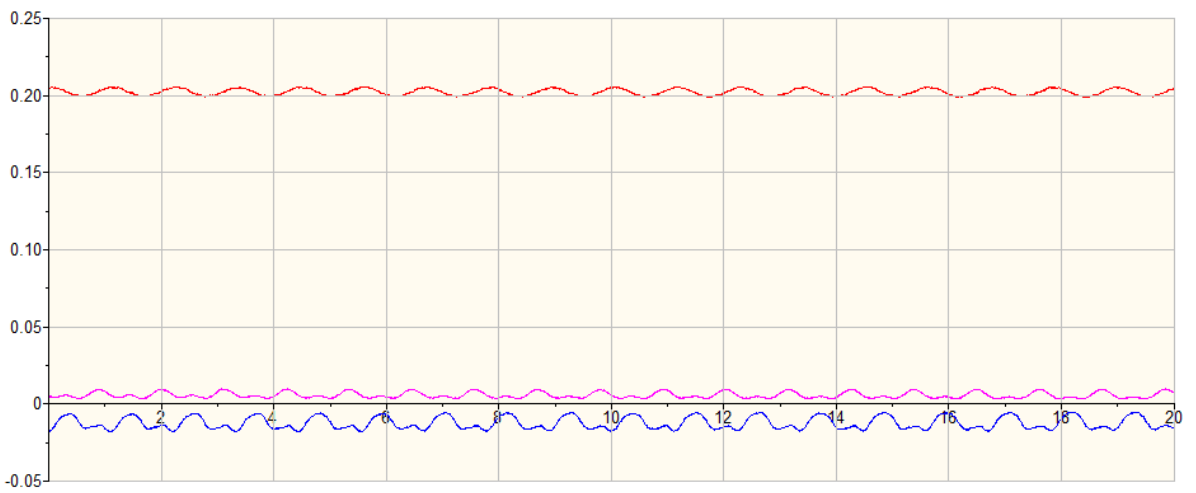


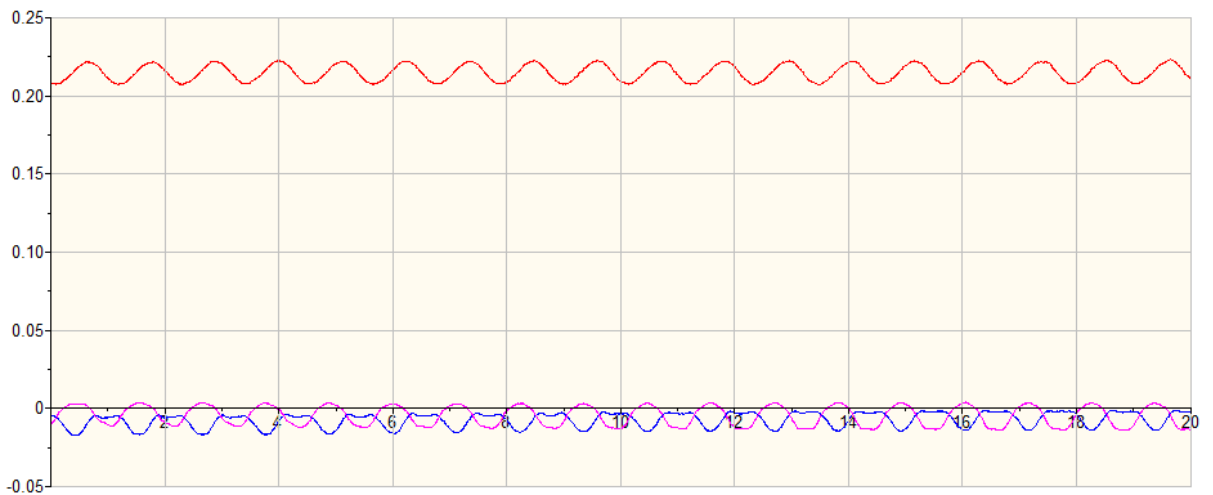
Figure 9. Pneumatic tool with elastic posts



a)



b)



c)

Figure 10. Force versus time graph: a, b, c

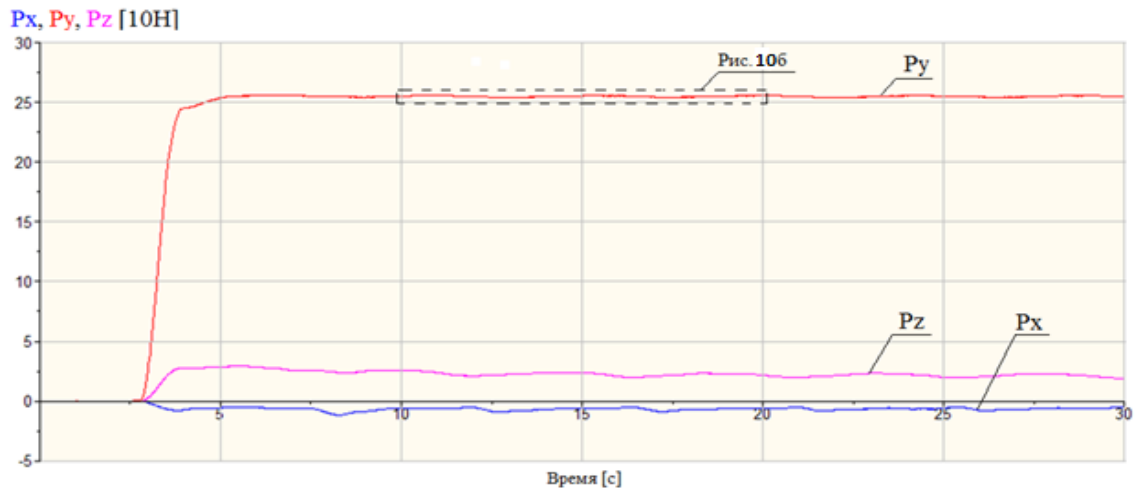
This tool was used in a series of experimental burnishing processes with selected piece set with different radial runout values. The measurement of the burnishing forces components was carried out with a dynamometer, where the tool was fixed with a special device. The diameter of the workpiece, the turn and the tool feed were identical for three different radial runouts. The figure 10 (a) presents the force versus time graph while machining without radial runout. The burnishing force fluctuation was:  $\Delta P_y \approx 1.5$  N. The figure 10 (b) presents the graph for the machining with radial runout:  $e = 1$  mm. The force fluctuation was:  $\Delta P_y \approx 6.9$  N. The third figure 10 (c) presents the burnishing with radial runout:  $e = 2$  mm. The force fluctuation was:  $\Delta P_y \approx 15.7$  N.

According to the obtained force versus time graphs, it can be concluded that when processing surfaces installed with runout, this type of the tool provides a high degree stabilization of the burnishing forces. The elastic deformations of the bellows and bending deformations of the flexible posts supposedly caused the registered oscillations. The pneumatic tool on flexible supports is compact, demonstrates good performance, but the small rigidity of flexible supports and rods, which leads to fluctuations in the "tool-detail" system at the workpiece high speeds, is a serious disadvantage.

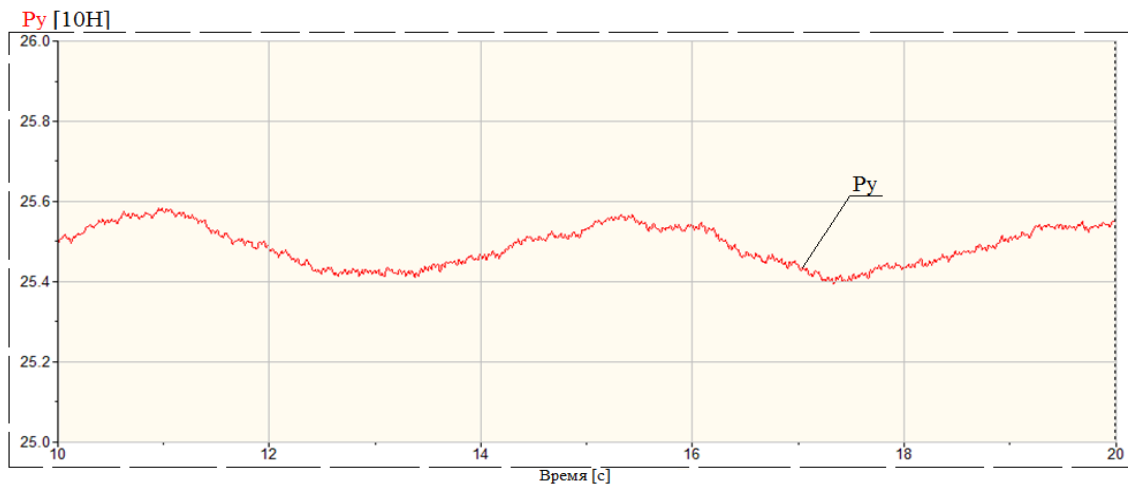
#### **Pneumatic tool with parallelogram installation of indenter on 4 flat posts**

Pneumatic burnishing tool with receiver and with parallelogram installation of indenter on 4 flat posts was developed on the basis of the tool on flexible supports. Compared with the previous type, the rigidity of the structure was significantly increased and the layout of some elements was changed. The body was made of a single piece of material, since the assembled structure is less rigid. Computer modeling calculated the necessary dimensions and shell walls thickness necessary to eliminate burnishing forces generated by elastic deformations. The body is fixed on 4 flat posts on the tool base. The indenter is moved by elastic deformation of flat bars. Compressed air bellow with a receiver present the force element. The receiver is necessary for equalizing the pressure and softening the pulsations caused by the movement of the indenter.





a)



b)

Figure 11. Force versus time graph: *a*, *b*

When machining parts installed with runout, the tool of this design showed a practically straight view of the burnishing forces graph, as demonstrated in figure 11 (a). Zoomed in part of the graph shows that the radial force  $P_y$  fluctuations do not exceed 2 N. As the mentioned correlations resemble those of the spring actuator tools, this fluctuation may be explained by the spring stiffness coefficient.

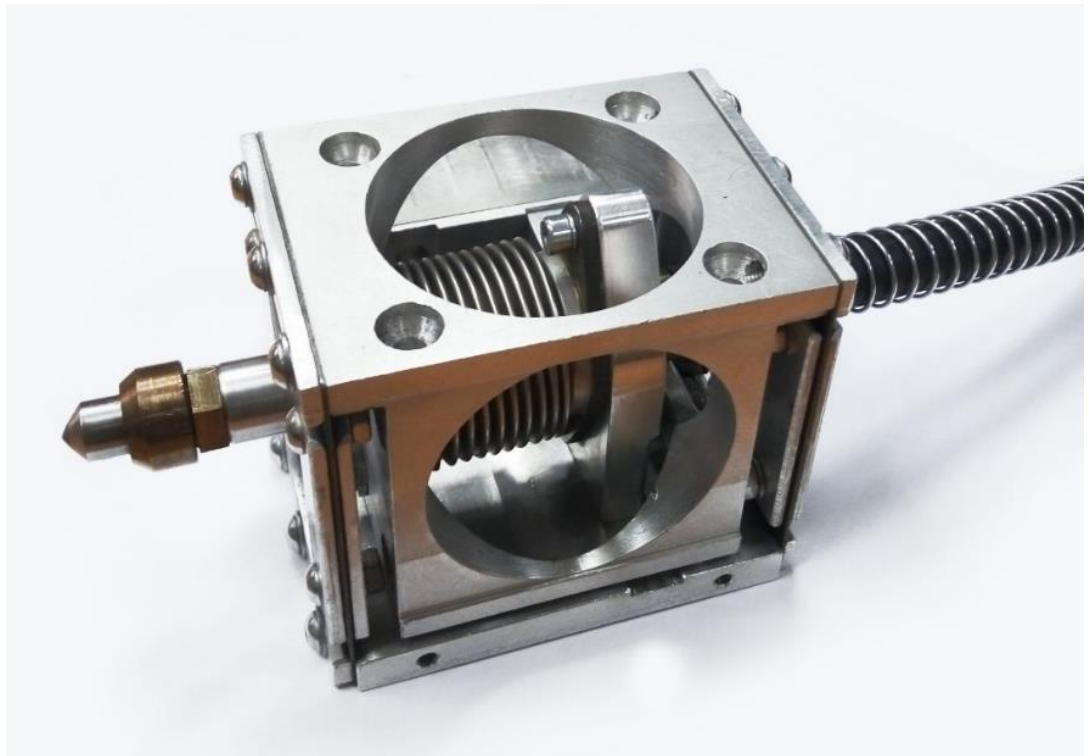


Figure 12. Pneumatic tool with parallelogram installation of indenter on 4 flat posts

This type of the burnishing tool provides the highest degree of force  $P_y$  stabilization while processing shaped surfaces and parts installed with radial runout. Burnishing with this tool can proceed without preliminary precise part installation. The design has no disadvantages which are inherent in spring or friction pair tools.

However, the indenter Z-axis direction movement problem remains relevant. During the Y-axis movement, due to the constant length of the posts, the indenter has a tendency for a small linear Z-axis movement and an angular displacement relatively to the posts fixing point. This process affects the burnishing of parts with small diameters in a negative way. After indenter Z-axis dislocation, it contacts the part with a conical surface, thereby changing the contact patch and the pressing force.