

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

ООП/ОПОП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Исследование методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания для стабилизации усилия P_y

УДК 621.923.4:621.921.34

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM11	Костылева Наталия Владимировна		

Руководитель ВКР

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

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	К.Б.Н.		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОмШ	Сорокова С.Н.	к.ф-м.н.		

Результаты обучения
Направление 15.04.01 Машиностроение

ООП: Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования
ОПК(У)-2	Способен осуществлять экспертизу технической документации при реализации технологического процесса
ОПК(У)-3	Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-4	Способен разрабатывать методические и нормативные документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
ОПК(У)-6	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности
ОПК(У)-7	Способен проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-8	Способен подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способен подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения

ОПК(У)-10	Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ОПК(У)-11	Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать технические задания на НИР и ОКР при исследовании, проектировании и изготовлении машин, приводов, оборудования, систем, нестандартного оборудования и средств технологического оснащения.
ПК(У)-2	Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем или тем организаций.
ПК(У)-3	Способен подготавливать заявки на изобретения, полезные модели и промышленные образцы с использованием средств и методов патентного поиска.
ПК(У)-4	Способен разрабатывать технологии и управляющие программы изготовления особо сложных деталей на многокоординатных токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ и многокоординатных фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ.
ПК(У)-5	Способен производить технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней и высокой сложности
ПК(У)-6	Способен проектировать особо сложные станочные, сборочные и контрольно-измерительные приспособления.
ПК(У)-7	Способен производить автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборки сборочных единиц изделий высокой сложности.
ПК(У)-8	Способен производить автоматизацию и механизацию производственных процессов механосборочного производства.
ПК(У)-9	Способен организовать инструментальное обеспечение механосборочной организации.
ПК(У)-10	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий
ПК(У)-11	Способен обеспечить качество изделий высокой сложности в механосборочном производстве.
ПК(У)-12	Способен управлять развитием литейного производства
ПК(У)-13	Способен производить технологическое проектирование механосборочной организации



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 15.04.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

_____ Сорокова С.Н.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
4АМ11	Костылевой Наталии Владимировне

Тема работы:

Исследование методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания для стабилизации усилия F_y	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	34-105/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Объектом магистерской диссертации являются оправка на магнитной подвеске для алмазного выглаживания. Цель работы: Определить силовые зависимости процесса алмазного выглаживания</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</p>	<p>Провести литературный обзор по отдельности – упрочняющей обработке поверхностей с помощью алмазного выглаживания. Провести анализ имеющихся оправок, рассмотреть все плюсы и минусы. Испытать оправку, с помощью экспериментов исследовать силовые зависимости .</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Червач Ю.Б.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О. А.
Исследовательский (на англ. яз.)	Гутарева Н.Ю.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.11.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM11	Костылева Наталия Владимировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 130 страниц, 34 рисунка, 31 таблицу, 29 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: алмазное выглаживание, оправка, поверхностно – пластическое деформирование, износостойкость, силовые зависимости.

Объектом исследования является оправка для алмазного выглаживания на магнитной подвеске.

Цель работы – разработка и изготовление оправки для алмазного выглаживания.

В процессе исследования проводился эксперимент по выглаживанию образца с магнитом и без, замерили как влияет сила магнита без дополнительного усилия натяжения, создаваемого пружиной и натяжением лески.

В результате исследований получены силовые зависимости в процессе алмазного выглаживания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1 Алмазное выглаживание.....	12
1.2 Обзор оправок для алмазного выглаживания, работающих по нежестким схемам.....	22
1.2.1 Оправка для алмазного выглаживания с витой пружиной.....	22
1.2.2 Оправка для алмазного выглаживания с плоскими пружинами.....	24
1.2.3 Оправка для алмазного выглаживания с плоской симметричной пружиной.....	26
1.2.4 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины и регулировкой силы выглаживания с помощью индикатора часового типа...	28
1.2.5 Оправка для алмазного выглаживания с силовой установкой из 4-х плоских пружин и пневматическим сильфоном.....	32
1.2.6 Оправка для алмазного выглаживания на магнитной подвеске.....	35
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	38
2.1 Конструкция оправки для алмазного выглаживания на магнитной подвеске.....	38
2.2 Сборка магнитной оправки.....	40
2.3 Анализ силы сопротивления при перемещении индентора.....	42
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	47
3.1 Тарировка оправки для алмазного выглаживания на магнитной подвеске.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	59
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	61
Введение.....	61
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	61

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	61
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	63
4.1.3 SWOT-анализ	65
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	68
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно – технического исследования	70
4.2 Инициация проекта	70
4.2.1 Цели и результат проекта.....	71
4.2.2 Ограничения и допущения проекта.....	72
4.2.3 Организационная структура проекта.....	72
4.3 Планирование управления научно – техническим проектом.....	73
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	73
4.3.2 План проекта.....	74
4.3.3 Бюджет научно – технического исследования.....	76
4.4 Организационная структура проекта.....	80
4.5 План управления коммуникациями проекта.....	82
4.6 Реестр рисков проекта.....	82
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	83
4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	83
4.7.2 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	89
4.7.3 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	90
Вывод.....	92
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	95
Введение.....	95
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	95
5.1.1 Эргономические требования к правильному расположению компоновке рабочей зоны.....	97

5.2 Производственная безопасность.....	100
5.2.1 Организационные мероприятия.....	100
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производстве.....	101
5.3 Экологическая безопасность.....	107
5.3.1 Защита атмосферы.....	109
5.3.2 Защита гидросферы.....	109
5.3.3 Защита литосферы.....	110
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
Вывод.....	112
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	114
Приложение А.....	116

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мы живем в веке развитого машиностроения. Машины стали очень точные, надежные и сложные по своей конструкции, но как известно, чем сложнее конструкция, тем у нее больше слабых мест. У инженеров машиностроителей существует задача, как спроектировать деталь, машину или установку с максимальным КПД, потратив на ее изготовление минимальный бюджет. Для решения данной задачи инженеры приходят к новым технологиям обработки материалов, для улучшения их механических характеристик.

Одним способом улучшения характеристик деталей – является финишная обработка деталей, с получением более низкой шероховатости и упрочнением поверхностного слоя детали. Такая обработка называется алмазное выглаживание.

Алмазное выглаживание слабо развито в настоящее время, конструкция оправок примитивная, на большей ей части обрабатывать можно только цилиндрические поверхности, установленные на станок с отсутствием радиального биения. Выглаживание фасонных поверхностей, практически невозможно из-за изменения силы P_y , возникающей в процессе выглаживания, и доступно лишь на специальных оправках, изготовленных единичных экземплярах. Пример такой оправки - оправка с пневматическим сильфоном. Но даже при выглаживании на данной оправке сила P_y , меняется за счет влияния плоских пружин и металлических стенок пневматического сильфона.

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 разработка конструкции оправки на магнитной подвеске и исследование силовых зависимостей при алмазном выглаживании.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Алмазное выглаживание

Эксплуатационные свойства деталей машин значительной степени определяются качеством их рабочих поверхностей. Оно характеризуется шероховатостью, волнистостью, а также совокупностью физико-механических свойств поверхностного слоя.

Несмотря на микроскопические размеры неровностей, образующих шероховатость, они оказывают существенное влияние на такие свойства деталей и их сопряжений как трение и износ; способность удерживать смазку, контактные деформации; концентрация напряжений и усталостная прочность; надежность пресовых соединений; коррозионная стойкость; контактное сопротивление на сдвиг; электрохимическая неоднородность поверхности, а также прочность и качество покрытий. Поэтому технологическое обеспечение заданной шероховатости поверхностей деталей являются важными и ответственными задачами машиностроительного производства.

Шероховатость поверхности детали определяется совокупностью применяемых технологических методов, приемов и режимов обработки. В основном формирование шероховатости поверхности деталей происходит на заключительной стадии обработки. Однако в ряде случаев наблюдается существенное влияние предшествующих технологических операций.

Шероховатость поверхности, например, при точении, шлифовании, полировке зависит от режимов обработки, геометрии инструмента, износа режущей кромки, структуры и механических свойств материала детали и инструмента, наличия смазочно-охлаждающей жидкости и др. Изменяя условия обработки, изменяют качество поверхности детали. Вместе с тем возможности достижения оптимальных по условиям эксплуатации параметров качества поверхности деталей при одних способах обработки являются ограниченными, поэтому возникает необходимость разработки и применения альтернативных методов обработки [2].

Одними из наиболее простых и эффективных методов повышения качества поверхностей деталей являются методы поверхностно — пластического деформирования, среди которых важная роль принадлежит алмазному выглаживанию.

Преимущество этого метода заключается в том, что при выглаживании происходит уменьшения шероховатости поверхности и одновременно упрочнение поверхностного слоя (повышение микротвердости), а также повышение точности размеров и форм детали.

В качестве инструмента при выглаживании используются наконечники из природного, синтетического алмаза или композитный поликристаллический материал с рабочей поверхностью в виде сферы (рис. 1.1), конуса или цилиндра. Выглаживатель должен обладать высокой твердостью, низким коэффициентом трения и высокой теплопроводностью.

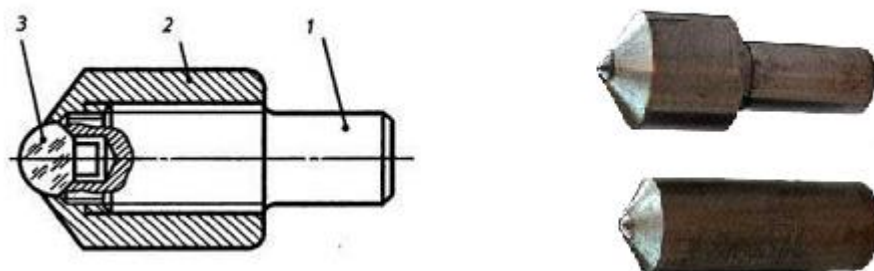


Рисунок 1.1– а) Наконечник для алмазного выглаживания: 1 – наконечник, 2 – оправка приспособления, 3 – кристалл алмаза; б) Внешний вид наконечников.

Выглаживание в большинстве случаев аналогично токарной обработке. Процесс протекает в условиях трения скольжения. Важным условием является наличие смазки и охлаждения.

В результате пластического деформирования обрабатываемой поверхности происходит сглаживание исходных неровностей и образование нового микрорельефа поверхности с меньшим значением шероховатости. Размер детали уменьшается на величину остаточной деформации. Величина и форма образующихся микронеровностей также зависит от неоднородности,

шероховатости и твердости сходной обрабатываемой поверхности, колебаний силы выглаживания, вызванных биением детали и др.

Формирование нового поверхностного слоя при алмазном выглаживании происходит вследствие пластического деформирования обрабатываемой поверхности. Под действием радиальной силы P_r , действующей на поверхность в области контакта алмаза с деталью, возникают давления. Когда их величина превышает предела текучести, возникает пластическая деформация поверхностного слоя. Этот процесс приводит к искажению кристаллической решетки.

Эффективность алмазного выглаживания различных материалов в наибольшей мере определяется их начальной структурой. В итоге исследований установлено, что значительные деформации при обработке деталей из стали возникают в феррите, а меньшие в мартенсите и перлите [6].

Большая эффективность упрочнения поверхности объясняется высокой плотностью дефектов, образующихся в поверхностном слое, за счет скоплений дислокаций. При алмазном выглаживании плотность дислокаций в приповерхностном слое достигает своего максимального значения. С увеличением расстояния от поверхности в глубь материала, плотность дислокаций уменьшается.

Главная особенность алмазного выглаживания от других способов упрочнения поверхности заключается в том, что слой материала не устраняется, а переносит дополнительную упругопластическую деформацию.

Высокая твердость алмаза (существенно больше, чем у твердых сплавов) в сочетании с малым коэффициентом трения (0,03-0,12) дают возможность обрабатывать практически все металлы и сплавы, поддающиеся пластической деформации, в том числе закаленные стали [2]. Малая величина радиуса закругления выглаживателя (0,5-4мм) определяет небольшую силу выглаживания (от 50 до 300Н), что позволяет производить обработку маложестких деталей. Стоит отметить,

что при силе $R_y > 300\text{Н}$ возрастает глубина упрочненного слоя, увеличивается микротвердость в нижних слоях, однако уменьшение микротвердости в верхнем тонком поверхностном слое происходит за счет уменьшения пластичности. Как правило, алмазное выглаживание применяется после чистового точения или шлифования. В результате обработки выглаживанием уменьшается шероховатость в 2,5-6 раз, увеличение несущей способности поверхности до 10 раз, упрочнения поверхностного слоя на 20-250%. Алмазное выглаживание является пластическим деформированием поверхностных слоев детали инструментом, рабочая часть наконечника изготовлена из искусственного алмаза и имеет вид сферы. Выглаживание осуществляют на токарном станке, рабочий инструмент закреплен в резцедержателе[4]. В процессе выглаживания инструмент прижимается к поверхности вращающейся детали с усилием 100—200 Н, что ведет к уменьшению шероховатости и повышению износостойкости. При термомеханическом способе увеличение долговечности деталей и повышение общего уровня прочностных и других свойств достигается за счет совмещения пластической деформации и термического воздействия, осуществляемых в едином технологическом цикле. Пластическое деформирование является промежуточной операцией. При термической и химико –термической обработке деталей, для того чтобы снять внутренние напряжения, которые возникают при наплавке, для получения однородной структуры металла нужно применять отжиг, нормализацию и отпуск. Износостойкость деталей увеличивают за счет поверхностной закалкой с нагревом токами высокой частоты. На поверхности закаленного слоя возникают остаточные напряжения сжатия, которые способствуют повышению усталостной прочности деталей. При применении закалки можно обеспечить возможность использовать для наплавки сравнительно не дорогих металлов и

доступных защитных сред. Для повышения износостойкости деталей нужно применить также химико –термическую обработку, это цементация, азотирование и итроцементация. При выборе удобного способа восстановления деталей следует учесть размер, форму и точность обработки деталей , материал и термическую обработку, используемую при изготовлении детали, значение и характер износа восстанавливаемых поверхностей, условия эксплуатации детали, технологические и производственные возможности авторемонтного предприятия, затраты на восстановления, достоинства и недостатки способов восстановления и др. Понимание этих факторов дает решать вопросы о возможности применения какого – либо способа восстановления деталей , классифицировать на основании с этим детали, а также выявить те из них, которые можно восстановить несколькими способами, что дает возможность найти самый подходящий.

Алмазное выглаживание отличается от ППД обкаткой лишь конструктивными особенностями применяемого инструмента, в котором рабочим элементом является алмаз, гексанит или другие сверхтвердые материалы [2].

На качество алмазного выглаживания, т. е. шероховатость поверхности, степень упрочнения, твердость поверхностного слоя, влияет радиус сферической поверхности алмаза, усилия прижатия поверхности к детали, продольная подача и число проходов.

Радиус алмаза подбирают с учетом исходной поверхности металла из которого изготовлена деталь. Но для материалов твердостью НВ <300 радиус алмаза 2,5...3,0 мм; при НКСЭ 35...50- 1.5...2.5 мм и НРХЭ 50...65 - 1,3...2,0 мм, т.е. твердость поверхности детали увеличивается, радиус алмаза уменьшается.

Также имеет важное значение усилие прижатия инструмента к детали. При выборе усилия прижатия меньше оптимального к

поверхности, микронеровности сглаживаются не полностью, а при большем, поверхностный слой перенаклепывается и разрушается.

Отмечено, что продольная подача инструмента зависит от вида упрочняемого материала. Для закаленных сталей подача составляет 0,02...0,04 мм/об., для цветных металлов и незакаленных сталей - 0,03...0,05 мм/об. Главное условие при выборе подачи - отсутствие неупрочненных участков на поверхности деталей.

Алмазное выглаживание выполняют, как правило, за один проход, так как увеличение числа проходов практически не изменяет шероховатость поверхности упрочняемой детали. Алмазное выглаживание является простым, эффективным и высокопроизводительным способом отделочной и упрочняющей технологией. Самое главное в пластическом деформировании поверхности обрабатываемой детали, это скользящий по ней инструмент — закрепленный в оправке алмазом. Особенность этого способа является следствием физико-механических свойств рабочего тела — алмаза. Особенность этих свойств выражается в следующем [1]: 1) Сверхвысокая прочность алмаза, которая в 4–6 раз выше прочности (твердости) твердых сплавов; $\sigma_B = 11000...16000$ МПа.

Высокая прочность и твердость позволяет создать в очаге пластической деформации большие удельные усилия. В сочетании с малыми размерами пятна контакта это позволит передать на обрабатываемую деталь небольшие полные усилия. Поэтому алмазное выглаживание, в отличие от других способов, применим в первую очередь: – для обработки твердых материалов и сплавов после их закалки (HRC 65...70); – для обработки нежестких деталей (полная сила мала). 2) Алмаз обладает малой адгезией (сцепление поверхностей) с обрабатываемыми материалами. Результатом этого свойства является то, что совместное скольжение поверхности детали и алмаза

сопровождается малыми величинами коэффициента трения. Его величина зависит от твердости обрабатываемого материала и с уменьшением последней коэффициент трения возрастает, для мягких материалов; $\mu = 0,1$; для твердых материалов, $\mu = 0,05...0,08$.

Температура в очаге пластической деформации на глубине не более 0,1 мм не превышает 200–3000С. Когда скорость выглаживания больше 100 м/мин, то температура увеличивается и при скорости 500 м/мин может достигнуть 600–7000С (температура высокого отпуска). При алмазном выглаживании различных материалов применяют стандартные алмазные наконечники с радиусом сферы рабочей части от 0,6 до 4 мм. Схема алмазного выглаживателя приведена на рисунке 1. Наиболее часто радиус алмаза от 1,5 до 3,5 мм [2]. Чем больше радиус, тем меньше твердость обрабатываемой детали. Для закаленных сталей он меньше 1,5 мм; для мягких — 2,5...3,5 мм.

Выполняя алмазное выглаживание, совместно или отдельно решается 3 задачи:

1) Выглаживание — это изменение микрогеометрии поверхности детали. В зависимости от химического состава и механических свойств материала детали, и в зависимости от режима обработки можно достичь шероховатость обрабатываемой поверхности Ra от 0,08 мкм до 0,63 мкм. Причем относительная опорная длина профиля может составлять t_r от 30 до 85 % на уровне 30 %. При тонком шлифовании этот показатель не превышает 1,5–15 %

2) Упрочнение поверхностного слоя детали с целью увеличения её долговечности. Чтоб достичь такого упрочнения повышают величину удельных усилий деформирования и с этой целью на 15–40 % увеличивается полное усилие выглаживания, в сравнении с расчетным, и если это возможно уменьшают радиус сферы в котором применяется алмазный наконечник. Соответственно, степень упрочнения

увеличивается на 25–40 %, а глубина наклепанного слоя может достигнуть 0,3–0,6 мм. Величина остаточного напряжения сжатия на поверхности детали достигает 1200 Мпа [2–3].

3) Калибрующая — размерная обработка. Алмазное выглаживание позволяет увеличить размерную точность обрабатываемой детали, если уменьшить или увеличить диаметр на 5...15 мкм.

По способу закрепления инструмента данный процесс можно разделить на жесткое и упругое выглаживания. При жестком выглаживании рабочий инструмент закрепляют на станке как токарные и расточные резцы, его жесткость высокая. Резец во время обработки внедряется в поверхность детали на заданную глубину, обычно эта глубина составляет 3...7 мкм. Жесткая схема приведена на рисунке 2.

Обработка поверхности данным способом повышается твердость, точность формы и размеры детали, это происходит за счет деформации металла и его уплотнения. Большая проблема, при жестком выглаживании — это биение. Биение, как и колебание глубины внедрения серьезно действуют на силу выглаживания. В дальнейшем данные факторы при жестком выглаживании сказываются на частоту шероховатости и разношерстность по твердости выглаженной поверхности. Такая оправка простая по конструкции и может иметь низкую точность при изготовлении, но деталь должна быть идеально изготовлена и выставлена на точном станке. Как правило выглаживание выполняется сразу после токарной обработки, не переустанавливая деталь.

Подобные оправки используются очень редко и подходит к обработке только цилиндрических и торцевых поверхностей которые не имеют биения. На таких оправках не легко будет получить необходимую силу и глубину внедрения, из-за неточности суппорта резцедержателя, а также из-за не жесткой системы СПИД.

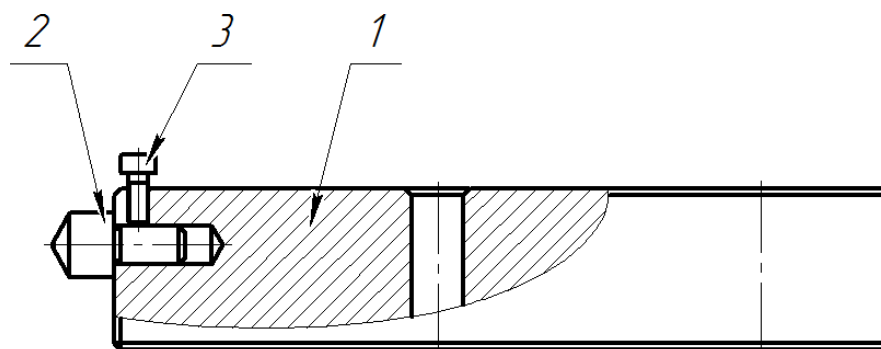


Рисунок 1.2 – жесткая оправка

Выглаживание по жесткой схеме, закреплением выглаживателя используют для обработки особо точных деталей на станках повышенной точности за одну установку с предшествующей обработкой, либо одновременно с предшествующей обработкой (например, одновременное точение и выглаживание). В таком случае биение детали минимально. Эта схема применяется редко. Обычно применяют упругое выглаживание. Главное преимущество устройства с упругим элементом нагружения – постоянство заданной силы выглаживания независимо от погрешности установки и точности геометрической формы обрабатываемой поверхности. При этом способе выглаживания инструмент упруго прижимается к обрабатываемой детали с помощью пружины или иным способом. Сила прижатия выглаживателя к детали, зависящая от пластичности обрабатываемого материала, шероховатости поверхности и радиуса выглаживателя, легко контролируется и поддерживается постоянной в процессе обработки. Нежесткая схема приведена на рисунке 3.



Рисунок 1.3 – нежесткая схема

Желательно жесткость оправки подобрать оптимальной. Во – первых жесткость должна быть такой, чтоб исключить вибрацию в результате автоколебаний системы. Во – вторых, жесткость оправки должна быть такой, чтоб (следуя формуле) обеспечить постоянство усилия и, вследствие чего, стабильность шероховатости.

Алмазное выглаживание выполняется на универсальном токарном оборудовании. В исключительном случае на специализированных производствах применяют специальные автоматические станки (подшипниковая промышленность). Алмазное выглаживание не должно сопровождаться ударными нагрузками и вибрацией. Для положительного результата при алмазном выглаживании необходимо обеспечить: фаски на входе и на выходе соответствующих ступеней вала, необходимо во всех случаях стремиться к минимальному радиальному биению детали.

Алмазным выглаживанием не желательно обрабатывать прерывистые поверхности, для уменьшения износа алмаза требуется применять смазки более эффективные, (олеиновая кислота, животный технический жир, а также специальные синтетические смазки с наполнителями в виде серы, графита и дисульфида молибдена). Эти рекомендации применяются для отделки поверхности детали, если решается основная задача — уменьшение шероховатости поверхности, которая постоянно сопровождается упрочнением поверхностного слоя.

При более интенсивном упрочнения поверхностного слоя режимы обработки меняются. А именно, увеличивают до 1,5 раз величину силы выглаживания, причем, для повышения производительности подача тоже может быть увеличена. Для упрочнения поверхностного слоя рационально использовать наконечник с меньшим радиусом сферы. Необходимо учесть, что при калибровке диаметр вала после алмазного выглаживания уменьшается на определенную величину. Такое

уменьшение зависит от шероховатости исходной поверхности, усилия выглаживания, твердости обрабатываемого материала.

При уменьшении диаметра вала в результате алмазного выглаживании основывается на указанные факторы и составляет от 5 до 15 мкм. Алмазное выглаживания, из – за особых свойств алмаза (высокая прочность и малая адгезия) разумно применять, в первую очередь, для закаленных сталей и других относительно твердых материалов. Вместе с тем, алмазное выглаживание (с малой величиной R сф) целесообразно использовать для нежестких деталей из относительно твердых материалов. Допустимая величина твердости обрабатываемой детали. Δ HB =5...10

1.2 Обзор оправок для алмазного выглаживания, работающих по нежестким схемам.

1.2.1 Оправка для алмазного выглаживания с витой пружиной.

Данный инструмент – оправка (рис.1.4), позволяет выглаживать наружную поверхность стальных деталей типа «вал». Алмазный наконечник -1 с рабочей поверхностью в виде сферы, закреплен винтом -2, вставлен в подвижной шток -3, который может перемещаться внутри корпуса -4 прямоугольного сечения. Внутри корпуса находится пружина -5.

Шток начинает перемещаться, пружина сжимается и возникают силы между алмазным наконечником и обрабатываемой деталью. Инструмент в сборе с пружиной тарируется по образцовому динамометру и позволяет задать силу прижатия в диапазоне 100-300Н с шагом 50Н.

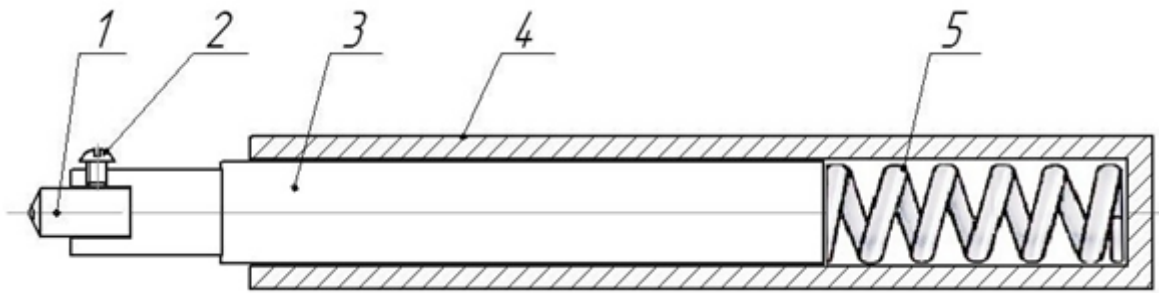


Рисунок 1.4 – Оправка для алмазного выглаживания.

Инструмент прижимается к обрабатываемой поверхности с силой P_v и внедряется в нее на глубину h , в зоне контакта появляются пластические деформации (рис. 1.5). Таким образом происходит сглаживание исходной шероховатости, повышается твердость поверхностного слоя, меняется микроструктура.

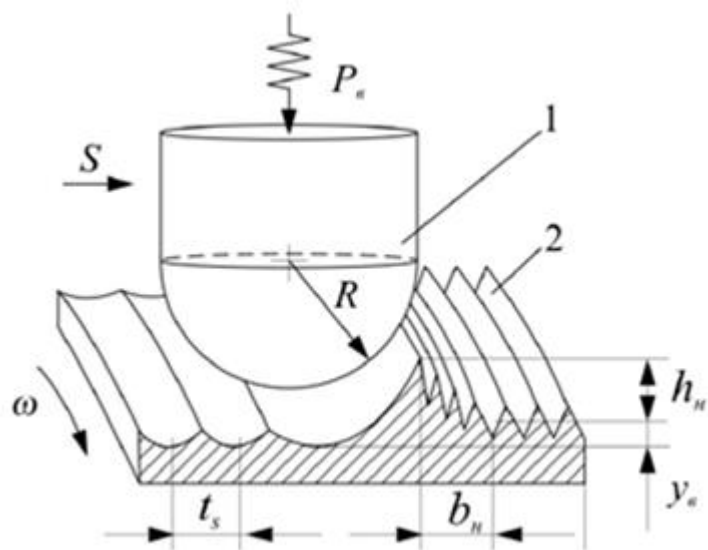


Рисунок 1.5 – Схема выглаживания поверхности детали: 1- вглаживатель; 2- обрабатываемая поверхность; R – радиус выглаживателя; t_s – шаг подачи; ω – угловая скорость детали.

Опытным путем установлено, что при внедрении индентора выглаживающего инструмента на глубину, превышающую наибольшую высоту неровностей профиля поверхности после чистового точения, появляется отеснения пластически деформированного металла в

направлении подачи S с образованием бокового наплыва высотой h_n и шириной b_n . Высота неровности в направлении скорости (продольная шероховатость) как правило значительно меньше, чем высота поперечной шероховатости (в направлении подачи). Впоследствии прохода инструмента происходит частичное упругое восстановление поверхности. Впереди выглаживателя образовывается валик пластически деформированного металла, передняя поверхность выглаживателя чаще всего нагружена значительно больше, чем задняя. Из – за этого в процессе выглаживания возникает тангенциальная составляющая силы P_t . При продольном перемещении выглаживатель как бы «раздвигает» поверхностные неровности в стороны. При чем со стороны исходной поверхности образуется валик деформированного металла, а со стороны выглаженной поверхности получается искажение профиля канавок, которые образуются при предыдущих оборотах детали в результате пластического течения металла, то есть происходит выдавливание из – под выглаживателя в сторону выглаженной поверхности.

После каждого оборота обрабатываемой детали канавка –след выглаживателя двигается в осевом направлении на величину подачи S . При следующих обработках обрабатываемой детали происходит многократное перекрытие канавки, т.к. ее ширина больше величины подачи. Со стороны невыглаженной поверхности тоже образуется валик деформированного металла, правая полу поверхность (в направлении подачи) нагружена намного больше, чем левая полу поверхность. Следовательно, в процессе выглаживания возникает осевая сила P_x .

1.2.2 Оправка для алмазного выглаживания с плоскими пружинами.

Для обработки деталей с небольшими отклонениями формы, а также с погрешностью установки детали на станок, используют оправки

нежесткой схемы выглаживания с плоскими пружинами (рис.1.6) Обработать можно такими оправками наружные и торцевые поверхности валов и прочих деталей.



Рисунок 1.6 – Оправка с плоской пружиной имеющий конструктив типа петля

По конструкции данная оправка напоминает простую, жесткую оправку.

Основное отличие между данной и жесткой оправкой – это наличие плоской петлевой пружины. Индентор устанавливается прямо в саму оправку, и притягивается винтом. Материал державки У8А, подобран не случайно, а для того что бы закалить до нужной нам твердости 49- 52HRC . Созданное усилие меняется от 2 до 5 мм, значение зависит от толщины рабочей части. Настраивается усилие с помощью индикатора часового типа, щуп, который проходит через сквозное отверстие, находящееся в корпусе оправки и упирается в гибкую часть оправки. Данная оправка очень проста и универсальна и подходит для работы практически на любом токарном станке. Еще один плюс данной оправки – это ее компактный размер, позволяет выглаживать детали сложной конфигурации.

Есть и недостатки этой оправки, заключается в не константное усилие пятна контакта из-за конструкции петлевой пружины. А также

может начаться автоколебание при высокой скорости вращения детали. Еще недостатком является альный ход оправки, поэтому она имеет те же минусы, что и жесткая оправка.

1.2.3 Оправка для алмазного выглаживания с плоской симметричной пружиной

Схожая по конструкции представляет собой оправка с плоской симметричной пружиной (рис.1.7). Оправка, также, как и предыдущий вариант предназначена для обработки наружных цилиндрических поверхностей и торцев.



Рисунок 1.7 – Оправка для алмазного выглаживания с плоской симметричной пружиной

Данная оправка состоит из основания (державка), плоской симметричной пружины, демпфирующей прокладки которая состоит из пенополиуретановой резины, индикатора часового типа и индентора. Выглаживатель закрепляется на основании плоской пружины, пружина крепится к державке оправки, а сама державка устанавливается в резцедержатель токарного станка. Плоская пружина в данной оснастке

нужна не только как связующий элемент между индентором и державкой, но и так же пружина создает усилия выглаживания, а также сглаживает колебания, которые возникают при выглаживании. Усилия выглаживания регулируются, как и у предыдущей оправки с пружиной по типу петли, перемещением резцедержателя и изменению расстояния по индикатору часового типа.

Плоская пружина представляет собой сборку из восьми плоских пружин. Они размещаются 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. В то же время одна половина опоры сжимается, а другая растягивается. Недостатком пружинной опоры является ее малая жесткость в направлении оси X , под воздействием силы P_x , в связи с этим происходит сдвиг стоек пружины друг относительно друга. Это является значительным недостатком данной опоры при использовании в оправках для крепления алмазного индентора, поскольку это приводит к перекосу индентора.

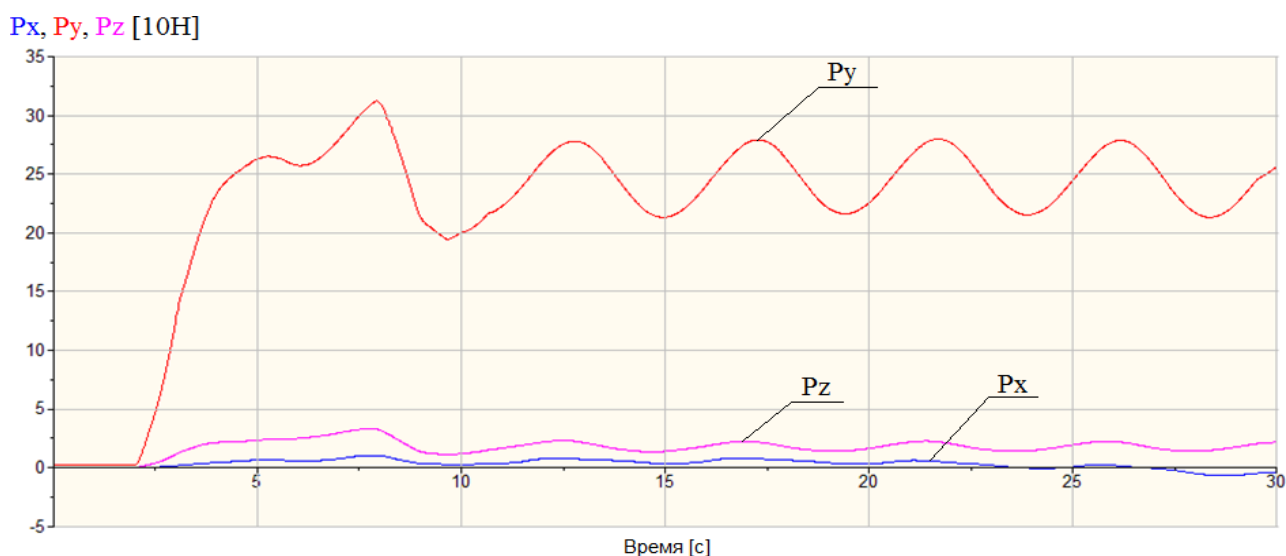


Рисунок 1.8 – Зависимость составляющих силы выглаживания P_y , P_x и P_z [Н] от времени T [с] при выглаживании оправкой с

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

При выглаживании оправкой с плоской симметричной пружиной, на полученном графике видно, что радиальная сила P_y имеет синусоидальный вид. Исследование показали, что колебание 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. Колебание радиальной силы P_y на участке стабильного процесса выглаживания составило около $67H$. Аналогичный характер выглаживания и у оправки с однопетлевой плоской пружиной.

Уменьшается жесткость пружины, а также при более точной установки детали с минимальным радиальным биением, уменьшается амплитуда колебания сил. А значит при уменьшении жесткости пружины также уменьшается сила выглаживания, соответственно и вся производительность обработки! Таким образом, можно сказать, что применение плоских пружин в качестве силового элемента нецелесообразно, так как главное условие – стабилизация силы выглаживания – не было достигнуто.

1.2.4 Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины, и регулировкой силы выглаживания с помощью индикатора часового типа.

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

Конструкция оправки имеет вид цилиндрического корпуса со сквозным шлифовальным отверстием, в который устанавливают плунжер и крепится на нем индентор и винтовая пружина. В корпусе профрезерован паз и через него проходит стержень, жестко соединенный с плунжером. Стержень одновременно является как опорой для щупа индикатора, так и упором для ограничения индентора.

Оправка имеет возвратно – поступательную пару, которая работает в условиях сухого трения. Винтовая пружина выступает в качестве силового элемента, которая поджимается регулировочным винтом. Регулировочный винт затягивается и увеличивается сила давления выглаживателя в заготовку.

Выглаживание происходит при определенной величине силы прижатия, которое контролируется индикатором часового типа.

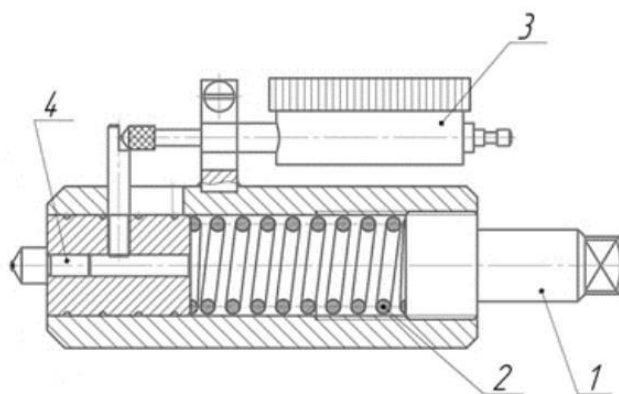


Рисунок 1.9 – Оправка с винтовой пружиной : 1 – регулировочный винт ; 2 – винтовая пружина ; 3 – индикатор часового типа ; 4 – индентор .

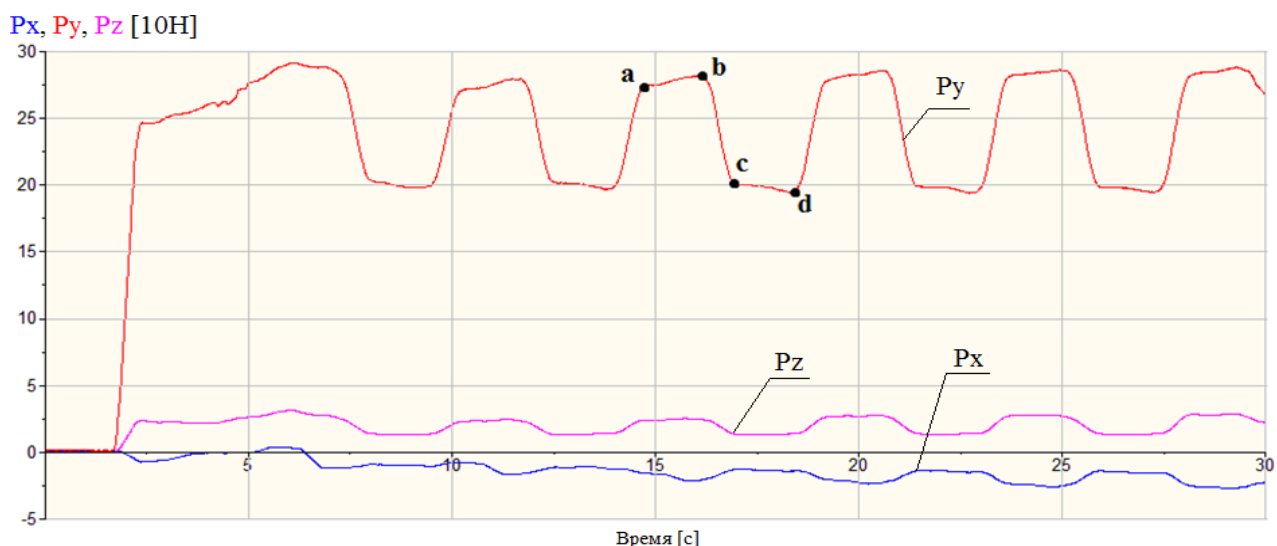


Рисунок 1.10 – Зависимость составляющих силы выглаживания P_y , P_x и P_z [H] от времени T [с] при выглаживании оправкой с винтовой пружиной :

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

При исследовании получили график, который схожий по своему виду на профиль трапецеидальной зависимости радиальной силы от времени, по всей видимости, вызван микро -клином возвратно - поступательной пары трения или зацепление витками пружины об внутренний диаметр корпуса. При уменьшении трения в возвратно-поступательной паре путем подачи СОЖ, вращением индентора относительно корпуса и внешними вибрациями, уменьшили амплитуду колебания силы P_y , но не изменили в целом силу, которая возникает при выглаживании [12].

Анализ проделанного эксперимента показал, что величина колебания радиальной силы выглаживания зависит не только от коэффициента жесткости винтовой пружины, но и от характера процесса выглаживания.

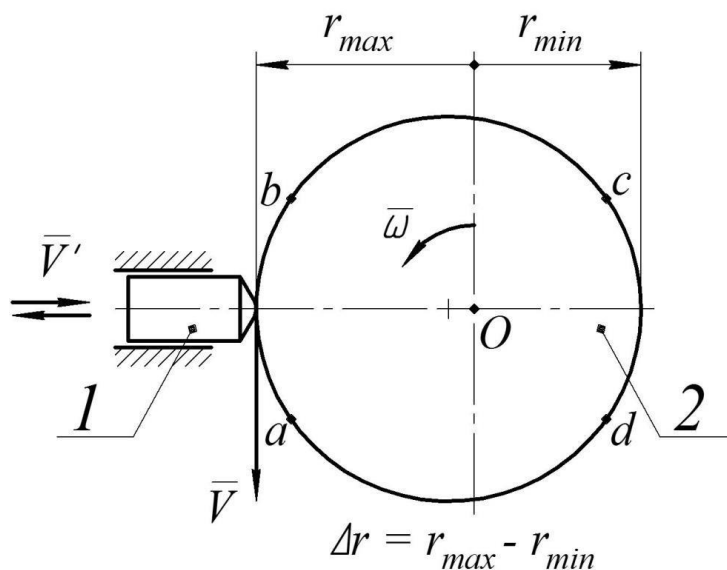


Рисунок 1.11 – Схема движения индентора по поверхности с радиальным биением: 1- индентор, установленный в возвратно-поступательной прецизионной паре; 2 – обрабатываемая поверхность

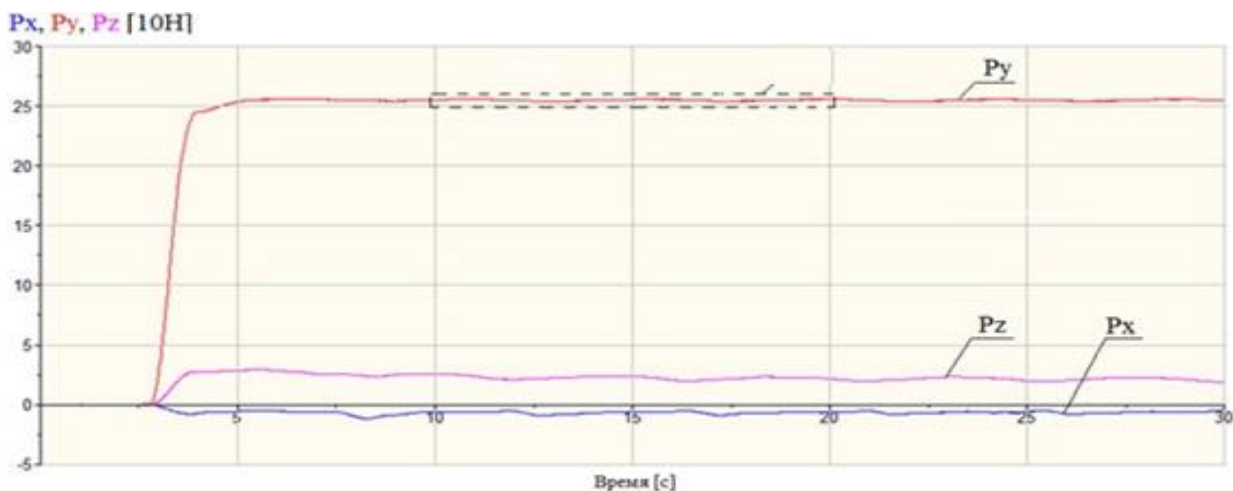
На графике определено, что радиальная сила P_y убывает и возрастает скачками, рывками. На участке «a- b », показано увеличение радиального размера, сила линейно возрастает в следствии роста силы упругости, которая стремится восстановить первоначальную форму пружины. На участке графика «b-c », где индентор проходит максимальный радиус, видно, что кривая на графике резко уменьшилась. Это можно объяснить тем, что возникает схватывание в возвратно – поступательной паре, не на долго появляется сила трения покоя, которая после меняется силой трения скольжения. Срыв и начало плунжера приводит 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 $88H$, что больше амплитуды колебаний плоской пружины.

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

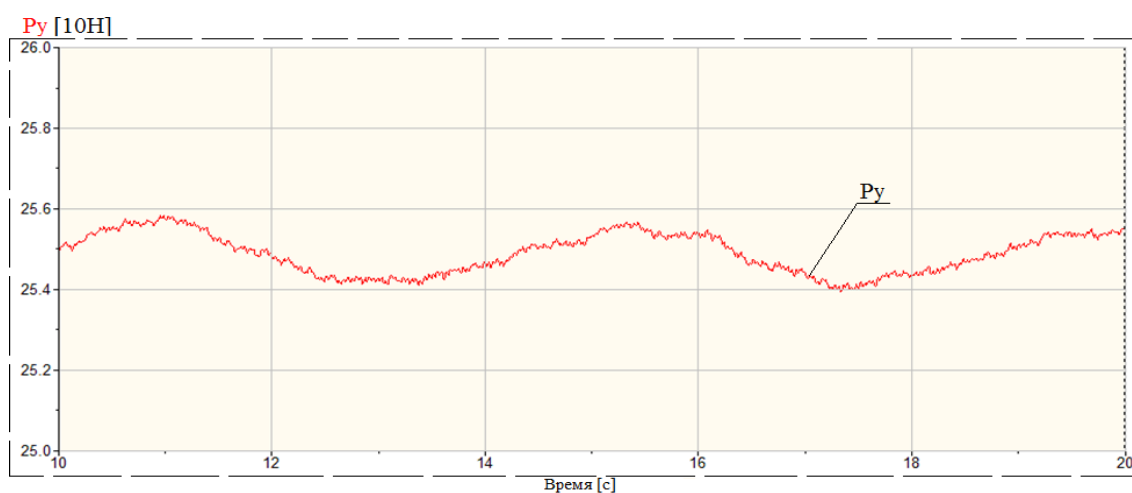
При рассмотрении данного графика сделан вывод, что применение возвратно – поступательной пары трения в конструкциях оправок для алмазного выглаживания нежелательно. Оправка с силовым элементом в виде винтовой пружины не выполняет основную задачу – стабилизация сил выглаживания.

1.2.5 Оправка для алмазного выглаживания с силовой установкой из 4-х плоских пружин и пневматическим сильфоном.

Оправка с пневматическим сильфоном и установкой индентора на 4-х плоских стойках была изобретена на основе оправки на гибких опорах. Данная оправка имеет очень сложную конструкцию. Если сравнить с ранее перечисленными оправками, то у пневматической оправки заметно увеличена жесткость конструкции и изменена компоновка некоторых элементов. Корпус был изготовлен из единой заготовки, чтобы увеличить жесткость конструкции в отличие от сборных конструкций. Конструкция данной оправки конструировалась и просчитывалась с помощью специальных программ компьютерного моделирования. Размеры стенок были просчитаны так, чтобы избежать вероятные деформации корпуса вследствие возникновения сил во время выглаживания. Корпус прикреплен к основанию оправки на 4-х плоских стойках. Перемещение индентора совершается упругой деформацией плоских стоек. Силовым элементом является пневматический сильфон, заранее закаченный сжатым воздухом. В свое время сильфон собран с ресивером, который служит для выравнивания давления и смягчения скачков пульсаций, вызванным перемещением индентора.



a)



б) Увеличенный участок графика

Рисунок 1.12 – 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 : $R_{сф} = 2 \text{ мм}$; $S = 0,05 \text{ мм/об}$; $V \approx 0,02 \text{ м/с}$; $\omega = 1,3 \text{ с}^{-1}$

Конструкция данной оправки может выглаживать детали с радиальным биением полученном как при обработке, так и при не качественной установки детали на станок. Проведены испытания оправки и на графике виден практически прямой вид зависимости сил выглаживания. На увеличенном виде части зависимости можно увидеть,

что колебания радиальной силы P_y не превышают $2H$. Это малое изменение привело упругими деформациями стоек.

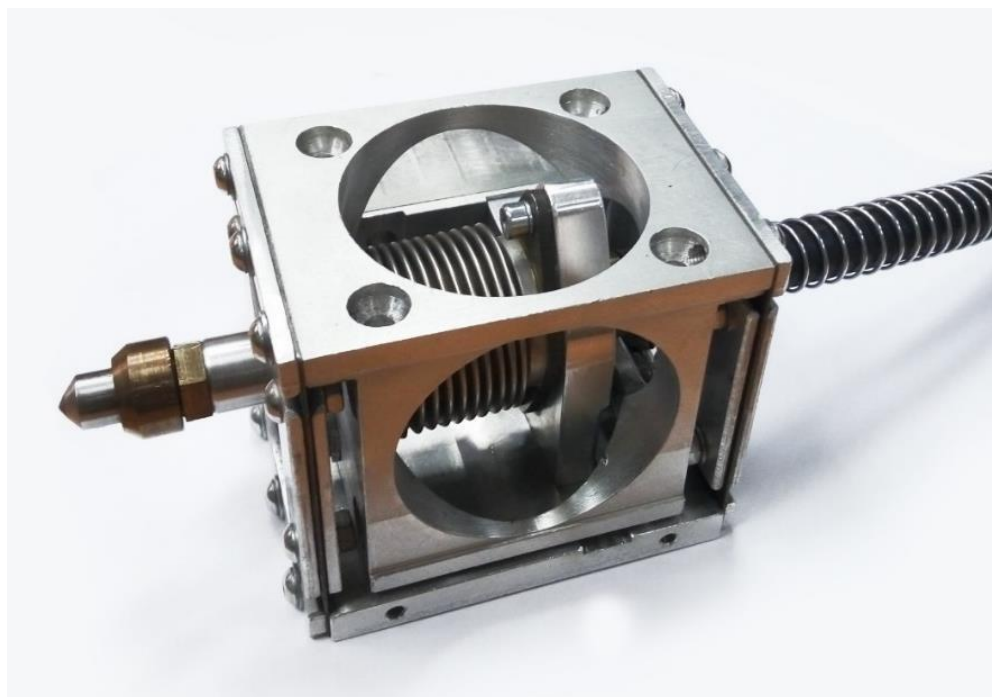


Рисунок 1.13 – Оправка с пневматическим сиффоном и установкой индентора на 4-х плоских стойках

Представленная оправка с пневматическим сиффоном и установлен индентор на 4-х плоских стойках гарантирует более высокую степень стабилизации силы P_y в процессе обработки фасонных поверхностей, деталей сложной формы, а также установленных с радиальным биением. Алмазное выглаживание данной оправкой возможно производить без предварительной точной установки детали. Конструкция практически не имеет недостатков, которые характерны пружинным оправкам и оправкам с парами трения

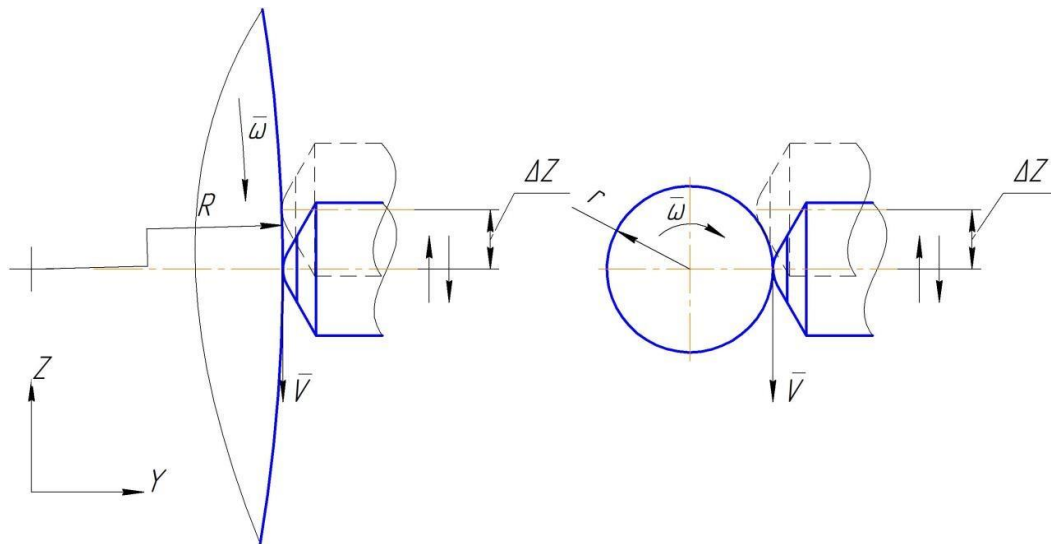


Рисунок 1.14 – Схема перемещения выглаживателя вдоль оси Z .

Все-таки проблема при работе данной оснастки имеется – это перемещение индентора в направлении оси Z это видно на рисунке. Постоянная сила 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 отрицательное воздействие на процесс обработки при малых диаметрах обрабатываемой детали. Индентор, сместившись по Z , контактирует с деталью конусной поверхностью, таким образом меняет пятно контакта и усилие прижатия.

1.2.6 Оправка для алмазного выглаживания на магнитной подвеске.

Оправки, изложенные ранее, которые уже разработаны и применяют в производстве, имеют один общий недостаток, это наличие пары трения при перемещении индентора в отношении обрабатываемой поверхности детали, что приводит к нестабильному процессу выглаживания (рис).

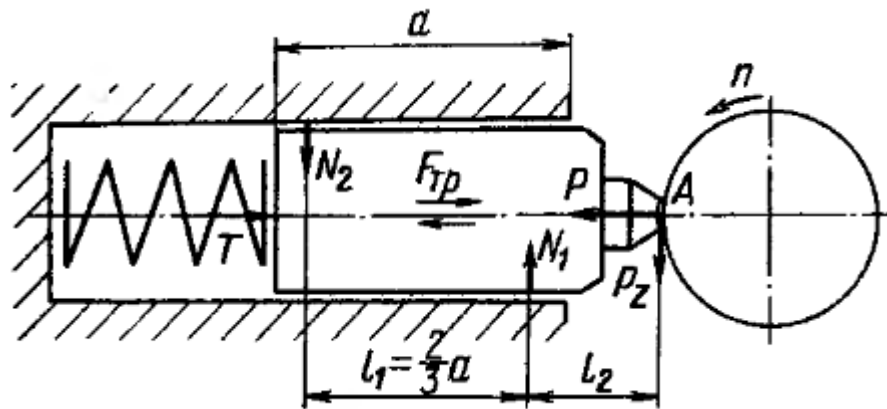


Рисунок 1.15 – принципиальная схема направления сил упругой оправки при алмазном выглаживании.

Помимо наличия пары трения, силовой элемент (пружина, упругая переключка) также приводит дестабилизацию процесса выглаживания. При обработке детали с биением δ , тогда колебание силы выглаживания, вызванное силовым элементом составляет $\Delta F = K \times \delta$, где K – коэффициент упругости пружины. Колебание силы выглаживания будет увеличиваться с увеличением биения обрабатываемой поверхности детали.

Проблема колебания силы выглаживания, которое вызвано силовым элементом, уже оптимизирована оправками с силовым устройством в виде сифона. Оправки для алмазного выглаживания с силовым устройством в виде сифона, были разработаны для гладкого выглаживания винтовых поверхностей или других поверхностей, имеющих переменный радиус кривизны в направлении вектора скорости V и подачи S . Силовым элементом представлен сифон, в котором оказывается давление, которое контролируется манометром. Хотя ограниченный объем сифона, применяемого в оправке, приводит к тому, что радиальное биение поверхности в процессе выглаживания приводит к изменению давления в сифоне и, стало быть, изменение

силы выглаживания P_y . Для стабилизации силы выглаживания при обработке фасонных поверхностей в систему «алмаз-сильфон» добавлен ресивер, допускающий значительно уменьшить колебание давления в сильфоне за счет увеличения объема сжатого воздуха. Объем ресивера более чем в 10 раз больше объема рабочей камеры сильфона. Для «полной» стабилизации давления в силовой системе подобных оправок можно использовать

«мягкие» ресиверы – резиновые камеры с соответствующей жесткостью стенок камеры. При обработке поверхности с радиальным биением 3мм, колебание силы выглаживания составляет $\Delta P_y \leq 0.02\text{кН}$.

Данные оправки с силовым элементом

«сильфон-ресивер» позволяет обрабатывать различные фасонные поверхности.

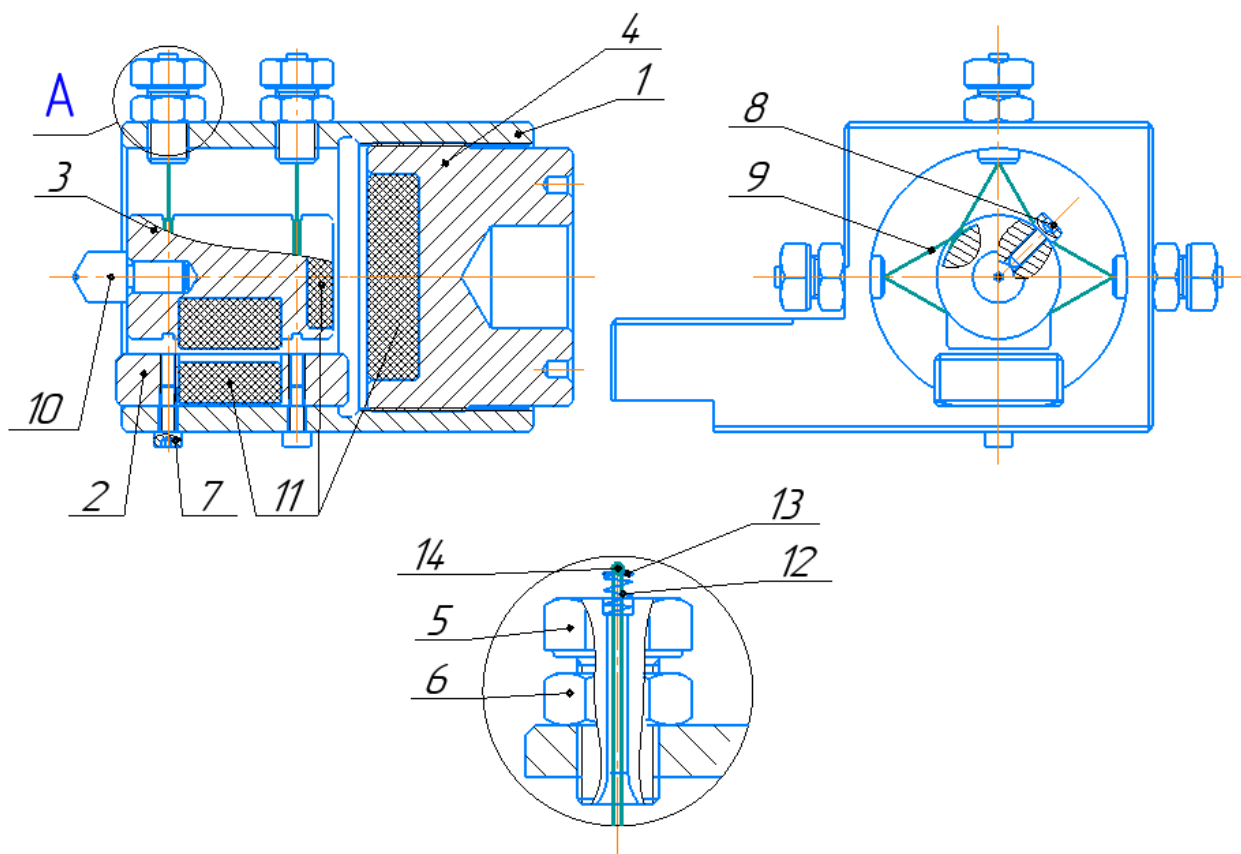
Проблема наличия пары трения может оптимизироваться с помощью системы «магнитов-лесок». Индентор висит на лесках, и на него действует магнитная сила, которая удерживает положение индентора но не мешает ему перемещаться вдоль оси y .

Выше сказанное обуславливает актуальность работы.

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Конструкция оправки для алмазного выглаживания на магнитной подвеске

Для предотвращения силы трения при процессе алмазного выглаживания, была спроектирована, разработана и изготовлена оправка на магнитной подвеске представлена на рисунке 2.1.



Рисун 2.1 – Эскиз оправки для алмазного выглаживания на магнитной подвеске

Комплекующие элементы оправки:

1. Корпус;
2. Фундамент магнита;

3. Стержень;
4. Задняя пятка магнита;
5. Болт натяжки ленты;
6. Контр - гайка;
7. Спец винт м3х12;
8. Спец винт м3 х 6;
9. Тросик $S = 0,3\text{мм}$;
10. Индентор;
11. Магниты;
12. Пружина;
13. Шайба;
14. Узел;

Главным принципом работы оправки на магнитной подвеске является стержень 3 притянутый леской 9 к трем сторонам корпуса 1, через натяжной болт 5, который в свою очередь законтрогаен гайкой 6 после необходимой затяжки и регулировки. В стержне установлены два магнита и индентор. Нижний магнит работает на притяжение с магнитом, который расположен в фундаменте магнита 2, магнит размещенный с торца стержня работает на отталкивание. При помощи магнитов, работающих, на отталкивание регулируется сила выглаживания.

Главной задачей при сборки оправки являлась выставления стержня точно по центру внутреннего отверстия в корпусе 1. Правильная работа оправки будет зависеть от верно выставленного стержня, при нарушении осей между отверстием корпуса и осью стержня получается разная длина лесок, на которых совершается подвес индентора. Из -за этого усилие на лески при выглаживании будет не равномерно и всю

конструкцию, подвешенную на лесках и взаимодействующую с магнитами между собой, начнет скручивать и соответственно качество обрабатываемой поверхности получится неравномерно.

От центрованное размещение стержня достигается за счет натяга лесок с помощью регулировочных болтов. Лески в свою очередь окутывают стержень через канавки, для большей надежности конструкции.

2.2 Сборка магнитной оправки

Сложность сборки магнитной оправки является установка магнитов, регулирования положения индентора.

С целью регулирования усилия выглаживания на цилиндрической поверхности задней пятки нарезана резьба $M52 \times 1,5$ и еще нарезана шкала, которая показывает перемещение магнита 9. Отношение усилие выглаживания к перемещению выясняем через эксперимент. После этого на каждой отметке будет указано соответствующее усилие выглаживание.

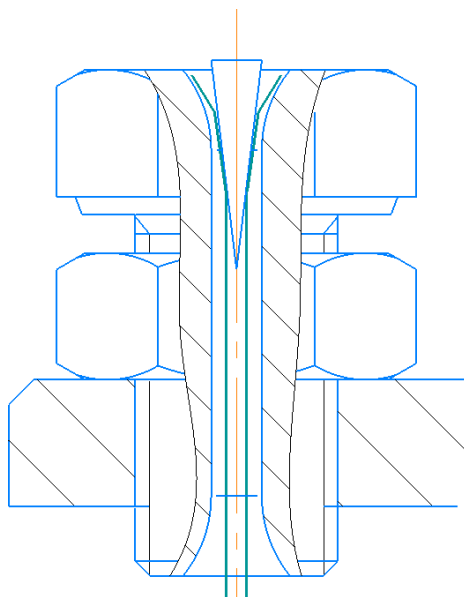


Рисунок 2.2 – конструкция

У лесок одни стороны жестко закреплены клиньями на болтах 4,

которые имеют сквозное отверстие $\varnothing 2$ (рис.2.2). Эти болты позволяют регулировать положение индентора и зазор между магнитами 6,7. За счет этого регулирование силы магнитов реализуется.

Оси приспособления, где установлен индентор и магниты, должны удерживать такое положение, высота оси приспособления относительно базовой поверхности 1 равна 24^* (этот размер получен таким образом: высота оси центров станка -1мм), длина правых и левых лесок должна быть равными для предотвращения перекоса при поступательных перемещениях приспособления поверхности. Кроме этого, присоединения магнита к приспособлениям является приклейкой.

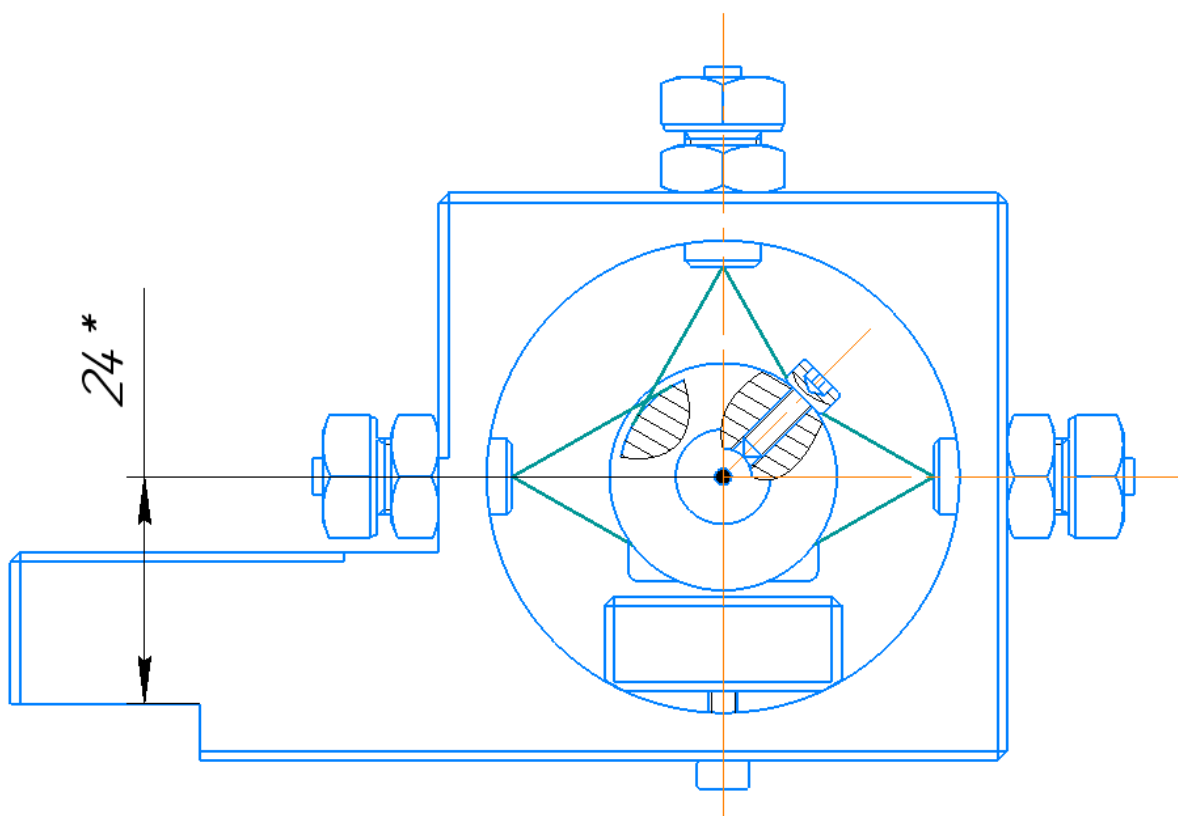


Рисунок 2.3 – Расположение индентора относительно базовой

К примеру, неодимовые магниты защищены никелированным покрытием, из этого следует выбирать клей для металлических поверхностей. Учитываем, что соединение должно выдерживать серьезные нагрузки и вибрации, поэтому важно уделить внимание подготовке поверхности. Прежде чем, приклеить магнит к металлу,

необходимо тщательно очистить целевую поверхность, используя спирт или другой подходящий растворитель. Далее наносим качественный термопластический или эпоксидный клей «Момент».

В данной оправке индентор удерживается лесками и неодимовыми магнитами, которые имеют силу сцепления 7 кг ($P_x < P_z \approx 40\text{Н}$). Леска имеет определенную пластичность и позволяет индентору перемещаться вдоль оси Y в определенном пределе. Задний магнит, создающий усилие выглаживания, имеет силу сцепления 38 кг, которая достойна в большинстве случаев. 3D – модель данной оправки представлена на рисунке (рис.2.4).

Оправка будет универсальной, в том случае, если установить вместо задней пятки другие силовые элементы, такие как, пружины, сиффон и др.

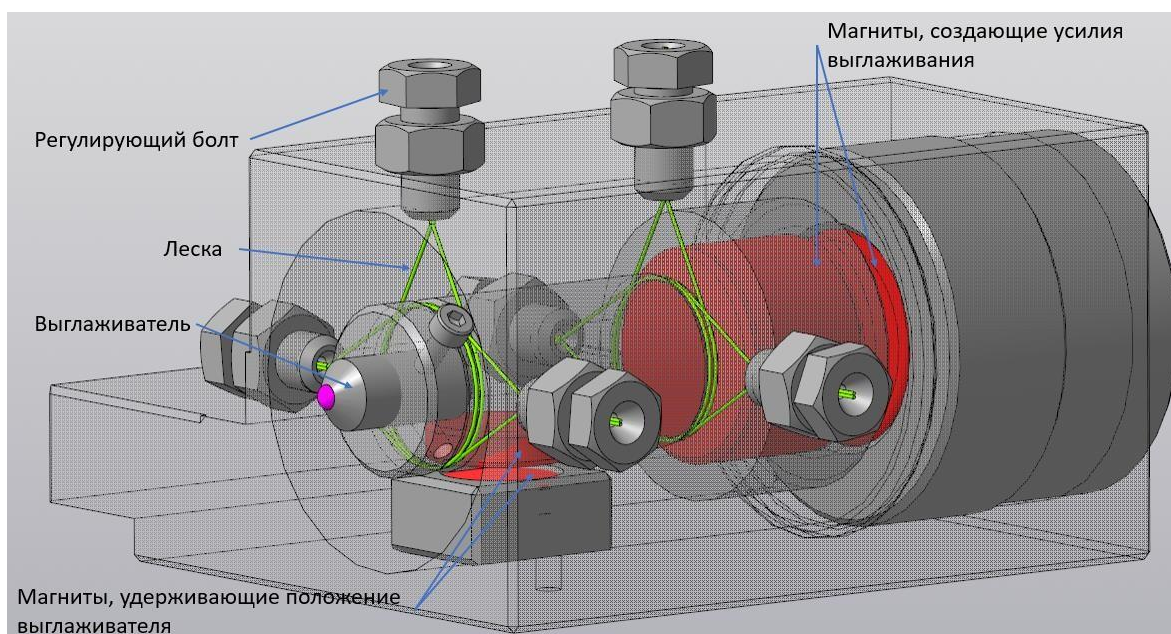
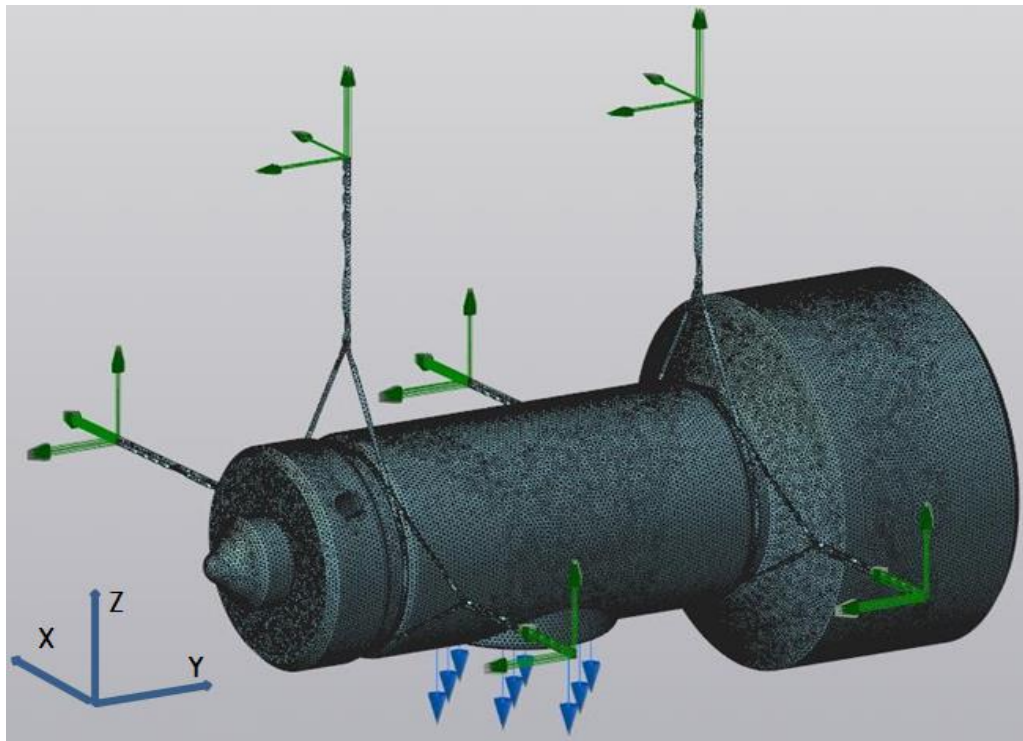


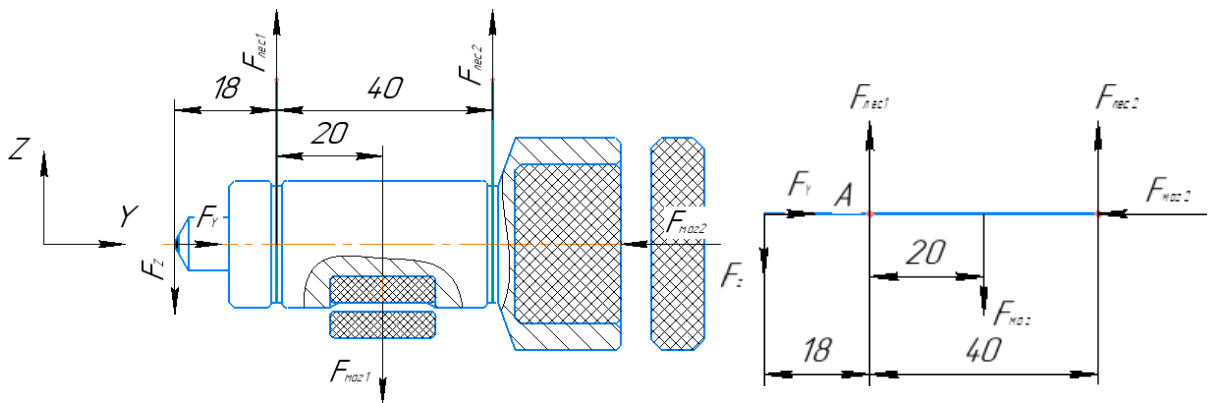
Рисунок 2.4 – 3D модель магнитной оправки

2.3 Анализ силы сопротивления при перемещении индентора

Данная оправка разработана в основе следующей модели:



На плоскости Y-Z



В этом случае есть уравнение на плоскости Y-Z:

$$F_{\text{лес1}} + F_{\text{лес2}} = F_{\text{маг}} + F_z$$

относительно точки А есть:

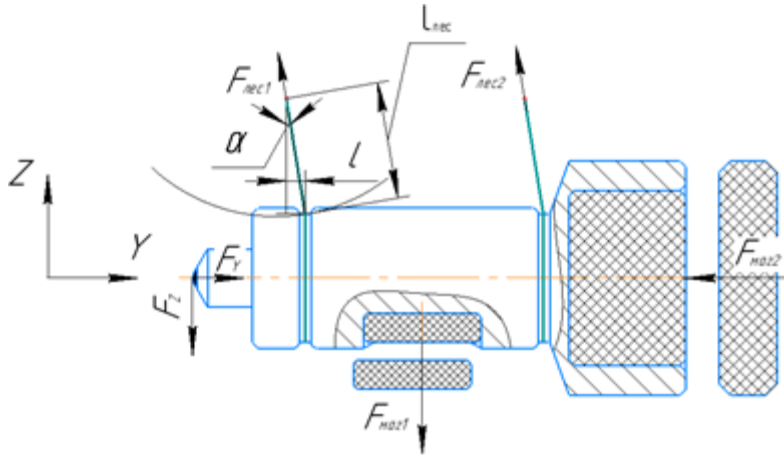
$$F_{\text{лес2}} \times 40\text{мм} + F_z \times 18\text{мм} = F_{\text{маг}} \times 12.5\text{мм}$$

$$F_{\text{лес2}} = 0.31F_{\text{маг}} - 0.74F_z > 0$$

$$F_{\text{лес1}} = 0.69F_{\text{маг}} + 1.74F_z$$

При перемещении индентора на величину l есть:

$$(F_{лес1} + F_{лес2}) \cos \alpha = F_{маг} + F_z$$



l

$$\sin \alpha = \frac{l}{l_{лес}}$$

лес

Сила сопротивления $F^1_{сопро}$

сопро

$$F^1_{сопро} = (F_{маг} + F_z) \tan \alpha$$

сопро маг z

$$l = (F_{маг} + F_z) \frac{l}{l_{лес}} = (F_{маг} + F_z) \frac{l}{\sqrt{l_{лес}^2 - l^2}}$$

$$1 = (F_{маг} + F_z) \frac{l}{\sqrt{l_{лес}^2 - l^2}}$$

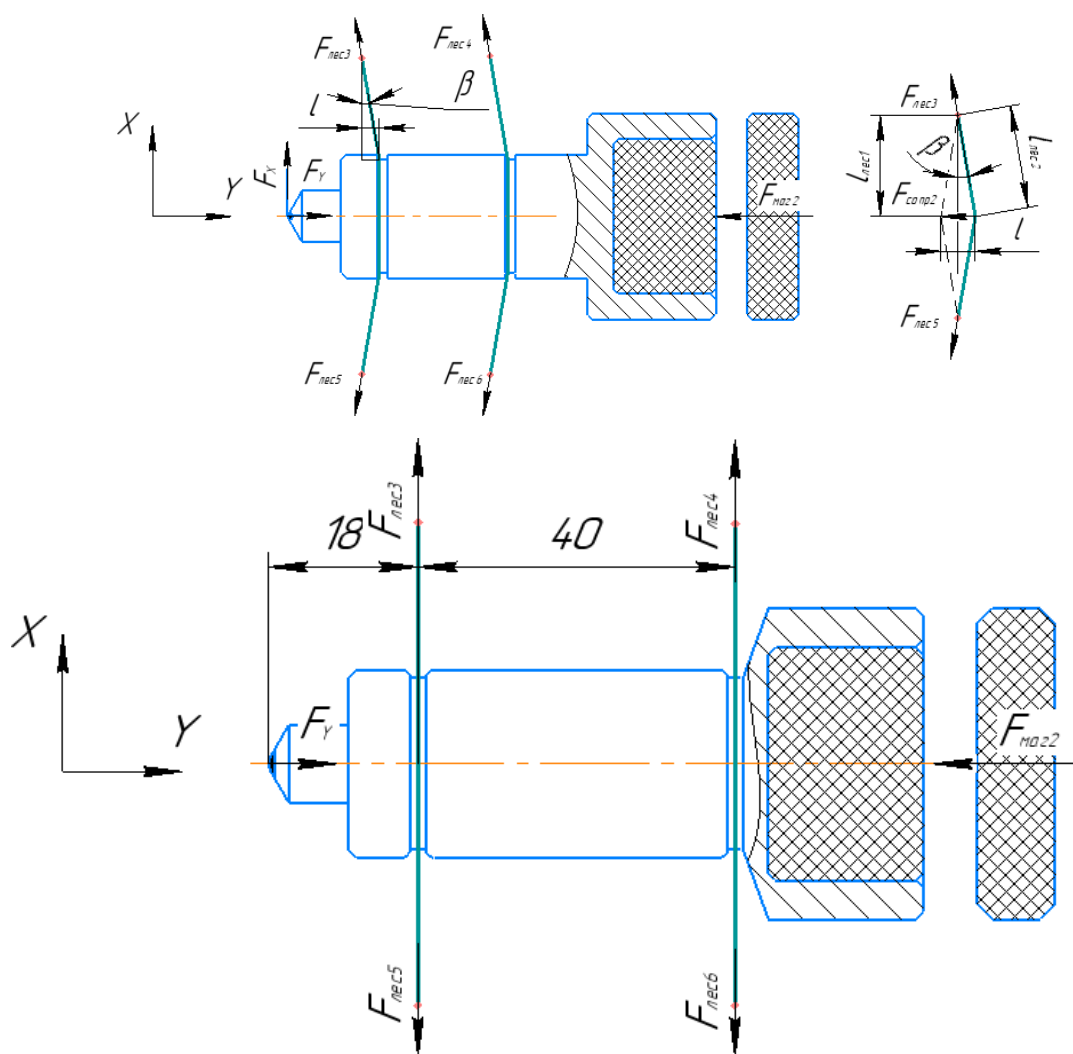
Отсюда получено, что при одинаковом перемещении l сила

сопротивления $F^1_{сопро}$ зависит от $F_{маг}$ — сила магнита и длины

сопро.маг лески l ($F^1_{сопро}$ а $(F_{маг} + F_z)$, $F^1_{сопро}$ а l).

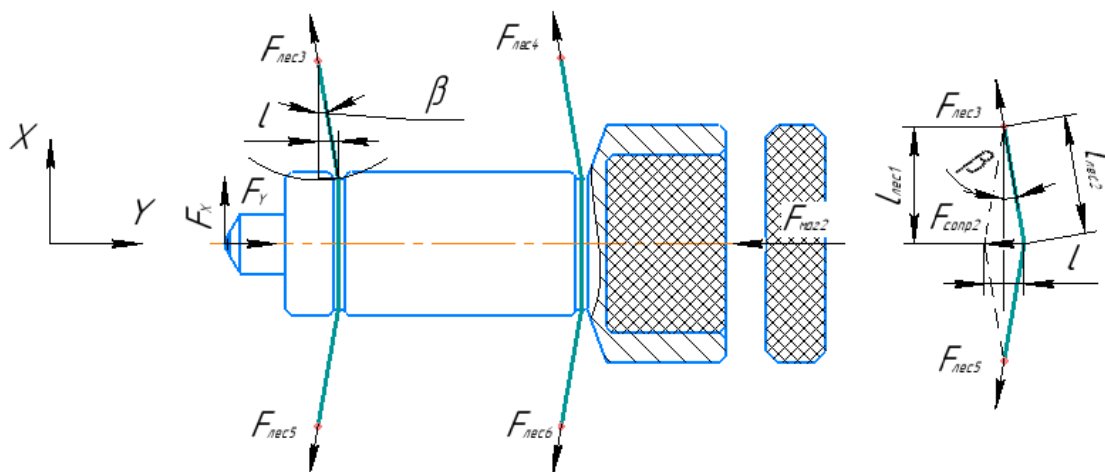
лес сопро маг z сопро $l_{лес}$

Для данной оправки $F_{сопро1} = 14.8\text{Н}$, при перемещении $l = 2\text{мм}$



Так как силовой анализ на оси X не имеет актуальное значение здесь не рассматривается. При перемещении индентора на величину

l на плоскости X-Y есть следующая схема



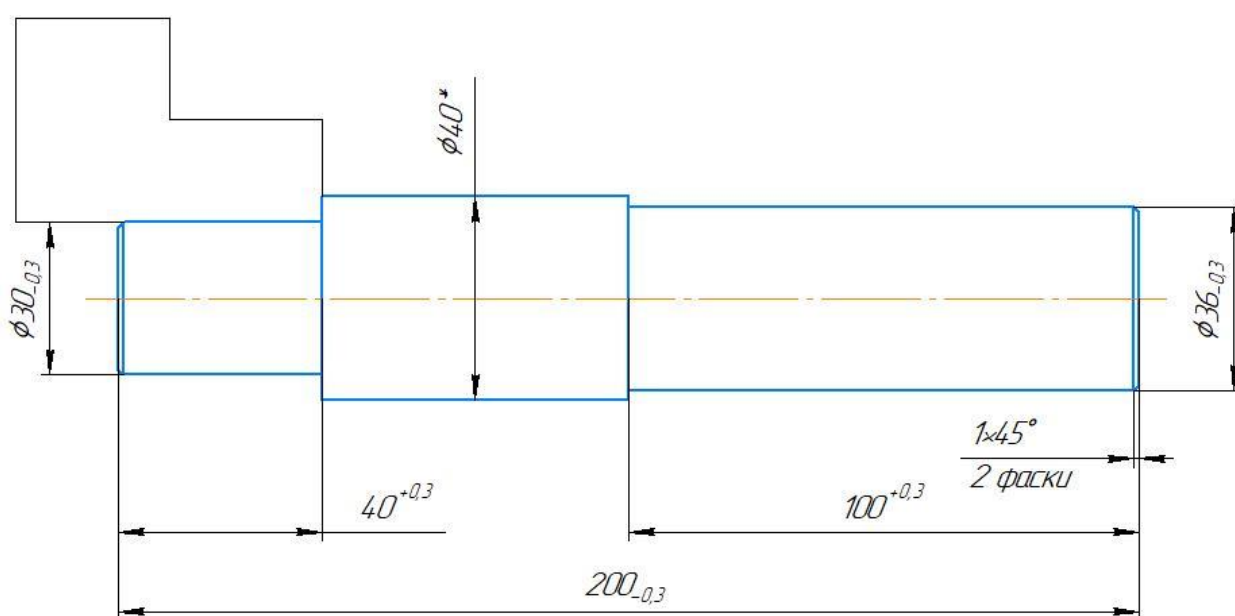
У лесок растяжимость составляет 10% из ее исходной длины. При растяжении лесок к 10% из ее исходной длины, нагрузка близка к максимальной. Лески, взятые для данной оправки, имеют следующие характеристики: диаметр сечения: 0,5мм, разрывная сила: 38кг.

Для данной оправки, $F_{\text{сопро2}} = 8.9\text{Н}$ при перемещении $l = 2\text{мм}$.

Таким образом, сила сопротивления $F_{\text{сопро}} = F_{\text{сопро1}} + F_{\text{сопро2}} = 14.8 + 8.9 = 23.7\text{Н}$

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На данной оправке выполнены ряд экспериментов по алмазному выглаживанию. Опытным путем выяснили диапазон усилий, при котором возможно выглаживать на данной оправке, сила которая действует на алмаз до касания магнитов равна 5,8 кг. Согласно этому, был выбран материал заготовки для выглаживания – Д16. Конструкция и размеры показаны на эскизе.



Эскиз заготовки для проведения экспериментов.

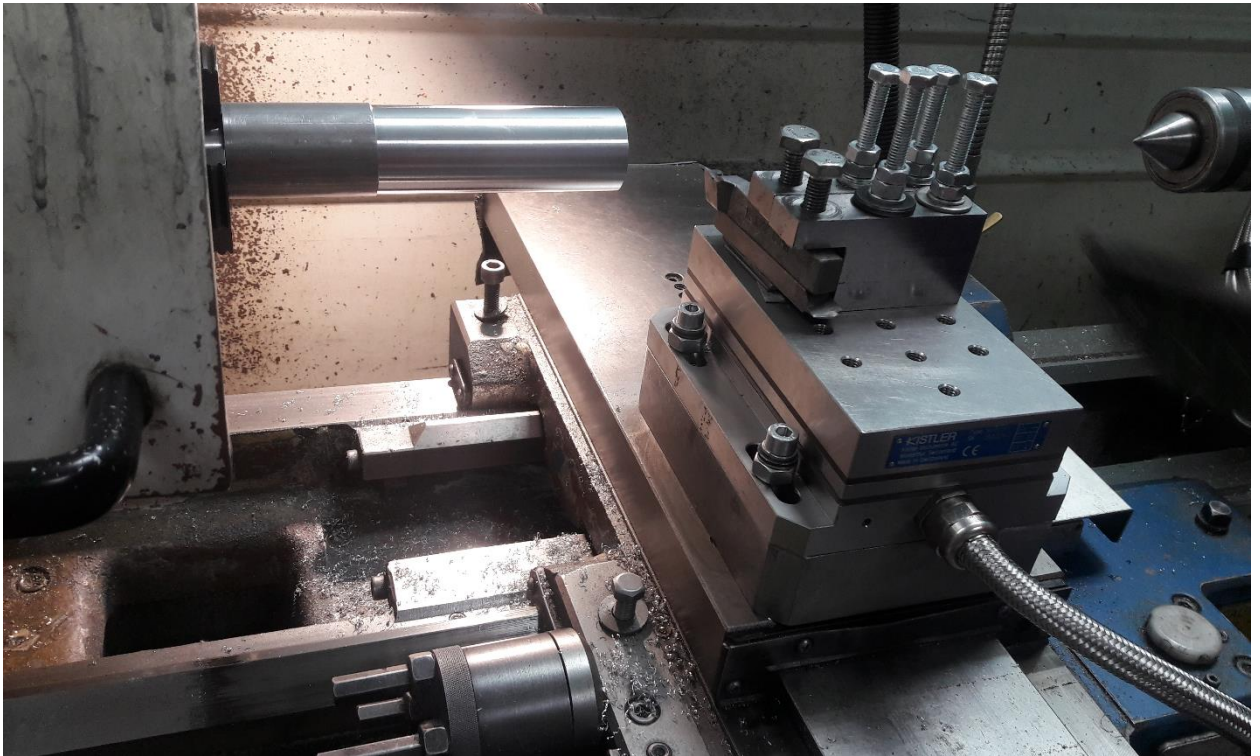


Рисунок 3.1 – Установка и протачивание заготовки.

Для достижения цели данной диссертации, необходимо выполнить ряд экспериментов, которые помогут провести исследование силовых зависимостей, возникающих при выглаживании. Эксперименты выполнялись таким образом:

1. Анализировался литературный обзор по алмазному выглаживанию в целом.
2. Ознакомились с динамометрической установкой Kistler .
3. Ознакомились с токарным станком KHNUTN .
4. Подготовили рабочие части заготовки по эскизу.
5. На станке производилась замена резцедержателя на динамометр.
6. Подключили динамометрические установки с ПК.
7. Настроили требуемые параметры на усилителе Kistler и в самой программе на компьютере.
8. Провели пробные замеры без вглаживания, чтобы увидели показания динамометра на шумы идущие от станка. Результаты данного пробного испытания показаны на графиках. ()

9. Провели ряд экспериментов по выглаживанию образца. Выглаживание с магнитом и без, а также выполнили условия, в котором при выглаживании замерыли усилие воздействия самого магнита без дополнительного усилия натяжения, создаваемого пружинами и натяжением лески. Принцип этого условия схематично изображен на рисунке (3.2).

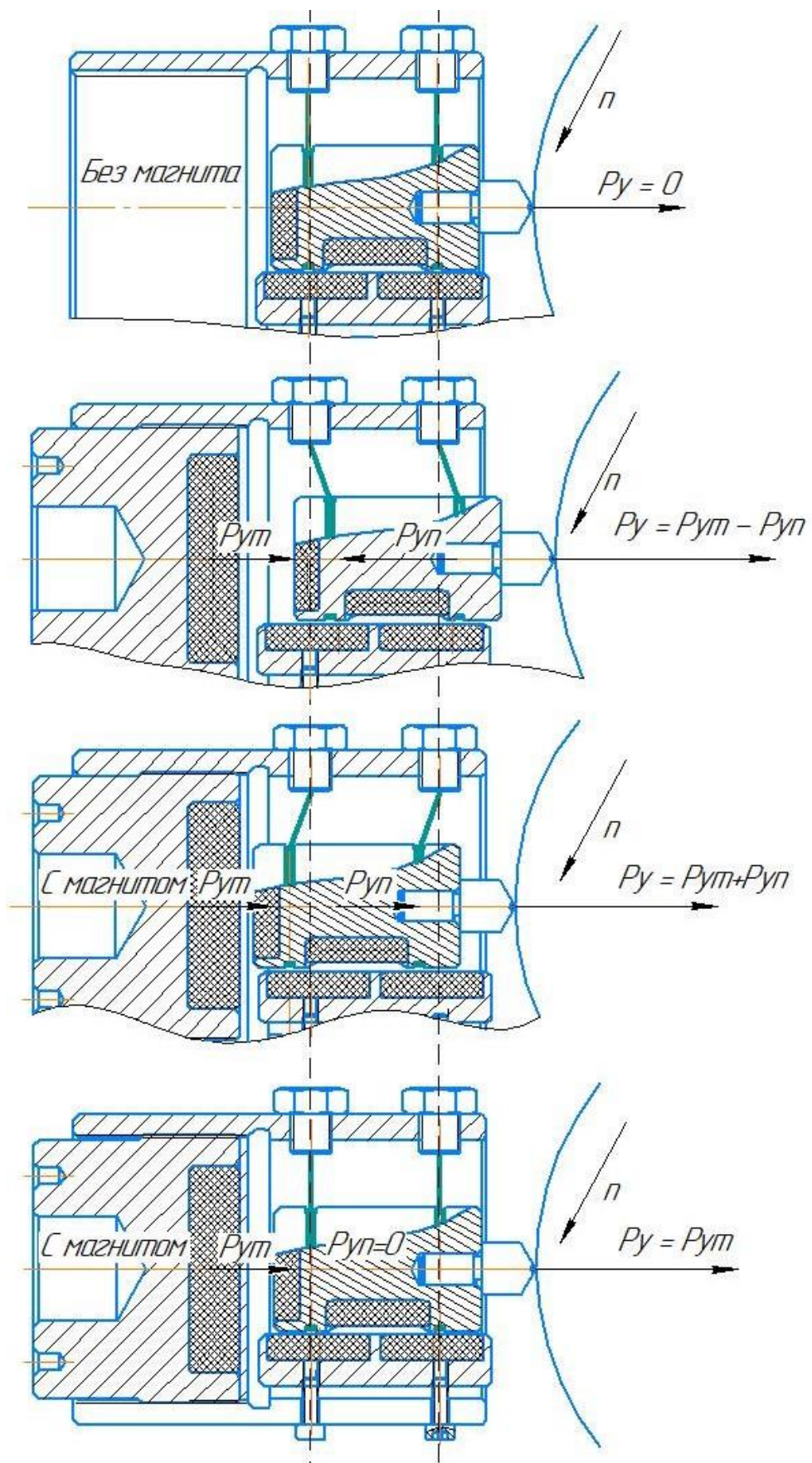


Рисунок 3.2 – выглаживание с магнитом и без магнита

3.1 Тарировка оправки для алмазного выравнивания на магнитной подвеске

После изготовления необходимо про тарировать оправку для определения силы относительно перемещения задней опоры магнита.

Тарировка проводилась по следующим условиям:

1. Закручиваем магнит до упора, тем самым делаем силу усилия алмаза максимальным.

2. Подводим выравниватель до упора с заготовкой, доводим оправку до тех пор, пока тросы выпрямятся в вертикальном положении, тем самым делаем усилие троса и пружин = 0. И можно замерить воздействие магнита.

3. Далее выкручиваем заднюю пятку с магнитом с периодом 1 оборот (1,5 мм) и замеряем силу.

Результаты испытания показаны на рисунке 3.3.

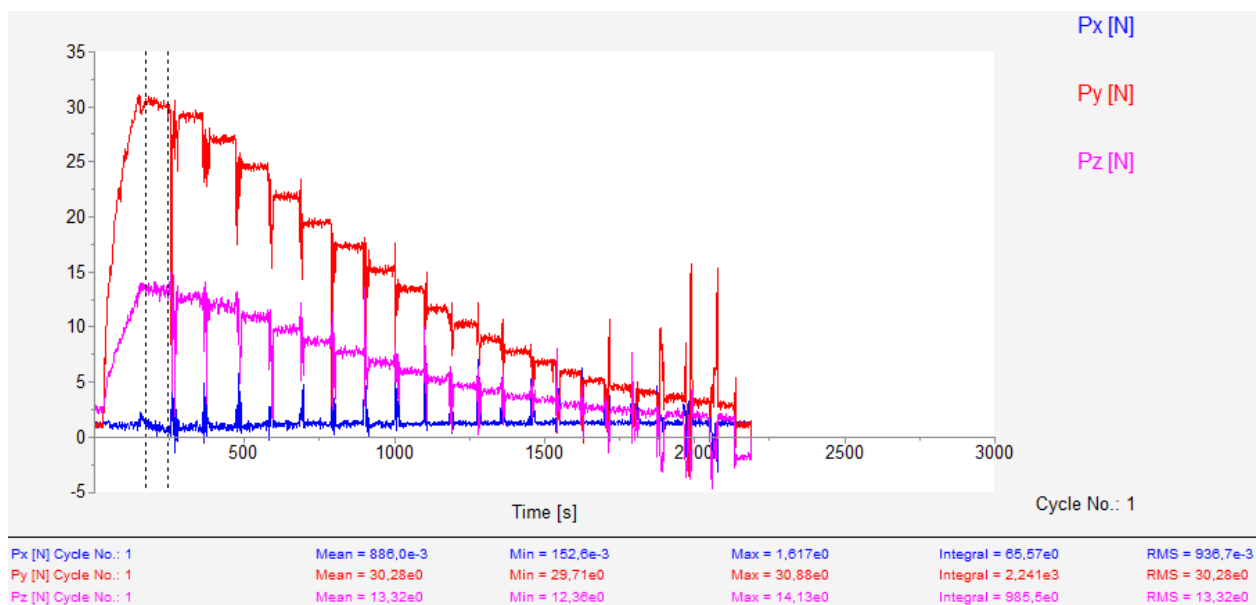
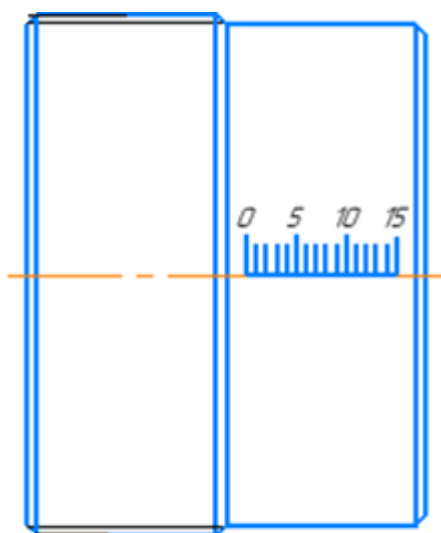


Рисунок 3.3

На сколько магнит, полного оборот.	откручен относительно закручивания,	Сила P_{y} , Нм.	Примечание
Магнит полностью, координат эксперимента	закручен начало нашего	30,28	$P_{y \text{ п}} = 0$
1		29,2	
2		27,8	
3		24,7	
4		22,2	
5		19,1	
6		17,4	
7		15,6	
8		13,4	
9		11,7	
10		10,6	
11		9,4	
12		7,5	
13		6,1	
14		5,4	
15		4,9	
16		4,8	
17		4,7	
18		4,65	
19		4,4	
20		4	
21		0	Нет касания алмаза

После того, как получили значения, необходимо нагровировать шкалу с шагом 1,5 мм = шагу резьбы заднего магнитного упора. Такая шкала нужна для упрощения технологии алмазного выглаживания. Зная, какое необходимо усилие при выглаживании, просто закручиваем или выкручиваем заднюю опору магнита на необходимое количество оборотов, совместив риску на опоре с корпусом магнитной оправки.



При проведении эксперимента были выявленные шумы:

Рисунок 3.4. показывает фон системы (станок выключен). Среднее показание динамометра 0,942 Нм.



Рисунок 3.4

Рисунок 3.5 показывает шумы включенного станка с выключенным вращением шпинделя и выключенной подачей. Касание алмаза с заготовкой при данном эксперименте отсутствует. Среднее показание динамометра 1,022 Нм.

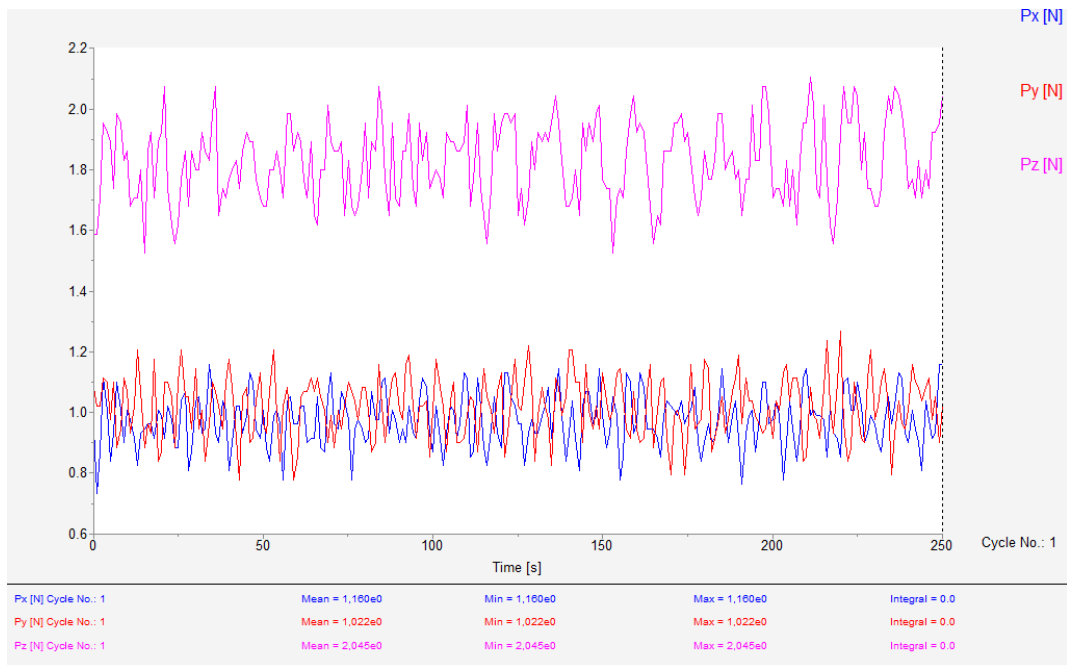


Рисунок 3.5

Рисунок 3.6 показывает шумы включенного станка с включенном вращения шпинделя и включенной подачей. Касание алмаза с заготовкой в этом эксперименте отсутствует. Среднее показание динамометра 1,144 Нм.

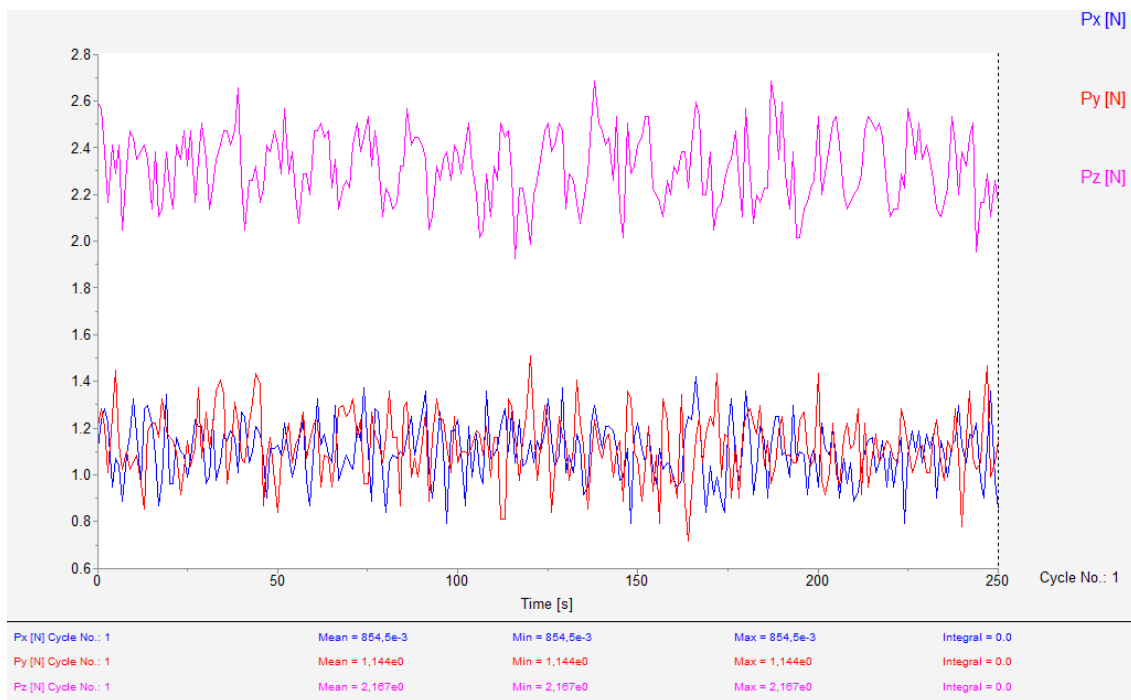


Рисунок 3.6

Очередной эксперимент проводился выглаживанием заготовки без усилия магнита. Сила выглаживания обеспечивалась за счет упругости пружин и силой натяжения тросиков. Усилие давления алмаза на заготовку осуществляли перемещением поперечной подачей на 0,5 мм, по нониусу. Результаты испытания видны на рисунке 3.7

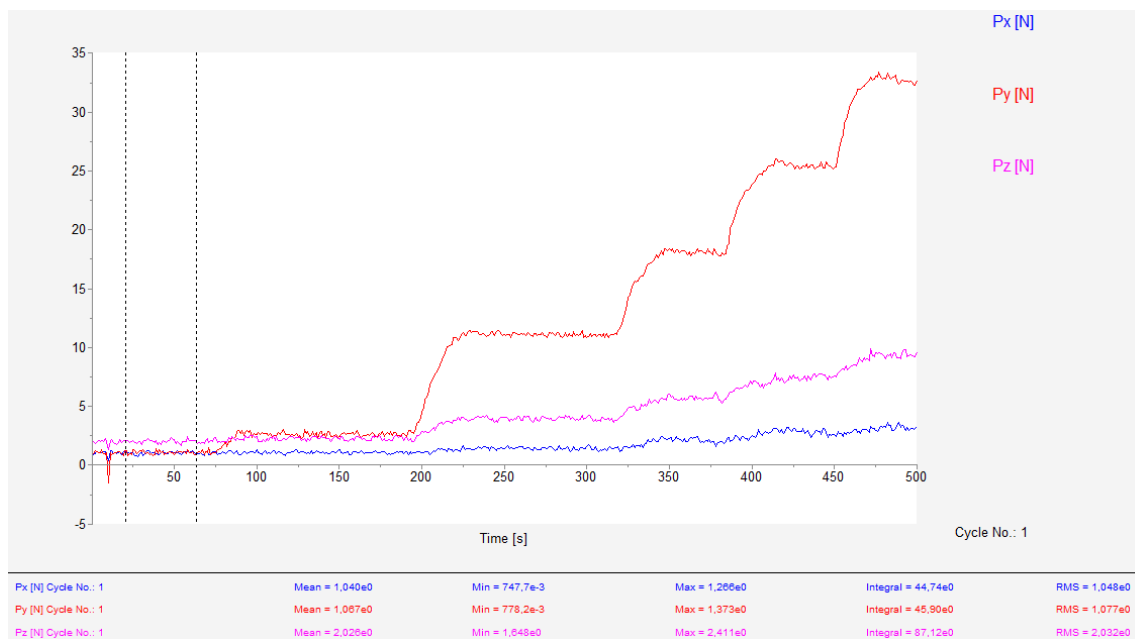


Рисунок 3.7

На рисунка 3.7, видно, как изменилась сила выглаживания за счет перемещения ручки нониуса с периодичностью 0,5 мм, эксперимент длился 500 программа- секунд, что примерно равняется 50 секундам.

От 0 до 70 программа - секунд средняя сила вглаживания = 1,067 Нм, причем в этом периоде времени касание алмаза с заготовкой не происходило. На протяжении времени от 70 до 190 программа - секунд происходило касание, обнулилась система отчета, средняя сила выглаживания = 2,258 Нм.

При перемещении подачи на 0,5 мм средняя сила выглаживания изменилась до = 11,11 Нм. Это точно видно на графике во временном промежутке от 210 до 310 программа - секунд.

С 350 до 390 программа - секунд видна средняя сила = 18,12 Нм. Перемещение оправки на 1 мм, в отношении начала отчета (начала касание алмаза с заготовкой).

На промежутке от 420 до 450 программа – секунд, видна средняя сила = 25,43 Нм. Перемещение оправки на 1,5 мм, относительно начала координат.

На промежутке от 470 до 500 программа – секунд, видна средняя сила = 32,78 Нм. Здесь перемещение оправки на 2,0 мм, относительно оправки координат.

Анализируя график, можно сделать вывод по данному эксперименту:

Изменение силы происходило с линейной зависимостью, при перемещении поперечной подачи на 0,5 мм, сила изменялась от 7,09 Нм до 8,52 Нм, среднее изменение силы = 7,65Нм. Указанная сила воздействия алмаза, выполняется усилием натяжения тросиков и силы упругости пружин, без помощи магнитного воздействия.

Следующий эксперимент выполнялся выглаживанием заготовки с применением магнита. Прodelывая эксперимент, предварительно рассчитали на сколько сила магнитного воздействия выдвигает индентор относительно нуля. Значение получилось равное 2 мм. На этом эксперименте начнем выглаживать прямо с этого значения и дойдем до соприкосновения магнитов, то есть до упругого касания.

Усилие давления алмаза на заготовку осуществили перемещением поперечной подачей на 0,5 мм, по нониусу. Результаты испытания показаны на рисунке 3.8.

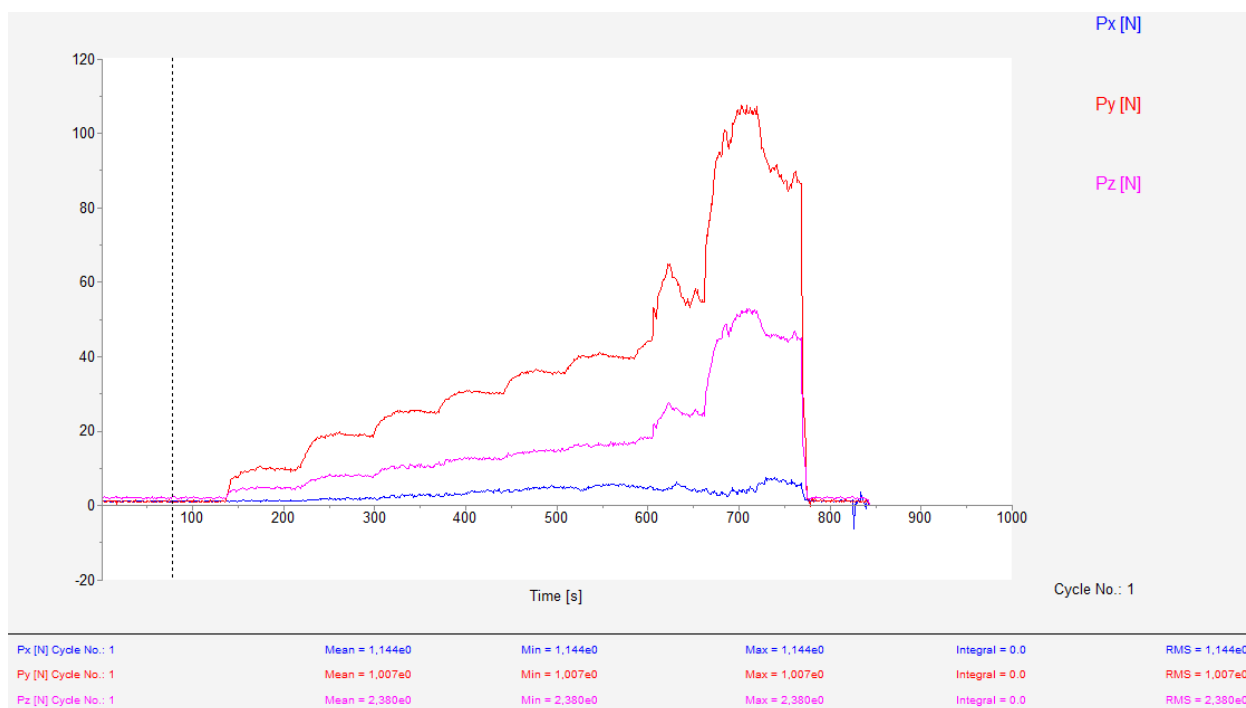


Рисунок 3.8

Из данного графика видно, как изменилась сила выглаживания за счет перемещения ручки нониуса с периодичностью 0,5 мм, эксперимент длился 850 программа - секунд, это примерно равно 85 секундам.

От 0 до 130 программа - секунд средняя сила выглаживания = 1,007 Нм в этом периоде времени произошло касание алмаза с заготовкой, без усилия, нашли нуль!

После добавили поперечную подачу по 0,5 мм. На этом участке времени с 150 до 210 программа - секунд средняя сила выглаживания = 9,842 Нм.

При перемещении подачи на 1,0 мм относительно нуля, средняя сила выглаживания изменялась до = 18,95 Нм. Это ясно видно на графике во временном промежутке от 230 до 300 программа – секунд.

С 320 до 370 программа – секунд видна средняя сила = 25,15 Нм. Перемещение оправки на 1,5 мм, относительно начала отчета (начала касания алмаза с заготовкой).

На промежутке от 390 до 440 программа – секунд видна средняя сила = 30,42 Нм. Данное перемещение оправки на 2,0 мм, относительно начала координат. При данном значении положения алмаза усилие подвеса равно нулю.

На промежутке от 470 до 510 программа – секунд видна средняя сила = 35,89 Нм. Перемещение оправки на 2,5 мм, относительно начала координат данного эксперимента.

На промежутке от 530 до 580 программа - секунд видна средняя сила = 40,15 Нм. Перемещение оправки на 3,0 мм, относительно начала координат данного эксперимента.

На промежутке от 610 до 650 программа секунд видна средняя сила = 58,81 Нм. Перемещение оправки на 3,5 мм, относительно начала координат этого эксперимента. На данном участке произошло соприкосновение магнитов и упругое выглаживание, в связи с этим видно по графику, что не пропорционально высокое увеличение силы. Следующий скачек силы до 110 Нм на промежутке времени от 690 до 780 программа - секунд уже не учитывается, так как подвес на этом периоде времени теперь не работает.

Анализируя этот график делаем вывод по данному эксперименту:

Изменение силы происходит с линейной зависимостью, при перемещение поперечной подачи на 0,5 мм, сила изменилась от 9,842 Нм до 4,26 Нм, среднее изменение силы = 6,2Нм. Данная сила воздействия алмаза, реализуется усилием натяжения тросиков и силы упругости пружин, а также с помощью магнитного воздействия. Из расчета сил и анализа видно, что при воздействии подвеса + магнитного воздействия, силы выглаживания достигаются большей величины, чем на одном подвесе. Однако величина изменения силы получается меньше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении магистерской диссертации была спроектирована, изготовлена и испытана оправка для алмазного выглаживания на магнитной подвеске. На испытаниях оправка была протаррирована, а также исследовали силовые зависимости возникающие при выглаживании. Оправка работает исправно, но работает при малых силах, так как силы магнитного воздействия не достаточно для достижения больших усилий. Усилий выдающих оснастку достаточно для выглаживания материалов с малой твердостью к примеру таких как Л63 и Д16.

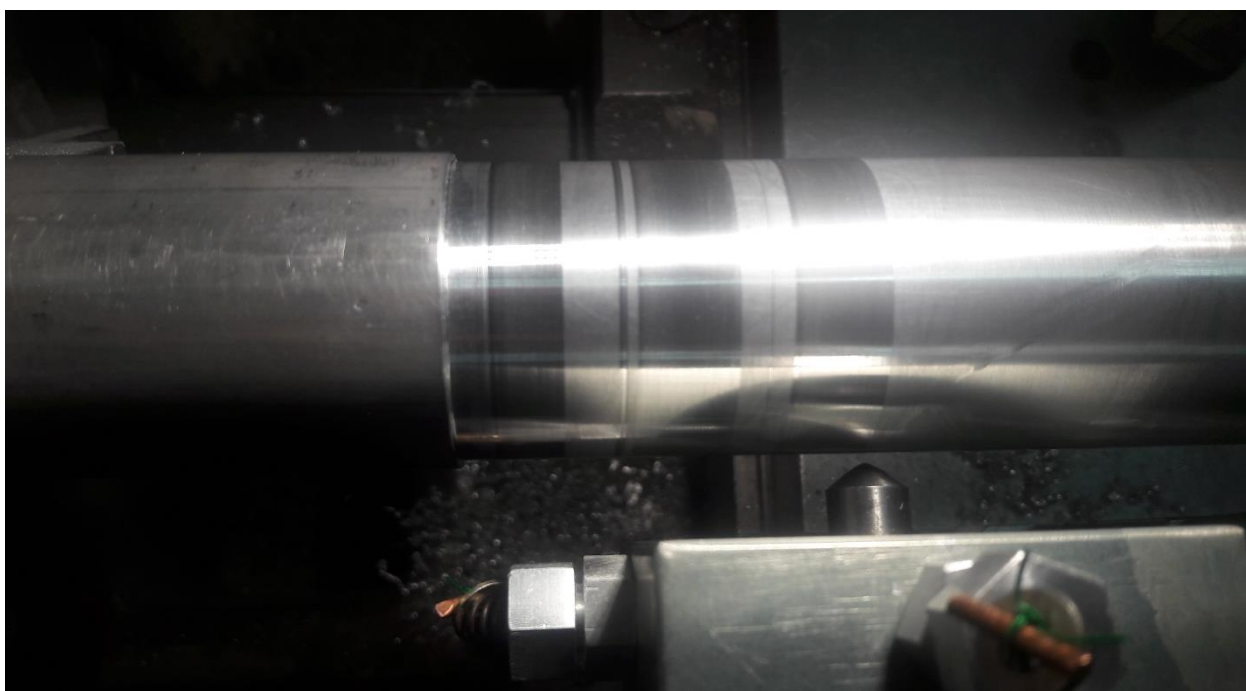


Рисунок 3.9 – Выглаженный образец, блестящие пояски – это выглаженные зоны, полученные во время эксперимента

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4AM11	Костылева Наталия Владимировна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, исполнитель
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проектирование
<i>3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Сегментирование рынка 2. Матрица SWOT 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. График проведение и бюджет НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	Доктор экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM11	Костылева Наталия Владимировна		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Данный раздел выполним в соответствии с учебно-методическим пособием.

Целью выпускной квалифицированной работы является исследование методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания, для стабилизации усилия P_y .

В этом разделе представим комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование методов и средств оптимизации параметров, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

Раздел должен быть завершён комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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.

В итоге процесса пластического деформирования при обработке поверхности формируется новый микрорельеф этой поверхности, в то время, как ее шероховатость уменьшается.

Одним из широко распространенных методов поверхностно-пластического деформирования является алмазное выглаживание.

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.

Рынок машиностроительной техники - это огромное количество конкурирующих между собой компаний. И выигрывает та, что более точно соответствует требованиям заказчика. При этом, с каждым днем эти требования становятся все выше. На рис.1 изображены сферы потребления данного метода.



Рисунок 4.1 – Сферы применения.

Далее представлены примеры потенциальных потребителей продукции в г.Томске:

1. «Ремонтно-механический завод», Водяная 65;
2. «Транслайн», Кузовлевский тракт 2 стр. 106;
3. «Гидропрайд», улица Смирнова 48г;
4. «Вездеход Маркет», улица Энергетическая 3;
5. «Rem zona», улица Мостовая 20 стр. 1;
6. «АП-Сервис», улица Угрюмова Александра 8а;
7. «ГеоВит», поселок 2-й ЛПК, 111/1;
8. «АВТОLAND», Пивоварское болото 6, пос. Кайдаловка и др.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет производить сравнения между конкурирующими разработками и определить тенденции для ее дальнейшего роста.

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.

Данное исследование целесообразно производить с использованием оценочной карты таблица 4.1.

Конкурентные решения возникли в ходе выбора с базовым технологическим процессом изготовления детали.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда	0,15	5	1	2	0,75	0,15	0,3
Удобство эксплуатации	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Простота эксплуатации	0,07	3	4	2	0,21	0,28	0,14
Энергоэкономичность	0,05	3	4	3	0,15	0,2	0,15
Надежность	0,05	2	4	4	0,1	0,2	0,2
Уровень шума	0,15	3	2	3	0,45	0,3	0,45
Безопасность	0,15	3	3	4	0,45	0,45	0,6
Экономические критерии оценки							
Конкурентоспособность	0,07	2	4	3	0,14	0,28	0,21
Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	2	0,1	0,4	0,2
Цена	0,05	1	4	4	0,05	0,2	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	3	2	3	0,18	0,12	0,18
Итого:	1	37	33	33	2,98	2,98	2,93

Расчет конкурентоспособности, на примере актуальности исследования, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i + B_i = (0,15 \cdot 5) + (0,1 \cdot 4) + (0,07 \cdot 3) + (0,05 \cdot 3) + (0,05 \cdot 3) + (0,15 \cdot 3) + (0,15 \cdot 3) + (0,07 \cdot 2) + (0,1 \cdot 1) + (0,06 \cdot 3) = 2,98$$

где, K - конкурентоспособность проекта; B_i - вес показателя (в долях единицы); B_i - балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность. Разработанное устройство представляет наибольший интерес для крупных машиностроительных компаний, а также и для небольших предприятий.

4.1.3 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 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

<p>Strengths (сильные стороны)</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>Weaknesses (слабые стороны)</p> <p>Сл1. Сродство алмаза исключает возможность обработки некоторых материалов.</p> <p>Сл2. Низкая степень переналадки.</p> <p>Сл3. Динамометрические</p>
<p>Opportunities (возможности)</p> <p>В1. Освоение новых материалов индентора, для получения возможности обработки твердого сплава.</p> <p>В2. Создание оснастки, обеспечивающей постоянство качества поверхности.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство.</p>	<p>Threats (угрозы)</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>

	УЗ. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.
--	--

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 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

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

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3
	B1	+	-	-
	B2	-	-	+
	B3	-	+	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

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

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3
	У1	-	+	-
	У2	+	-	+
	У3	-	+	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Не требуется специализированное оборудование, обработка возможно на универсальных станках.	Сл1. Средство алмаза исключает возможность обработки некоторых материалов.
	С2. Производительность выше, чем у шлифования и поверхностной закалки. С3. Стоимость поверхностной закалки и шлифования выше, стоимости выглаживания.	Сл2. Низкая степень переналадки. Сл3. Динамометрические оправки не обеспечивают постоянство качества поверхности.
	С4. Упрочнение поверхностного слоя, из-за наклепа.	
	С5. Снижение шероховатости поверхности и придание эстетического вида.	
Возможности: В1. Освоение новых материалов индентора, для получения возможности обработки твердого сплава	В1С1	В1Сл1
В2. Создание оснасти, обеспечивающей постоянство качества поверхности.	В2С4С5	В2Сл3
В3. Быстрое внедрение в производство.	В3С1С2С3	В3Сл2
Угрозы:	У1С1	У1Сл2

У1. Длительное время технология не получала развития, и для использования метода Выглаживания необходимо существенно изменять технологические процессы.		
У2. Развитие более универсальных методов может привести к потере конкурентного преимущества производительности.	У2С2С4С5	У2Сл1Сл3
У3. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования	У3С2С3	У3Сл2

В результате SWOT – анализа показано, что несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, поверхности, обработанные методом алмазного выглаживания, обладают лучшими механическими свойствами и является более привлекательными на мировом рынке.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	48	46

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.1)$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 46 до 48, что говорит о средней перспективности проекта. Многие аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний. Следовательно, требуется дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Перспективность данного научного исследования среднее, не все аспекты рассмотрены и изучены. Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности. Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных по обоснованию, проектированию и реализации проекта, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

4.2 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.

4.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представить в табл.4.2.

Таблица 4.9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение исследований методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания

В табл. 4.10 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.10 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследование методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания
Ожидаемые результаты проекта:	Получение силовых зависимостей при выглаживании оправками различных конструкций
Критерии приемки результата проекта:	Расход ресурсов не более установленного лимита.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Получение результатов исследований
	Методы и средства процесса алмазного выглаживания должны быть безопасными при использовании по назначению
	Оформленный графический материал
	Оформленная магистерская диссертация

4.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованными в рамках данного проекта. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 4.11).

Таблица 4.11 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
1.2.3.1 Бюджет проекта	267119,66 рублей
1.2.3.1.1 Источник финансирования	НИТПУ
1.2.3.2 Сроки проекта	01.01.2021 – 31.05.2023
1.2.3.2.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	12.12.2021
1.2.3.2.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2023

4.2.3 Организационная структура проекта

Таблица 4.12 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Костылева Н.В., магистрант	Исполнитель	1. Проведение испытаний 2. Анализ результатов 3. Составление отчета	1500
2	Червач Ю.Б., к.т.н., доцент ОМШ ИШНПТ	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта 2. Помощь в проведении анализа и оформлении отчета	130
ИТОГО:				1630

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 2).















Рисунок 4.2 – Иерархическая структура работ

4.3.2 План проект

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.

Таблица 4.13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ оп.	Вид работы	Исполнитель	Т _к , день	Продолжительность выполнения работ			
				Февраль	Март	Апрель	Май
01	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	6				
02	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4				
03	Обзор научной литературы	Исп2	12				
04	Выбор методов исследования	Исп2	4				
05	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	6				
06	Подготовка материалов	Исп2	8				
07	Проведение эксперимента	Исп2	23				
08	Обработка полученных данных	Исп2	15				
09	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	4				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	16				

Примечание:  - Научный руководитель  - Исполнитель

4.3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

Расчет материальных затрат научно – технического исследования

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 4.14 - Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование материалов, марка	Размер	Цена за ед., руб	Кол - во	Сумма, руб.
Сталь 12X18Н10Т	d=60 мм, l=250 мм	390	5,53	2156,7
Наконечник из технического алмаза для выглаживания 1419-0206	10x6x22/R=3,5 мм	1	3600	3600
Алюминиевый сплав Д16Т	d=50 мм, l=80 мм	1,22	207	252,5
Наконечник из технического алмаза для выглаживания 1419-0206	10x6x22/ R=3,5 мм	1	3600	3600
Всего за материалы				9609,2
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				288,276
Итого по статье См				9897,476

Расчет амортизации специального оборудования

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}; \quad (4.2)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} * m \quad (4.3)$$

$$A = \frac{7 * 3500000}{12} * 0,16 = 326700$$

где H – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 4.15 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, ед.	Срок полезного использования	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
Динамометр Kistler	1	15	016	7	3500000	3267,00
Компьютер	1	20	3	5	50000	625
Итого:						3892 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (4.4)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; $T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д} = 51285 \cdot 10,4 / 246 = 2168 \text{ руб.} \quad (4.5)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д} = 33150 \cdot 11,2 / 213 = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.6)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{м} = Z_{мс} \cdot (1 + K_{ПР} + K_{д}) K_{р} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_{м} = Z_{мс} \cdot (1 + K_{ПР} + K_{д}) K_{р} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб} \quad (4.11)$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$K_{ПР}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$K_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$K_{р}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.16 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.17 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИР	$Z_{мс,руб}$	$K_{ПР}$	$K_{д}$	$K_{р}$	$Z_{м,руб}$	$Z_{дн,руб}$	$T_{р,}$ раб.дн.	$Z_{осн, руб}$
Руководить	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	10,2	21902,5
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	64	111558,4
Итого:								133460,9

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

$$Z_{доп} = 0,1 \cdot 21902,5 = 2190,25 \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

$$Z_{доп} = 0,1 \cdot 111558,4 = 11155,84 \quad (4.13)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0,15)

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

– для руководителя:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (21902,5 + 2190,25) = 7227,8 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (111558,4 + 11155,84) = 36814,3 \text{ руб.} \quad (4.15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).
для исчисления страховых взносов на 2023 год – 30 % (ст. 425 НК РФ).

Накладные расходы

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 16% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{накл.}} = (\text{сумма статей 1-5}) \cdot 0,16 \quad (4.16)$$

Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.18 – Бюджет научно-технологического исследования

Статьи						
1	2	3	4	5	6	7
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Отчисления на соц. нужды	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Стоимость бюджета
3892	9897,5	133460,9	46044,1	20019,2	34130,2	247444

4.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

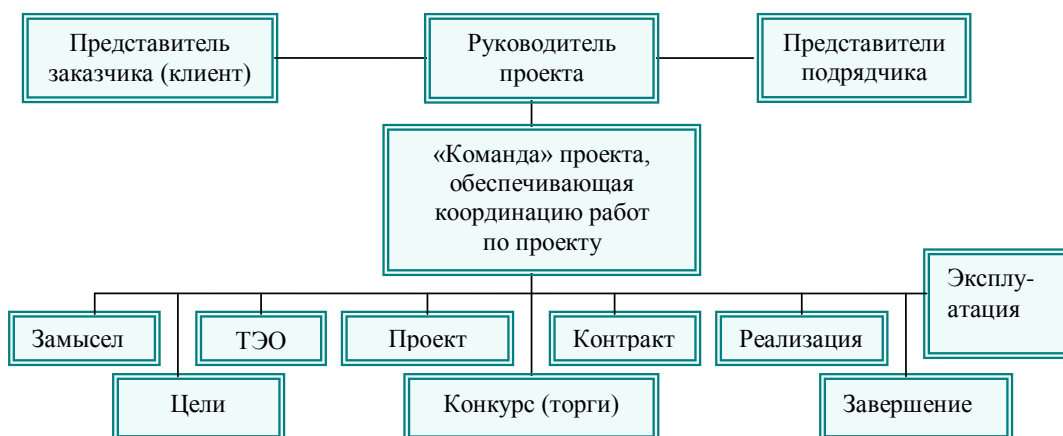


Рисунок 4.3 – Проектная структура проекта

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 4.19.

Таблица 4.19 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

В данном случае выбор лежит к проектной структуре проекта из-за особенностей разработки. Составляющая проекта является модульные системы, работающие в постоянном взаимодействии с другими модулями. Также основной причиной выбора проектной структуры является то, что

технология проекта является новой, и имеются ограниченные сроки реализации.

4.5 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.20).

Таблица 4.20 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (пятница)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 4.21 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставки материала	3	3	Средний	Замена поставщика	Истечение срока договора

2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Комплектуемые изделия по низкой цене	Экономический кризис
3	Технический	Изменение технологии обработки	4	4	Средний	Применение универсальных приспособлений	Изменение конструкции оправки

4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются, фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (4.17)$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.22. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации – 10%

Таблица 4.22 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб.	0	296932,8	296932,8	296932,8	296932,8
2.	Итого приток, тыс.руб.	0	296932,8	296932,8	296932,8	296932,8
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	247444	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	86605,4	86605,4	86605,4	86605,4
5.	Налогооблагаемая прибыль(1-4)		210327,4	210327,4	210327,4	210327,4
6.	Налоги, тыс. руб Выр-опер=донал.приб*20%(5*20%)	0	42065,48	42065,48	42065,48	42065,48
7.	Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	247444	128670,9	128670,9	128670,9	128670,9
8.	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам	-247444	168261,9 2	168261,9 2	168261,9 2	168261,9 2

	Пчист=Пдонал.-налог					
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=20\%$)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
10.	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс.руб. (c_8*c_9)	-247444	140162,2	116774	97255,4	81102
11.	То же нарастающим итогом, тыс.руб. ($NPV = 187849,6$ руб.)	-247444	-107282	9492,2	106747,6	187849,6

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 187849,6 рублей, что позволяет судить о его эффективности.

Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 4.23).

Таблица 4.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-247444	140162,2	116774	97255,4	81102
2.	То же нарастающим итогом, руб.	-247444	-107282	9492,2	106747,6	187849,6

3.	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (107282/116774) = 1,92$ года
----	-----------------------------------	--

Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 4.24 и графика, представленного на рисунке 4.

Таблица 4.24 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

No	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-247444	168261,92	168261,92	168261,92	168261,92	
2	коэффициент дисконтирования						
	i=0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	i=0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	i=0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	i=1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	

3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						
	i=0,1	-247444	152950	138984	126364,7	114922,8	285777,5
	i=0,2	-247444	140162,2	116773,8	97255,4	81102,2	187849,6
	i=0,3	-247444	129393,4	99611	76559,2	58891,7	117011,3
	i=0,4	-247444	120139	85813,6	61247,3	43748,1	63504
	i=0,5	-247444	112231	74708,3	49637,3	33315,8	22448,4
	i=0,6	-247444	105164	65622,1	41056	25744,1	-9857,3

	$i=0,7$	-247444	98938	56367,7	34157,2	18845	-39136,1
	$i=0,8$	-247444	93553,6	51993	28772,8	15984,9	-57139,7
	$i=0,9$	-247444	88505,76	46608,5	24566,2	12956,2	-74807,3
	$i=1$	-247444	84131	42065,5	21032,7	10432,2	-89782,6

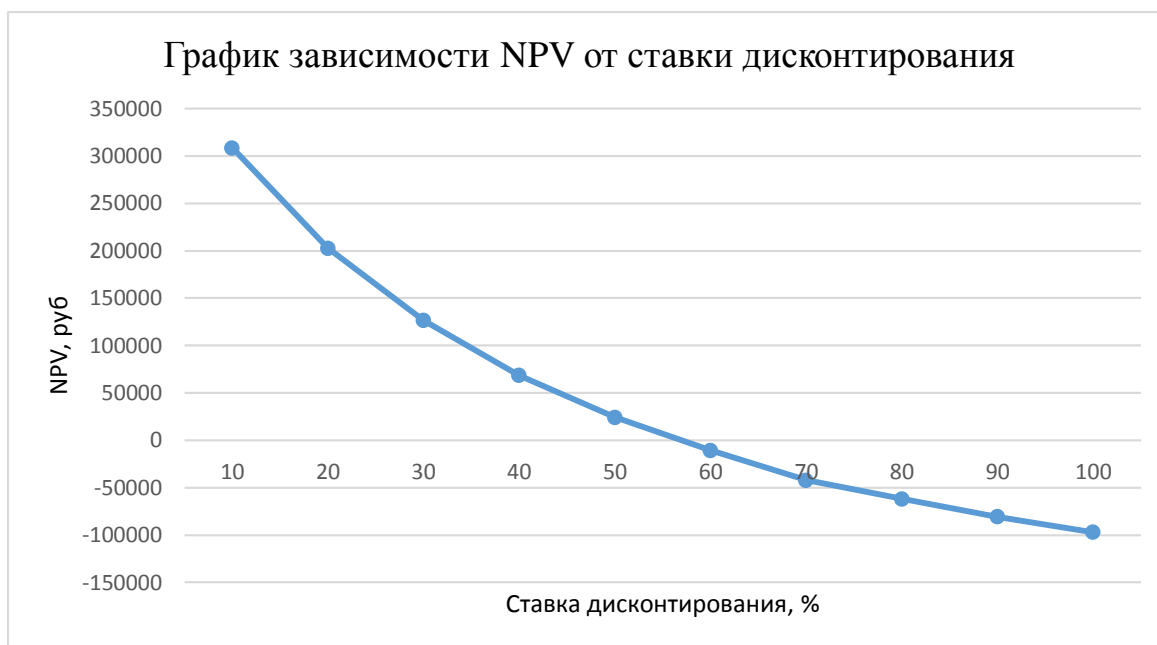


Рисунок 4.4 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,59. $IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $59\% - 20\% = 39\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.23).

Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (4.18)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{140162,2 + 116774 + 97255,4 + 81102}{247444} = 1,76$$

$PI=1,6 > 1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$;

$NPV=187849,6$ руб.

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. (Таблица 4.25).

Таблица 4.25 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Неполное понимание в эффективности обработки деталей алмазным выглаживанием	Использование данного процесса вместо трудоемких операций ручного полирования дает значительный экономический эффект

Сравнительно высокая стоимость и низкое качество изготовления инструмента, не всегда удается обеспечить стабильность процесса	С ростом перспективы развития и совершенствования технологии производства инструментов, можно надеяться, что появятся дешевые и износостойкие инструменты позволяющие осуществлять механическое выглаживание.
---	---

4.7.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности

научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.19)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения;

$\Phi_{\text{тек пр}} = 247444 \text{руб}$ $\Phi_{\text{исп } 2} = 300\,125,8 \text{руб}$; $\Phi_{\text{max}} = 350\,309,7 \text{руб}$.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек пр}} = \frac{\Phi_{\text{тек пр}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{247444}{350\,309,7} = 0,71$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } 2} = \frac{\Phi_{\text{исп } 2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{300\,125,8}{350\,309,7} = 0,86$$

В результате консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки проектируемый вариант считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

4.7.3 Интегральный показатель ресурсоэффективности

вариантов выполнения НИР определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра табл. 4.26

Таблица 4.26 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Объект исследования		
	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Безопасность	0,25	5	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4
3. Удобство	0,25	5	3
4. Энергосбережение	0,15	5	4
5. Материалоемкость	0,15	5	5
ИТОГО	1	4,8	3,9

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,8$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 3,9$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (4.20)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,8}{0,71} = 6,7, \quad I_{\text{исп.2}} = \frac{3,9}{0,86} = 4,5.$$

Интегральный показатель эффективности определяет расчетную сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_i}{I_1} \quad (4.21)$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{6,7}{6,7} = 1, \quad \mathcal{E}_{cp1} = \frac{4,5}{6,7} = 0,67$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта табл. 4.27

Таблица 4.27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель	0,71	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,8	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	6,7	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,67

Вывод по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Анализ потенциальных потребителей выявил, что данный метод применяется в различных, сложных и простых механизмах в машиностроении и т.д.

2. В ходе планирования для руководителя и исполнителя был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей.

3. Величина амортизационных отчислений для специального оборудования составляет 3892 руб.

4. Рассчитана заработная плата исполнителей темы и составляет 133460,9руб.

5. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 247444 руб.

6. В ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций была получена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 187849,6 руб.; индекс доходности (PI) =1,76, основываясь на том, что данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема. Внутренняя ставка доходности IRR=59%, срок окупаемости DPP_{дск}=1,92 года.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ11	Костылева Наталия Владимировна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Исследование методов и средств оптимизации параметров процесса алмазного выглаживания для стабилизации усилия P_y

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

-Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
-Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: Процесс алмазного выглаживания.
Область применения машиностроение, приборостроение, строительство

Рабочая зона: производственное помещение

Количество и наименование оборудования рабочей зоны:

Станок токарный универсальный

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: изготовление деталей любой сложности до массы 1кг, токарные работы, фрезерные работы проверка контроля

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 27.12.2018)

2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

3. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

4. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

5. ГОСТ EN 894-1-2012 Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления.

Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления.

2. Профессиональная производственная безопасность при разработке:

- 2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов
- 2.2 Анализ выявленных вредных и опасных факторов которые могут возникнуть при внедрении разработки на производство
- 2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Вредные производственные факторы:

1. опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.

2. повышенным уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума

3. отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения

5. Отсутствие или недостаток естественного света

6. Повышенный уровень общей вибрации.

Опасные производственные факторы

1. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через человека

2. движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы

Защита:

	<p>1. <u>обще-обменная приточно-вытяжная вентиляция для всех производственных участков, а также оснастить местной вентиляцией следующий участок: термический.</u></p> <p>2. <u>Для предотвращения поражением электрическим током все металлорежущее оборудование, применяемое в технологическом процессе алмазного выглаживания, должно быть надежно заземлено, токоведущие провода и кабели необходимо изолировать. В электрических шкафах необходимо применять защитно - отключающие устройства</u></p> <p>3. <u>К индивидуальным средствам относятся: беруши и противошумные наушники. К коллективным средствам защиты относятся акустические экраны, звукоизолирующие кожухи, также применяют звукопоглощающие облицовки для технологического оборудования.</u></p> <p>4. <u>Улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин, увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту, вибродемпфирование, виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию</u></p> <p>5, 6. <u>Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям СП 52.13330.2016. Для местного освещения используют светильники, устанавливаемые на металлорежущих станках</u> <u>Искусственное общее освещение- лампы накаливания необходимо располагать в верхней зоне помещения и непосредственной близости рабочей зоны.</u></p> <p>7, 8. <u>Для благоприятного микроклимата на рабочих участках технологического процесса изготовления детали необходимо оснастить кондиционерным оборудованием.</u></p>
3. Экологическая безопасность при разработке:	<p>Воздействие на селитебную Зону: <u>шум, вибрация</u></p> <p>Воздействие на Литосферу <u>выбросы отходов: остатков СОЖ, стружки, масло</u></p> <p>Воздействие на Гидросферу <u>загрязнение отходами водоемов (СОЖ)</u></p> <p>Воздействие на Атмосферу <u>загрязнения воздуха аэрозолями</u></p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке:	<p>Возможные ЧС: <u>ЧС техногенного характера;</u> <u>ЧС природного характера;</u> <u>ЧС экологического характера.</u> Наиболее типичная ЧС <u>пожара.</u></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ11	Костылева Наталия Владимировна		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Данная глава посвящена обеспечению безопасных условий труда при исследовании процесса алмазного выглаживания. 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 исследования, изготовления и испытаний по оптимизации процесса алмазного выглаживания с постоянным усилием.

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

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Режим рабочего времени

В данном разделе рассмотрим режим рабочего времени токаря, занимающегося алмазным выглаживанием.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, а для работников, режим рабочего времени которых отличается от общих правил, установленных у данного работодателя,

- трудовым договором согласно трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018).

Оплата и нормирование труда.

В данном разделе рассмотрим оплату и нормирование труда токаря. Базовый оклад (базовый должностной оклад), осуществляющего профессиональную деятельность по профессии рабочего, входящим в соответствующую профессиональную квалификационную группу, без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

В соответствии с коллективным договором или трудовым договором по письменному заявлению работника оплата труда может производиться и в иных формах, не противоречащих законодательству Российской Федерации и международным договорам Российской Федерации. Доля заработной платы, выплачиваемой в не денежной форме, не может превышать 20 процентов от начисленной месячной заработной платы.

Заработная плата работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом.

Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда.

У работника присутствует вредный фактор «шумы», которые исходят от прессов, находящихся рядом с ним. За это полагаются следующие компенсации:

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск со ст. 117 трудового кодекса РФ.
- Сокращенная продолжительность рабочего времени со ст. 92 трудового кодекса РФ.
- Повышение оплаты труда со ст. 147 трудового кодекса РФ.

- Досрочное назначение трудовой пенсии со ст. 27 и 27.1 трудового кодекса РФ.

5.1.1 Эргономические требования к правильному расположению компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положении и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимости передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ.

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.[19]

На рабочем месте, предназначенном для работы в положении сидя, производственное оборудование и рабочие столы должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной - не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм;

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунках 5.1 и 5.2

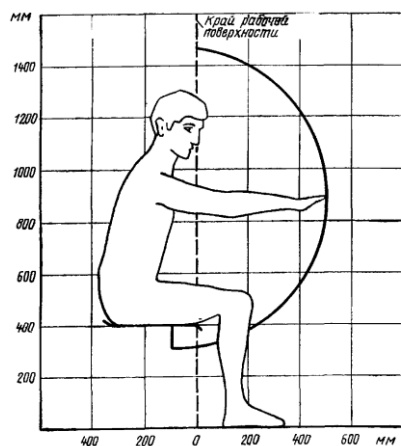


Рисунок 5.1– Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

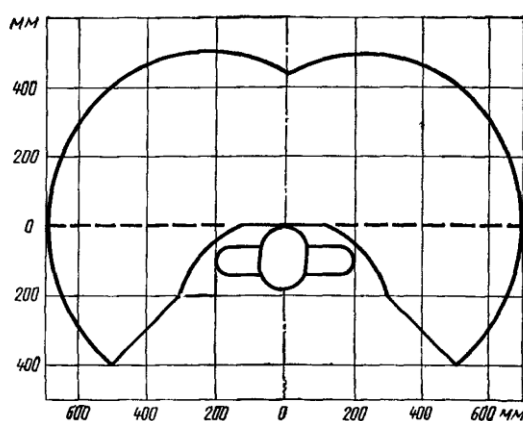


Рисунок 5.2 - Зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

Рабочее место при выполнении работ в положении стоя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.033. – 78. [20]

На рабочем месте, предназначенном для работы в положении стоя, производственное оборудование должно иметь пространство для стоп высотой не менее 150 мм, глубиной не менее 150 мм и шириной не менее 530 мм. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунках 5.3 и 5.4.

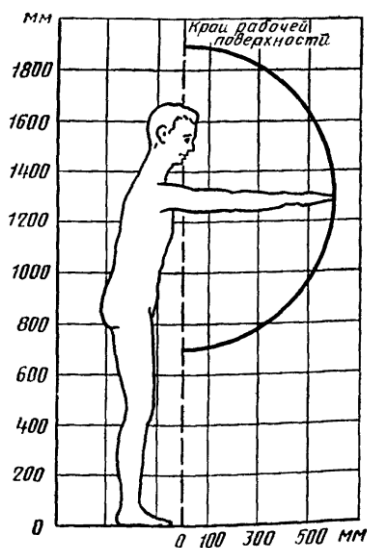


Рисунок 5.3 – Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

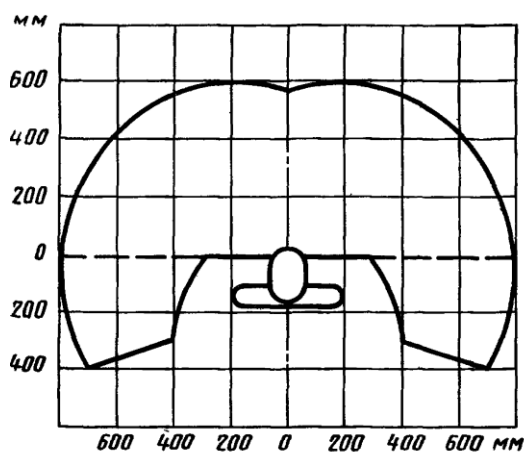


Рисунок 5.4 - Зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

ГОСТ EN 894-1-2012 Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Организационные мероприятия

В данном пункте анализируются потенциально возможные вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории при разработке проектируемого решения.

Для идентификации факторов будем использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). [22] Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представим в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СП 60.13330.2012
2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через человека	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов ГОСТ 12.1.038-82
3. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
4. Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
5. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
6. Отсутствие или недостаток естественного света	
7. опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего:	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
8. движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы)	ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
--	---

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производстве

1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха

Вследствие производственной деятельности в воздушную среду помещений могут поступать разнообразные вредные вещества, которые используются в технологических процессах. В данном исследовании процесса алмазного выглаживания используются специальные СОЖ класс опасности-пдк III (умеренно опасные, ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ), отработанные масла, которые подаются в зону резания для охлаждения режущего инструмента и заготовки, в процессе обработки режущий инструмент может разогреваться до высоких температур (быстрорежущая сталь до 620°C, твердый сплав до 900°C), что приводит к испарению данных веществ, что негативно сказывается на здоровье рабочих.

Производственная пыль достаточно распространенный опасный и вредный производственный фактор. Пыль может оказывать на человека фиброгенное воздействие, при котором в легких происходит разрастание соединительных тканей, которое нарушает нормальное строение и функцию органа. Вред производственной пыли обусловлен ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких, в первую очередь пневмокониозы.

Производственные помещения, а также расположенные в них воздуховоды вентиляции (ГОСТ 12.4.021-75) [29] должны очищаться от пыли, чтобы количество взвешенной в воздухе и осевшей пыли не должно превышать нормативы, ПДК –6мг/м3 – IV класс опасности (ГОСТ 12.1.007-7),

для предотвращения попадания вредных веществ в организм, рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты (масками типа «Лепесток» ГОСТ 12.4.028-76), (Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 N 766Н). (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны), СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через человека

В процессе алмазного выглаживания всё оборудование работает от электрической сети, в связи с чем необходимо обезопасить рабочего от возможного контакта с токоведущими частями оборудования.

Основными причинами электротравматизма являются:

- возможность прикосновения к незащищенным токоведущим частям (необходимо изолировать такие части в специальных электрических шкафах);
- несогласованные и ошибочные действия персонала. Например, подача напряжения на установку где работают люди (осуществляется ремонт).

Результат воздействия тока на человека зависит от величины силы тока, его рода и частоты, продолжительности воздействия и множества других факторов. Причиной поражения электрическим током могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям или появление напряжения на металлических частях оборудования. Напряжение прикосновения и токи при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать 2В, 0,3 мА (переменный ток частотой 50Гц) согласно 12.1.038-82 ССБТ.

Необходимо проведение периодически повторяющихся инструктажей по электробезопасности. Необходимо руководствоваться ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

3. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума.[21]

Источником шума и вибрации являются металлорежущие станки, электродвигатели, которые в процессе работы являются раздражителями органов слуха и нервной системы. Технологические участки, на которых присутствует повышенный шум: станок токарный универсальный.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы целостного организма, вызывая разнообразные физиологические изменения.

Шум действует на организм как стресс-фактор, вызывает изменение звукового анализатора, а также, благодаря тесной связи слуховой системы с многочисленными нервными центрами на самом различном уровне, происходят глубокие изменения в центральной нервной системе.

Наиболее опасно длительное действие шума, при котором возможно развитие шумовой болезни - общего заболевания организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сердечно - сосудистой систем.

Оценивают шум в диапазоне частот от 45 до 11000 Гц.

Распространенные средства индивидуальной защиты от шума - это пробки, наушники, вкладыши (беруши) и шлемы. Принцип действия этих аксессуаров - защита непосредственно органов слуха человека. (СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003). Главные санитарные нормы уровня шума на рабочих местах следующие – это 80 дБА. Максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S и I, не должны превышать 110 дБА и 125 дБА соответственно. А пиковый уровень звука С не должен превышать 137 дБС

4. Повышенный уровень общей вибрации.

Источником вибрации в производственном процессе алмазного выглаживания является все металлообрабатывающее оборудование, это

связано с необходимостью менять направление рабочих подач, остановкой/пуском электродвигателей, износом режущего инструмента и т.д.

Вибрация оказывает негативные влияния на следующие органы человека: нейрососудистой, нервно-мышечной систем, опорно-двигательного аппарата, может привести к изменению обмена веществ в организме и т.д. Может возникнуть вибрационная болезнь, при которой наиболее часто страдает центрально нервная система, которая связана с комбинированным воздействием вибрации и интенсивного шума, постоянно сопутствующего вибрационным процессам.

Существует 2 вида вибрации: общая и локальная. Воздействие общей вибрации происходит через взаимодействие участка установки и конечностей человека, оказывая влияние на все его тело. Локальная – воздействует только на отдельные части организма.

Норма на вибрацию - предельное значение СКЗ виброскорости для любой проекции, выше которой вибрации считаются аварийными. Общеизвестными считаются ряд, из которого выбираются значения норм: 2,8(мм/сек).

Для снижения виброактивности процессы в установках и приборах, вызываемые толчками, должны быть исключены или максимально уменьшены. Изменение режимов работы прибора, изменение его массы или жесткости относятся к методу отстройки резонансных частот.

Вибродемпфирование – процесс, суть которого заключается в получении тепловой энергии посредством виброгашения. Для этого на прибор наносят материал, который обладает большими потерями на трение.

Виброгашение используется в тяжелых конструкциях, а для виброизоляции устанавливаются пружины и резиновые виброизоляторы (ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.)

5,6. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения, Отсутствие или недостаток естественного света

Места рабочих зон, где проводится исследование процесса алмазного выглаживания не только утомляет зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Недостаточное освещение, слепящие источники света и резкие тени от оборудования и других предметов притупляют внимание, вызывают ухудшение или потерю ориентации работающего, что может быть причиной травматизма. Установлено, что неудовлетворительное освещение является причиной примерно 5% несчастных случаев на производстве. При недостаточной освещенности сокращается время ясного видения - время, в течение которого глаз человека сохраняет способность различать рассматриваемый объект (СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение).

Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

Таблица 5.2 – Нормы освещения механических и инструментальных цехов, цехов оснастки

№	Освещаемые объекты	Освещенность рабочих поверхностей, лк
1	ОТК	750
2	Механические цеха, отделения, участки: разметочный стол, слесарные работы, работа с чертежами	500
3	Общий уровень освещенности механических цехов	200
4	Термические печи, закалочные ванны, ванны охлаждения	200
5	Общий уровень освещенности по термическому цеху	150

7. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата на рабочем месте. При пребывании человека

в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функционирование организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт, что приводит к высокому уровню работоспособности.

Таблица 5.3 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	Па (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2

Несоответствие микроклимата в течении продолжительного времени может привести к снижению иммунитета; в зимнее время года в отапливаемых помещениях снижается влажность воздуха, что приводит к сухости слизистых оболочек рта, носа и глаз, снижению иммунитета, что способствует к возникновению респираторных заболеваний (ОРВИ, ГРИПП и т.д.). Кроме того, длительное нахождение в условиях пониженной влажности воздуха приводит к раннему старению кожных покровов.

Оптимальные показатели в холодный период года: температура воздуха в помещении: 21-23°С; влажность 60-40%; скорость движения воздуха 0,1 м/с; в теплый период года: температура воздуха в помещении: 22-24°С; влажность 60-40%; скорость движения воздуха 0,1 м/с. В данном случае категория теплый Па.

8. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. (ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ) [27]

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. В работе был задействован токарный станок марки KNUTH Turnado 230/1000.

Оградительные устройства применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок станков, прессов, штампов. (ГОСТ 12.4.125—83).

- стационарные ограждения (любое стационарное ограждение является постоянной частью данной машины и не зависит от движущихся частей, выполняя свою функцию);

- совмещенные защитные устройства;

- регулируемые защитные устройства (регулируемые защитные устройства позволяют достичь гибкости в выборе различных размеров материалов);

- саморегулирующиеся защитные устройства (открытие саморегулирующихся устройств зависит от движения материала).

Для работы на станке существует своя типовая инструкция по охране труда: ТОИ Р-15-050-97 «Типовая инструкция по охране труда для станочников металлообрабатывающих станков (токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, шлифовальные, заточные станки)».

Применение этих методов отдельно или комплексно помогут избежать несчастных случаев, связанных с подвижными частями производственного оборудования.

5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Технический прогресс постоянно увеличивает возможности воздействия на окружающую среду и создает предпосылки для возникновения

экологических кризисов. Поэтому в настоящее время вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов имеют первостепенное значение.

Данная магистерская работа не представляет опасности для экологической обстановки, нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу.

В процессе производства образуются отходы, которые при соответствующей обработке могут быть использованы повторно, для промышленной продукции. Отработанную СОЖ (ПДК 5мг/м³ III класс) (ГОСТ 12.1.007-76) необходимо собирать в специальные ёмкости. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться. Концентрация нефтепродуктов в сточных водах при сбросе их в канализацию должна соответствовать требованиям СП 32.13330.2012. Водную фазу СОЖ очищают до ПДК указывать или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию.

OILCOOL PATRIOT - универсальный полусинтетический СОЖ для станков, разработанный по заказу ГОСТЕХ для замены СОЖ иностранного производства. Смазочно-охлаждающая жидкость OILCOOL PATRIOT - молочного цвета, производится на основе смеси различных масел и содержит специальную комбинацию присадок с высокими трибологическими характеристиками - противозадирных, антифрикционных, противоизносных и антибактерицидных присадок (для сохранения биостабильности во время работы). В состав входят антикоррозийные присадки, для предотвращения окисления станков и инструмента, а также изготавливаемых деталей.

Пеногасители - присадки для предотвращения вспенивания при тяжелых операциях (пример: глубокое сверление при высоких оборотах).

Продукт не содержит соединения бора, хлор, цинк, серу, фосфор, нитриты натрия, фенолов, формальдегида, канцерогенов, силиконы, амины, диэтанамин и других часто используемых в СОЖ вредных компонентов.

5.3.1 Защита атмосферы

Ограниченные размеры атмосферы делают ее весьма чувствительной к локальному, региональному и глобальному загрязнению. В реальных (производственных, городских, региональных и т.п.) условиях атмосферный воздух практически всегда оказывается одновременно загрязненным несколькими веществами, такие как масляная мелкая стружка и пыль ПДК - 6мг/м^3 – IV класс опасности (ГОСТ 12.1.007-76). Средства защиты атмосферного воздуха от выбросов включают: очистку выбросов от примесей в специальных аппаратах, таких как циклоны, обеспечивающие улавливание частиц крупнее 5 мкм с эффективностью до 0,95, рукавные фильтры - улавливание частиц крупнее 0,1 мкм с эффективностью до 0,999, и устройства перед поступлением газов в атмосферу; Требуемое состояние воздуха рабочей зоны обеспечиваются устройством общеобменной приточно – вытяжной вентиляции (ГОСТ 14.4.021- 75). Так как эксперименты проводились не в производственных масштабах, выбросы пыли металлов в атмосферу незначительны. В следствии чего, в лаборатории не требуются специальные очистительные фильтры.

5.3.2 Защита гидросферы

Проникновение в гидросферу обусловлено обслуживанием установки, ее мойки, и так же мойки рук. Для минимизации попадания лаборатория должна быть оборудована отстойниками, в которых порошок будет происходить коагуляция и седиментация. Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами до необходимого качества. Для очистки сточных вод от органических растворителей используют методы экстракции, ректификации, абсорбция, обратный осмос и ультрафильтрация и др. (СанПиН 2.1.3684-21). Воздействие на гидросферу незначительно - пыль - $0,1\text{ПДК}$ или $0,65\text{ мг/м}^3$, СОЖ - $0,1\text{ ПДК}$ $0,5\text{мг/м}^3$. (ГН 2.1.5.1315-03).

5.3.3 Защита литосферы

Утилизация отходов должна осуществляться в соответствии с "Санитарными правилами порядка накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов" (N 8180-84 от 28.12.84). Твердые отходы, а также порошковые системы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. (ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов»). [28]

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной ЧС при исследовании процесса алмазного выглаживания является возникновение пожара при несоблюдении норм пожарной безопасности на рабочем месте, или в подсобном помещении, или вследствие короткого замыкания.

Согласно СП 12.13130.2009 помещение относится к категории В2 - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера:

короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- г) курение в строго отведенном месте;
- д) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

Порядок действий должностного лица ответственного за пожарную безопасность, при возникновении пожара (согласно постановлению, Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года N 390, дополнено 20 сентября 2019 года):

- а) дублирует информацию о пожаре, ставит в известность вышестоящее начальство;
- б) организует спасение людей из зоны пожара;

в) отвечает за отключение электроэнергии, остановку работы всех устройств и оборудования, технологических процессов производства, прекращение всех остальных видов работ (кроме тех, которые связаны с ликвидацией возгорания);

г) удаляет на безопасное расстояние всех людей, не принимающих участие в пожаротушении;

д) осуществляет руководство до прибытия работников МЧС;

е) следит за безопасностью работников, осуществляющих тушение огня, от поражения током, удушья, ожогов и т.д.;

ж) одновременно организует перевозку ценного оборудования, имущества предприятия.

Выводы по разделу

Проект по исследованию процесса алмазного выглаживания отвечает требованиям промышленной безопасности.

Работа токаря регламентируется российским законодательством, основным законом является ТК РФ. Работа токаря относится к работам средней тяжести Пб (ГОСТ 12.1.005-88) [26].

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на участке соответствует допустимым нормам.

Участок по электробезопасности согласно ПУЭ относится к категории опасных.

Рабочие имеют вторую группу электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой на токарном станке необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами (СанПиН 1.2.3685-21).

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» класс возможного пожара по виду горючего материала - пожары твердых горючих веществ и материалов (А). В качестве первичных средств пожаротушения применяется: пожарная цистерна с водой - 2 шт.; огнетушитель ОП-5 –2 шт.; огнетушитель углекислотный ОУ-5– 2 шт.; ящик с сухим и чистым песком.

Участок по исследованию процесса алмазного выглаживания по степени воздействия на окружающую среду относится к объектам II категории.

Список литературы

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. Клепиков В.В. Технологические процессы алмазного выглаживания: учеб. для вузов / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.
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. Алмазное выглаживание. (Обзор). Маркус Л.И., Смелянский В. М. М., НИИНАвтопром. 1971, 117 стр.
6. Качество поверхностей, полученное алмазным выглаживанием / Л. А. Хворостухин, Н. Н. Ильин // Труды научно-исследовательского института метрологии высших учебных заведений. — 1977. — Вып. 15. — С. 70-82
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009. - 64с.

12. Трение, изнашивание, смазка Справочник Кн. I/ Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина – М.: Машиностроение, 1978. 400 с.

13. Торбило В.М., Алмазное выглаживание. М., «Машиностроение», 1972, 105 с.

14. Технология и инструменты отделочно –упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. В 2-х томах. Т.1. /Под общ.ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2014. – 480 с.: ил.

15. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учеб. пособие /И.М. Жарский [и др.]. – Мн: Выш. шк., 2005. – 299 с.: ил.

16. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник / Л. Г. Одинцов. — М.: Машиностроение, 1987.

17. Щербак А. М. Механические и микромеханические особенности алмазного выглаживания. – В сб.: Алмазы и сверхтвердые материалы, 1979, № 9, с. 8-9.

18. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

19. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] // «Консультант Плюс» - 2020 г. – Режим доступа: <http://rsmcapt29.ru/wp-content/uploads/2020/10/ГОСТ-12.2.032-78.-Рабочее-место-сидя.pdf>;

20. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] // <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-12.2.033-78.pdf>

21. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. [Электронный ресурс] - г. Москва, 2004 г. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f4e/4294817379.pdf>;

22. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс] // «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов» - 2021 г. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>

23. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы" [Электронный ресурс] // «Консультант Плюс» - 2013 г. – Режим доступа: https://www.gubkin.ru/personal_sites/fedotovie/NPA/mkl.pdf;

24. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс] // «Электронный фонд правовых документов» - 1983 г. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>;

25. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [Электронный ресурс] – 2017 г. – Режим доступа: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf;

26. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"[Электронный ресурс] // «Консультант Плюс» - 2016 г. – Режим доступа: <https://ekan.ru/sites/docs/GOST-12-1-005-88.pdf>

27. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-12.2.003-91.pdf>

28. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [Электронный ресурс] –Режим доступа:<https://www.hydropower.ru/upload/iblock/e98/5n9gnajdn2kqt0r00muq5jnv64iri1ww/h7wo5wie1hdj63d6i2tsgst4c35m5mg8.pdf>

29. ГОСТ 12.4.021-75 ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования. [Электронный ресурс] –Режим доступа: https://ventinginfo.ru/docs/wp-content/uploads/2020/01/gost_12_4_021_75.pdf

Приложение А

(справочное)

Diamond burnishing technology overview

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM11	Костылева Наталия Владимировна		

Руководитель ВКР

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

Консультант –лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Учебная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гутарева Н.Ю.	К.П.Н.		

Diamond burnishing technology overview

The operational properties of the machine parts are largely determined by the quality of their working surfaces. They also depend on processing modes, tool geometry, cutting edge wear, structure and mechanical properties of the material of the part and tool, the presence of cutting fluid, etc. Changing the processing conditions change the surface quality of the part. At the same time, the possibilities of achieving optimal parameters of the surface quality of parts with some processing methods are limited in terms of operating conditions.

As a tool for smoothing, tips made of natural, synthetic diamond or composite polycrystalline material with a working surface in the form of a sphere (Fig. 1), a cone or a cylinder are used. The smoother must have high hardness, low friction and high thermal conductivity.

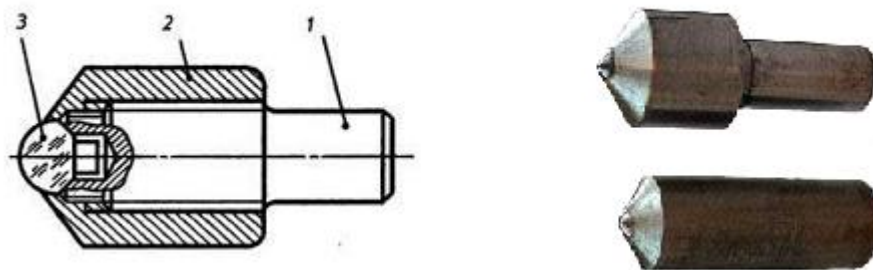


Fig. 1. a) A tip for diamond burnishing: 1 - tip, 2 - tool holder, 3 - diamond crystal; b) Appearance of the handpieces.

Smoothing in the most cases is similar to turning. The process takes place under sliding friction conditions. Lubrication and cooling are essential.

Diamond burnishing is a plastic deformation of the surface layers of a part with a tool, the tip, the working part of which is made of artificial diamond and looks like a sphere. Smoothing is carried out on a lathe, in the tool holder of which a working tool is fixed. During the smoothing process, the tool is pressed against the surface of the rotating part with a force of 100-200 N, which leads to a decrease in roughness and an increase in wear resistance. With the thermomechanical method, an increase in the durability of parts and an increase in the overall level of strength

and other properties is achieved by combining plastic deformation and thermal effects, carried out in a single technological cycle.

Plastic deformation is an intermediate operation. In the thermal and chemical-thermal processing of the parts, annealing, normalization and tempering are used to relieve internal stresses arising during surfacing, to obtain a homogeneous metal structure. The wear resistance of parts is increased by surface hardening with heating by high-frequency currents. Residual compressive stresses appear on the surface of the hardened layer, which increase the fatigue strength of parts. The use of hardening makes it possible to use relatively inexpensive materials for surfacing and available protective media. To increase the wear resistance of parts, chemical-thermal treatment is also used: carburizing, nitriding, it-carburizing. When choosing a rational method for the restoring parts, it is necessary to take into account the size, shape, accuracy of processing parts, material and heat treatment used in the manufacture of parts, the value and nature of wear of the restored surfaces, operating conditions of the part, technological and production capabilities of a car repair company, restoration costs, advantages and disadvantages of restoration methods, etc. Knowledge of these factors makes it possible to use certain methods of restoring parts, classify parts accordingly, and also identify those that can be restored in several ways, which makes it possible to find the most rational one.

Diamond burnishing differs from RPM by rolling only in the design features of the tool used, in which diamond, hexanite or other superhard materials serve as a working element.

The quality of diamond burnishing, i.e. surface roughness, degree of hardening, hardness of the surface layer, is influenced by the radius of the spherical surface of the diamond, the force of pressing the surface against the part, longitudinal feed and the number of passes.

The radius of the diamond is chosen depending on the original surface of the metal from which the part is made. At the same time, for materials with hardness $HB < 300$, the diamond radius is 2.5 ... 3.0 mm; at NCE 35 ... 50

- 1.5 ... 2.5 mm and NRCE 50 ... 65 - 1.3 ... 2.0 mm, i.e. with an increase in the surface hardness of the part, the radius of the diamond decreases. The force of pressing the tool against the part is also of great importance. With an effort less than the optimum, microroughnesses are not completely smoothed, and with a larger surface layer, the surface layer is re-riveted and destroyed.

It was found that the longitudinal feed of the tool depends on the type of material to be hardened. For hardened steels, it is 0.02 ... 0.04 mm / rev., for non-ferrous metals and unhardened steels — 0.03... 0.05 mm / rev. The main condition when choosing a feed is the absence of unreinforced areas on the surface of the parts.

Diamond burnishing is carried out, as a rule, in one pass, since an increase in the number of passes does not significantly change the surface roughness of the part to be hardened. It is 4–6 times higher than the strength (hardness) of hard alloys; $\sigma_B = 11000...16000$ МПа .

High strength and hardness make it possible to create high specific forces in the zone of plastic deformation. In combination with the small contact patch size, this allows small total forces to be transferred to the workpiece.

For diamond burnishing of various materials, standard diamond tips with a sphere radius of the working part from 0.6 to 4 mm are used. A diagram of a diamond smoother is shown in Figure 1. Most often, the radius of a diamond is from 1.5 to 3.5 mm [1–2]. The larger the radius, the lower the hardness of the workpiece. For hardened steels, it is less than 1.5 mm; for soft - 2.5 ... 3.5 mm.

By performing diamond smoothing, they solve 3 problems jointly or separately, smoothing - that is, changing the microgeometry of the surface of the part. Depending on the chemical composition and mechanical properties of the material of the part, as well as depending on the processing modes, it is possible to achieve a roughness of the processed surface R_a from $0.08 \mu m$

to $0.63 \mu\text{m}$. In this case, the relative reference length of the profile can be up to 30 to 85% at the level of 30%. With fine grinding, this figure does not exceed 1.5-15%.

The rigid circuit is shown in Figure 2.

Machining with mandrels of this type refers to a rigid burnishing scheme, with a rigid fixation of the tool. And with this fixing of the mandrel, the hardness, shape accuracy and dimensions of the machined surface of the part increase, due to the deformation of the metal, as well as its compaction. A serious problem with hard ironing is beating. Beating, as well as fluctuations in penetration depth, have a detrimental effect on the smoothing force. As a result of the influence of these factors, during hard burnishing, an uneven roughness frequency can occur, as well as a heterogeneity in the hardness of the smoothed surface. The mandrel itself is simple in design and may have low manufacturing accuracy, but the part must be perfectly manufactured and set on a very precise machine. Most often, smoothing is carried out immediately after turning, without reinstalling the part.

The mandrels used in the rigid burnishing scheme (Fig. 2) represent a steel holder like a turning tool, but instead of the cutting part, a nozzle with an artificial diamond is fixed.

Such mandrels are used extremely rarely and are suitable for machining only cylindrical and non-runout end surfaces. On such mandrels, it is difficult to get the force and depth of penetration we need, because of the error of the support of the tool holder and also because of the not rigid AIDS (machine, device, tool, detail) system.

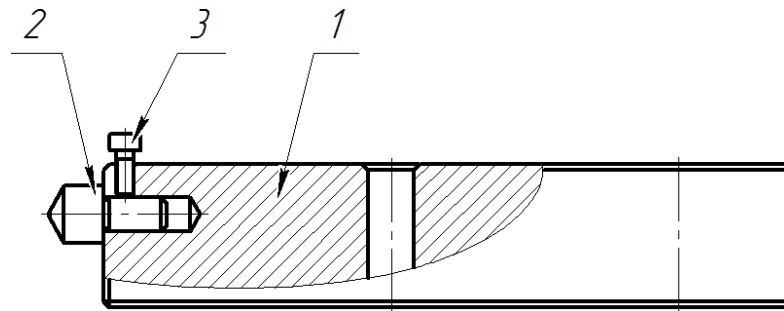


Fig. 2 - Rigid mandrel.

Such a scheme is used if the processing of the part is carried out from one installation according to the “turning + smoothing” scheme. In this case, the runout of the part is minimal. This scheme is rarely used. In all other cases, elastic smoothing is used. Elastic smoothing ensures a constant smoothing force even when the workpiece beats by reducing the stiffness of the mandrel. The non-rigid circuit is shown in Figure 3.



Fig. 3. Non-rigid scheme

With a non-rigid system, beating of the part occurs, due to a decrease in the system's stiffness coefficient, as a result of which additional efforts arise.

It is advisable to choose the optimal stiffness of the mandrel.

In particular, the magnitude of the smoothing force is increased up to 1.5 times, while the feed can also be increased to raise productivity. To harden the surface layer, it is advisable to use a tip with a smaller radius of the sphere. It should be borne in mind that when calibrating, the shaft diameter after diamond burnishing is reduced by a certain amount.

In addition, diamond burnishing (with a small R_{sph} value) is advisable to use for non-rigid parts made of relatively hard materials. The permissible value of the hardness of the workpiece $\Delta HB = 5 \dots 10$.

Overview of non-rigid diamond burnishing mandrels.

Coiled spring diamond burnishing mandrel.

This tool is a mandrel (fig.4.) which allows smoothing the outer surface of steel parts of the “shaft” type. A diamond tip 1 with a working surface in the form of a sphere, secured by a screw 2, is inserted into a movable rod 3, which can move inside a housing 4 of rectangular cross-section. There is a spring inside the body 5.

The movement of the stem compresses the spring and creates a force between the diamond tip and the workpiece. The tool assembled with a spring is tared according to an exemplary dynamometer and allows you to set the clamping force in the range of 100-300N with a step of 50N.

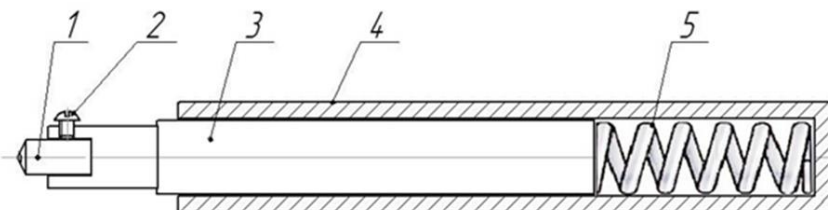


Fig.4. Smoothing mandrel for diamond burnishing

A tool pressed against the surface to be treated with a force P_w is embedded into it to a depth h , and plastic deformations appear in the contact zone (Fig. 5). In this case, the initial roughness is smoothed, the hardness of the surface layer increases, and its microstructure changes.

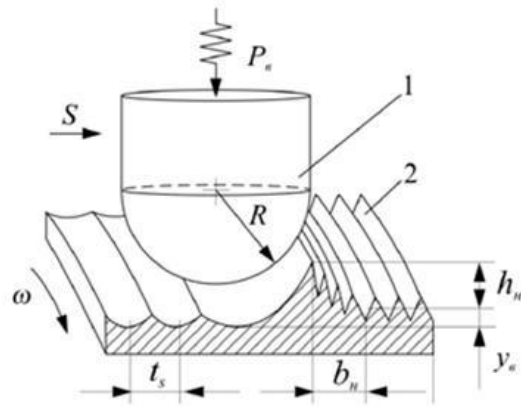


Fig. 5. Scheme of smoothing the surface of the part: 1- smoother; 2- treated surface; R - the radius of the smoother; t_s - feed step; ω is the angular velocity of the part.

It has been experimentally established that when the indenter of the smoothing tool is inserted to a depth exceeding the maximum height of the surface irregularities after finishing turning, the plastically deformed metal starts to be pushed in the direction of supply S with the formation of a lateral bead with height h_n and width b_n .

Out from under the smoother towards the smoothed surface is distorted. The profile of the groove formed in the previous revolution is distorted to the greatest extent.

After each revolution of the workpiece, the groove-trace of the smoother moves in the axial direction by the amount of feed S. During subsequent machining of the workpiece, the groove is repeatedly overlapped, because its width is greater than the feed value. On the side of the non-ironed surface, a roll of deformed metal is also formed, the right floor surface (in the direction of feeding) is loaded much more than the left floor surface. Therefore, during the smoothing process, an axial force P_x arises.

Flat springs diamond burnishing mandrels.

For processing parts with slight deviations in shape, as well as with an error in installing the part on the machine, mandrels of a non-rigid burnishing

scheme with flat springs are used. The outer and end surfaces of shafts and other parts can be processed with such mandrels.



Fig. 6. Mandrel with flat spring hinge type.

The design of this mandrel resembles a simple, rigid mandrel. The main difference between this and the rigid mandrel is the flat loop spring. The indenter is installed directly into the mandrel itself, and is attracted by the screw. The material of the holder U8A was not chosen by chance, but in order to harden it to the required hardness of 49-52 HRC. The generated force varies from 2 to 5 mm, the value depends on the thickness of the working part. The force is adjusted using a dial indicator, the probe of which passes through a through hole located in the mandrel body and abuts against the flexible part of the mandrel. This chuck is very simple and versatile and is suitable for work on almost any lathe. Another plus of this mandrel is its compact size, which allows ironing parts of complex configuration.

The disadvantage of this mandrel is that the force of the contact patch is not constant due to the design of the loop spring. Besides, there are self-oscillations at a high speed of rotation of the part. Also, the drawback is the low stroke of the mandrel, therefore, it has the same disadvantages as the rigid mandrel.

Diamond blade with flat symmetrical spring

A mandrel with a flat symmetrical spring is similar in design. The mandrel, like the previous version, is designed for processing the outer cylindrical surfaces and ends.



Fig. 7. Diamond blade with flat symmetrical spring

This mandrel consists of a base (holder), a flat symmetrical spring, a damping pad consisting of polyurethane foam rubber, a dial gauge and an indenter. The smoother is fixed on the base of the flat spring, the spring, in turn, is attached to the holder of the arbor, and the holder itself is installed in the tool holder of the lathe. A flat spring in this equipment is needed not only as a connecting element between the indenter and the holder, but also the spring creates smoothing forces, and also smoothes vibrations arising during smoothing. Adjustment of the smoothing force is carried out as in the previous mandrel with a spring in the loop type, by moving the tool holder and changing the distance according to the dial indicator .

The flat spring is an assembly of eight flat springs. They are located between two posts with four springs on each side. When smoothing, the springs work in bending. The design allows you to move not only linearly along the axis of the indenter, but also to rotate.

In this case, one half of the support is compressed, and the other is stretched. The disadvantage of the spring support is its low rigidity in the direction of the X axis, under the influence of the P_x force, as a result, the spring struts shift relative to each other. This is a significant disadvantage of this spring support when used in mandrels for attaching a diamond indenter, as this leads to distortions of the indenter.

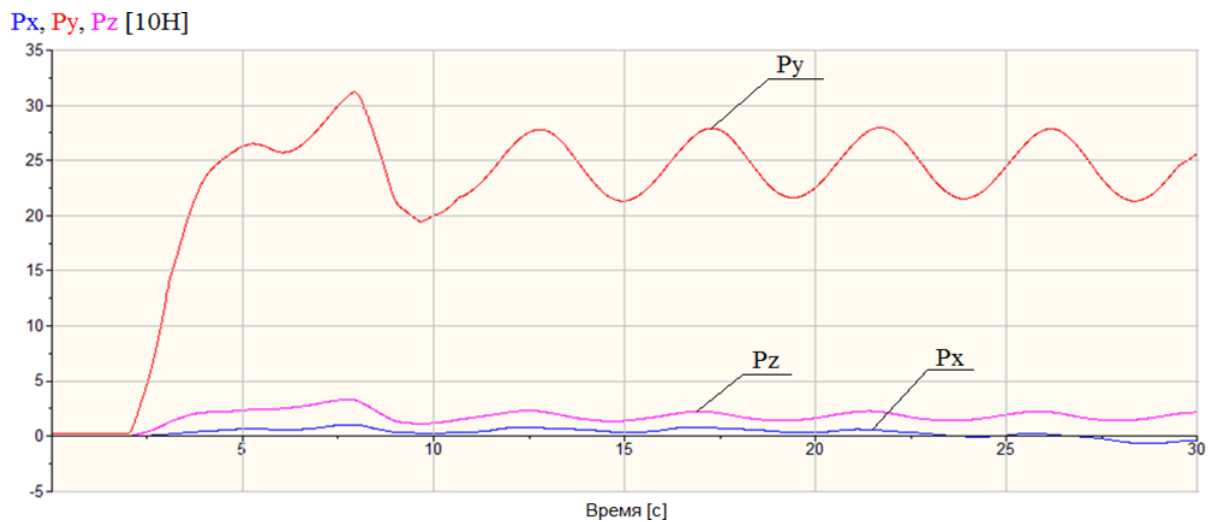


Fig. 8. Dependence of the components of the burnishing force P_y , P_x and P_z [H] on the time T [s] when burnishing with a mandrel with a symmetric flat spring: $R_{sf} = 2$ mm; $S = 0.05$ mm / rev; $V \approx 0.02$ m / s; $\omega = 1.3$ s⁻¹

When a mandrel with a flat symmetric spring is used for smoothing, the resulting graph shows that the radial force P_y is sinusoidal. Studies have shown that force fluctuations depend on the coefficient of spring rigidity and on the magnitude of the radial runout. The radial runout of the workpiece causes the diamond indenter to move in the direction of the Y axis, which in turn deforms the support on which it is fixed. Elastic deformation of the springs in the support leads to a change in force. Fluctuations of the radial force P_y in the section of the stable burnishing process were about 67 N. The same burnishing pattern was observed for the mandrel with a single-loop flat spring.

With a decrease in the stiffness of the spring, as well as with a more accurate setting of the part with a minimum radial runout, the amplitude of the force oscillation decreases. But with a decrease in the stiffness of the spring, the smoothing force also decreases resulting in the entire processing productivity. Based on this, it can be concluded that the use of flat springs as a load-bearing element is impractical, since the main requirement - stabilization of the smoothing force - has not been achieved.

Mandrel with a power element in the form of a helical spring, and adjustment of the smoothing force using a dial indicator.

The mandrel for diamond burnishing with a force element in the form of a helical spring is also intended for processing the outer cylindrical surfaces of parts and their ends.

The design of the mandrel is a cylindrical body with a through-grinded hole, a plunger with an indenter is attached to it and a helical spring is installed. A groove is milled in the body; a rod passes through it, and it is rigidly connected to the plunger.

The rod simultaneously serves both as a support for the indicator probe and as a stop for limiting the indenter.

The mandrel has a reciprocating pair operating under dry friction conditions. A helical spring is used as a power element, which is compressed by an adjusting screw. When the adjusting screw is tightened, the pressure force of the smoother into the workpiece increases. Smoothing is performed at a certain amount of pressing force, which is controlled by a dial indicator.

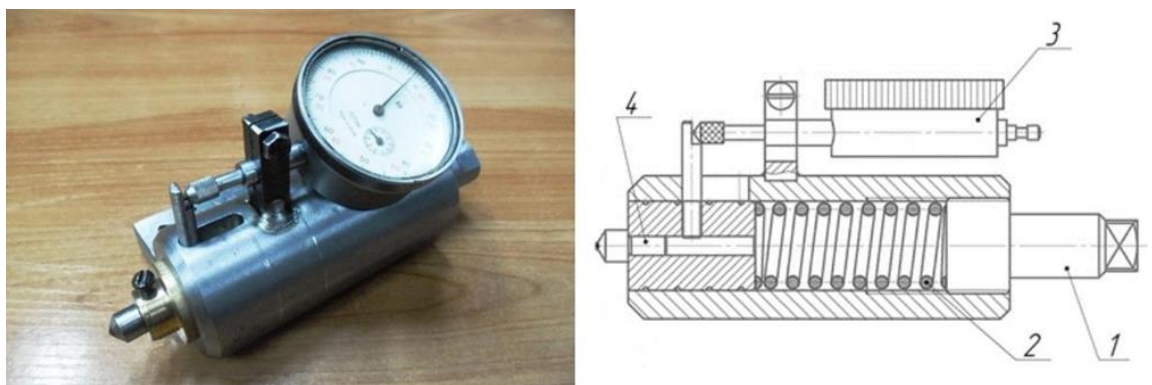
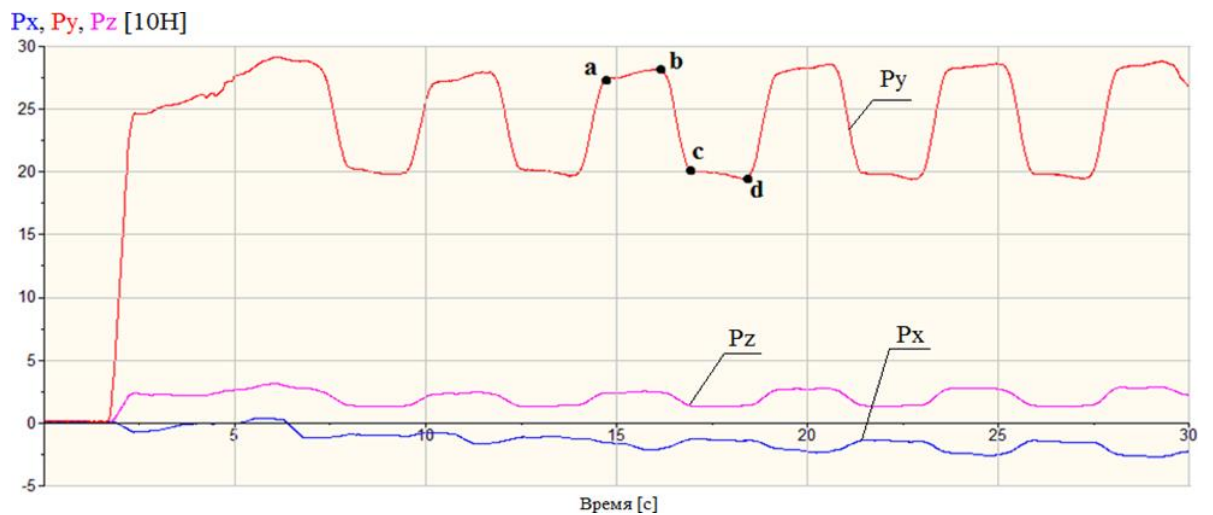


Fig. 9. Mandrel with helical spring: 1 - adjusting screw; 2 - helical spring; 3 - dial indicator; 4 - indenter.



Fig, 10. Dependence of the components of the burnishing force P_y , P_x and P_z [H] on the time T [s] when burnishing with a mandrel with a helical spring: $R_{sph} = 2$ mm; $S = 0.05$ mm / rev; $V \approx 0.02$ m / s; $\omega = 1.3$ s⁻¹

During the study, a graph was obtained that resembled the profile of a trapezoidal thread of the dependence of the radial force on time, most likely caused by a micro wedge of a reciprocating friction pair or the engagement of the spring coils on the inner diameter of the body. With a decrease in friction in the reciprocating pair by supplying coolant, rotating the indenter relative to the body, external vibrations reduced the amplitude of fluctuations of the force P_y , but did not change the overall force arising during smoothing.

Analysis of the performed experiment showed that the value fluctuations in the radial burnishing force depend not only on the coefficient of stiffness of the coil spring, but also on the nature of the burnishing process.

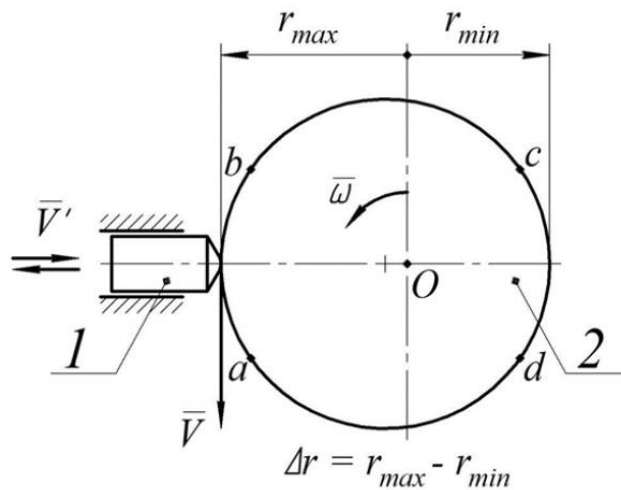


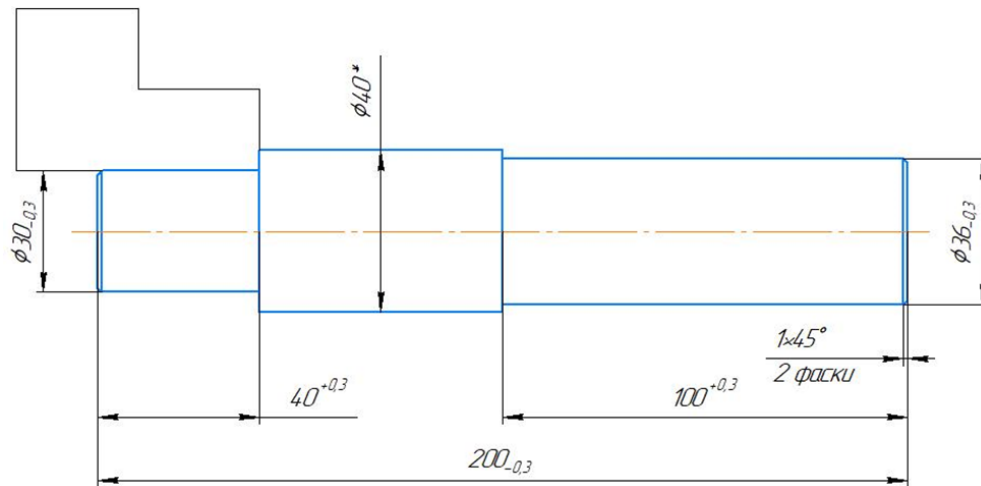
Fig. 11. Diagram of indenter movement on a surface with radial runout:
1- indenter installed in a reciprocating precision pair; 2 - treated surface

The graph shows that the radial force P_y decreases and increases in jumps, jerks. In the section “a – b”, an increase in the radial size is shown, the force increases linearly due to an increase in the elastic force, which tends to restore the original shape of the spring. In the section of the graph "b-c", which corresponds to the passage of the indenter of the maximum radius, a sharp decrease in the graph curve is noticeable. This is due to the occurrence of seizure in the reciprocating pair, the static friction force appears for a short time, which is then replaced by the sliding friction force. Stalling and the beginning of the plunger leads to an abrupt decrease in the radial smoothing force. The next section “c-d” corresponds to a decrease in the radius of the workpiece. The force P_y decreases linearly due to a decrease in the spring force. The force fluctuations are about 88 N, which is greater than the amplitude of the flat spring. This is most likely caused by the occurrence of inertia due to the sudden onset of movement, since the steel plunger has a mass.

When analyzing this graph, it can be concluded that the use of a reciprocating friction pair in the designs of mandrels for diamond burnishing is highly undesirable. A mandrel with a power element in the form of a helical spring does not cope with the main task - stabilization of the smoothing forces.

Experimental procedure

A series of the diamond burnishing experiments were carried out on this mandrel. In an empirical way, we achieve a magnetic force, at which it is possible to use the force acting on the diamond before touching, equal to 5.8 kg. Based on this, we have chosen the material of the workpiece for smoothing - D16. The design and dimensions are shown in the sketch.



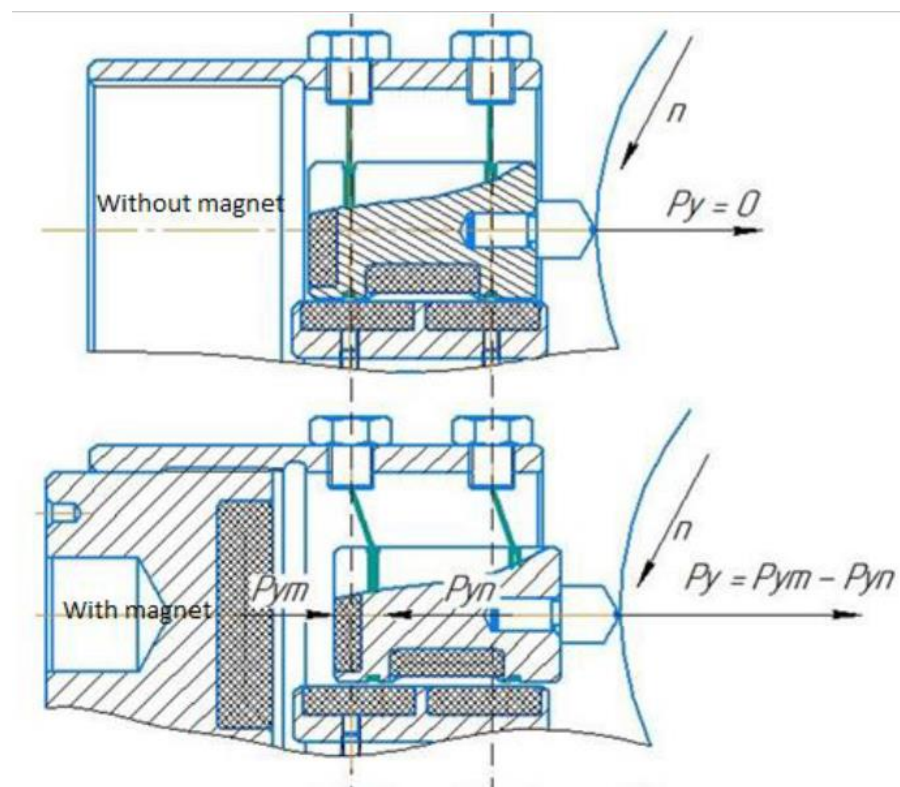
A sketch of a blank for conducting experiments.

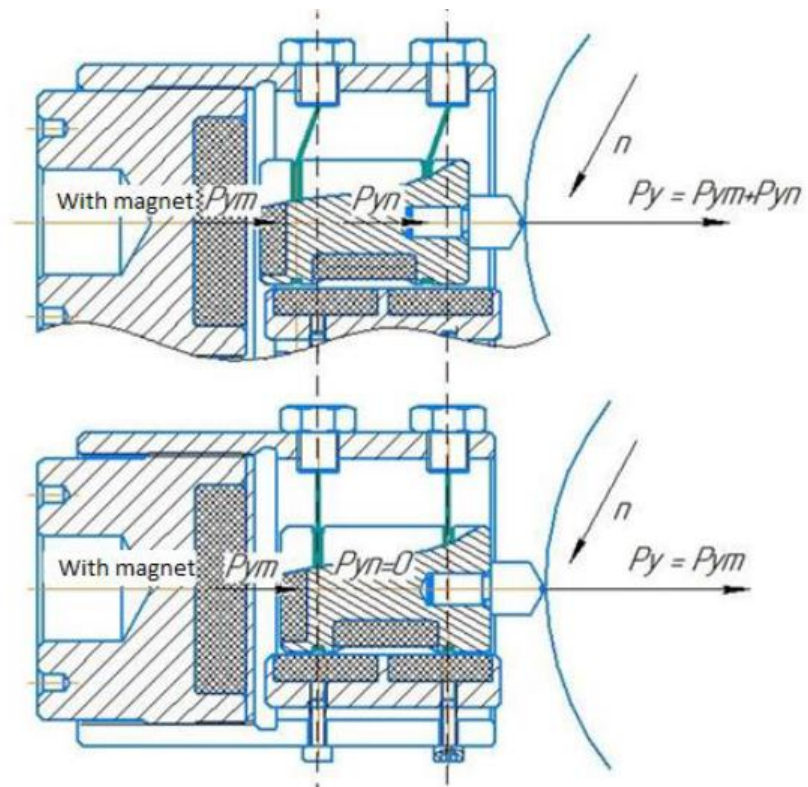
The experiments were carried out as follows:

1. The literature about diamond burnishing was analyzed.
2. We become familiar with the Kistler dynamometer.
3. We got acquainted with the KHNHUTH lathe.
4. The working parts of the workpiece were prepared according to the sketch.
5. On the machine, the tool holder was replaced with a dynamometer.
6. The dynamometer unit was connected from a PC.
7. The necessary parameters were adjusted on the Kistler amplifier and in the computer program.
8. Trial measurements were conducted without smoothing in order to see the

dynamometer readings of sounds coming from the machine. The results of this pilot test are shown in the graphs. (1, 2)

9. A series of the experiments were conducted to perform burnishing of the sample. Smoothed with and without a magnet, as well as fulfilled the conditions in which, during smoothing, the force of the magnet itself was measured, without additional tension force created by springs and tension of the fishing line. The principle of this condition is schematically depicted in the sketch 12.





Sketch 12, schematic principle of the mandrel work

During the experiment, the following noises were detected:

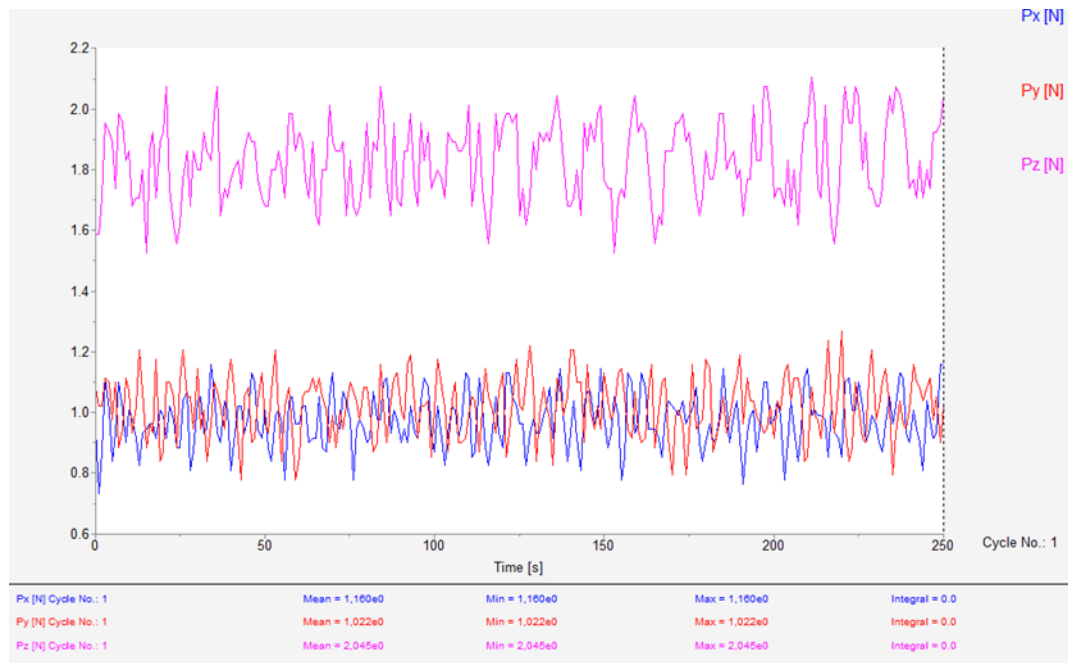
Graph 1. shows the background sound of the system (the machine was off).

The average dynamometer reading is 0.942 Nm.



Graph 1.

Graph 2 shows the noises of the machine turned on with the spindle turned off, the feed turned off. There is no contact between the diamond and the workpiece in this experiment. The average dynamometer reading is 1.022 Nm.



Graph 2.

List of the sources used

1. Chervach, Yuri Borisovich. The choice of the optimal design of the power elements of the mandrels for smoothing [Electronic resource] = The choice of the optimal design of the drives of the polishing tool for diamond grinding / Yu.Yu. B. Chervach, V. A. Mezentsev // Handbook. Engineering journal with annex. - 2015. - No. 7. - [S. 11-15].
2. Klepikov V.V. Technological processes of diamond burnishing: textbook. for universities / V.V. Klepikov, A.N. Bodrov. M.: Higher school, 2006.320 p.
3. Evsin E.A. Investigation of the possibility of optimizing the tool for diamond burnishing / E.A. Evsin // Improvement of the process of abrasive-diamond and hardening technology in mechanical engineering: collection of articles. Art. Perm: Perm. polytechnic in-t, 1983.S. 63-70.
4. Klepikov V.V. Technological processes of diamond burnishing: textbook. for universities / V.V. Klepikov, A.N. Bodrov. M.: Higher school, 2006.320 p.
5. Diamond smoothing. (Review). Markus L.I., Smelyansky V. M. M., NIINAvtoprom. 1971, 117 p.
6. The quality of surfaces obtained by diamond smoothing / L. A. Khvorostukhin, N. N. Ilyin // Proceedings of the Scientific Research Institute of Metrology of Higher educational institutions. — 1977. — Issue 15. — pp. 70-82
7. The influence of the roughness of the initial surface on the strength of diamond smoothing Antonyuk F. I., Kalmykov V. V., Fedorov V. A./Science and Education. Bauman Moscow State Technical University. Electron. journal. 2014. No. 12. pp. 171-180.
8. Gurin F.V. and Smelyansky V.M. Roughness and shape deviation during diamond smoothing with a rigid tool. Collection "Dimensional finishing and hardening treatment by surface deformation", Minsk, Academy of Sciences of the BSSR, 1966 No. 3.
9. On the technological capabilities and efficiency of the diamond burnishing process / L. A. Khvorostukhin, N. N. Ilyin // Scientific principles of quality control

of the surface layer during machining. - 1977. - No. 5. - S. 170-174.

10. Increasing the wear resistance of parts by diamond smoothing / L. A. Hvorostukhin, A. S. Chaban // Bulletin of Mechanical Engineering: scientific, technical and production journal / Organ of the State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Science and Technology. - 1973. — No. 10. — pp. 11-19. — ISSN 0042-4633.

11. Stepanova, T.Yu. Technologies of surface hardening of machine parts: textbook/ T.Yu. Stepanova; Ivan. gos. chem.-technol. un-T.-Ivanovo, 2009. - 64s.

12. Friction, wear, lubrication Handbook Book I/ Edited by I.V. Kragelsky, V.V. Alisin – M.: Mechanical Engineering, 1978. 400 p.

13. Torbilo V.M., Diamond smoothing. M., "Mechanical Engineering", 1972, 105 p.

14. Technology and tools of finishing and hardening processing of parts by surface plastic deformation: handbook. In 2 volumes. Vol.1. / Under the general editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2014. – 480 p.: ill.

15. Technological methods for ensuring the reliability of machine parts: studies. manual /I.M. Zharsky [et al.]. – Mn: Vysh. shk., 2005. – 299 p.: ill.

16. Hardening and finishing of parts by surface plastic deformation: handbook / L. G. Odintsovo. — M.: Mechanical Engineering, 1987.

17. Shcherbak A.M. Mechanical and micromechanical features of diamond smoothing. – In the collection: Diamonds and Superhard Materials, 1979, No. 9, pp. 8-9.