

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка конструкции станда (общая компоновка и привод подач) и исследование процесса пластической деформации при алмазном выглаживании

УДК: 539.374:621.923.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Чи Гуаньнань		09.06.20

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н		09.06.20

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н		30.05.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н		30.05.20

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Машиностроение	Арляпов А. Ю.	к.т.н		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбора аналитических и численных методов при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения.
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать.
P4	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа.
Универсальные компетенции	
P5	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства.
P6	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

УДК:539.374:621.923.4

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Чи Гуаньнань

Тема работы:

Разработка конструкции станда (общая компоновка и привод подачи)
и исследование процесса пластической деформации при алмазном выглаживании

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-118/с от 28.02.2020
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объектом исследования является разработка конструкции станка и процесс алмазного выглаживания. Цель работы: Определение деформационной характеристики процесса алмазного выглаживания и выявление зависимости между силовой характеристикой и вибрационной характеристикой.</i>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>Для достижения цели поставлены следующие задачи:</p> <p>1.Исследовать технологию алмазного выглаживания.</p> <p>2.Анализировать частотно-амплитудные характеристики разных материалов.</p> <p>3.Разработать конструкции станка для выглаживания.</p> <p>4.Проверить прочность важных деталей станка.</p> <p>5.Происходить эксперимент, получить АЧ характеристику выглаживания.</p>
Перечень графического материала	Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Червач Ю.Б.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н		10.10.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Чи Гуаньнань		10.10.2018

Оглавление

Реферат.....	6
ВВЕДЕНИЕ	8
1. Литературный обзор	9
1.1. Понятие поверхностного пластического деформирования.....	9
1.2. Сущность упрочнения пластическим деформированием....	10
1.3 Алмазное выглаживание.	12
1.4 Инструменты для выглаживания.....	14
1.5 Силы при алмазном выглаживании.	16
1.6 Выглаживание наружных цилиндрических поверхностей.....	18
1.7 Знание вибрации машины.....	19
1.8 Причина вибрации машины.....	20
1.9 Описание вибрации.	23
1.9.1 Амплитуда Вибрации.	23
1.9.2 Частота вибрации.....	25
1.10 Форма сигнала и спектр.	26
2. Проектировка конструкции станка для алмазного выглаживания	28
2.1 Проектирование привода подачи.	28
2.1.1. Основные требования, которым должны соответствовать конструкция трансмиссии подачи.	29
2.1.2. Проектировка конструкции винта.....	30
2.1.3. Проектировка ходовой оси.	35
2.1.4. Выбор линейного подшипника оси.....	37
2.1.5. Проектировка тормозной конструкции подачи.	38
2.1.6. Выбор двигателя для движения подачи станка.	41
2.2 Проектировка направляющей.....	42
2.3 Проектировка опоры системы подачи.	43
2.4 Проектировка опоры двигателя.....	45
3. Технологическая часть.	47
3.1 Обработка и сборка опор подачи.....	47
3.2 Фиксирование ходовых осей на направляющей инструмента.	

.....	47
4. Применение метода конечных элементов в структуре токарного станка.	51
4.1. Анализ винта токарного станка.	51
4.1.1. Создание модели и сетки винта.	51
4.1.2. Граничные условия и нагрузки.....	53
4.1.3. Решение напряжения и деформации винта.	54
4.1.4. Модальный анализ винта.	65
4.2 Сравнение характеристик трех материалов при подавлении вибрации на токарном станке	68
4.2.1 Создание модели для симуляции.	69
4.2.2 Определение параметров характеристики материала....	70
4.2.3 Гармонический имитационный анализ модели	70
5. Экспериментальное планирование деформационной характеристики материала при алмазном выглаживании.....	76
Вывод	81
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	82
Социальная ответственность	106
Development of the stand design (general layout and feed drive) and research of the process of plastic deformation during diamond burnishing	130
Приложение	149
Список литературы	164

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 167 листов, 53 рисунков, 29 таблиц.

Ключевые слова: алмазное выглаживание, деревянный станок, амплитудно-частотная характеристика материалов.

Актуальность работы заключается в том, что амплитудно-частотные характеристики процесса выглаживания до настоящего времени не исследованы. Разработка конструкции деревянного станка и проведение экспериментальных исследований.

Объектом исследования является разработка конструкции станка и процесс алмазного выглаживания.

Цель работы состоит в том, что определение деформационной характеристики процесса алмазного выглаживания и выявление зависимости между силовой характеристикой и вибрационной характеристикой.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- Исследовать технологию алмазного выглаживания.
- Анализировать частотно-амплитудные характеристики разных материалов.
- Разработать конструкции станка для выглаживания.
- Проверить прочность важных деталей станка.
- Провести эксперимент, получить АЧ характеристику выглаживания.

Работа представлена введением, четырьмя разделами и заключением.

В первом разделе «Литературный обзор» рассмотрены сведения алмазного выглаживания, алмазные инструменты, сила при выглаживании и вибрация в машине.

Во втором разделе «Проектировка конструкции станка для алмазного выглаживания» построен деревянный станок для эксперимента. Проектированы конструкции главных деталей станка и выбор материал детали.

В третьем разделе «Технологическая часть» описаны обработки некоторых деталей станка. Включая методы обработки, зажимы деталей и выбор инструмента.

В четвёртом разделе «Анализ методом конечных элементов компонентов станка» проанализированы прочность, жёсткость и модальная форма вибрации винты. Исследованы амплитудно-частотные характеристики материалов. Рассмотрены результаты сравнения АЧ характеристика дерева с разными материалами.

В заключении изложены выводы о проделанной работе и определенном направлении дальнейших исследований.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение качества механических изделий является первой задачей механического производственного персонала. Качество изготовления изделий включает в себя два аспекта: качество изготовления деталей и качество сборки изделий. Качество изготовления деталей напрямую влияет на качественные показатели производительности, эффективности, срока службы и надежности изделия и т. д. Это является основой для обеспечения качества изготовления изделия. Повышение производительности и срока службы изделия является принципом, которому следует машиностроительная промышленность.

Применение технологии обработки поверхности материалов в промышленности значительно улучшило производительность, качество и срок службы изделий, а также принесло огромные экономические выгоды. Деформация сжатия происходит на металлической поверхности механическими средствами, так что поверхность образует деформационно упрочненный слой, тем самым повышая твердость и прочность поверхностного слоя.

Алмазное выглаживание является одним из наиболее простых и эффективных методов упрочнения поверхностным пластическим деформированием.

На данной работе представлен принцип технологии алмазного выглаживания и вибрации в машине. Для изучения механической вибрации при выглаживании разработан специальный токарный станок.

1. Литературный обзор

1.1 Понятие поверхностного пластического деформирования.

При изготовлении и эксплуатации деталей машин на их поверхностях образуются неровности и микронеровности, а слой металла, непосредственно прилегающий к поверхности, изменяет структуру, фазовый и химический состав, в нем возникают остаточные напряжения.

В условиях эксплуатации поверхностный слой детали подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию: механическому, тепловому, магнитоэлектрическому, световому, химическому и др. В большинстве случаев у детали начинают ухудшаться служебные свойства поверхности, например, износ, коррозия, усталостные трещины и другие разрушения развиваются вначале на поверхности. Поэтому к поверхностному слою предъявляются более высокие требования, чем к основной массе детали. А обработка поверхностным пластическим деформированием является одним из наиболее простых и эффективных способов повышения эксплуатационных показателей детали и ее поверхностного слоя в частности.

Поверхностное пластическое деформирование основано на способности металлической поверхности воспринимать остаточные пластические деформации без нарушения целостности металла. В результате поверхностного пластического деформирования повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения сжатия, уменьшается параметр шероховатости R_a , увеличивается радиус закругления вершин микровыступов и т.п. Поверхностное

пластическое деформирование деталей применяется во всех типах производства. Важной характеристикой состояния поверхностного слоя являются остаточные напряжения.

Остаточные напряжения оказывают существенное влияние на прочность и долговечность деталей машин и конструкций. Вследствие поверхностной пластической деформации в поверхностном слое возникают сжимающие остаточные напряжения. Остаточные сжимающие напряжения, возникающие в поверхностном слое, повышают циклическую прочность деталей, так как они разгружают поверхностные слои от напряжений, вызванных нагрузками.

В ходе обработки форма зерен поверхностных слоев металлической заготовки изменяется. Они вытягиваются в направлении деформации, образуется упорядоченная структура волокнистого характера. Детали, обработанные поверхностным пластическим деформированием, становятся менее чувствительными к усталостному разрушению.

1.2 Сущность упрочнения пластическим деформированием.

Поликристаллические твердые тела состоят из большого числа зерен(кристаллов), разделенных между собой границами. Каждое зерно содержит дефекты. Зерна имеют различную ориентировку (рис.1).

При приложении внешнего напряжения к металлу пластическая деформация в первую очередь произойдет в зерне, наиболее благоприятно ориентированном к внешнему напряжению (т.е. с наибольшим касательным напряжением). С ростом внешнего напряжения наблюдается постепенное вовлечение остальных зерен в

процессе пластической деформации при сохранении сплошности зерна. На рисунке показана схема передачи пластической деформации от зерна к зерну. Под действием внешнего сдвигающего напряжения τ_s дислокации, генерируемые активным источником В, приходят к границе зерна и задерживаются около нее. По мере накопления дислокаций у точки «Р» растет напряжение. Однако этого недостаточно, чтобы перейти из одного зерна в другое через границу MN. Поэтому распространение скольжения от одного зерна к другому осуществляется за счет того, что при достижении определенного значения напряжения в точке «Р» возбуждается источник дислокации в соседнем зерне, например в точке А. Движение дислокаций, генерируемых источником А, будет происходить по наиболее благоприятно ориентированной плоскости скольжения.

Если дислокация надежно задерживается границей и возможности эстафетной передачи деформации ограничены, то деформация локализуется в микрообъемах, а напряжение текучести возрастает.

Наряду с величиной зерна на деформационное упрочнение металлов большое влияние оказывает количество и размер внутризеренных блоков (ячеек). С повышением степени деформации и роста плотности дислокаций происходит дробление зерна на блоки по плоскостям скопления дислокаций.

Пластическая деформация металлов достигается за счет движения дислокаций. В процессе пластической деформации плотность дислокаций увеличивается за счет взаимодействия между дислокациями.

Высокая эффективность упрочнения объясняется более высокой плотностью дефектов, образующихся в поверхностном слое, за счет

Алмазное выглаживание яв

Почти все металлы и сплавы могут обработать алмазным
выглаживанием, кроме того титана, циркония и ниобия, т.к. они

налипают на рабочую часть инструмента.

Формирование поверхностного слоя при алмазном выглаживании происходит вследствие пластического деформирования обрабатываемой поверхности. Под действием радиальной силы, действующей на поверхность контакта алмаза с деталью, возникают контактные давления. Если их величина превышает предел текучести, возникает пластическая деформация тонких поверхностных слоев. При пластической деформации поверхностный слой имеет специфическое волокнистое строение, исходная кристаллическая решетка искажается. Выглаживание производится: для уменьшения шероховатости поверхности (отделка), упрочнения поверхностного слоя, повышения точности размеров и форм деталей (калибрование).

Учитывая повышенную хрупкость алмаза или композита, не следует обрабатывать выглаживанием прерывистые поверхности. Из-за нестабильности качества при обработке выглаживанием нельзя обрабатывать заготовки со значительными отклонениями формы в поперечном сечении или неравномерной твердостью поверхности (разброс значений твердости не более 4 HRC). Поэтому предварительная обработка поверхности заготовки под алмазное выглаживание должна выполняться шлифованием, тонким точением или растачиванием, то есть точность размеров должна быть не ниже 7 квалитета с параметром шероховатости $Ra \leq 0,80$ мкм.

Основные факторы, влияющие на образующийся в результате алмазного выглаживания микрорельеф поверхности содержат: Кинематика процесса (направлением взаимного перемещения инструмента и обрабатываемой детали); Величина исходной шероховатости; Форма и размер рабочей части алмаза или композита; Величина внедрения алмаза или композита в обрабатываемую

поверхность; Пластическое течение материала, обуславливающее появление вторичной шероховатости; Шероховатость рабочей части алмаза или композита; Величина упругого восстановления поверхности детали после выглаживания.

Качество обработанной поверхности заготовки алмазным выглаживанием существенно зависит от режимов выглаживания: усилия и подачи. Число проходов, скорость выглаживания влияют на шероховатость и микротвердость обработанной поверхности в значительно меньшей степени.

1.4 Инструменты для выглаживания.

Для изготовления выглаживателей одинаково широко применяются природные и синтетические алмазы, а также композиты. Стойкость природных и искусственных алмазов, композитов примерно одинакова. Для обработки железоуглеродистых сплавов более предпочтительным является применение в качестве деформирующих элементов композитов.

Алмаз обладает значительной твердостью и позволяет обработать большинство конструкционных материалов. Однако, на практике использование натурального алмаза сопровождается определенными трудностями. Например, для использования алмаза его предварительно необходимо сориентировать в направлении максимальной твердости. Поскольку натуральный алмаз обладает значительной хрупкостью, то обрабатывать поверхности, имеющие большие биения относительно оси вращения не представляется возможным и т.д. В качестве инструментальных материалов для обработки выглаживанием широкое применение нашли такие материалы, как синтетический алмаз, эльбор, сверхтвердые

материала на основе кубического нитрида бора, а также твердые сплавы ВК6, ВК8, как в сочетании с износостойкими покрытиями, так и без них.

Рабочим инструментом служат простые по конструкции державки с наконечниками из естественных и искусственных алмазов в виде полусферы, цилиндра или конуса.

Наконечники из природных (технических) алмазов представлены двух типов: тип 1 – со сферической и цилиндрической рабочей частью (см. рис. 2), тип 2 – с конической (см. рис. 3). Инструмент типа 1 выполнен в трех исполнениях.



Рис. 2 Тип 1 – со сферической и цилиндрической рабочей частью

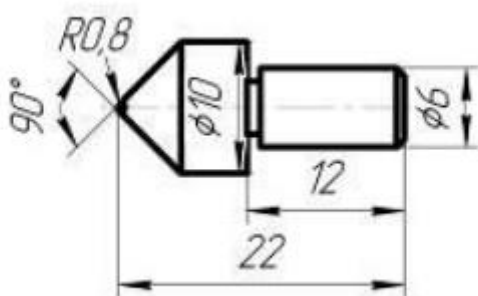


Рис. 3 Тип 2 – с конической рабочей частью из природного алмаза

Инструмент со сферической (рис. 4а) формой заточки позволяет обрабатывать наружные, внутренние и плоские поверхности как методом выглаживания, так и вибровыглаживанием.

Цилиндрическую форму (рис. 4б) применяют только для обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Конический выглаживатель (рис. 4в) работает большой поверхностью конуса.

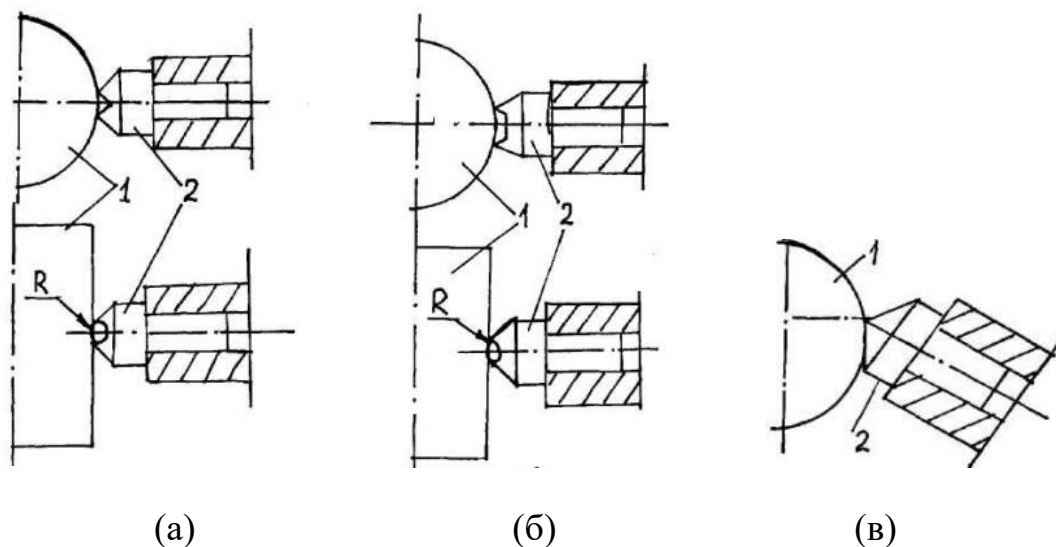


Рис 4. Схема установок выглаживателей при обработке цилиндрической поверхности: а – сферическая форма заточки, б – цилиндрическая, в – коническая; 1 –обрабатываемая поверхность, 2 – заточка.

1.5 Силы при алмазном выглаживании.

При выглаживании наружной поверхности детали-тела вращения на токарном станке и при установке выглаживателя в резцедержатель механизм выглаживания заключается в следующем. Прижатый к обрабатываемой поверхности с некоторой силой инструмент внедряется в нее на некоторую глубину и при своем движении сглаживает исходные неровности. После прохода инструмента происходит частичное упругое восстановление поверхности. Впереди выглаживателя образуется валик пластически деформированного металла, передняя поверхность выглаживателя нагружается гораздо больше, чем задняя поверхность. По этой причине, а также вследствие адгезионного взаимодействия между деталью и инструментом в процессе выглаживания возникает

тангенциальная составляющая силы.

После каждого оборота обрабатываемой детали канавка-след выглаживателя перемещается в осевом направлении на величину подачи. При этом происходит многократное перекрытие ее при последующих оборотах обрабатываемой детали, т.к. ширина канавки больше величины подачи. Со стороны невыглаженной поверхности образуется валик деформированного металла, правая полуповерхность (в направлении подачи) нагружена гораздо больше, чем левая полуповерхность. Поэтому в процессе выглаживания возникает осевая сила.

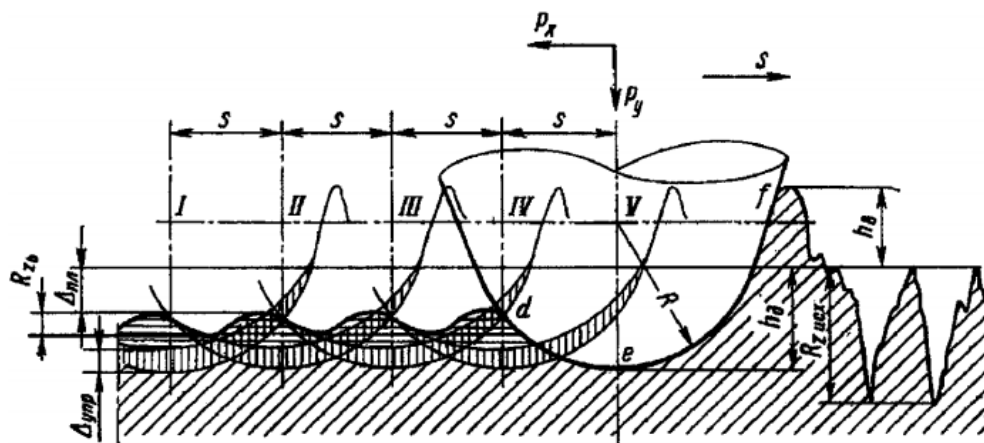


Рис. 5 Схема деформации поверхности при алмазном деформации.

При выглаживании сила P раскладывается на составляющие: нормальную P_y , тангенциальную P_z и силу подачи P_x .

Величина сил выглаживания зависит от радиуса формы рабочей части выглаживателя, пластичности и шероховатости обрабатываемой поверхности, от глубины внедрения выглаживателя, подачи и др.

$$P_x = C_x R^{0.5} h^{4.5} \sigma T, \quad P_y = C_y R h \sigma T, \quad P_z = C_z R^{0.5} h^{4.5} \sigma T,$$

где C_x ; C_y ; C_z - коэффициенты, учитывающие конкретные условия обработки;

R- радиус рабочей части выглаживателя;
h- глубина внедрения выглаживателя;
 σ_t - предел текучести обрабатываемого материала.

Исследованиями установлено, что основной силой, создающей необходимое давление в зоне контакта инструмента с деталью, является нормальная составляющая P_y . Составляющие P_x и P_z в 10-20 раз меньше P_y . Поэтому в качестве силы выглаживания принимают P_y .

Производственный опыт свидетельствует, что оптимальная нормальная сила при алмазном выглаживании конструкционных сталей от 100 до 200 Н. При больших силах, как правило, возрастает глубина упрочненного слоя, увеличивается микротвердость в нижних слоях, однако происходит уменьшение микротвердости в верхнем тонком поверхностном слое.

1.6 Выглаживание наружных цилиндрических поверхностей.

Выглаживание наружных цилиндрических поверхностей производилась на токарном станке с высокой точностью. Мы закрепили инструмент в державке токарного станка. Гравирующая вставка с алмазным краем прижимается к обрабатываемой поверхности пружиной (рис. 6). Алмаз является особенно хорошим полирующим инструментом, поскольку он скользит по металлам и обладает низким коэффициентом трения с высокой твердостью.

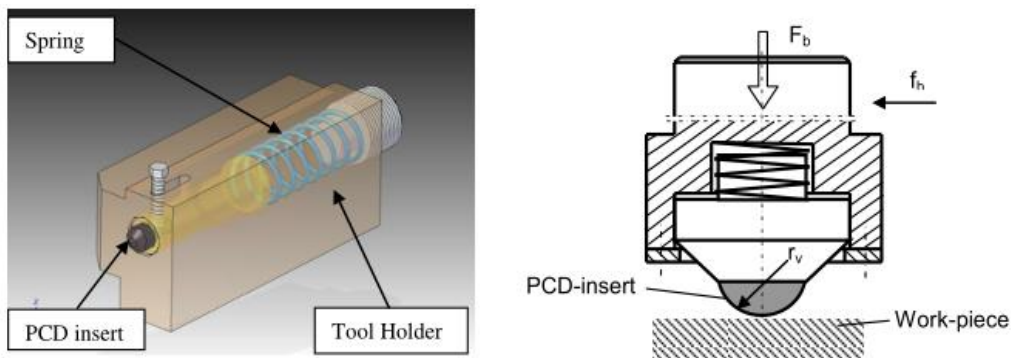


Рис. 6 Инструмент алмазного выглаживания

Усилие выглаживания имеет оптимальное значение, над ним из-за разрушения поверхность может огрубляться. Слишком высокая скорость формования и высокая подача могут привести к снижению эффективности процесса. Подобную шероховатость поверхности можно обеспечить чистовой токарной обработкой или шлифовкой [5]. Мы можем выглаживать поверхности (особенно твердые поверхности) только после чистовой или прецизионной обработки (например, твердое резание).

Когда мы сравнили исходные значения шероховатости поверхности со значениями после алмазного выглаживания (при использовании твёрдого резания). Можно сказать, что алмазное полирование улучшает значения шероховатости поверхности на 30% по сравнению с исходными поверхностями [5].

1.7 Знание вибрации машины

На промышленных предприятиях есть вид вибрации, который вызывает беспокойство у эксплуатационного персонала — это вибрация машины.

Вибрация машины - это периодическое движение узлов машины, или самой машины, повторяющееся через определенные

промежутки времени. Любой узел, который движется сначала вперед, а затем назад совершает колебания или вибрирует. Иными словами, вибрация — это повторяющийся процесс изменения значения физической величины около ее среднего значения с течением времени.

Вибрация машин может принимать различные формы. Машинный узел перемещаться на большие и малые расстояния, быстро и медленно, со звуком и с высокой температурой. В одних машинах- вибрация может быть специально заложенной на стадии проектирования и иметь функциональное назначение, в других- может быть непреднамеренной и привести к их повреждению.

В большинстве случаев вибрация машин непреднамеренна и нежелательна. На рисунках 7 показаны некоторые примеры вредной вибрации для машин.



Рис. 7 Примеры вредной вибрации

1.8 Причина вибрации машины.

1) Из-за действия периодических сил

Периодические силы действуют на узлы и детали машины, заставляя ее совершать колебательные движения.

Периодические силы в машинах возникают из-за неуравновешенности, несоосности валов, износа деталей, или наноса на вращающиеся части машины грязи. Примеры этих типов

периодических сил показаны на рисунках 8.

Неуравновешенные детали машины имеют "тяжелую точку", которая вращается и вызывает периодические силы в машине. Неуравновешенность часто возникает в результате ошибок при механической обработке деталей, неоднородной плотности материала, неравномерного воздушного зазора между деталями, недостаточной массы уравнивающих грузов.

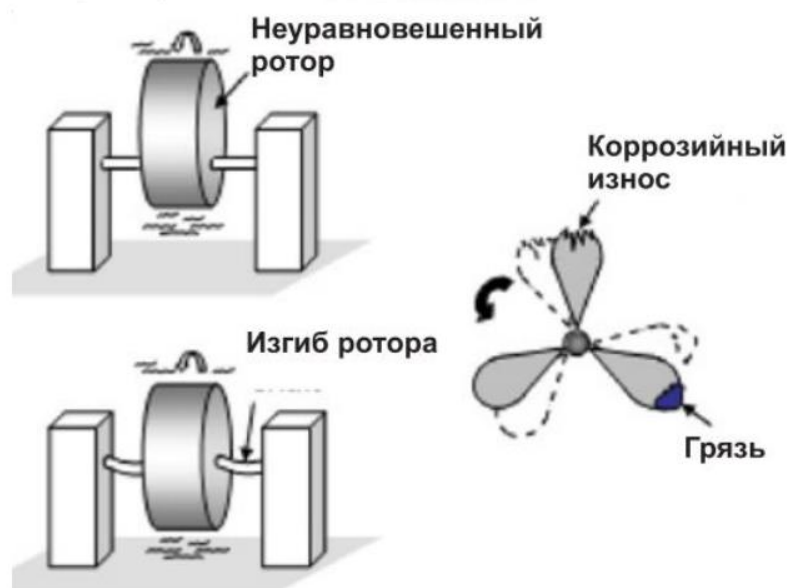


Рис. 8

2) Ослабление конструкции

При ослаблении деталей или узлов машины вибрация усиливается (возрастает). То есть, если на вращающихся и невращающихся частях машины имеются незакрепленные детали или узлы, то амплитуда колебаний на этих частях достигнет больших уровней и станет неустранимой.

3) Резонанс

Колебания, совершаемые при отсутствии внешних сил, когда система после первоначального воздействия внешней силы представлена самой себе называются свободными или собственными

колебаниями системы.

Машины вибрируют с определенной частотой колебаний. Машина, на которую не действуют вынужденные силы, совершает свободные колебания, то есть она будет совершать колебания с собственной частотой.

У большинства машин может быть больше чем одна собственная частота колебания. Например, если машина имеет два фундамента, с различными собственными частотами колебаний, то она будет иметь не менее двух собственных частот колебаний. Чем сложнее машина, тем больше она имеет собственных частот колебаний.

Амплитуда колебаний машины под действием периодической силы будет возрастать все больше и больше, с частотой близкой к собственной. Колебания машины под действием внешней периодической силы будут увеличиваться не только потому, что она колеблется с собственной частотой, но и потому, что получает дополнительное периодическое воздействие силы (внешнюю помощь). Машина, совершающая такие колебания - испытывает резонанс. Увеличение амплитуды колебаний — это лишь следствие резонанса, а причина- совпадение возбуждающей частоты с внутренней (собственной) частотой колебаний машины.

Умеренная периодическая сила не вызывает проблем, пока ее частота не совпадает с собственной частотой колебания машины и не приведет к резонансу. Резонанса, нужно всегда избегать, поскольку он вызывает необратимые повреждения узлов и самой машины.

Техническое состояние машины определяют путем сравнения текущего уровня вибрации с «пороговым» уровнем. «Пороговый» уровень вибрации — это предельное значение вибрации, выше которого возможно нарушение в работе машины или ее поломка.

Поэтому организовав периодический контроль за вибрацией машины, Вы тем самым не допустите ее в работу с разрушительной вибрацией, а это позволит вам сэкономить много времени, денежных средств и предотвратить поломку машины.

1.9 Описание вибрации.

Для описания механических колебаний машины используют два самых важных числовых параметра - это амплитуда и частота.

Амплитуда указывает, насколько серьезна вибрация, а частота описывает скорость вибрации (как часто объект совершает колебания). Эти два параметра являются основными параметрами для описания и распознавания неисправностей в машине.

1.9.1 Амплитуда Вибрации.

Амплитуда колебаний - величина вибрации. Амплитуда колебаний машины - это периодические движения корпуса, узлов машины как единое целое или их большие и частые, периодические перемещения. Чем больше амплитуда вибрации, тем больше перемещение и напряжение испытывает машина и, тем выше вероятность ее поломки.

Амплитуда вибрации является индикатором серьезности вибрации и может быть выражена и отображена в единицах ускорения, виброскорости и смещения.

Важнейшими параметрами механического движения являются параметры периодических перемещений исследуемого объекта в пространстве. Эти параметры - вибросмещение, виброскорость и

виброускорение.

1) Вибросмещение

С помощью параметра «вибросмещение» можно описать любое колебательное движение машины с начала в одном направлении, а затем в другом. Вибросмещение - величина полного перемещения узлов, корпусов машины за один период колебаний. Этот параметр вибрации характеризует механическое перемещение машины, ее узлов и деталей. Измеряют вибросмещение в мм или в мкм.

2) Виброскорость

Самую полезную информацию о техническом состоянии машины можно получить, если в качестве измеряемого параметра вибрации использовать скорость. Это самый измеряемый параметр вибрации, который характеризует колебательную энергию. По уровню виброскорости судят о техническом состоянии машины, ее узлов и деталей.

Виброскорость — это максимальная скорость изменения вибрации, измеренная в одном направлении.

Амплитуда скорости может быть выражена в пиковом или в среднеквадратичном значениях.

Пиковая амплитуда виброскорости - это максимальная скорость вибрации машины за определенный период времени, как показано ниже на рисунке 9.

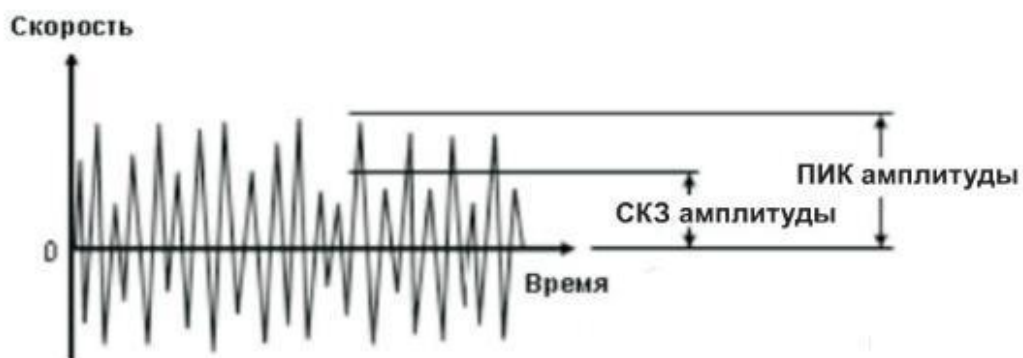


Рис. 9 ПИК и СКЗ амплитуды.

В отличие от пиковой, среднеквадратическая скорость вибрации говорит нам об интенсивности вибрации в машине. Чем выше интенсивность колебаний, тем выше амплитуда среднеквадратической скорости. В большинстве случаев среднеквадратичное значение амплитуды составляет 50-80% от пикового.

3) Виброускорение

С помощью параметра «виброускорение», так же как и с помощью других параметров вибрации (смещение, скорость) можно описать вибрацию машины, ее узлов, деталей. Ускорение - есть скорость изменения скорости и которое обычно измеряется в м/с² или в единицах g ($1g=9,81\text{м/с}^2$). Этот параметр вибрации характеризует инерционные силы, воздействующие на машину или ее узлы.

1.9.2 Частота вибрации.

В зависимости от сил, вызывающих вибрацию, части машины могут совершать колебания быстро или медленно.

Интенсивность, с которой совершаются колебания машины, называют частотой колебания или частотой вибрации. Чем выше частота вибрации, тем интенсивнее колебания.

Для определения частоты колебаний узлов и деталей машины, нужно подсчитать число периодов (циклов) колебаний, которые заканчиваются через каждую секунду. Как показано на рисунке 10, один период (цикл) сигнала - это одно полное колебание за наименьший промежуток времени который характеризует сигнал.

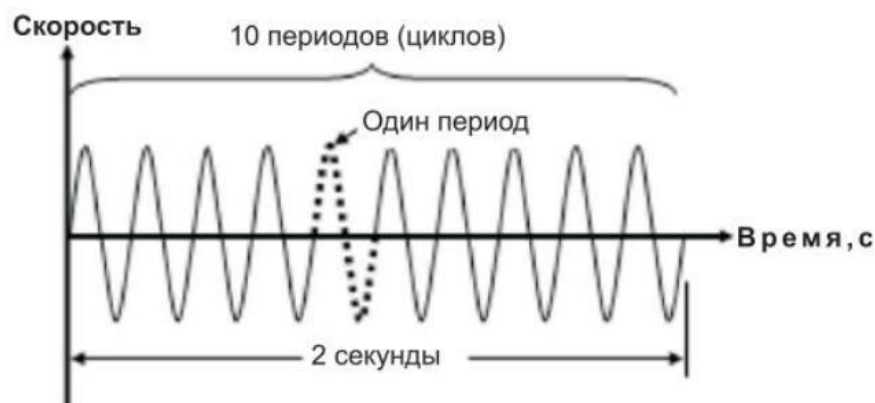


Рис. 10 Период (цикл) сигнала

Частота вибрации является индикатором технического состояния машины.

1.10 Форма сигнала и спектр.

Графическое отображение вибрации - является полезным инструментом для анализа причин вибрации машины.

Графическое отображение вибросигнала, изменяющегося в течении какого-то времени, называют формой волны (временной формой вибросигнала) и обычно используется специалистами при анализе вибрации.

Еще одним видом отображения вибрации, обычно используемым специалистами, является спектр. Спектр вибросигнала - графическое отображение частот, с которой элементы машины совершают колебания с определенной амплитудой.

В отличие от спектра, форма вибросигнала не дает четкого отображения отдельных частот, на которых происходит вибрация. Форма сигнала отображает только общий результат и поэтому, диагностировать дефекты в машине, используя только форму волны не всегда легко даже опытному специалисту. Спектр вибросигнала (а

не форма сигнала) является основным инструментом, используемым при анализе вибрации машины.

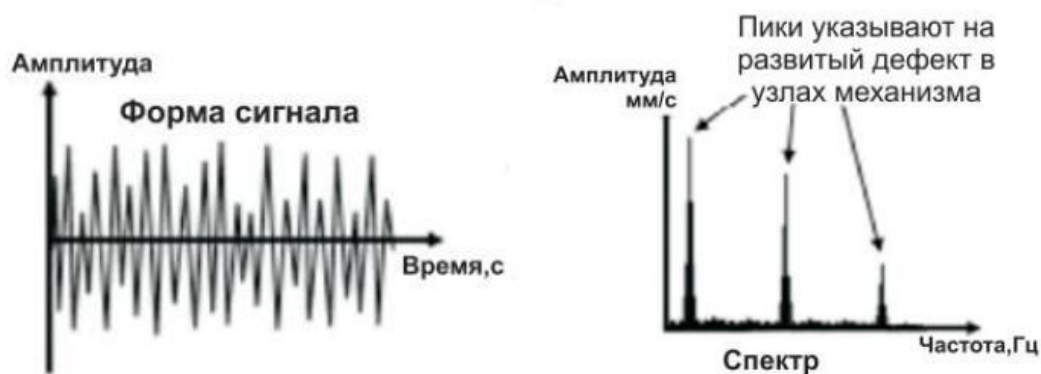


Рис. 11

Информация, которую содержит спектр, зависит от выбора максимальной частоты (F_{\max}), определяющая измеряемый частотный диапазон и разрешения спектра. От правильного выбора F_{\max} спектра зависит достоверность получаемой информации и сделанных выводов о причинах вибрации машины. Выбор F_{\max} производят в зависимости от скорости вращения машины. Чем выше скорость вращения, тем выше должна быть F_{\max} . Разрешение спектра - мера уровня детализации в спектре, и определяет число спектральных линий, характеризующих форму спектра. Чем больше спектральных линий, тем более детальным будет спектр. [11]

2. Проектировка конструкции станка для алмазного выглаживания

Большинство традиционных горизонтальных токарных станков, таких как токарно-винторезный станок 16K20, из-за зубчатой передаче в шпиндельной бабке, а их корпус и станина, изготовленные из чугуна, вызывают большие вибрации во время обработки. Такая большая вибрация делает невозможным конкретное изучение взаимосвязей вибрации между инструментами и деталями во время алмазного выглаживания. Таким образом, нужно спроектировать простой, недорогой токарный станок для изучения этого предмета.

Основная функция металлорежущих станков - обеспечить необходимое движение и мощность для резания. Основной принцип станка: посредством относительного перемещения инструмента и заготовки инструмент удаляет из заготовки лишний металлический материал, так что заготовка имеет требуемую геометрию и размер.

2.1 Проектирование привода подачи.

Приводная система подачи используется для реализации движения подачи и вспомогательного движения станка.

В качестве источника питания в приводе подачи может использоваться отдельный электродвигатель, который удобен для укорачивания приводной цепи и реализует движение подачи и автоматизацию станка в нескольких направлениях, а также может делить источник питания с основным движением для обеспечения строгости между основным движением и движением подачи.

Передаточное отношение, подходит для станков со встроенной трансмиссионной цепью.

Механизм преобразования движения используется для изменения типа движения (вращательное движение на линейное движение), например, реечная передача, червячная передача, гайка и т.д.

В нашей конструкции двигатель отдельно сконфигурирован для системы подачи, а метод передачи гайки винта используется для преобразования вращательного движения вала двигателя в линейное движение гайки для привода инструмента после продольной подачи. Винтовая гайка проста в установке, работает плавно и бесшумно, и соответствует нашим экспериментальным потребностям.

2.1.1. Основные требования, которым должны соответствовать конструкция трансмиссии подачи.

Конструкция трансмиссии подачи должна соответствовать следующим основным требованиям:

Во-первых, он обладает достаточной статической и динамической жесткостью.

Во-вторых, он имеет хороший быстрый отклик, не ползает при низкоскоростном или микроподаче, стабильном движении и высокой чувствительности

В-третьих, виброустойчивость хорошая, и она не будет вызывать вибрацию деталей трансмиссии или ударный шум зубчатой передачи из-за трения и собственных вибраций.

В-четвертых, он имеет достаточно широкий диапазон скоростей, чтобы обеспечить достижение необходимого количества подачи для

различных обрабатываемых материалов, с использованием разных инструментов и удовлетворения различных требований к обработке. Эту точку можно опустить в специальной машине, которую мы разработали.

В-пятых, точность передачи и позиционирования системы подачи должна быть высокой.

В-шестых, структура проста, а технология обработки и сборки хорошая. Легко настроить и поддерживать, легко работать и гибко.

2.1.2. Проектировка конструкции винта.

Винт является высокоточным элементом. Он может точно определять координатное положение стола, преобразовывать вращательное движение в линейное движение, а также передавать определенное количество энергии. Есть высокие требования. Функция винта конструкции заключается в том, что держатель инструмента может точно перемещаться на соответствующее расстояние, повернув шпиндель один раз.

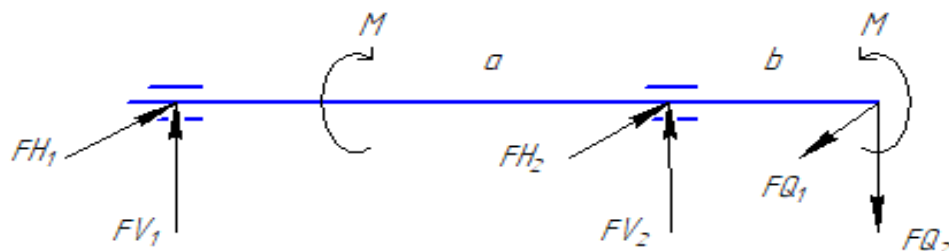
Винт представляет собой тонкий гибкий вал, и отношение его длины L к диаметру d велико, обычно 20-50, а его жесткость мала. Форма конструкции сложная, с высокими требованиями к поверхности резьбы, а также ступеньками, канавками и т. д.

Конец винта и каждый ступенчатый торец имеют фаску, что используется для введения сопрягаемых деталей и предотвращения царапин совпадающих деталей и операторов. Чтобы обеспечить точность вращения винта, диаметр винта, соответствующий подшипнику качения, имеет высокую точность и низкую шероховатость поверхности.

Чертеж обрабатываемой детали имеет все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, размеры и сечения. На чертеже указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей. Указаны сведения о материале детали.

Расчет на прочность винта.

Чтобы проверить прочность винта, напряжение винта в работе должно быть подтверждено в первую очередь. Как показано на следующей диаграмме сил, винт поддерживается горизонтальными и вертикальными опорными силами F_{H1} , F_{H2} , F_{V1} , F_{V2} , обеспечиваемыми двумя подшипниками, горизонтальной составляющей F_{Q1} и вертикальной составляющей F_{Q2} силы натяжения ремня и во время обработки момент M получен в процессе.



Где M - Крутящий момент

FQ_1, FQ_2 - Горизонтальное натяжение и вертикальное натяжение ремня.

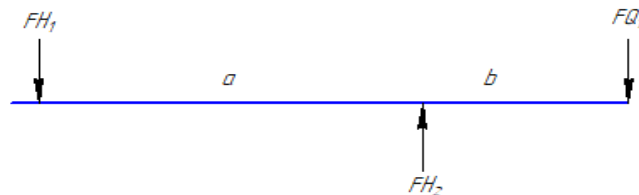
FH_1, FH_2, FV_1, FV_2 - Горизонтальная и вертикальная несущая опора подшипников.

a, b - Части длины винта.

Известны $FQ_1 = 9,9 \text{ Н}$, $FQ_2 = 0,07 \text{ Н}$, $a = 360 \text{ мм}$, $b = 55 \text{ мм}$, $M = 65 \text{ Н}\cdot\text{мм}$.

Теоритический расчёт

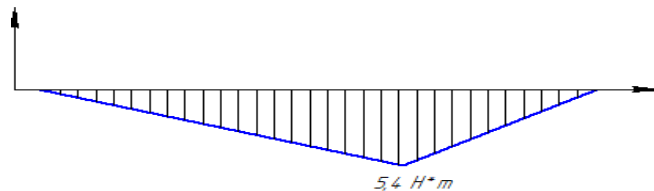
Силы в горизонтальной плоскости



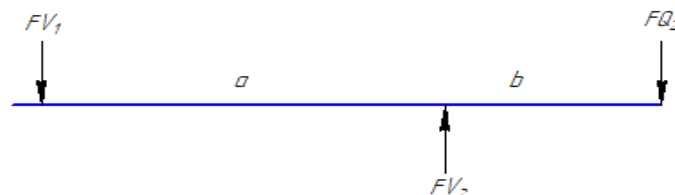
$$FH_1 = \frac{FQ_1 \cdot b}{a} = 1,5 \text{ Н}$$

$$FH_2 = \frac{FQ_1 \cdot (a+b)}{a} = 11,4 \text{ Н}$$

Изгибающий момент в горизонтальной плоскости M_H :



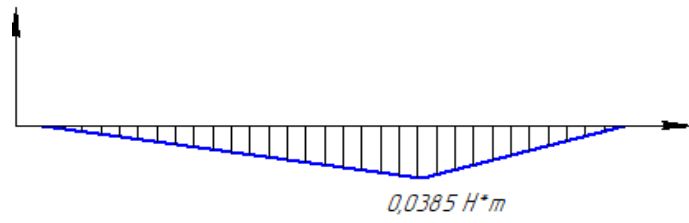
Силы в вертикальной плоскости



$$FV_1 = \frac{FQ_1 \cdot b}{a} = 0,01 \text{ Н}$$

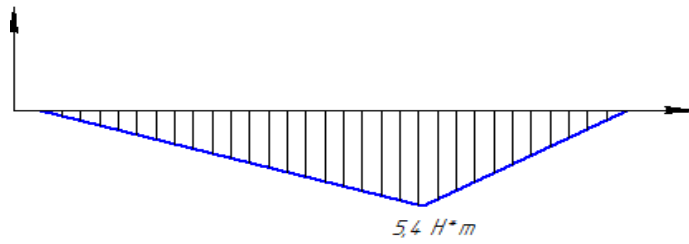
$$FV_2 = \frac{FQ_1 \cdot (a+b)}{a} = 0,08 \text{ Н}$$

Изгибающий момент в вертикальной плоскости M_V :



Суммарный изгибающий момент

$$M = \sqrt{M_H^2 + M_V^2} = 5,4 \text{ H} \cdot \text{m}$$



2.1.3. Проектировка ходовой оси.

Функция ходовой оси состоит в том, чтобы перенести движение коробки подачи в коробку каретки, чтобы верхняя каретка и токарный инструмент двигались с определенной скоростью.

В токарном станке, который мы проектировали, мы зафиксировали оси на направляющей инструмента, и оси выполняли продольное движение подачи вместе с процессом подачи направляющей стойки инструмента, которая в основном поддерживала стойки инструмента.

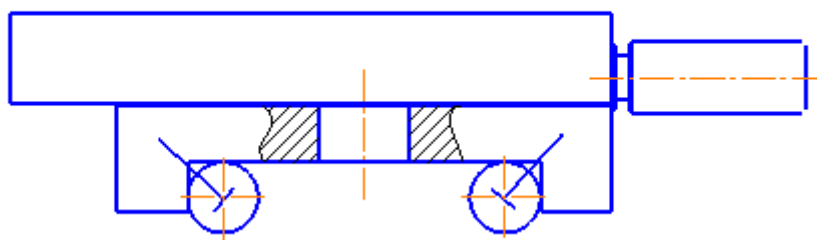


Рис. 18 Схема сборки



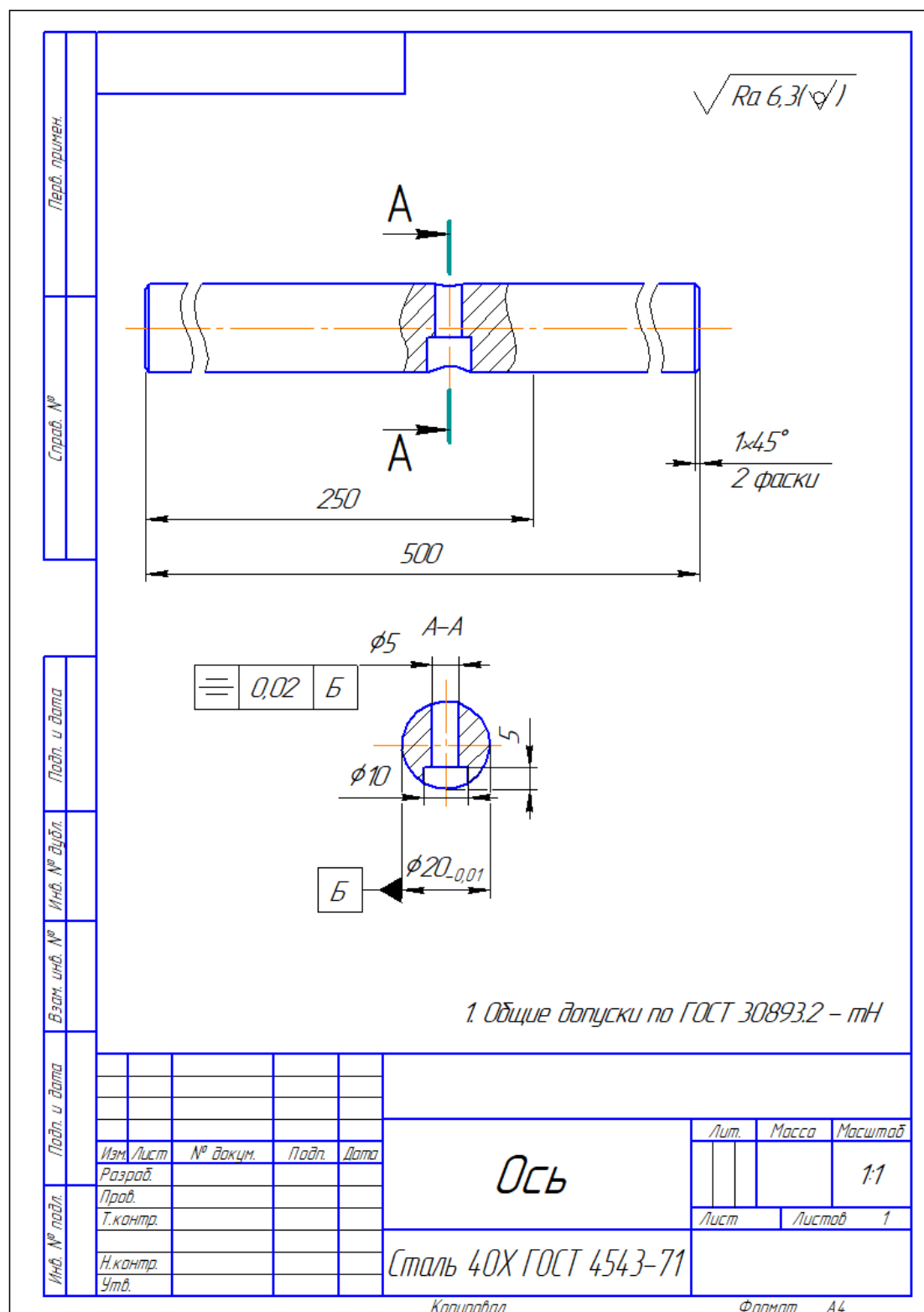


Рис. 19 Чертеж оси

Ось. Ось представляет собой цилиндр Ф20 имеется ступенчатые отверстия Ф10, Ф5мм.

Деталь имеет габаритные размеры: $\Phi 20 \times 500$. Самые точные поверхности:

- позиционированный размер: $80 \pm 0,5 \text{ мм}$.

Остальные размеры выполняются по ГОСТ 30893.2 - mH, неуказанная шероховатость-Ra6,3.

Деталь имеет отклонения форм поверхность:

- допуск соосности 0,02мм,

- допуск симметричности 0,02мм.

Конец оси имеет фаску. Чертеж обрабатываемой детали имеет все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, размеры и сечения. На чертеже указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей. Указаны сведения о материале детали.

2.1.4. Выбор линейного подшипника оси.

Линейный подшипник - это система линейного перемещения, используемая для линейного хода и цилиндрического вала. Поскольку шарик подшипника находится в точечном контакте с оболочкой подшипника, стальной шарик катится с минимальным сопротивлением трению, поэтому линейный подшипник имеет низкое трение, относительно стабилен, не изменяется со скоростью подшипника и может получать стабильное линейное движение с высокой чувствительностью и высокой точностью.



Рис. 20 Линейный подшипник

2.1.5. Проектировка тормозной конструкции подачи.

Во время процесса подачи токарный станок должен быть оснащен тормозным устройством, чтобы избежать повреждения механизма передачи, когда сила подачи слишком велика или движение держателя инструмента заблокировано. Тормоза в наших разработанных токарных станках чисто механические. Не только структура проста и удобна в эксплуатации, но также экономична и проста в изготовлении.

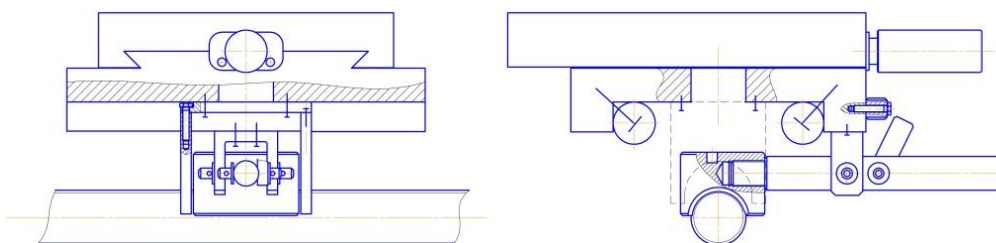


Рис. 21 Сборки тормоза

В тормозном устройстве используется принцип рычага: один конец рычага соединен с гайкой с помощью резьбы, а ось вращения установлен на кронштейне, соединенной с направляющей. Во время процесса подачи гайка взаимодействует с ведущим винтом под действием силы пружины, а ведущий винт вращается, чтобы приводить в движение стойку инструмента для выполнения продольного движения подачи. При торможении просто нажмите на другой конец рычага, чтобы отделить гайку от винта, тем самым прекращая движение подачи.

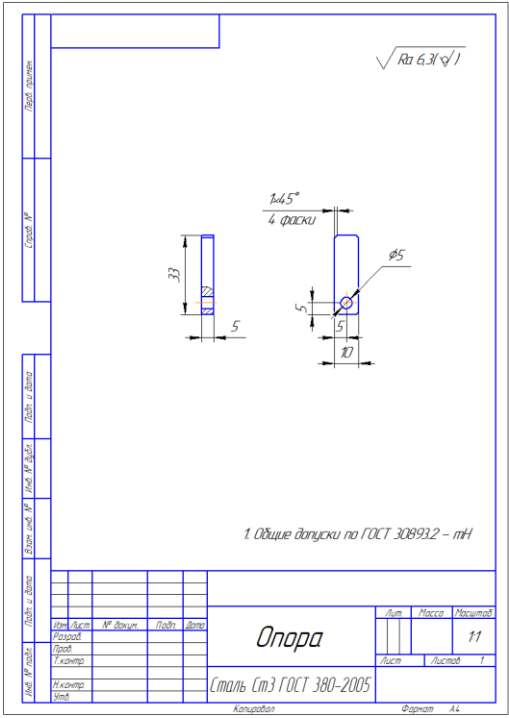


Рис. 22 Чертёж опоры

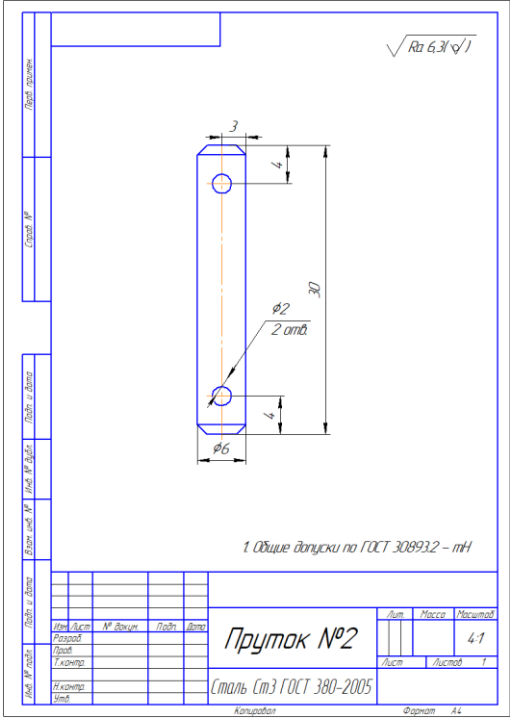


Рис. 23 Чертёж прутка

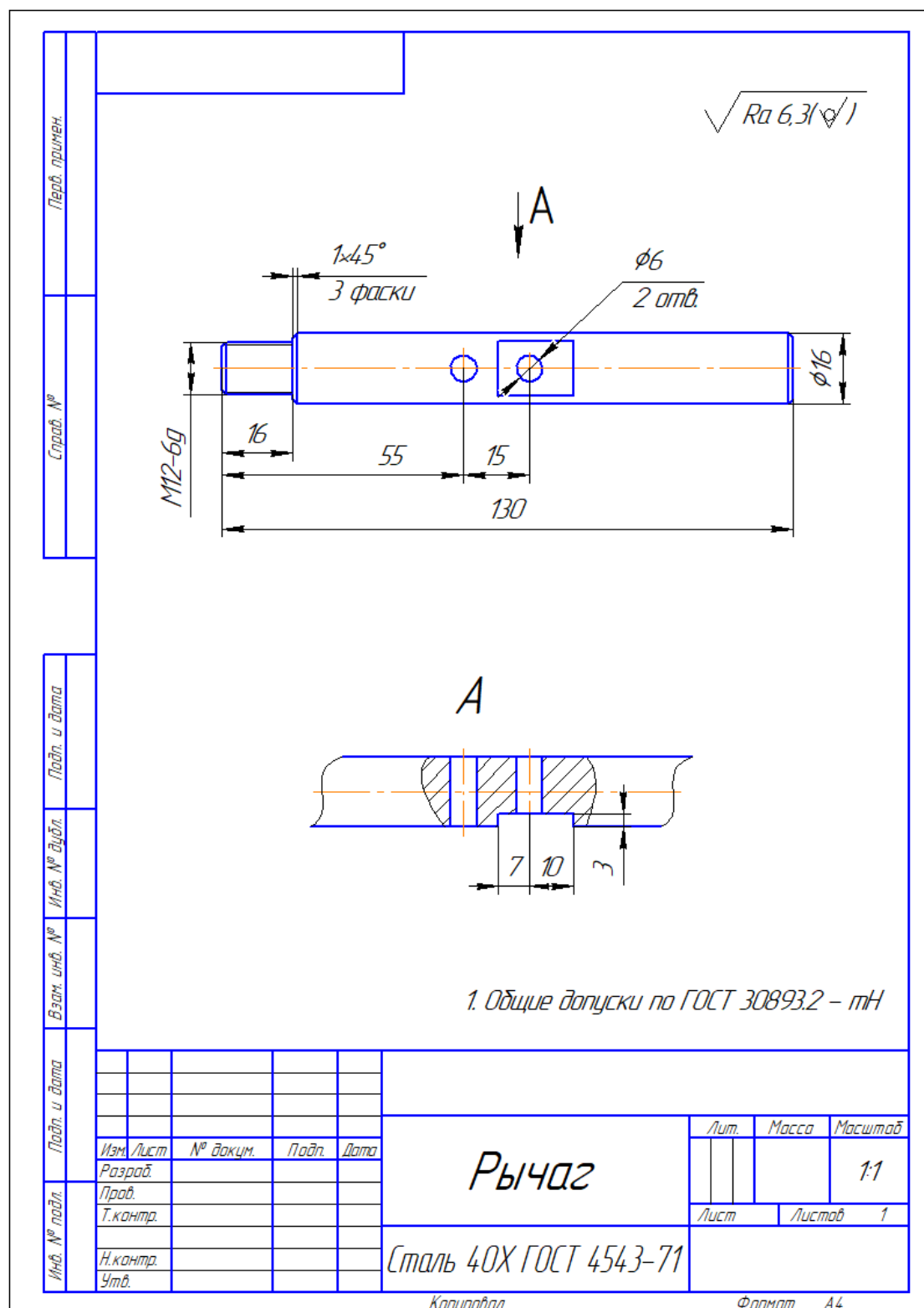


Рис. 24 Чертёж Рычага

Рычаг. Наружный контур представляет собой ступенчатый вал с канавкой Ф12, Ф16. Наружная резьба М12мм.

Конструкционные стали применяют для изготовления различных деталей, частей машин, станков и других конструкций.

Деталь имеет габаритные размеры: $\Phi 16 \times 130$. Размеры выполняются по ГОСТ 30893.2 - mH, неуказанная шероховатость-Ra6,3.

Чертеж обрабатываемой детали имеет все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, размеры и сечения. На чертеже указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей. Указаны сведения о материале детали.

2.1.6. Выбор двигателя для движения подачи станка.

Поскольку маленькая величина подачи при алмазном выглаживании.

Мы выбрали тихоходный двигатель РД-09.

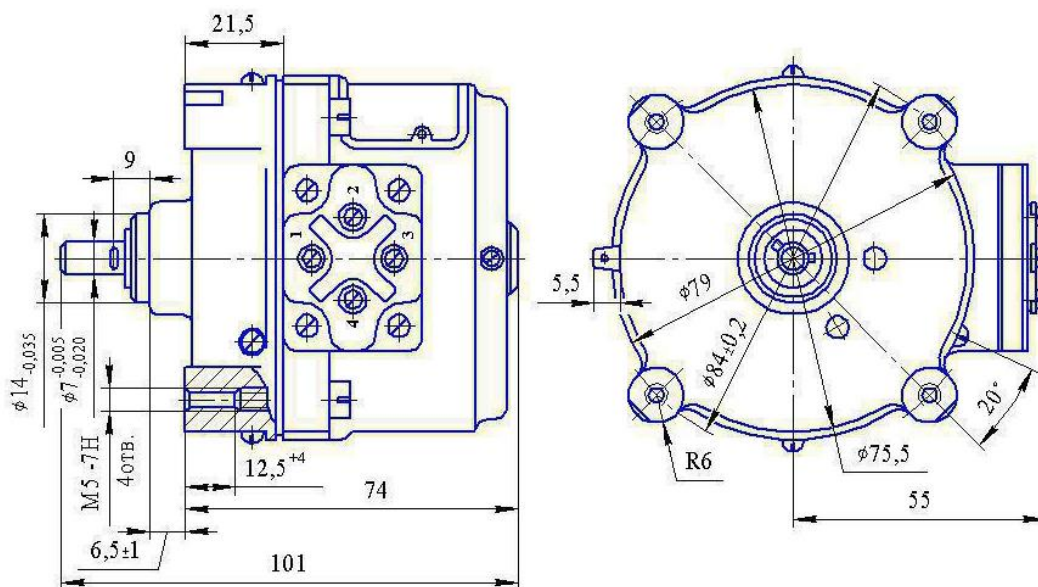


Рис. 25 Чертёж двигателя РД-09

Технические характеристики:

Табл. 1

Параметр	Значение
Номинальное напряжение питания	127 В, 220 В
Частота питающего напряжения	50 Гц
Частота вращения выходного вала редуктора	1,75; 2,5; 4,4; 8,7; 15,5; 30; 76; 185 об/мин
Номинальная полезная мощность на валу ротора	1 Вт
Пусковой момент на выходном валу редуктора (в зависимости от редукции)	0,063; 0,156; 0,392; 0,754; 1,27 Н·м
Вес	Не более 0,95 кг
Габаритные размеры	96×103×101 мм

2.2 Проектировка направляющей.

Функция направляющей - выдерживать нагрузку и направлять. Он несет гравитационные и режущие силы движущихся частей, установленных на направляющей и заготовке, и подвижные части могут перемещаться вдоль направляющей.

Направляющие рельсы должны отвечать следующим требованиям: высокая точность, большая несущая способность, хорошая жесткость, низкое сопротивление трения, плавное движение, простота обработки, сборки, регулировки и обслуживания, а также низкая стоимость.

Чтобы предотвратить деформацию и износ направляющей шины, материал направляющей шины должен иметь достаточную жесткость, прочность, высокую износостойкость и хорошую производительность процесса. Обычно используемые материалы направляющих рельсов - серый чугун, графит имеет хорошую смазку и может хранить смазочное масло, которое очень подходит для изготовления направляющих.

В разработанной нами конструкции токарного станка существующая направляющая используется в качестве направляющей для поперечной подачи инструмента, что снижает

сложность конструкции и стоимость изготовления.

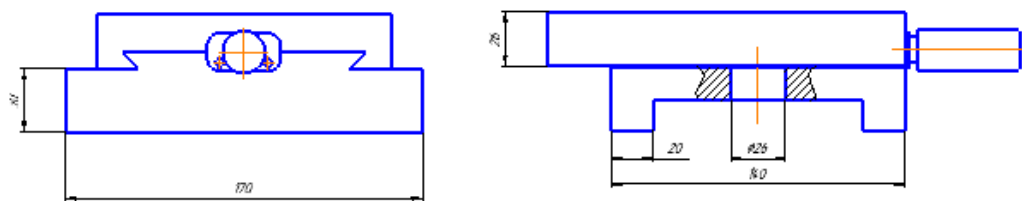


Рис. 26 Направляющая

Конструкция направляющей центра в основном определяется формой основания задней бабки. Чтобы упростить технологию обработки и снизить затраты, мы сделали простые направляющие с помощью шурупов для крепления железных деталей на деревянной основе определенной формы.

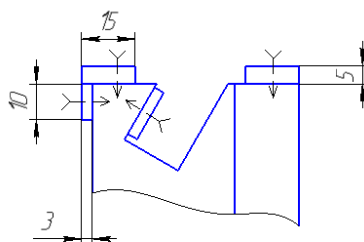


Рис. 27 Направляющая задней бабки

2.3 Проектировка опоры системы подачи.

Опора системы подачи состоит из трех 205 * 40 * 40 мм, трех 222 * 40 * 40 мм и четырех кубовидных деревянных брусков с длиной стороны 40 мм. Каждый деревянный брусок соединен клеем и закреплен шпильками, шайбами и гайками. И закрепите его на станине и окружающей стене с помощью шурупов

необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей. Указаны сведения о материале детали.

2.4 Проектировка опоры двигателя.

После того, как двигатель выбран для основного движения и движения подачи, наиболее важным является то, что двигатель должен быть плавно закреплен на станине токарного станка, и относительное положение с шпинделем и винтом легко регулируется во время установки двигателя.

В зависимости от формы и размеров двигателя мы разработали профессиональную опору для двигателя. В целях уменьшения сложности обработки и экономии затрат. В качестве заготовки мы выбираем стальную пластину толщиной 5. Для того чтобы сделать конструкцию более жесткой, мы также зафиксировали угловое железо с обеих сторон стальной пластины.

Кроме того, опора двигателя имеет структуру с U-образной канавкой для крепления оси натяжного ролика.

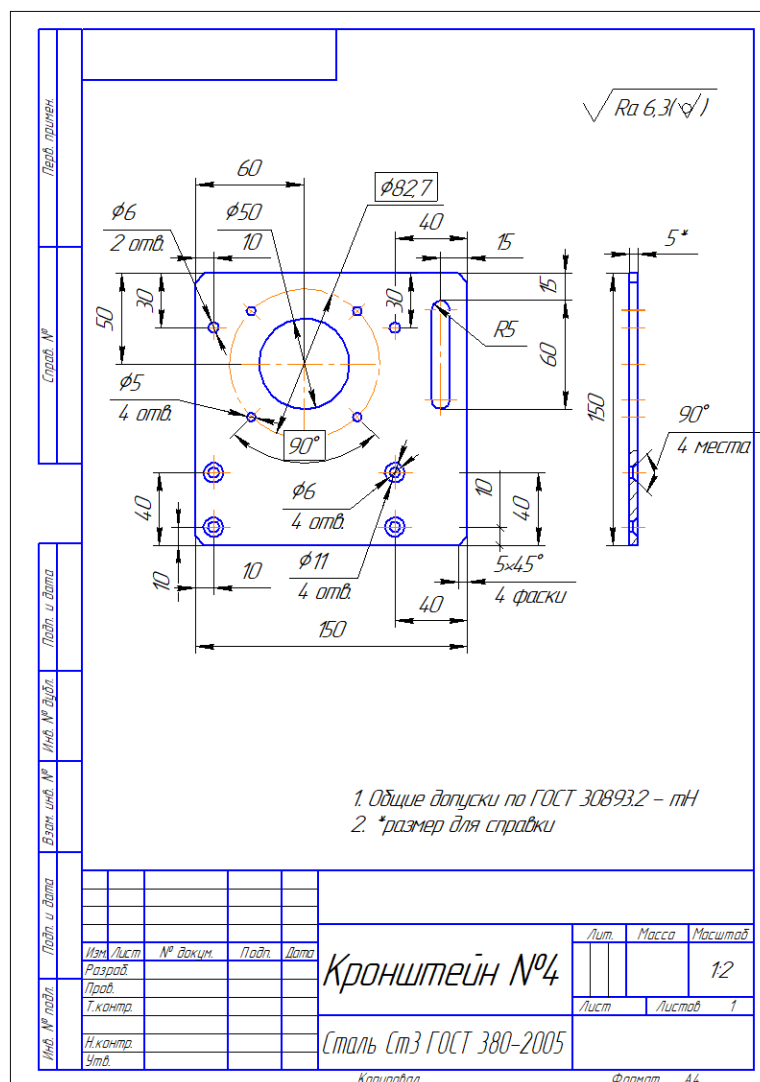


Рис. 29 Чертежи опоры двигателя

Чертеж обрабатываемой детали имеет все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, размеры и сечения. На чертеже указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей. Указаны сведения о материале детали.

3. Технологическая часть.

3.1 Обработка и сборка опор подачи.

Опорная часть подачи состоит из 3 деревянных блоков размером 40 * 40 * 205 мм и 3 деревянных блоков размером 40 * 40 * 222 мм с проходными отверстиями $\Phi 32$ и отверстие для подшипников $\Phi 55$.

Когда обработка отверстия $\Phi 30$, $\Phi 55$ с помощью горизонтального токарного станка. Зафиксируйте заготовку на планшайбе через шпильки, гайки и прижимы, при этом планшайба соединена с тремя кулачковым патроном. Сначала сверлит с диаметром отверстия 16 мм. Далее делает обработку расточения получить отверстия диаметром 30мм и 55мм. На рисунке 30 показан способ зажима для сверления и расточки на горизонтальном токарном станке.

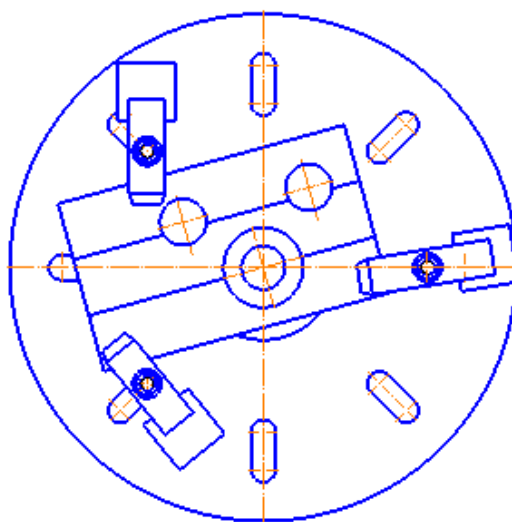


Рис. 30 Установка детали на планшайбе.

3.2 Фиксирование ходовых осей на направляющей инструмента.

Как показано на рисунке 31, мы используем винты М5 в качестве соединителей, для которых нужно просверлить отверстия в направляющей и в валу.

На следующем рисунке показан способ зажима сверления отверстий на оси. Обработанный вал помещается на призмы, а два конца зажаты шпильками. Закрепите призмы на рабочем столе сверлильного станка.



Рис. 31 Установка оси на призмы

Схема зажима сверления отверстий на направляющей показана ниже. Мы установим предварительно просверленный вал на направляющую, как кондуктор для обеспечения точности положения отверстия.

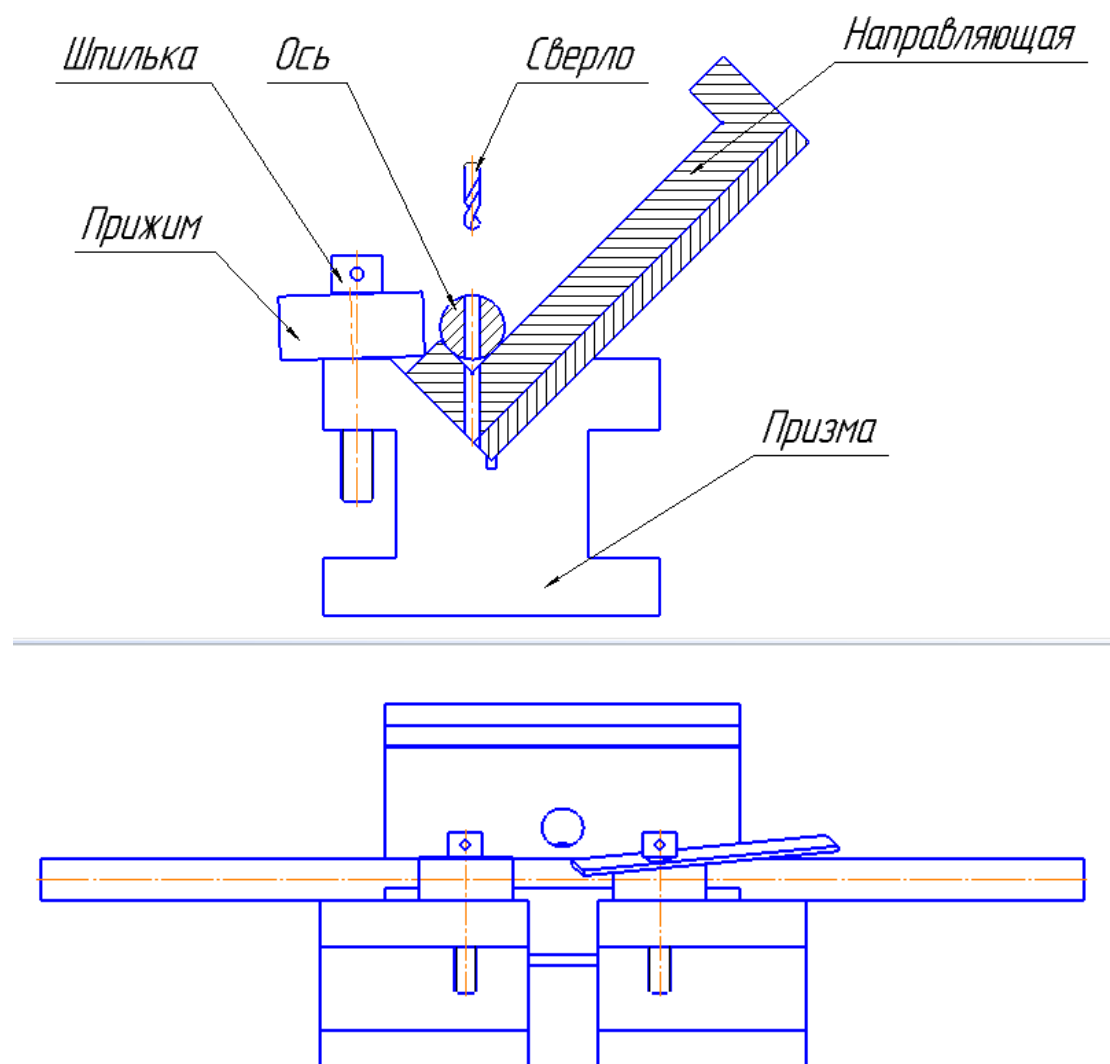


Рис. 32 Конструкция зажима

Затем постучите по резьбе. При обработке резьбы метчик должен быть расположен вертикально в отверстии заготовки, а затем аккуратно закручен с помощью воротком. Когда режущая часть метчика вошла в заготовку, она может вращаться без давления. Каждый оборот должен быть изменен направления на обратное на $1/4$ оборот, чтобы удалить стружки.

Когда чистовая обработка резьбы, сначала вставьте метчик в отверстие, закрутите его за несколько оборотов, а затем вращение воротком. При повороте воротка давление не требуется.



Рис. 33 Метчики и вороток

4. Применение метода конечных элементов в структуре токарного станка.

4.1 Анализ винта токарного станка.

Винтовая пара является широко используемой функциональной частью в станках и может преобразовывать вращательное движение в линейное движение или линейное движение во вращательное движение. Он обладает характеристиками высокой эффективности передачи, высокой точностью позиционирования, хорошими характеристиками синхронизации, высокой надежностью и длительным сроком службы. Традиционные методы анализа не могут завершить точный анализ и расчет. В этой главе в качестве объекта исследования используется винт токарного станка и проводится анализ методом конечных элементов для изучения его характеристик напряжения и деформации, который имеет большое значение для расчета конструкции и усталостного срока службы винта.

4.1.1. Создание модели и сетки винта.

В реальной работе для удовлетворения потребностей в обработке и сборке винта часто предоставляются некоторые фаски и канавки. Эти части мало влияют на винт во время работы, и эти части будут улучшать сетку при разделении модели конечных элементов, увеличивать нагрузку на сетку, тратить много компьютерных ресурсов и ускорять анализ медленнее, значительно снижая эффективность анализа, поэтому при анализе методом

конечных элементов эти детали будут упрощены. Упрощенная схема винта показана на рисунке 34. Исходя из этого, программное обеспечение Solidworks использовалось для создания трехмерной винтовой модели, показанной на рисунке 35, а модель в программном обеспечении Solidworks была импортирована в программное обеспечение ANSYS для создания сетки на рис. 36.

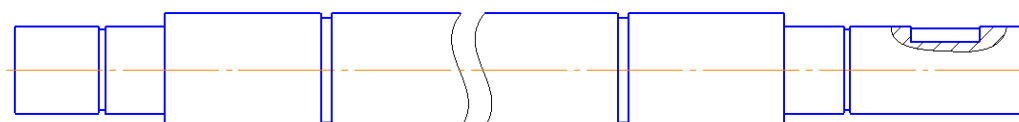


Рис. 34 2D упрощенная схема винта

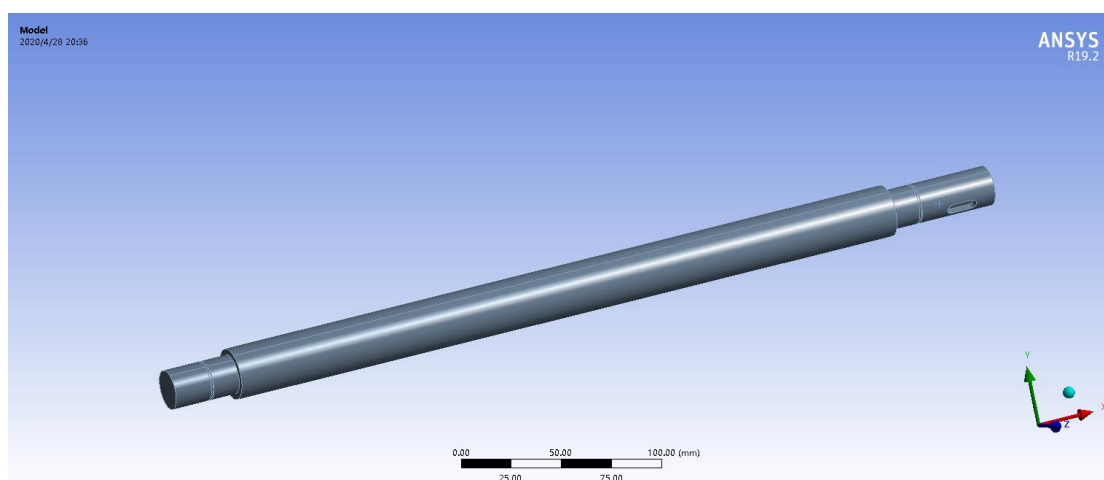


Рис. 35 3D модель винта

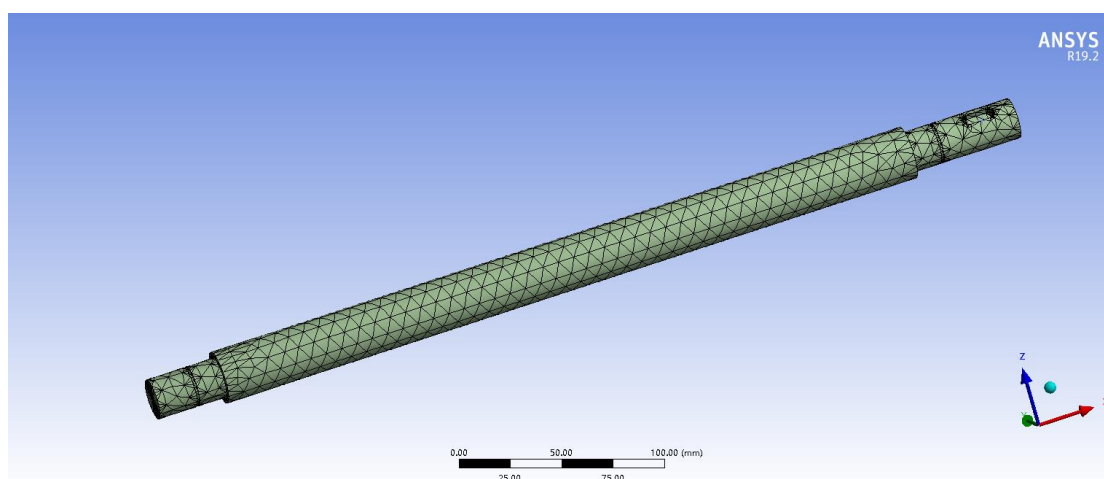


Рис. 36 Создание сетки модели винта

Винт, который мы изучали, изготовлен из материала сталь 40Х, соответствующие параметры материала приведены в таблице.

Общие значения параметров материалов

Таблица 2.

Название	Значение
Модуль упругости	$2,11 \times 10^5 \text{ МПа}$
Плотность	$7,9 \times 10^{-9} \text{ т/мм}^3$
Коэффициент Пуассона	0,3

В соответствии с теорией конечных элементов, твердотельная модель не может быть напрямую рассчитана конечным элементом, поэтому для ее построения необходимо создать сетку. Разделенная модель конечных элементов показана на рисунке 36.

4.1.2. Граничные условия и нагрузки.

Используйте фиксированные опоры на концах, где установлены подшипники, и опоры без трения в шпоночных пазах. Сила выходного крутящего момента винта является более сложной. Гайка находится в разных положениях, и направление силы различно. Сила, прилагаемая гайкой к винту, представляет собой осевую силу и окружную силу. При моделировании выходного крутящего момента сила концентрации, приложенная к круговым узлам, одинакова, поскольку это окружная сила, но направление отличается, поэтому общая сила концентрации, приложенная к группе узлов, равна

$$F = \frac{T}{r} = \frac{1,27}{10 \times 10^{-3}} = 127 \text{ Н}$$

Где: F - общая сосредоточенная сила, действующая на группу окружных узлов, Н, T - предельный крутящий момент, вводимый двигателем, Н*м, r - расстояние от узла до оси винта, м.

4.1.3. Решение напряжения и деформации винта.

Настройки основных параметров:

Опоры на стаканах: Fixed Support.

Опора на пазе: Frictionless Support.

Нагрузка на ремне: Force. $F=10\text{H}$.

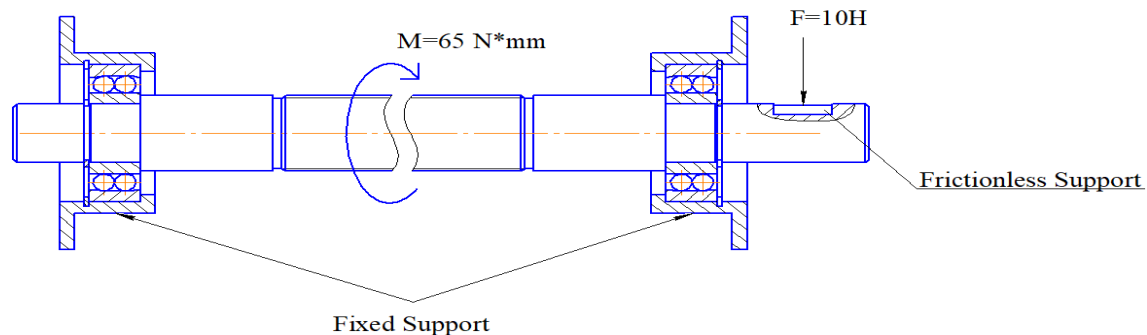
Крутящий момент из-за давления гайки: Moment $M=65 \text{ H} \cdot \text{mm}$.

Материал винта: Structural steel. сталь 40Х

Табл. 3

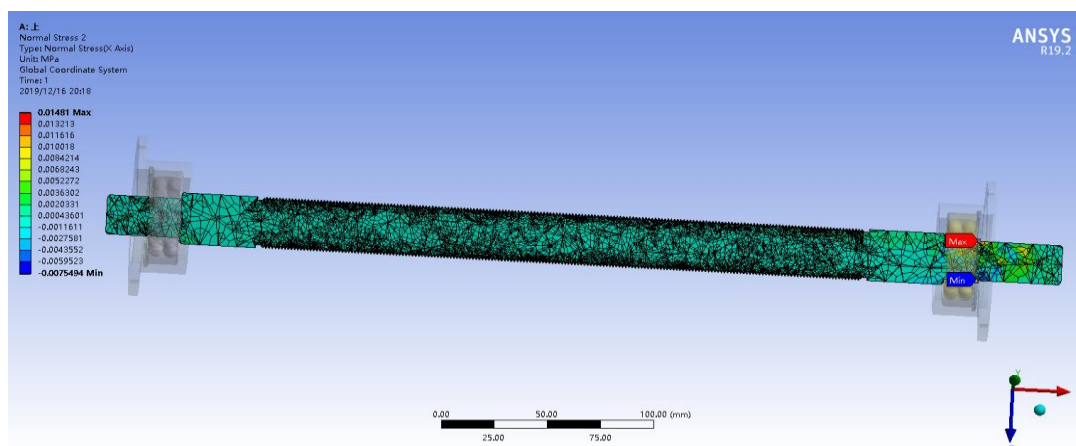
Сталь 40Х	Предел текучести, МПа		330
	Предел выносливости, МПа	при растяжении	250
		при изгибе	310
		при кручении	180
	Допускаемые напряжения, МПа	при растяжении	200
		при изгибе	240
		при кручении	150
		при срезе	120

Положение 1



Силовая диаграмма 1.

Распределение нормального напряжения в горизонтальной плоскости



$$Max=0,01MPa \quad Min=-0,008MPa$$

Из рисунка видно, что напряжение в основном сосредоточено на опоре правого подшипника. Концентрация напряжения в канавке.

В соответствии с формулой

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

где σ - напряжение

M- крутящий момент

W- момент сопротивления при изгибе.

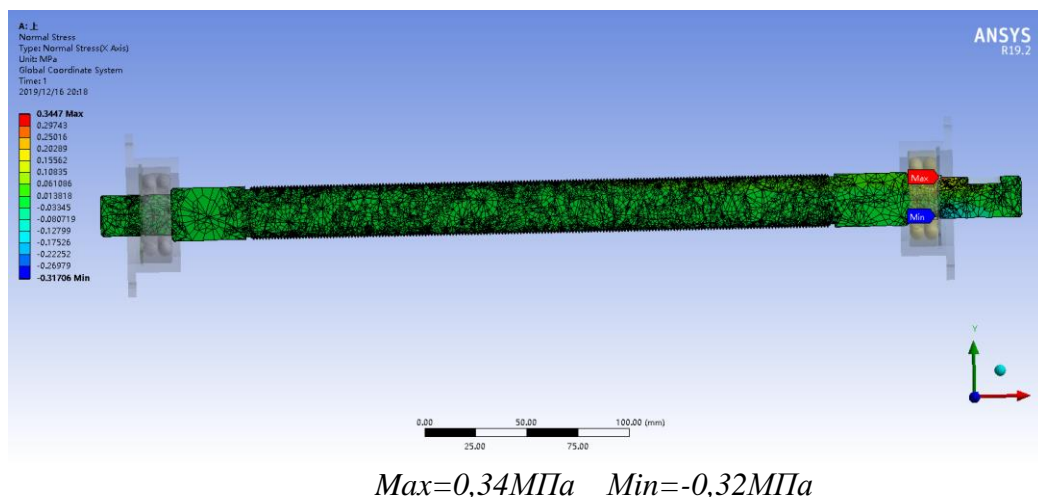
(формула осевого момент сопротивления при изгибе для круглого поперечного сечения: $W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32}$). Если это полый вал, то $W_{\text{полный}} < W$.

Согласно приведенной выше формуле и схема изгибающего момента в горизонтальной плоскости. Видно, что максимальное напряжение винта в этом положении находится на правом конце опоры подшипника.

Можно получить, что теоретически рассчитанное распределение напряжений согласуется с результатом распределения

напряжений моделирования ANSYS. И с помощью моделирования ANSYS для дальнейшего наблюдения распределения напряжений и концентрации напряжений в материале.

Распределение нормального напряжения в вертикальной плоскости.



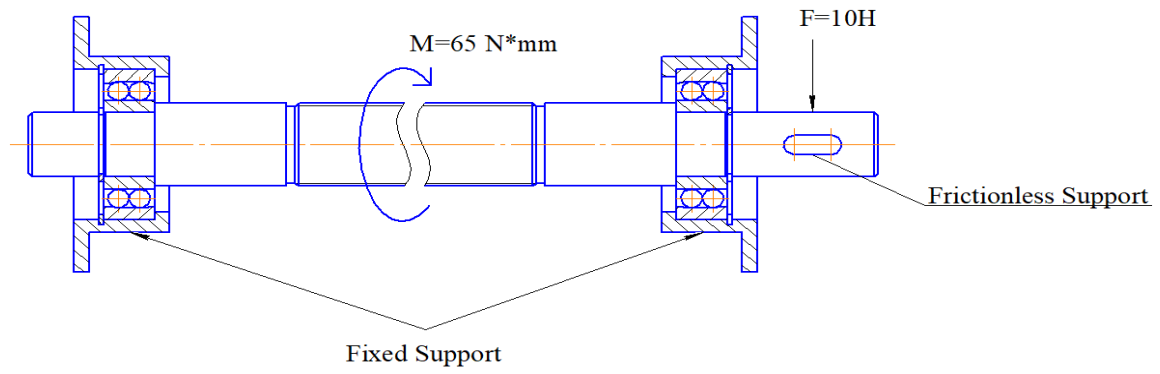
Из рисунка видно, что напряжение в основном сосредоточено на опоре правого подшипника. Концентрация напряжения в канавке.

Результаты моделирования также соответствуют теоретическим расчетам. Докажите достоверность наших расчетов.

Согласно методу анализа положения 1, мы проанализировали оставшиеся 3 положения работы винта, и результаты анализа выглядят следующим образом.

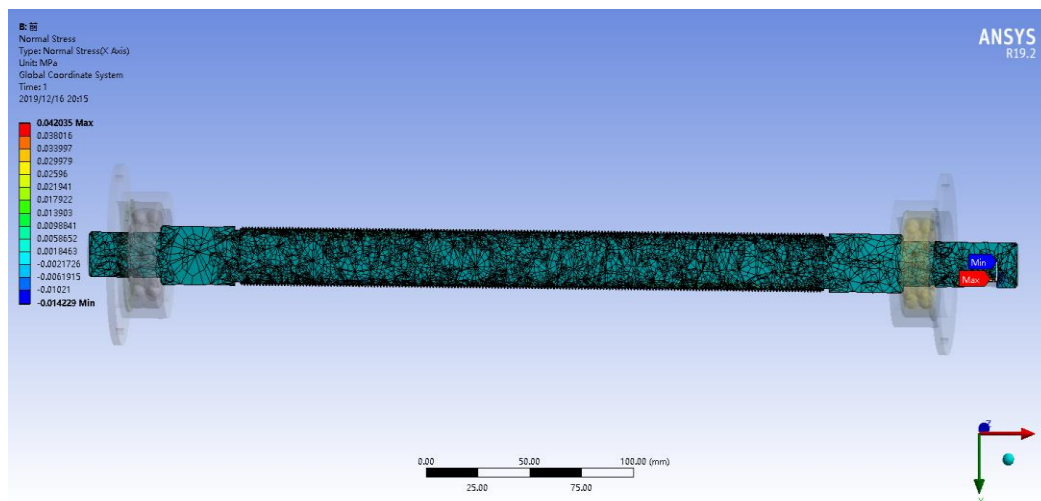
Положение 2

Нагрузка при вращении винта на 90 градусов выглядит следующим образом.



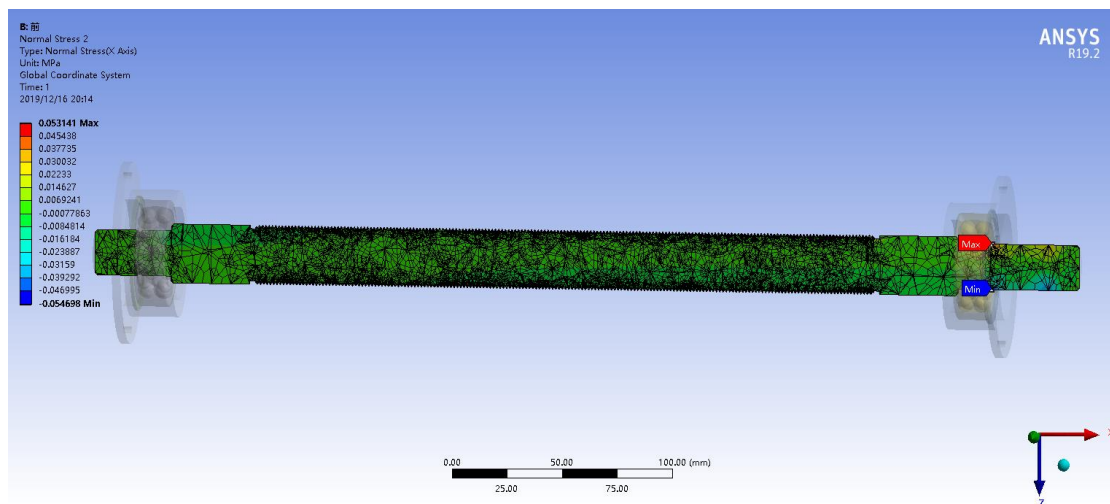
Силовая диаграмма 2.

Распределение нормального напряжения в горизонтальной плоскости.



$$Max=0,042\text{МПа} \quad Min=-0,014\text{МПа}$$

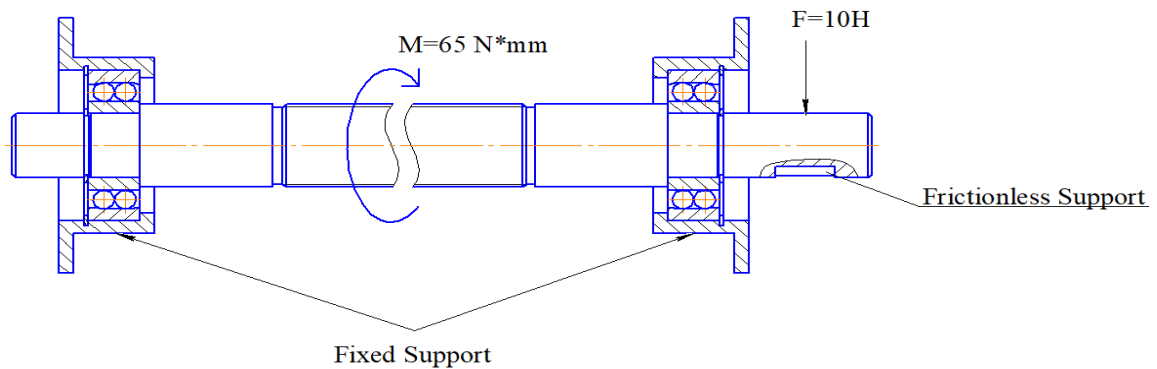
Распределение нормального напряжения в вертикальной плоскости.



$$Max=0,053MPa \quad Min=-0,055MPa$$

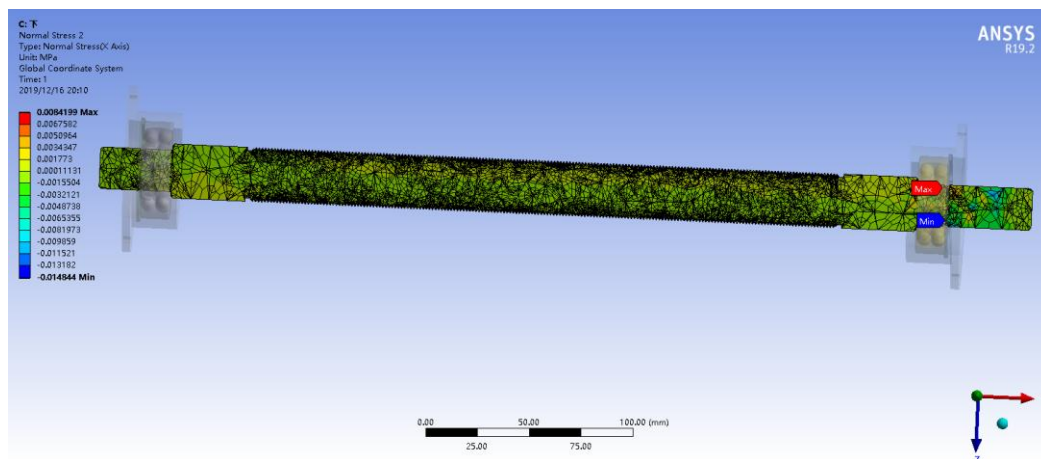
Положение 3

Нагрузка при вращении винта на 180 градусов выглядит следующим образом.



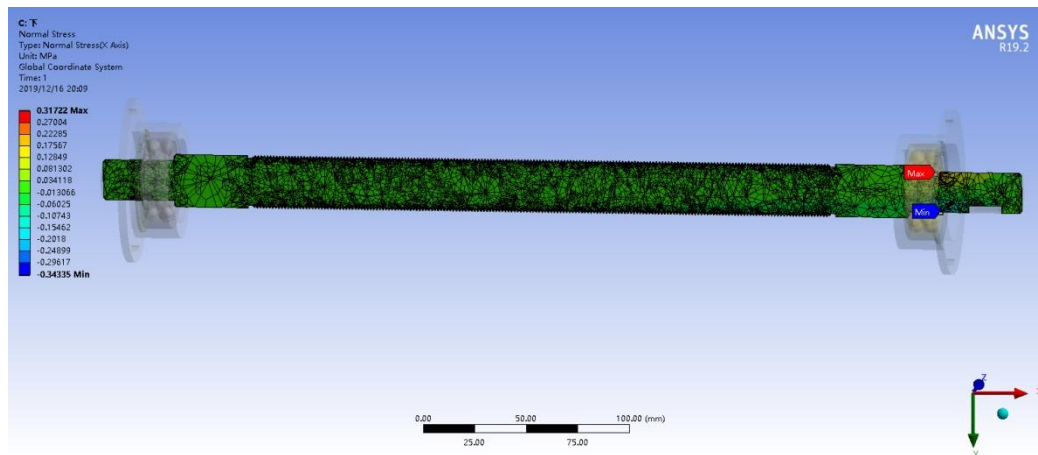
Силовая диаграмма 3.

Распределение нормального напряжения в горизонтальной плоскости.



$$Max=0,008MPa \quad Min=-0,015MPa$$

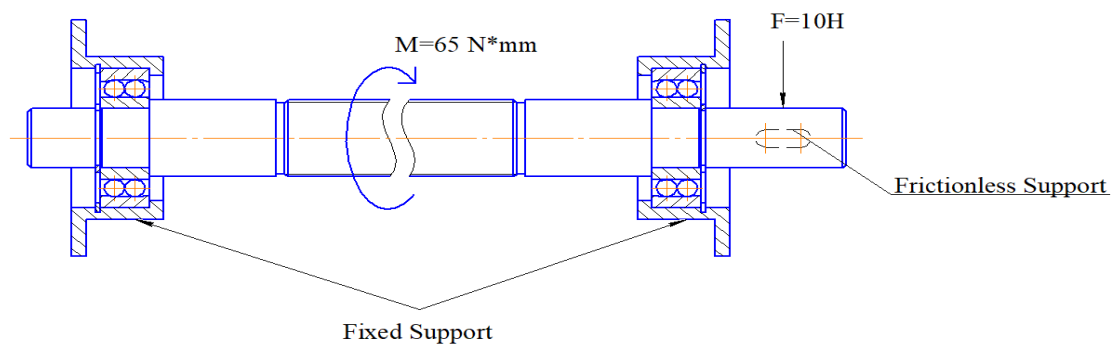
Распределение нормального напряжения в вертикальной плоскости.



$Max=0,32\text{MPa}$ $Min=-0,34\text{MPa}$

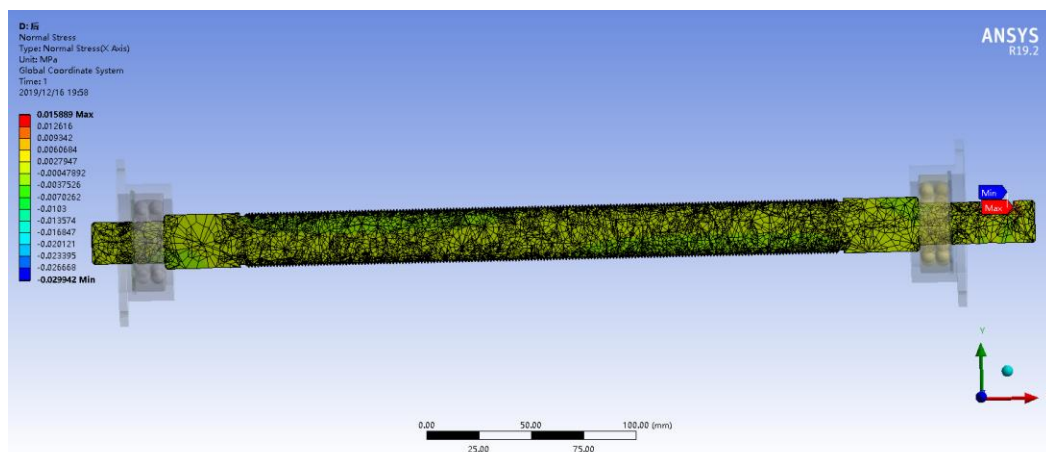
Положение 4

Нагрузка при вращении винта на 270 градусов выглядит следующим образом.



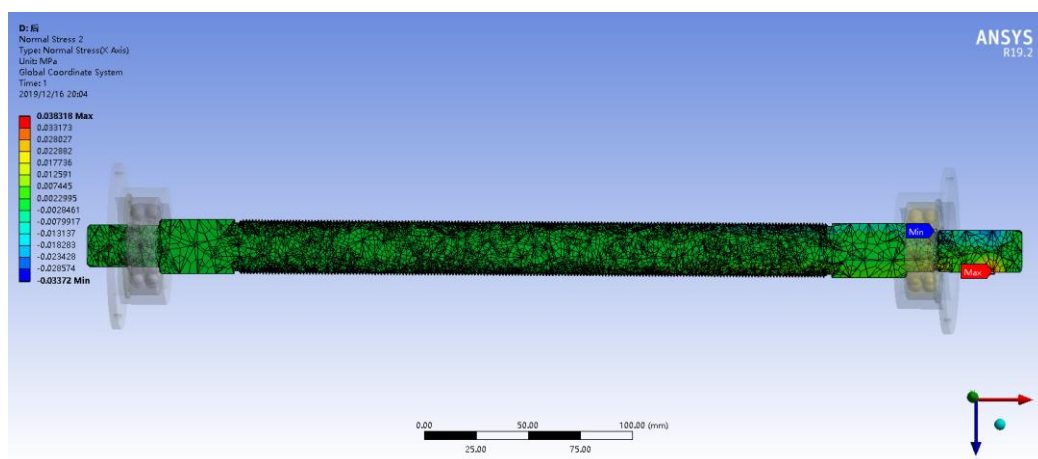
Силовая диаграмма 4.

Распределение нормального напряжения в горизонтальной плоскости.



$Max=0,016\text{MPa}$ $Min=-0,03\text{MPa}$

Распределение нормального напряжения в вертикальной плоскости.



$$Max=0,038\text{МПа} \quad Min=-0,034\text{МПа}$$

Исходя из результатов анализа, независимо от того, где расположен винт, максимальное напряжение на горизонтальном и вертикальном сечениях винта расположено на опоре подшипника с правой стороны винта. Результаты моделирования слишком согласуются с результатами теоретических расчетов.

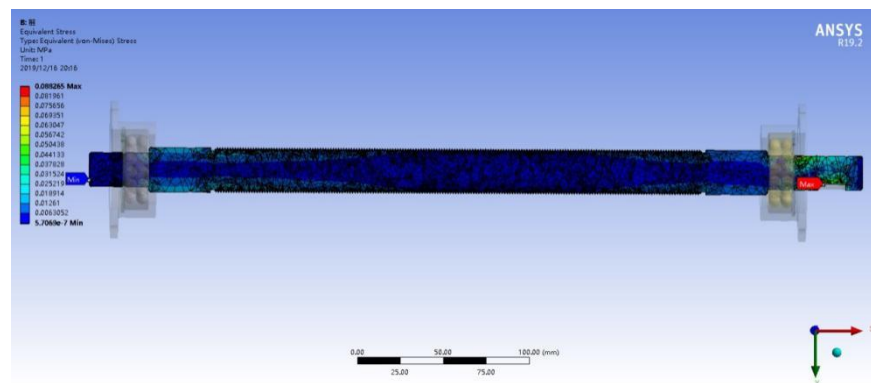
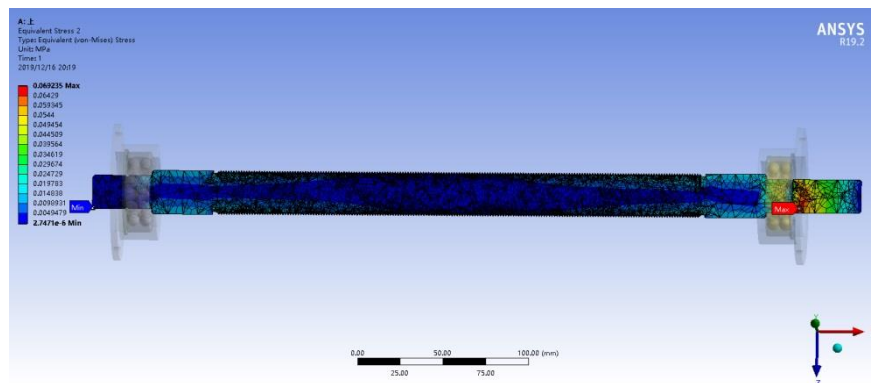
Разница в распределении напряжений в положениях 1 и 3 заключается в том, что положения максимального растягивающего напряжения и максимального сжимающего напряжения распределены симметрично относительно оси. То есть положение, в котором максимальное растягивающее напряжение находится в

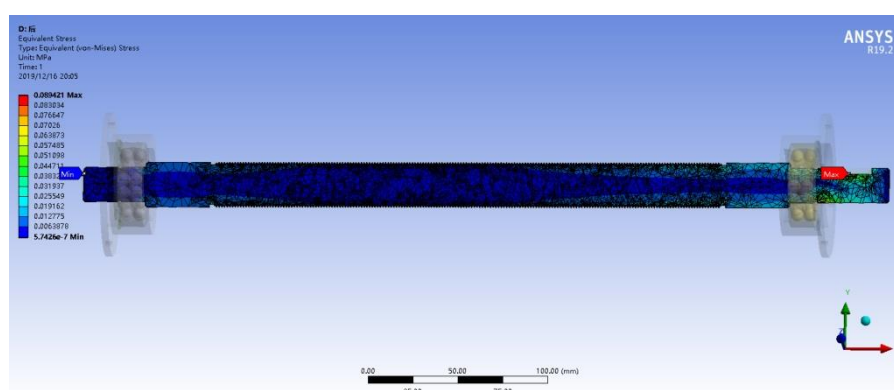
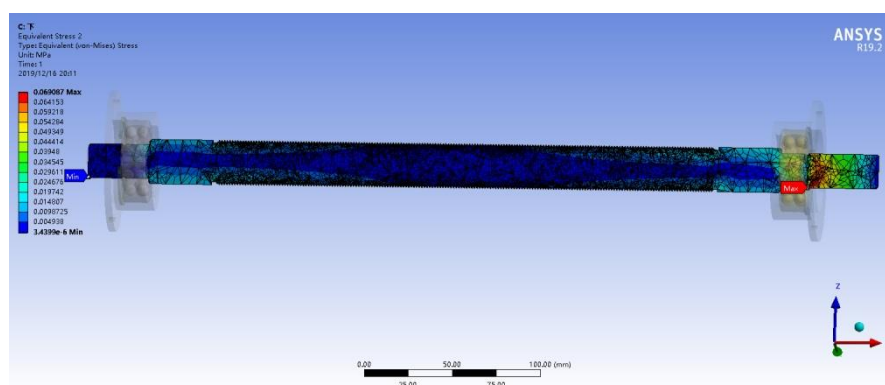
положении 1, подвергается максимальному сжимающему напряжению в положении 3. Позиции 2, 4 одинаковы.

Распределение эквивалентного напряжения

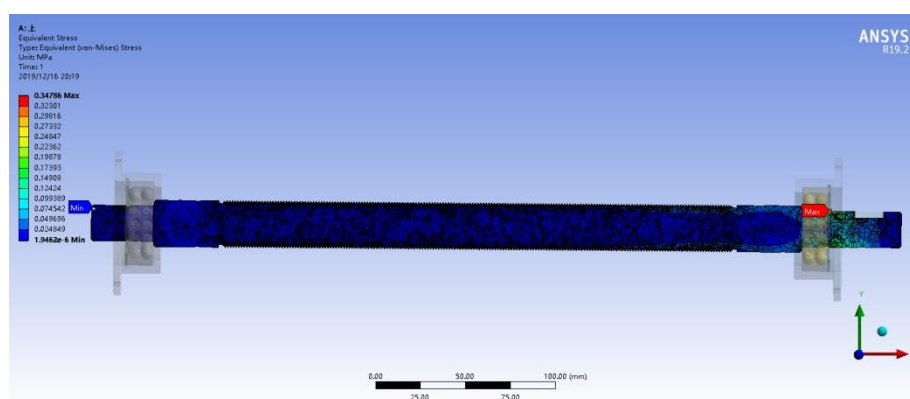
Чтобы проверить прочность винта, необходимо анализировать максимальное эквивалентное напряжение винта и сравнить с допустимым напряжением материала $[\sigma]$. Если измеренное максимальное эквивалентное напряжение меньше допустимого напряжения материала, делается вывод, что конструкция винта соответствует требованиям прочности.

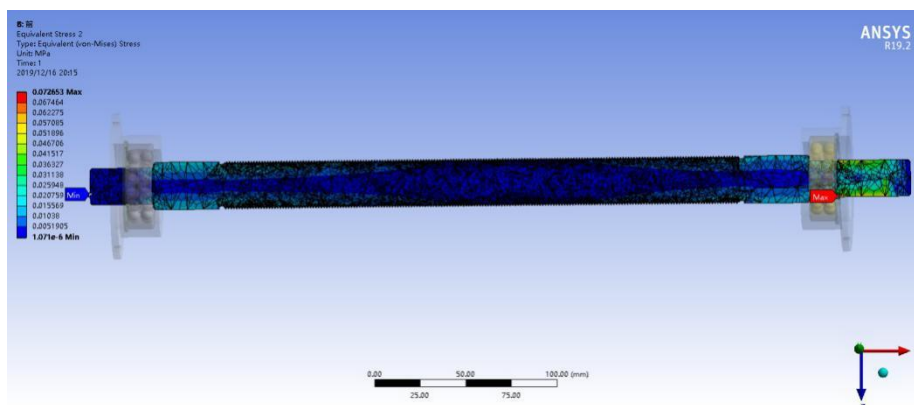
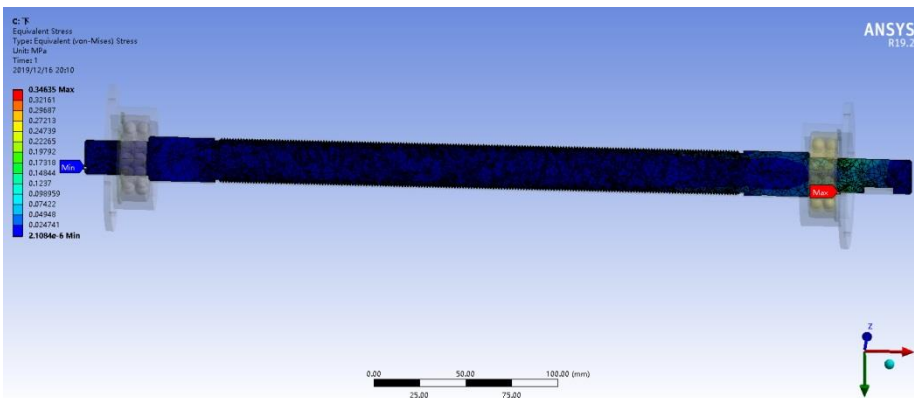
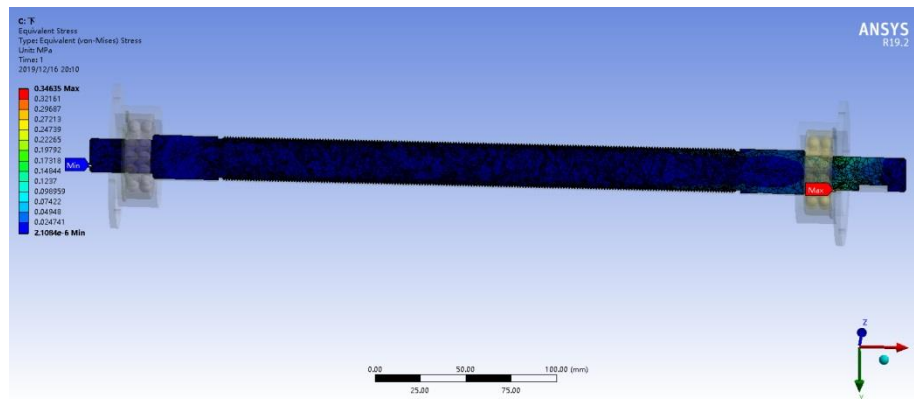
Распределение эквивалентного напряжения в горизонтальной плоскости в 4 положениях.



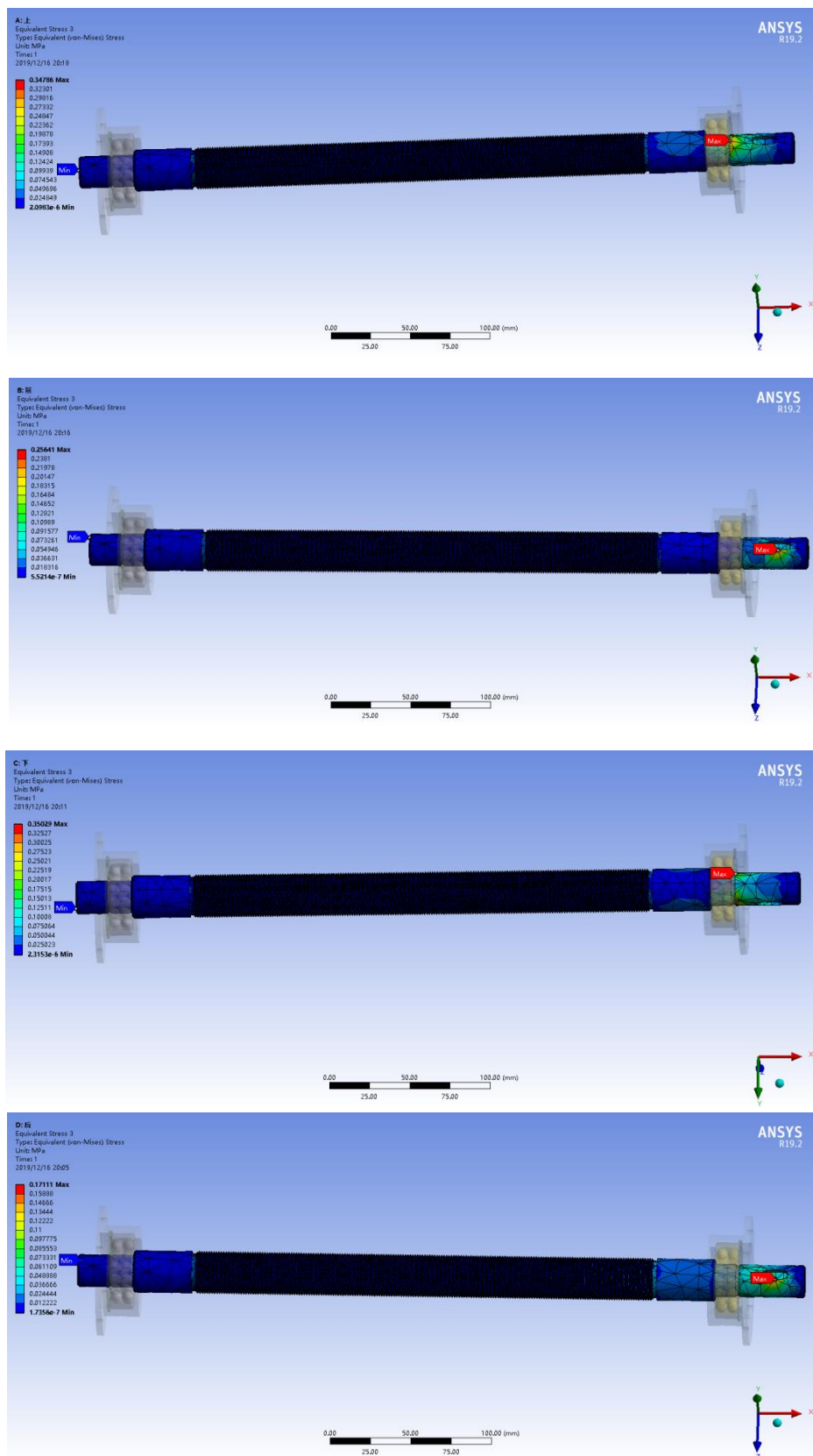


Распределение эквивалентного напряжения в вертикальной плоскости в 4 положениях.





Распределение эквивалентного напряжения на поверхности винта в 4 положениях.



Из изображения видно, что максимальное эквивалентное напряжение винта находится на опоре правого подшипника, а размер

составляет 0,35 МПа. Материал, используемый для винта - сталь 40Х. Согласно таблице допустимое напряжение при срезе составляет 120 МПа. Поэтому делается вывод, что винт соответствует требованиям прочности.

Используйте программное обеспечение ANSYS для анализа рабочего состояния винта токарного станка. Наблюдалось распределение нормального напряжения горизонтального сечения и вертикального сечения, что согласуется с теоретическими расчетами и найдите область концентрации напряжений. После этого мы проанализировали эквивалентное распределение напряжений винта во время работы и проверили прочность винта. Поскольку максимальное эквивалентное напряжение намного меньше допустимого, делается вывод о соответствии винта требованиям прочности.

4.1.4. Модальный анализ винта.

Модальный анализ - это метод исследования динамических характеристик конструкций, а также применение методов идентификации систем в области инженерных вибраций. Модель - это естественные вибрационные характеристики механических конструкций, каждая из которых имеет свою собственную частоту, коэффициент демпфирования и форму модели вибрации.

Из теории классической механики, дифференциальные уравнения динамики объекта:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{Q\}$$

Где, [M] - матрица полной массы, [C] - матрица демпфирования, [K] - матрица жесткости, {x} - матрица столбца узловых перемещений, а {Q} - матрица столбца приложенной силы

возбуждения.

При игнорировании демпфирования и внешней нагрузки уравнение движения имеет вид:

$$[M] \{\ddot{x}\} + [K] \{x\} = \{0\}$$

Свободная вибрация конструкции представляет собой простое гармоническое движение, а смещение представляет собой функцию синуса, то есть:

$$x = U \sin(\omega t)$$

Где: x - смещение, U - амплитуда, ω - угловая скорость, t - время.

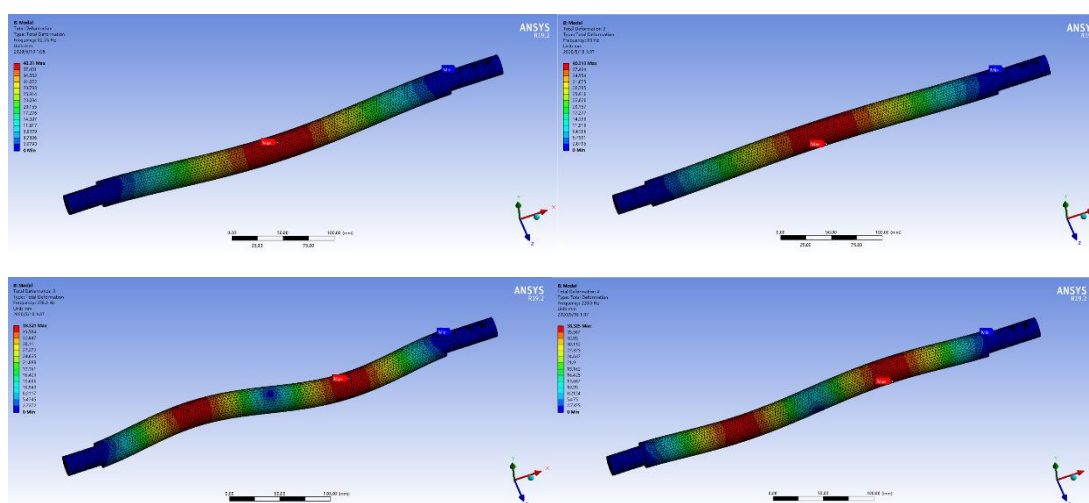
Подводя вышеприведенное уравнение, получаем:

$$([K] - \omega_i^2 [M]) \{\varphi_i\} = 0$$

Где: ω_i - собственная частота, φ_i - вектор амплитуды смещения узла, i - порядок модели.

Решите собственные значения и собственные векторы этого уравнения, чтобы получить n собственную частоту и соответствующую ей модели вибрации.

Основываясь на модели статического анализа, мы выполняем модальный анализ на винте, чтобы получить модели вибрации шестого порядка винта, как показано на рисунке 37.



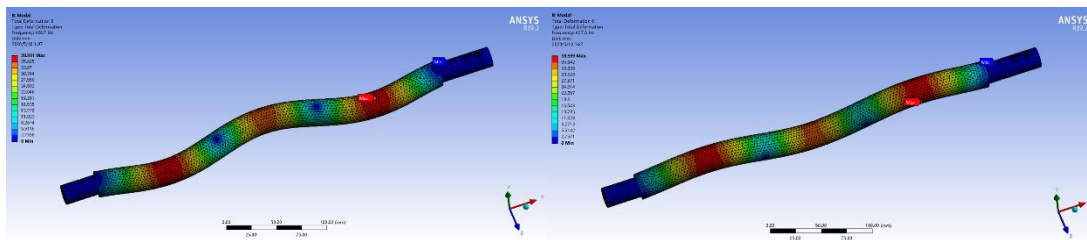


Рис. 37 Формы вибрации шестого порядка винта

Из первых шести порядков формы вибрации винта ясно видно, что происходит полная деформация винта, собственная частота и другие параметры. Наблюдая за формой вибрации, показанным на рисунке 37, мы можем получить следующую информацию:

Форма вибрации первого порядка: винт колеблется вдоль оси y , а средняя часть винта слегка деформирована. Форма вибрации второго порядка: винт колеблется вдоль оси y , а середина винта слегка деформирована. Форма вибрации третьего порядка: винт вибрирует в направлении y , и середина винта деформируется. Форма вибрации четвертого порядка: винт вибрирует в направлении z , и середина винта деформируется. Форма вибрации пятого порядка: винт сильно вибрирует в направлении y . Форма вибрации шестого порядка: винт сильно вибрирует в направлении z .

Таблица 4. Первый модальный анализ 6-го порядка собственной частоты винта.

Номер порядка	Частота / Гц	Форма вибирации
1	82	сгибание вдоль оси y
2	83	сгибание вдоль оси z
3	228	колебание вдоль оси y
4	229	колебание вдоль оси z
5	426	колебание вдоль оси y
6	427	колебание вдоль оси z

Когда винт вращается с критической скоростью, прогиб винта достигнет максимального значения, а когда критическое состояние будет достигнуто, винт будет сильно вибрировать, что приведет к уменьшению срока службы винта и даже повреждению винта. Соотношение между скоростью и частотой:

$$n=60f$$

Где: n - критическая скорость шпинделя, об / мин; f - собственная частота, Гц.

Исходя из собственной частоты формы вибрации первого порядка, критическая скорость винта может быть рассчитана как 4980об/мин, что намного превышает максимальную скорость шпинделя, поэтому она соответствует проектным требованиям.

4.2 Сравнение характеристик трех материалов при подавлении вибрации на токарном станке

В этой статье, с целью уменьшения вибрации основания токарного станка, три стальных материала: сталь, камень и дерево, соответственно, наносятся на станину станка, а программное обеспечение для анализа методом конечных элементов используется для линейного динамического анализа трех вышеупомянутых материалов с точки зрения гармонического анализа, чтобы выявить преимущества древесины в подавлении вибрации в токарных станках.

Мы проводили анализ имитации вибрации станины станка под разными материалами, чтобы получить отклик вибрации станины станка под разными материалами.

Гармонический анализ используется для анализа отклика системы при простой гармонической вибрационной нагрузке. Для

системы с одной степенью свободы уравнение движения после нагрузки простой гармонической вибрационной силы может быть выражено как

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \cos(\omega t) \quad (1)$$

Где: ω - рабочая частота, c - коэффициент демпфирования, k - жесткость, F_0 - амплитуда силы. Решите формулу (1), чтобы получить отклик системы

$$x(t) = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + c^2\omega^2}} \cos(\omega t - \phi) \quad (2)$$

Где: ϕ - фазовый угол, где отклик отстает от возбуждения. Из уравнения (2) можно видеть, что когда частота равна рабочей частоте, система генерирует вибрацию, и смещение, скорость и ускорение выходного сигнала вибрации изменяются с максимальной амплитудой отклика.

4.2.1 Создание модели для симуляции.

Упрощая основание токарного станка, получается прямоугольный параллелепипед размером 400 * 500 * 100мм и поставить сетку (показано на рисунке 38), который используется в качестве модели для операции моделирования.

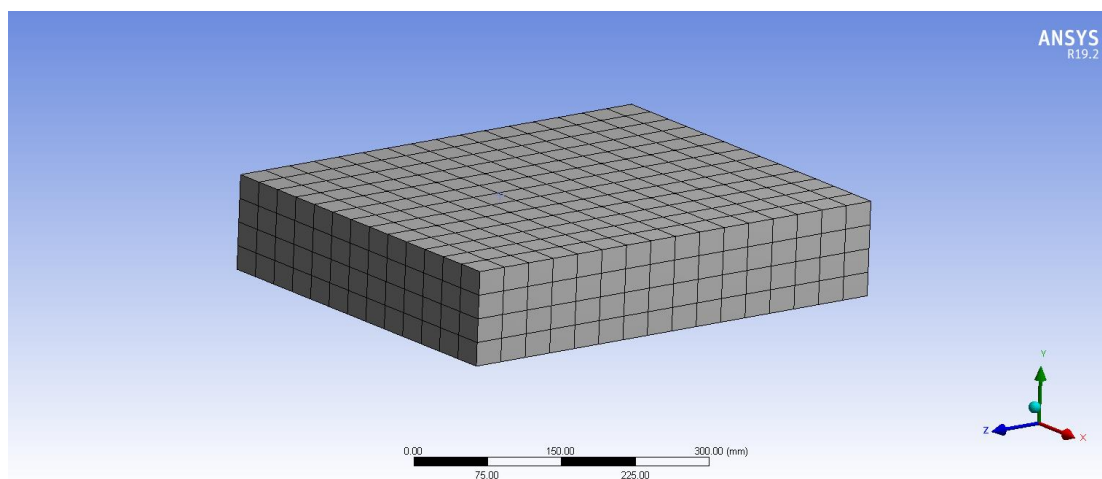


Рис. 38 3D упрощенная модель станины станка

4.2.2 Определение параметров характеристики материала

Выбранные материалы - дерево, сталь и камень. Основные параметры характеристики каждого материала приведены в таблице 5.

Табл. 5

Название материала	Модуль упругости, ГПа	Коэффициент Пуассона	Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
дерево	9,8	0,0539	700
сталь	211	0,3	7900
камень	48	0,2	3000

4.2.3 Гармонический имитационный анализ модели

Моделируя установку и нагрузку на основание станка, мы ограничиваем модель следующим образом (Рис. 39). Нижний торец жестко ограничен, а верхний торец подвергается воздействию

простой гармонической силы. Простая гармоническая нагрузка определяется тремя параметрами: амплитудой, частотой и фазовым углом. При определении частоты необходимо ввести диапазон частот и интервал решения. Во время моделирования сила составляет 1000 Н, диапазон частот составляет 0-1000 Гц, а интервал составляет 50 Гц.

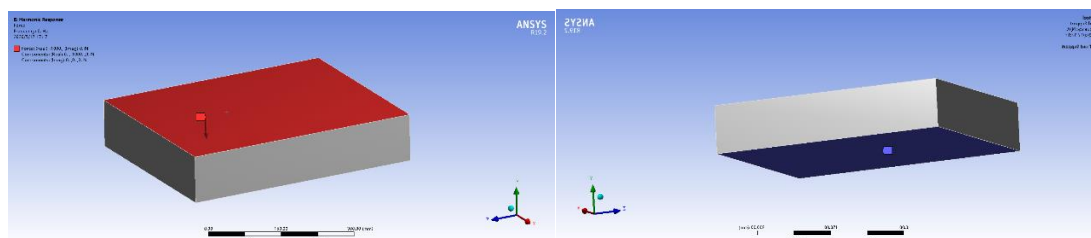


Рис. 39 Сила и ограничение

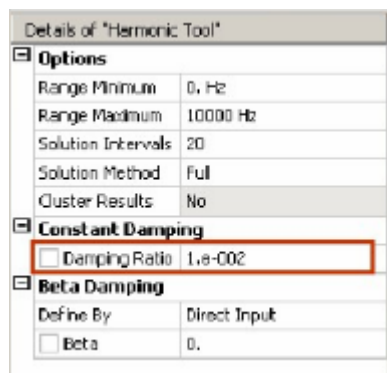
При анализе гармонического отклика мы используем метод модальной суперпозиции. Этот метод может учитывать эффект предварительного напряжения и позволяет учитывать демпфирование. Результатом демпфирования в динамической системе является потеря энергии. Демпфирование, которое влияет на отклик, изменит собственную частоту структуры и ослабит амплитуду отклика.

Из-за различных факторов демпфирование является сложным явлением. Однако математическое выражение демпфирования очень простое, и рассматривается вязкое демпфирование:

- Вязкая демпфирующая сила F_{damp} пропорциональна скорости, где c - постоянная демпфирования.
- Критическое демпфирован c_{cr} относится к значению демпфирования при отсутствии вибрации.
- Коэффициент демпфирования ξ относится к отношению фактического демпфирования c к критическому демпфированию c_{cr} .

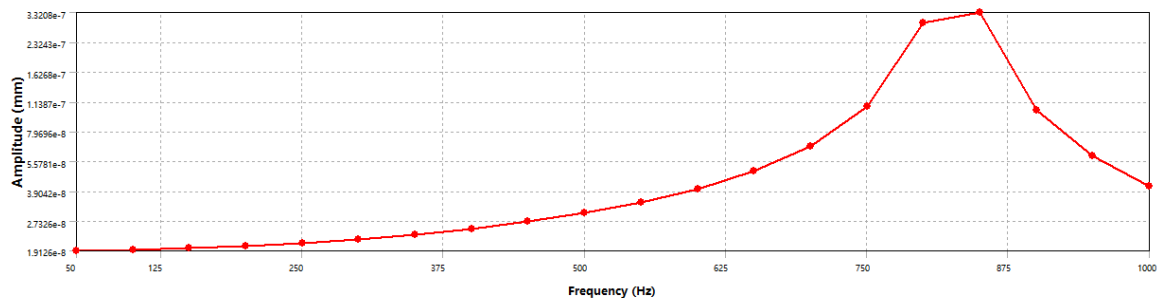
$$F_{damp} = c\dot{x} \quad \xi = \frac{c}{c_{cr}}$$

Коэффициент демпфирования будет непосредственно использоваться в методе модальной суперпозиции. В следующей таблице приведены коэффициенты демпфирования трех материалов.

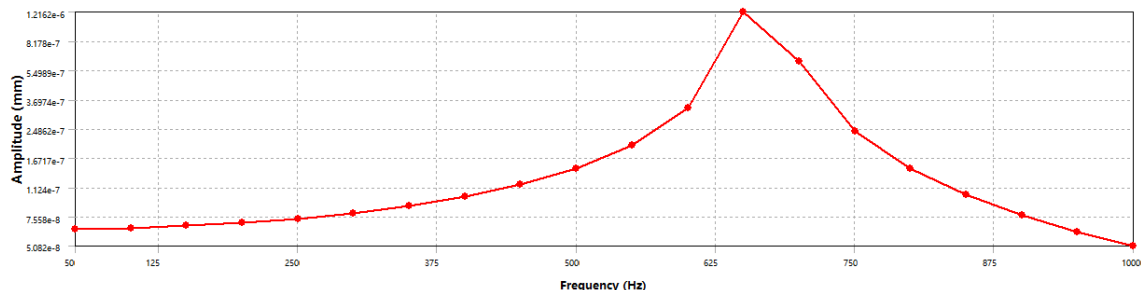


материала	величина ξ
дерево	0,3
сталь	0,005
камень	0,007

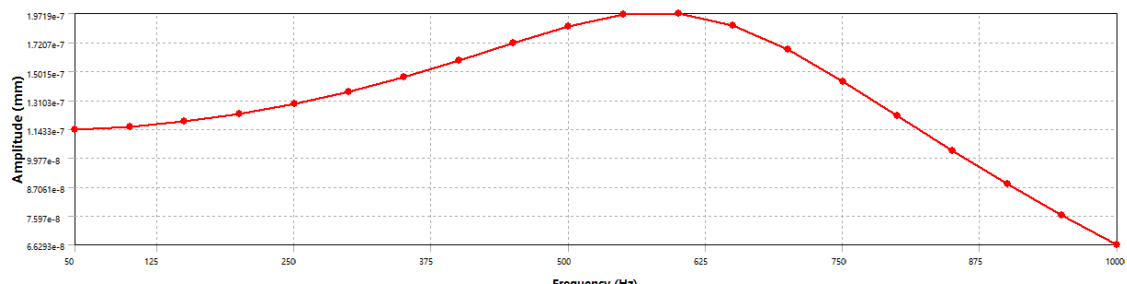
Выберите точку на верхней поверхности конструкции в качестве исследовательской поверхности вибрационного отклика. Смещение, скорость и ускорение основания различных материалов в этой точке показаны на рисунке 40-42.



(а) Сталь

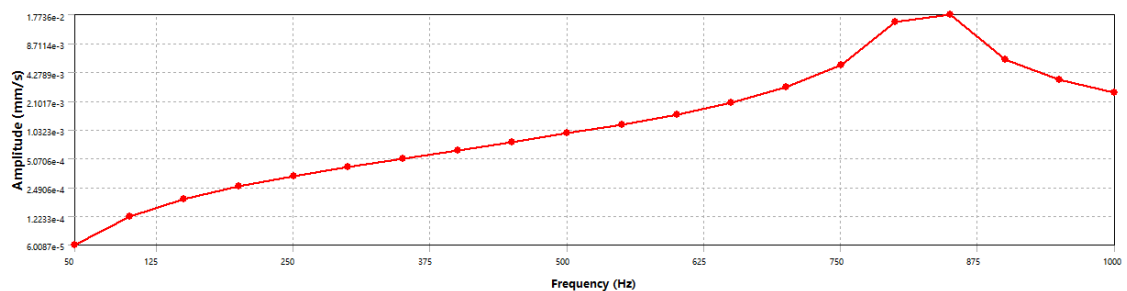


(б) Камень

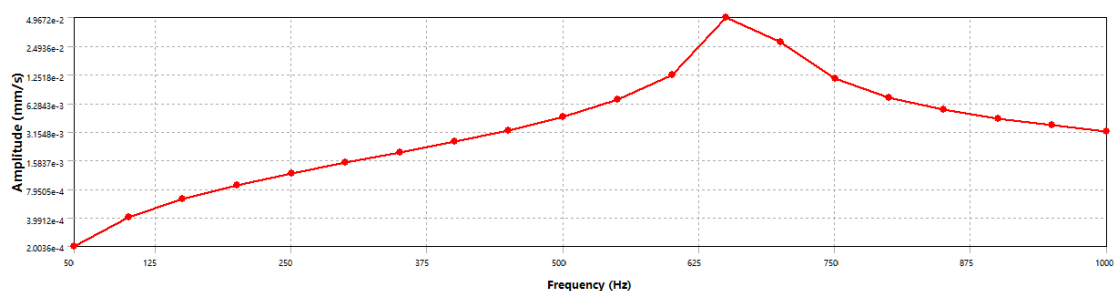


(в) дерево

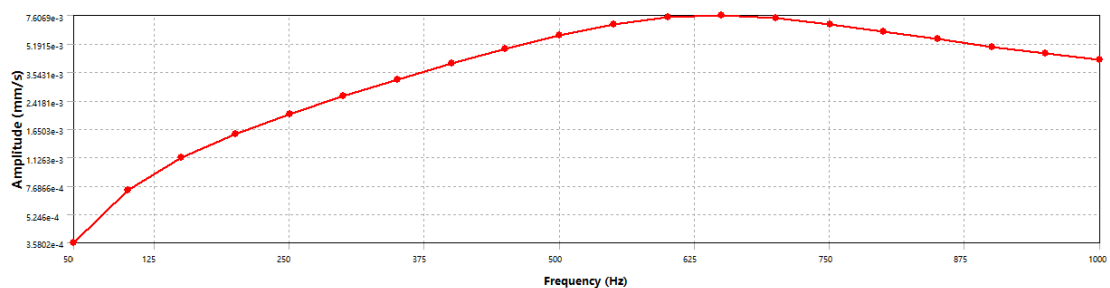
Рис. 40 Смещение вибрационного отклика гармонического анализа станины под различными материалами



(а) Сталь

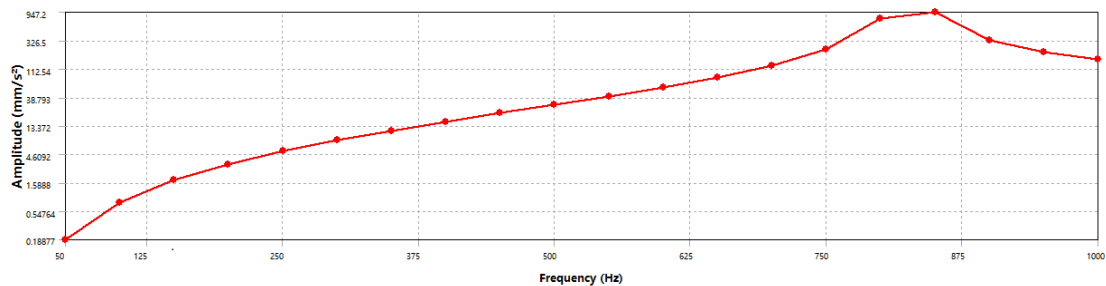


(б) Камень

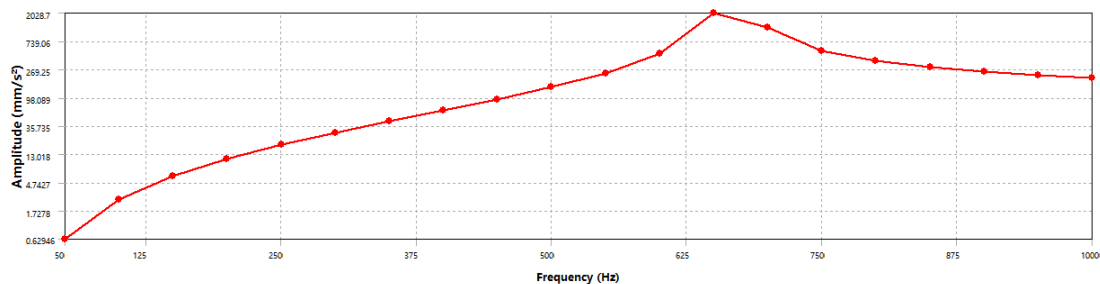


(в) дерево

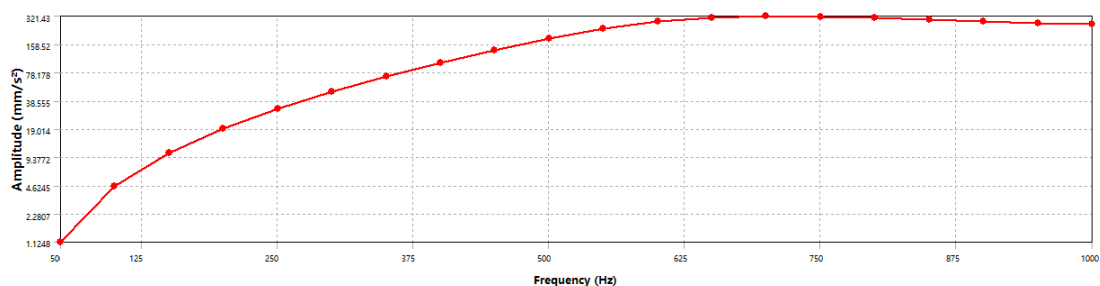
Рис. 41 Скорость вибрационного отклика гармонического анализа станины под различными материалами



(а) Сталь



(б) Камень



(в) дерево

Рис. 42 Ускорение вибрационного отклика гармонического анализа станины под различными материалами

Максимальное смещение, скорость и ускорение трех материалов появляются на собственной частоте. Из рисунков 40-42 видно, что основные характеристические параметры для разных материалов показаны в таблице 6.

Табл. 6

Название материала	Максимальное смещение, мм	Максимальная скорость, мм*с ⁻¹	Максимальное ускорение, мм*с ⁻²

сталь	$3,32 \times 10^{-7}$	$1,77 \times 10^{-2}$	947,2
камень	$1,21 \times 10^{-6}$	$4,97 \times 10^{-2}$	2028,7
дерево	$1,97 \times 10^{-7}$	$7,6 \times 10^{-3}$	321,4

Из Таблицы 6 видно, что максимальный отклик основания станка под разными материалами имеет место, когда собственная частота конструкции совпадает с рабочей частотой. Максимальное смещение основания из древесного материала является наименьшим, что может эффективно уменьшить вибрационное смещение во время процесса вибрации. Во всем диапазоне рабочих частот 0-1000 Гц скорость и ускорение камня самые большие, ускорение древесины наименьшее, а скорость и ускорение стали несколько выше, чем у древесины, поэтому применение древесных материалов к основам станков превосходит стальные материалы с точки зрения подавления вибрации.

5. Экспериментальное планирование деформационной характеристики материала при алмазном выглаживании.

Цель работы: Определение деформационной характеристики процесса алмазного выглаживания и выявление зависимости между силовой характеристикой и вибрационной характеристикой.

Приборы и принадлежности: деревянный станок, алмазный индентор, державка, динамометр, образец стали, дюрومتر, датчики, компьютер.

Краткое теоретическое введение

Деформацией твердого тела называется изменение формы и объема тела. Деформация возникает в случае, когда различные части тела совершают неодинаковые перемещения. При деформации изменяются расстояния между частицами тела (атомами и молекулами). Деформации могут быть упругими или пластическими. Деформации считаются упругими, если тело возвращается к первоначальным размерам, после прекращения действия сил. Деформации, которые не исчезают после прекращения действия внешней силы, называются пластическими.

Мы уже знали кривую напряжение-деформация углеродистой стали при растяжении (Рис.1). По мере постепенного увеличения нагрузки материал проявляет различные механические свойства.

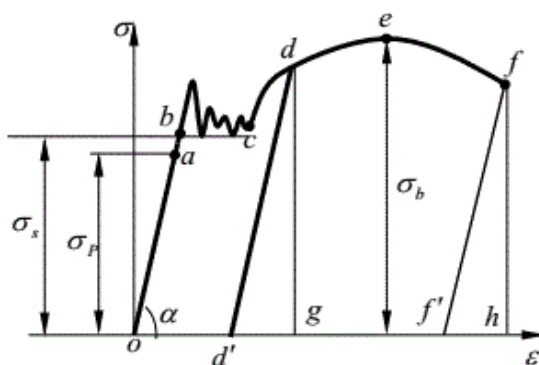


Рис. 1 Кривая напряжение-деформация.

На рисунке мы обращаем особое внимание на стадию упрочнения (сегмент се). После стадии текучести кривая напряжение-деформация показывает восходящую тенденцию, которая показывает, что сопротивление материала деформации увеличилось. При разгрузке на этом этапе кривая напряжения-деформации процесса разгрузки представляет собой прямую линию (например, наклон $d-d'$), и ее наклон приблизительно равен наклону участка прямой линии в упругой стадии. Когда нагрузка разгружается до нуля, деформация полностью не исчезает. Сразу после разгрузки, повторной загрузки отношение напряжение-деформация во время загрузки в основном изменяется по прямой линии во время разгрузки. Поэтому, если образец, который был пластически деформирован после разгрузки, снова подвергается испытанию на растяжение, его предел пропорциональности будет увеличен. Это явление называется наклёпом. Технология алмазного выглаживания использует этот принцип, чтобы вызвать пластическую деформацию поверхности металла под давлением, тем самым улучшая поверхностную прочность деталей. Ниже мы ищем кривую напряжения-деформации и кривую твёрдость-деформация материала при алмазном выглаживании.

Когда объект деформируется из-за внешних сил, создаются внутренние силы, которые взаимодействуют между различными частями объекта. Внутренняя сила на единицу площади называется напряжением.

Деформация — это физическая величина, которая изменяет геометрию и размер объекта из-за внешних факторов. Деформация

(удлинение или укорочение) определенного отрезка линии объекта, то есть отношение изменения длины отрезка к исходной длине отрезка, выраженное символом ϵ ;

В ходе эксперимента будут измерены и рассчитаны различные напряжения и деформации путем приложения к деталям различных давлений (50 Н, 100 Н, 200 Н, 300 Н, 400 Н, 500 Н). Диаметр детали 20 мм, радиус сферы алмазной головки 1 мм. И результат отображается в виде кривой напряжения-деформации. (σ - ϵ)

Способность материала сопротивляться давлению твердых предметов на его поверхность называется твердостью. Твердость является важным показателем эффективности для измерения степени мягкости и твердости металлических материалов, ее можно понимать как способность материала противостоять упругой деформации, пластической деформации или разрушению, а также можно выражать как способность материала противостоять остаточной деформации и противодействию разрушению. После алмазного выглаживания твердость будет значительно улучшена. При различных давлениях степень пластической деформации поверхности деталей различна, поэтому твердость поверхности деталей после обработки также различна.

Испытание на твердость подразделяют на метод статического давления (например, твердость по Бринеллю, твердость по Роквеллу, твердость по Виккерсу и т. Д.), Метод царапин (например, твердость по Моосу), метод обратного вызова (например, твердость по Шору).

Измерение твердости деталей, полученных при алмазном выглаживании в условии разных давлениях, получена кривая твёрдость-деформации. (H- ϵ)

Вибрация - одно из самых распространенных явлений в природе. Различные формы физических явлений, включая звук, свет и тепло,

содержат вибрации. Человеческое зрение стимулируется светом, и свет, по сути, также является электромагнитной вибрацией, в жизни не может быть звука, а генерация, распространение и прием звука неотделимы от вибрации. В области инженерных технологий вибрационные явления также повсюду. В эксперименте, путем изменения давления в алмазной головке, получены характеристики вибрации в процессе пластической деформации. Сбор данных и получена зависимость между силовой характеристикой и вибрационной характеристикой.

Задание

Получить данные, такие как твердость(H), частота(f), амплитуда(A), напряжение(σ) и деформация(ϵ) при различных условиях силы.

Порядок выполнения работы

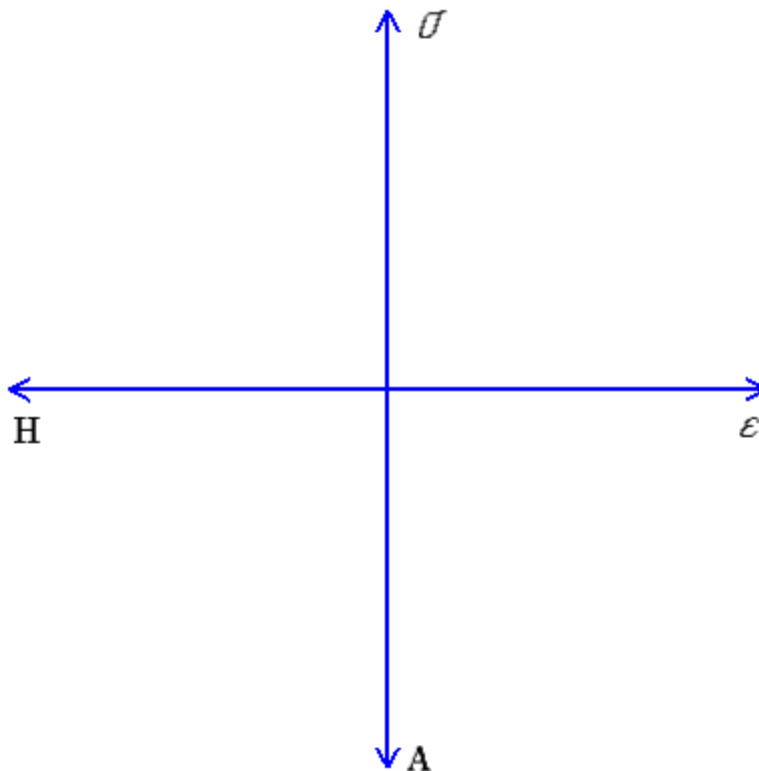
1. Установить цилиндрическую стальную деталь на машину;
2. Обработать деталь алмазным выглаживанием;
3. Измерить частоту и амплитуду вибрации деталей при обработке.
Заполните данные в таблицу;
4. Измерить твердость обработанных деталей методом твердости Роквелла. Заполните данные в таблицу;
5. Измерить напряжение и деформацию обрабатываемых деталей.
Заполните данные в таблицу;
6. Изменить давление инструмента и повторить шаги 2-5;
7. Нарисовать графики на основе полученных данных.

Результаты эксперимента

Построить график зависимости давления алмазной инденторы от напряжения σ , деформация ε , твёрдости детали.

Табл. 29

Стальной образец, D=20мм, r=1мм						
Номер измерения	F, Н	σ , МПа	ε	HB/HR	Частота, Hz	Амплитуда, мм
1	50					
2	100					
3	200					
4	300					
...	...					



Вывод

В данной работе представлена технология алмазного шлифования, которая содержит инструменты для шлифования и силы при алмазном шлифовании. Также разработан и изготовлен деревянный токарный станок для исследования вибрации при алмазном шлифовании. Анализированы три различных материала станков с помощью ANSYS, сравнены амплитудно-частотные характеристики стали, дерева и камня. Сделан вывод о том, что вибростойкость древесины выше, чем у двух других материалов. Анализирована прочность винта токарного станка. Представлены формы вибрации шестого порядка винта, и критическая скорость шпинделя может быть рассчитана как 4980 об / мин, что намного больше, чем максимальная скорость винта. Получены первые шесть собственных частот винта в работе, что играет важную роль в предотвращении механического резонанса.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студент:

Группа	ФИО
4AM82	Чи Гуаньнань

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент дополнительной заработной платы – 0,2; - накладные расходы – 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- общая система налогообложения; - страховые взносы во внебюджетные фонды 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика проекта: - определение структур работ; - определение трудоемкости работ; - разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. Календарный план-график

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		16.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Чи Гуаньнань		16.03.20

1. Финансовый менеджмент,

ресурсоэффективность и ресурсосбережение

1.1 Общие сведения о научно-техническом исследовании

Целью магистерской работы является разработка и изготовление специального небольшого токарного станка для изучения проблем вибрации в процессе алмазного выглаживания.

Результаты исследования являются актуальными во многих отраслях, в особенности в прецизионном приборостроении и аэрокосмической промышленности. Они помогают получить вибрационные характеристики деталей во время обработки, чтобы выбрать оптимальные параметры обработки для повышения точности обработки деталей.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

1.2 Предпроектный анализ

В процессе изучения вибрации алмазного выглаживания обычные токарные станки не могут быть использованы. Обычные

токарные станки имеют очень сложную конструкцию, основным материалом является чугун, и существует множество механизмов зубчатой передачи. Это означает, что обычные токарные станки будут создавать сильные вибрации на работе, и влияние на проводимые исследования нельзя игнорировать.

Станина разработанного токарного станка имеет деревянную структуру. Древесина обладает лучшими демпфирующими свойствами, чем металлические материалы, и ее легко обрабатывать и она недорогая. Кроме того, в передаточном устройстве вместо зубчатой передачи используется синхронный ременный привод, который может не только обеспечить передаточное число, но и снизить влияние вибрации при работе на эксперимент.

1.2.1 Потенциальные потребители и анализ конкурентных технических решений

Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, которое в дальнейшем поможет найти области, где продвижение нового продукта будет наименее трудоемким. Целевым рынком являются отечественные исследовательские институты, машиностроительные компании и энтузиасты машиностроения, в основном занимающиеся различным анализом вибрации процессов технологии и обработкой мелких деталей.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка

		Вид оборудования		
		Разработанное устройство	Устройство № 1	Устройство № 2
Компании	Крупные	+		
	Средние	+	+	+
	Мелкие	+	+	+

По карте сегментирования видно, что разработанное устройство является актуальным и впишется в рынок. Разработанное устройство представляет наибольший интерес для крупных машиностроительных компаний, а также и для небольших предприятий.

Для сравнения эффективности результатов исследования, необходимо провести сравнение токарного станка компании «Шэньянский первый станкостроительный завод» и «Даляньский станкостроительный завод, ООО».

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _с	Б _{к1}	Б _{к2}	К _с	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность устройства	10	7	6	6	70	60	60
2. Удобство в эксплуатации	8	8	4	5	64	32	40
3. Энергоэкономичность	6	5	3	4	30	18	24
4. Надежность	8	8	7	6	64	56	48
5. Уровень шума	7	7	4	4	49	28	28
6. Безопасность	9	9	4	5	81	36	45
7. Простота эксплуатации	7	7	6	5	49	42	35
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	9	7	7	7	63	63	63
2. Уровень проникновения на рынок	8	0	5	5	0	70	70
3. Цена	9	8	5	5	72	45	45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	6	3	5	5	18	30	30
5. Послепродажное обслуживание	7	5	6	6	35	42	42
6. Срок выхода на рынок	6	0	6	6	0	36	36
Итого:	100	74	68	69	595	558	566

Разработанное устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своих конкурентов (таб.2). Главные достоинства: Удобство в эксплуатации, уровень шума, относительно низкая цена.

1.2.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 9 - Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Новизна идеи научного исследования.</p> <p>С2. Достаточная надежность устройства.</p> <p>С3. Виброустойчивость устройства.</p> <p>С4. Удобная транспортировка устройства.</p> <p>С5. Универсальность устройства.</p> <p>С6. Относительная дешевизна устройства.</p> <p>С7. Низкая энергоемкость устройства.</p> <p>С8. Простота эксплуатации.</p>	<p>Сл1. Продукт не продавался.</p> <p>Сл2. Трудоёмкость монтажа.</p> <p>Сл3. Нижняя скорости шпинделя.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрое продвижение на рынок.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Усовершенствование устройства</p>	<p>В1С1С2С3С4С6С7 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства.</p> <p>В2С2С3С4С5- дополнительный спрос может появиться за счёт универсальности устройства.</p> <p>В3С1С3С8 - Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4С2С3 – Умешение вибрации, регулируя структуру деталей токарного станка</p>	<p>В1Сл1 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем.</p> <p>В2Сл2Сл3 – появление дополнительного спроса может быть мало из-за органичения функции устройства.</p> <p>В3Сл1 - сотрудничество с рядом новых организаций может не быть, так как ранее устройство не продавалось, и потребители не знают о нем.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Незаинтересованность потребителей в разработке</p> <p>У3. Конкуренция.</p> <p>У4. Кризис</p>	<p>У1С1С2С3 - устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.</p> <p>У2С1С4С6С7С8 – возможность быстрого продвижения на рынок потребителей.</p> <p>У3С2С3С4С5 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.</p>	<p>У1Сл1 – в связи с тем, что продукт не продавался, может быть, отсутствие спроса.</p> <p>У3Сл2Сл3 – из-за монтажа и ограничение функции могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.</p>

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта									
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	B1	+	+	+	+	-	+	+	-
	B2	-	+	+	+	+	-	-	-
	B3	+	-	+	-	-	-	-	+
	B4	-	+	+	-	-	-	-	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта									
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	У1	+	+	+	-	-	-	-	-
	У2	+	-	-	+	-	+	+	+
	У3	-	+	+	+	+	-	-	-

Таблица 13 - Интерактивная матрица проекта

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

На основе результатов анализа матрицы можно сделать вывод, что трудности и проблемы, с которыми может столкнуться данный проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

1.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения НИР необходимо провести морфологический анализ. При изготовлении устройства возможны два варианта исполнения. Эти варианты представлены в табл. 14.

Таблица 14 – Морфологический анализ

Наименование	Варианты	
	1	2
А. По конструкции привода	Зубчатая передача	Ременная передача
Б. По использованию материала	Чугун	Дерево

По данным занесенным в таблицу 8 можно выделить две принципиальные конструкции устройства: А1Б1 – исполнение 1; А2Б2 – исполнение 2.

2. Планирование научно-исследовательских работ

2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Проект разбивается на этапы выполнения, для распределения задач с целью распределения заработной платы.

Таблица 15 – План научно – исследовательской работы

Основные этапы	№	Описание работы	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	1	Постановка цели и задач, которые необходимо выполнить для достижения цели	Руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Проведение литературного обзора	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования Разработка технологической документации	4	Составление принципиальной схемы	Студент
	5	Выполнение расчетов	Студент
	6	Построение 3D модели устройства	Студент
	7	Разработка математической модели устройства	Студент
	8	Исследование математической модели в программной среде	Студент
Оформление отчета	9	Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Студент

Таблица 16 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 40%
Поиск и анализ аналогичных устройств	НР, И	НР – 20% И – 100%
Составление принципиальной схемы	НР, И	НР – 20% И – 100%
Построение 3D модели устройства	И	И – 100%

Создание математической модели устройства	И	И – 100%
Проведение исследований	НР, И	НР – 20% И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 10 работ требуются специалисты: инженер «И» (исполнитель ВКР); научный руководитель «НР».

1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (1)$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей

сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{ч_i} \quad (2)$$

Где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 17 - Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	№ раб		$t_{ож}$, чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	3,2
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	9,8
	3	Проведение патентного обзора	3,8
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы	3,2
	5	Выполнение расчетов	3,2
	6	Построение 3D модели устройства	7
	7	Создание математической модели устройства	9,8
	8	Исследование математической модели в программной среде	9,8
Оформление отчета	9	Заполнение пояснительной записки	4,6
Итого:			54,4

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть $T_p = t_{ож}$.

Разработка графика проведения научного исследования строится в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3)$$

Где T_{ki} - продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих

днях;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

Где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Результаты расчетов приведены в таблица 18.

Табл. 18 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_p	Длительность работ в календарных днях, T_k
	t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$			
Составление утверждение ТЗ	2	5	3,2	Руководитель	3,2	5
Изучение материала по теме	7	14	9,8	Студент	9,8	14
Проведение литературного обзора	3	5	3,8	Студент	3,8	5
Составление принципиальной схемы	2	5	3	Студент	3	5
				Руководитель	2	3
Выполнение расчетов	2	5	3,2	Студент	3,2	5
Построение 3D модели устройства	5	10	7	Студент	7	10
Создание математической модели устройства	7	14	9,8	Студент	9,8	14
Исследование математической модели в программной среде	7	14	9,8	Студент	9,8	14

Заполнение пояснительной записки	3	7	4,6	Студент	4,6	7
ИТОГО				Руководитель	5,2	8
				Студент	51	74

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,49$$

Таблица 19 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ рабо т	Вид работ	Исполнители	T_k	Продолжительность выполнения работ						
				Март	Апрель			Май		
				3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5							
2	Изучение материалов по теме	Студент	14							
3	Проведение патентного обзора	Студент	5							
4	Составление Принципиальной схемы	Студент	5							
		Руководитель	3							
5	Выполнение расчетов	Студент	5							
6	Построение 3D модели устройства	Студент	10							
7	Создание математической модели согласно ТЗ	Студент	14							
8	Исследование математической модели в программной среде	Студент	14							

9	Заполнение пояснительной записки	Студент	7							
---	----------------------------------	---------	---	--	--	--	--	--	--	--

1.3 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих официальных сайтах в интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Основные материальные затраты, необходимые для устройства, заносятся в таб. 20.

Таблица 20 - Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Винты с шестигранной головкой	шт.	22	22	2	2	44	44
Синхронный ремень	шт.	2	2	300	300	600	600
Гайки шестигранные	шт.	30	30	2	2	60	60
Шайбы	шт.	30	30	1	1	30	30
Пруток	шт.	4	4	100	100	400	400
Двигатель	шт.	2	2	800	800	1600	1600
Дерево	шт.	-	4	-	50	-	200
Шуруп	шт.	-	30	-	2	-	60
Чугун	шт.	4	-	90	-	360	-
Итого расходы на материалы						3094	2994

Основная заработная плата исполнителей

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 21.

Таблица 21 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн, руб	Заработная плата на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу, руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	3,2	1320	4224
2	Изучение материалов по теме	Студент	9,8	888	8702,4
3	Проведение литературного обзора	Студент	3,8	888	3374,4
4	Составление принципиальной схемы	Студент Руководитель	5,2	1104	5740,88
5	Построение расчётной схемы и математической модели	Студент	3,2	888	2841,6
6	Выполнение расчётов	Студент	7	888	6216
7	Исследование математической модели	Студент	9,8	888	8702,4
8	Заполнение пояснительной записки	Студент	4,6	888	4084,8
	ИТОГО				19003,2

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (6)$$

Где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (7)$$

Где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_d} \quad (8)$$

Где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 22).

Таблица 22 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	195

$З_{дн1} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} = \frac{24750 \cdot 10,4}{195} = 1320$ руб. – заработная плата руководителя за 1 день;

$З_{дн2} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} = \frac{15460 \cdot 11,2}{195} = 888$ руб. – заработная плата студента за 1 день;

$З_{осн1} = 1320 \cdot 3,2 = 4224$ руб. – руководитель;

$З_{осн2} = 888 \cdot 51 = 45288$ руб. – студент.

$З_{зп1} = 4224 + 844,8 = 5068,8$ руб. – руководитель;

$З_{зп2} = 45288 + 9057,6 = 54345,6$ руб. – студент.

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (9)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15 – 0,2).

$$З_{\text{доп1}} = 0,2 \cdot 4224 = 844,8 \text{ руб.} - \text{руководитель.}$$

$$З_{\text{доп2}} = 0,2 \cdot 45288 = 9057,6 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы, руб:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 23.

Таблица 23. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	4224	844,8
Студент-дипломник	45288	9057,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	30,2%
Итого	1530,78+16412,37=17943,15	

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 30,2\% \cdot (4224 + 844,8) = 1530,78 - \text{руководитель}$$

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 30,2\% \cdot (45288 + 9057,6) = 16412,37 - \text{студент}$$

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

Данные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

В проекте необходимо рассчитать контрагентные расходы. Под

данные расходы попадают расходы на оплату труда токарю. В таблице 24 представлены данные оплаты труда токаря.

Таблица 24 – Контрагентные расходы

№ п/п	Профессия	Количество деталей	Количество работников	Разряд рабочего
1	Токарь	6	1	3

Для сборки устройства необходимо собрать 6 элементов. Заказ будет выполняться на другом заводе. Оклад токаря на другом заводе 8000 р. На выполнение работ отводится 2 дня. Подсчитаем зарплату токаря за 2 дня на другом заводе. Результаты расчетов представлены в таблице 19. Заработная плата рассчитывается по методике из разд. 2. 4., отчисления во внебюджетные фонды по методике 2. 6.

Таблица 25 - Оплата труда сторонних исполнителей

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Токарь	920
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%
Отчисления во внебюджетные фонды	331

$$З_{дн} = \frac{8000 \cdot 11,2}{195} = 460 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 460 \cdot 2 = 920 \text{ руб.}$$

$$З_{зп} = 920 + 184 = 1104 \text{ руб.}$$

$$З_{внеб} = 30\% \cdot 1104 = 331,2 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1/7) \cdot k_{нр} \quad (11)$$

Где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Коэффициент накладных расходов принимаем в размере 16%.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат НИР является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на НИР по каждому варианту исполнения приведен в табл. 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	3094	2994	Пункт 2.3
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49512	49512	Пункт 2.4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9902,4	9902,4	Пункт 2.5
4. Отчисления во внебюджетные фонды	17943,15	17943,15	Пункт 2.6
5. Контрагентские расходы	1417	1417	Пункт 2.7
6. Накладные расходы	12804,3	12788,3	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	93831	92715	Сумма ст. 1- 6

1.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической 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 двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносится

финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{инр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (12)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{93831}{93831} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{92715}{93831} = 0,99$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (13)$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 27).

Таблица 27 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Виброустойчивость	0,3	3	5
2. Долговечность в использовании	0,3	5	5
3. Производительность	0,1	5	5
4. Транспортировка	0,15	4	5
5. Надежность	0,15	5	5
ИТОГО	1	4,25	4,85

$$I_{p-исп1} = 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 4,25$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 4,85$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{исп.i}^{финр}} \quad (14)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,25}{1} = 4,25$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,85}{0,99} = 4,90$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 28) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (14)$$

Таблица 28 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	4,90
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=0,87	Исп2/Исп1=1,15

Из таблицы 28 видно, что интегральный показатель ресурсоэффективности разработки и эффективности исполнения 2 значительно выше исп.1. Поэтому наиболее эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи является исполнение 2.

Выводы

В процессе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был определен целевой рынок, для разработанного устройства. Проведен анализ конкурентов, из которого следует, что проектируемое устройство конкурентоспособное. Рассчитаны материальные затраты на изготовление данного устройства, затраты на основную и дополнительную зарплату, отчисления во внебюджетные фонды, контрагентные расходы, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НТИ. Произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя эффективности. По результатам можно сделать вывод: наиболее эффективно использовать ременную передачу и деревянную конструкцию.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студент:

Группа	ФИО
4АМ82	Чи Гуаньнань

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка конструкции стенда (общая компоновка и привод подач) и исследование процесса пластической деформации при алмазном выглаживании»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является участок цеха по производству образцов для выглаживания, в частности оборудование, находящееся в нём
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)	
2. Производственная безопасность	1) Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха; 2) Повышенный уровень шума; 3) Повышенный уровень вибраций 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5) Эмоциональные нагрузки; 6) Отлетающие кусочки металла, абразивного материала; 7) Электрический ток; 8) Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;	
3. Экологическая безопасность	1) Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу: Токсичные выбросы, неразлагающийся мусор. 2) Способы утилизации отходов	
4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на производстве: 1) Природная характера - воздействие низких температур 2) Техногенное возникновение пожара	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику		16.03.20

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		16.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Чи Гуаньнань		16.03.20

Введение по разделу социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора станка, в процессе изготовления станка и производства заготовок для выглаживания, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Алмазное выглаживание — процесс пластического деформирования исходного микропрофиля под действием усилия, приложенного к алмазу (или другому сверхтвердому материалу). Пластическая деформация металла приводит к сглаживанию микрогребешков обрабатываемой поверхности и заполнению впадин микропрофиля объемом сдеформированных гребешков.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка), связанного непосредственно с изготовлением заготовки для изучения.

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Следующие правовые нормы используются в качестве ссылки:

1.ГОСТ 12.4.154-85 ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

2.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства,

экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

Для рабочих должны проводиться мероприятия по вопросам обеспечения безопасного труда. В систему таких мероприятий должны входить:

постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;

переход от ручной работы к механизированной;

безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;

знание и соблюдение техники безопасности;

безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;

постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений (соблюдение норм предельно допустимого количества абразива в воздухе и паров химических веществ);

регулярные медицинские осмотры;

соблюдение требований безопасности труда к освещенности

помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;

соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;

доступ к системе водоснабжения, сан.узлу;

регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;

оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы, холодильник, микроволновая печь, электрический чайник);

доступ к питьевой воде.

2. Производственная безопасность

2.1 Анализ условий труда на рабочем месте

Работа по изготовлению заготовки проводилась на металлообрабатывающем оборудовании, а по измерению – на координатно- измерительной машине:

Рабочее место располагается на 1 этаже в цеху, помещение представляет собой комнату размером 10 м на 8 м, высотой 3,5 м, в помещении находится 2 технического устройства, 2 человек. Остальное при анализе по разделам.

1) Токарный станок;

2) Координатно-измерительная машина.

При работе с обеими машинами существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 29. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб о	Изгото в	Эксплу а	
1.Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
2. Превышение уровня шума;	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. Повышенный уровень вибраций;	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
4.Отсутствие или недостаток естественного света;	+	+	+	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны;	+	+	+	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
6.Эмоциональные нагрузки;	+	+	+	Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).
7.Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;	+	+	+	
8.Повышенные температуры материалов;	+	+	+	
9.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

2.2 Анализ показателей шума

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является двигатель станка, а также пневматический пружинный

зажим алмазной режущей головки в работе.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в ГОСТ 12.1.003–83.

Таблица 30. Уровни шума для различных видов трудовой деятельности с учетом степени напряженности труда

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая	средняя	тяжелый	тяжелый	тяжелый труд
трудо- вого процесса	физическая нагрузка	физическая нагрузка	труд1 степени	труд 2 степени	3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

Если уровень шума на работе превышает 70-80 дБ необходимо использовать индивидуальные средства защиты (беруши, специальные наушники). Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на:

акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.). Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных

массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему трению в звукопоглощающих материалах. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

Для уменьшения воздействия неблагоприятных шумовых эффектов, рабочим следует использовать беруши, наушники.

Так же в обеденный перерыв обязательно нужно покидать рабочее место и отправляться в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости. Не реже 1 раза в год (или в полгода, если уровень шума очень высокий) проверять слух у врача-оториноларинголога, следует уловить момент ухудшения и принять меры.

2.3 Анализ показателей вибрации

В процессе обработки деталей, если режущий инструмент выставлен неправильно, а также если станок не имеет крепкого фундамента под собой, или не установлен на виброопорах, могут возникать вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах —

это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”. В этом документе приведены предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней в октавных и третьоктавных полосах частот для локальной и общей вибрации в зависимости от источника возникновения, направления действия.

Коллективные виды средств защиты от вибрации считаются предпочтительными, в то время как средства индивидуальной защиты применяются в качестве вспомогательных. К ним относятся: виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

2.4 Анализ показателей микроклимата

В ходе работы необходимо соблюдать допустимые значения на следующие производственные метеоусловия – влажность воздуха на

рабочем месте, температура воздуха, скорость движения воздуха, а так же тепловые излучения. Указанные физические свойства воздуха на рабочем месте оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека. Так, при неблагоприятном микроклимате (превышение или же занижение допустимых нормативных показателей указанных в СанПиН 2.2.4.548 – 96) снижается производительность труда и ухудшается здоровье работника.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции, что приводит к перегреву или переохлаждению. Нарушениями механизма терморегуляции являются:

- Повышенная утомляемость;
- Снижение его производительности труда;
- Повышенный риск простудных и сердечных

заболеваний.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия. Например, такие как системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий

относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

2.5 Анализ освещенности рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 в офисе должно быть не менее 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 10$ м, ширина $B = 8$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p =$

1,0 м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 10 \times 8 = 80 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_C=40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{\Pi}=70\%$.

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен

$$\Phi_{\text{ЛД}} = 3000 \text{ Лм.}$$

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

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

= 0,5 м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

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

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{8}{2,4} = 3,3 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{10}{2,4} = 4,16 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = N_a \cdot N_b = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены

определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{10 \cdot 8}{2,0 \cdot (9 + 7)} = 1,97$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 40\%$ и индексе помещения $i = 1,97$ равен $\eta = 0,65$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,65} = 4061 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2457,45}{2457,45} \cdot 100\% = -6,1\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq -6,1\% \leq 20\%$, необходимый световой поток.

2.6 Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств,

обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Бюро относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

К средствам защиты от статического электричества и

электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.

2.7 Анализ факторов термической опасности

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-700°C). При постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур, которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежания получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что обработанных деталей, а так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в

3. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через как можно более полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён окружающей среде, увеличивается, поэтому задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

При написании данной выпускной квалификационной работы не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащим особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;

-Очищать СОЖ для повторного использования, с вторичным использованием отфильтрованной взвеси абразивной пыли и мелкой стружки (неответственные конструкции).

При проведении в цеху экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, существенных воздействий на окружающую среду небыло.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.1 Природного характера

Так как г.Томск расположен в Сибири, где температура зимой опускается до опасных для человека морозов, существует риск чрезвычайной ситуации природного характера. Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате источника чрезвычайной ситуации, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того, чтобы устранить полностью или снизить ущерб от различных возможных чрезвычайных ситуаций, проводятся профилактические мероприятия, поэтому при аварии на:

Водоканале: следует обеспечить подвоз питьевой и технической

воды рабочим, если нет возможности прервать технологический цикл изготовления деталей. Также в цеху рекомендуется иметь запас питьевой воды из расчёта 2 л/чел. в смену.

- Теплотрассе: предусмотреть обогреватели помещения, работающие от электрической сети, а также СИЗ (тёплая одежда, перчатки, шапки).

- Электросетях: следует обеспечить генератором (бензиновым или дизельным), который сможет производить ток требуемой мощности. Так же для профилактики рекомендуется:

- 1) Снабжение предприятия, учреждения, населенного пункта с двух направлений, от независимых энергоисточников. Это значительно повышает надежность, так как одновременный выход из строя двух линий передачи электроэнергии (при закольцованности) менее вероятен;

- 2) замена воздушных линий на кабельные подземные;

- Transporte: предприятие, зная механизм образования зимней скользкости, обязано не только ликвидировать ее при обнаружении в установленные сроки, но и проводить профилактические мероприятия при наличии прогноза погодных условий, являющихся причиной образования зимней скользкости на дорогах, в том числе

применять меры реагирования по ее устранению после окончания выпадения осадков, не дожидаясь сообщений со стороны третьих лиц.

4.2 Пожарная безопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн.

Согласно НПБ 105-03 бюро 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);

б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

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;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) 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.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рис. 42).

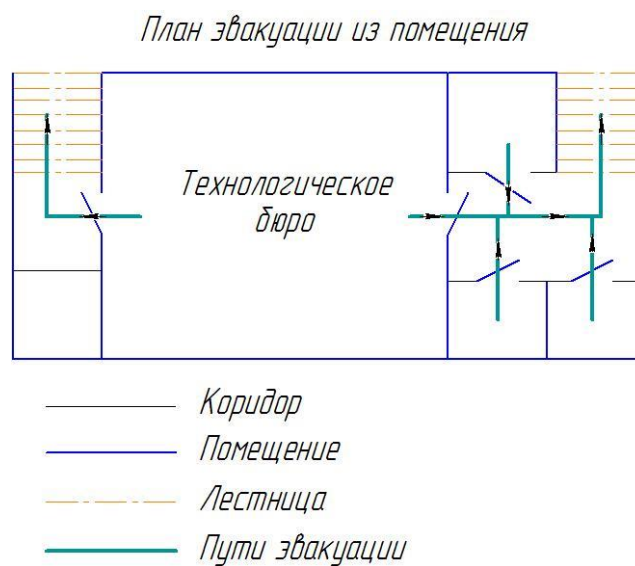


Рис. 42 План эвакуации

Заключение по разделу социальная ответственность

В данном разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а так же способы уменьшения их воздействия.

К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: вибрации, шум, недостаток освещённости. В разделе приведены способы уменьшения воздействия на организм человека вредных факторов, а так же средства индивидуальной защиты для уменьшения воздействия этих факторов. Расчетная интенсивность освещения помещения соответствует отраслевым стандартам. И спланирован план эвакуации на случай пожара.

**Development of the stand design (general layout and feed drive) and
research of the process of plastic deformation during diamond
burnishing**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Чи Гуаньнань		25.05.20

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю. Б.	к.т.н		25.05.20

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кобзева Н. А.	к.п.н		25.05.20

INTRODUCTION

Quality assurance of mechanical products is the first task of mechanical production personnel. The manufacturing quality of products includes two aspects: the quality of manufacturing of parts and the quality of assembly of products. The quality of parts manufacturing directly affects the quality indicators of productivity, efficiency, service life and reliability of the product, etc. This is the basis for ensuring the quality of the product. Improving productivity and product life is a principle followed by the engineering industry.

The use of surface technology for materials in industry has significantly improved the productivity, quality and service life of products, and also brought huge economic benefits. Compression deformation occurs on a metal surface by mechanical means, so that the surface forms a strain hardened layer, thereby increasing the hardness and strength of the surface layer.

Diamond burnishing is one of the simplest and most effective methods of hardening by surface plastic deformation.

This paper presents the principle of diamond burnishing and vibration technology in a machine. To study mechanical vibration during ironing, a special lathe has been developed.

1. Literature review

1.1. The concept of surface plastic deformation.

In the manufacture and operation of machine parts, bumps and microroughnesses are formed on their surfaces, and the metal layer immediately adjacent to the surface changes the structure, phase and chemical composition, and residual stresses arise in it.

Under operating conditions, the surface layer of a part is subjected to the strongest physico-chemical effect: mechanical, thermal, magnetoelectric, light, chemical, etc. In most cases, the part begins to deteriorate in the service properties of the surface, for example, wear, corrosion, fatigue cracks and other fractures develop first on a surface. Therefore, higher demands are made on the surface layer than on the bulk of the part. And surface plastic deformation processing is one of the simplest and most effective ways to increase the operational performance of a part and its surface layer in particular.

Surface plastic deformation is based on the ability of a metal surface to perceive residual plastic deformation without violating the integrity of the metal. As a result of surface plastic deformation, the hardness and strength of the surface layer increase, favorable residual compressive stresses are formed, the roughness parameter R_a decreases, the radius of curvature of the vertices of the microprotrusions increases, etc. Surface plastic deformation of parts is used in all types of production. An important characteristic of the state of the surface layer is the residual stresses.

Residual stresses have a significant effect on the strength and durability of machine parts and structures. Due to surface plastic deformation, compressive residual stresses occur in the surface layer. Residual compressive stresses arising in the surface layer increase the cyclic strength of the parts, since they unload the surface layers from

stresses caused by loads.

During processing, the shape of the grains of the surface layers of the metal billet changes. They are stretched in the direction of deformation, an ordered structure of a fibrous nature is formed. Parts treated with surface plastic deformation become less sensitive to fatigue failure.

1.2. The essence of hardening by plastic deformation.

Polycrystalline solids consist of a large number of grains (crystals), separated by boundaries. Each grain contains defects. The grains have a different orientation (Fig. 43).

When an external stress is applied to the metal, plastic deformation will primarily occur in the grain that is most favorably oriented to the external stress (i.e., with the highest tangential stress). With an increase in external stress, a gradual involvement of the remaining grains in the process of plastic deformation is observed while maintaining grain continuity. The figure shows a diagram of the transfer of plastic deformation from grain to grain. Under the action of external shear stress τ_s , dislocations generated by active source B arrive at the grain boundary and are delayed near it. With the accumulation of dislocations at the point "P" the voltage increases. However, this is not enough to transfer from one grain to another across the MN boundary. Therefore, the slip propagates from one grain to another due to the fact that upon reaching a certain voltage value at a point "P", a dislocation source is excited in an adjacent grain, for example, at point A. The dislocations generated by source A will move along the most favorable oriented plane slip.

If the dislocation is reliably delayed by the boundary and the possibilities of the relay transmission of strain are limited, then the strain is localized in microvolumes, and the yield stress increases.

Along with grain size, strain and hardening of metals is greatly influenced by the number and size of intragranular blocks (cells). With an increase in the degree of deformation and increase in the density of dislocations, the grain is crushed into blocks along the planes of accumulation of dislocations.

Plastic deformation of metals is achieved due to the movement of dislocations. In the process of plastic deformation, the dislocation density increases due to the interaction between dislocations.

The high efficiency of hardening is explained by a higher density of defects formed in the surface layer due to the concentration of dislocations. This creates a fine structural state of the metal, which would provide a maximum delay of dislocations and their minimum exit to the surface.

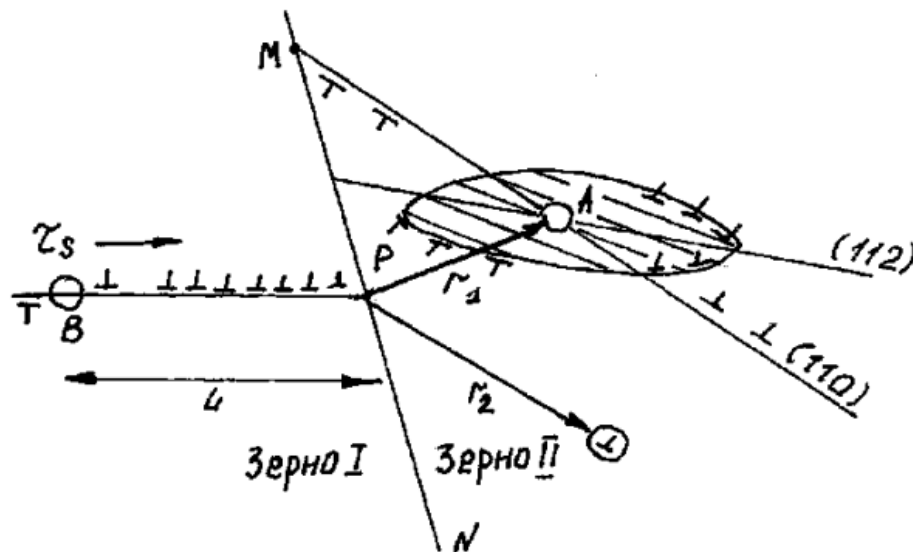


Fig. 43

1.3 Diamond burnishing.

Diamond burnishing is one of the technologies of surface hardening, which can achieve a small roughness of the machined surface of the part. Diamond burnishing is characterized by a relatively small contact area of the tool-part, therefore, it is used in the processing of non-rigid parts,

durable and hardened materials. In case of diamond burnishing, surface plastic deformation processing is carried out under sliding friction conditions (with a very low coefficient of friction, because diamond has a very low coefficient of friction paired with any metal).

Almost all metals and alloys can be processed by diamond burnishing, in addition to titanium, zirconium and niobium, because they stick to the working part of the tool.

The formation of the surface layer during diamond burnishing occurs due to plastic deformation of the treated surface. Under the action of the radial force acting on the contact surface of the diamond with the part, contact pressures arise. If their value exceeds the yield strength, plastic deformation of thin surface layers occurs. During plastic deformation, the surface layer has a specific fibrous structure, the initial crystal lattice is distorted. Burnishing is performed: to reduce surface roughness, harden the surface layer, increase the accuracy of the dimensions and shapes of parts.

Given the increased fragility of a diamond or composite, one should not burnish out discontinuous surfaces. Due to the instability of quality during machining, it is impossible to process workpieces with significant shape deviations in the cross section or uneven surface hardness (the spread of hardness values is not more than 4 HRC). Therefore, preliminary processing of the surface of the workpiece for diamond burnishing should be carried out by grinding, fine turning or boring, that is, the dimensional accuracy should not be lower than 7 grade with a roughness parameter $Ra \leq 0.80 \mu\text{m}$.

The main factors affecting the surface microrelief formed as a result of diamond burnishing contain: Kinematics of the process (by the direction of mutual movement of the tool and the workpiece); The value of the initial roughness; The shape and size of the working part of the

diamond or composite; The amount of incorporation of a diamond or composite into the surface to be treated; Plastic flow of the material, causing the appearance of secondary roughness; Roughness of the working part of the diamond or composite; The amount of elastic recovery of the surface of the part after burnishing.

The quality of the machined surface of the workpiece by diamond burnishing substantially depends on the burnishing modes: force and feed. The number of passes, the speed of burnishing affect the roughness and microhardness of the treated surface to a much lesser extent.

1.4 Tools for burnishing.

For the manufacture of burnishers, natural and synthetic diamonds, as well as composites, are equally widely used. The durability of natural and artificial diamonds, composites is approximately the same. For processing iron-carbon alloys, it is more preferable to use composites as deforming elements.

Diamond has significant hardness and allows you to process most structural materials. However, in practice, the use of natural diamond is accompanied by certain difficulties. For example, to use a diamond, it must first be oriented in the direction of maximum hardness. Since natural diamond has significant fragility, it is not possible to process surfaces having large beats relative to the axis of rotation, etc. Such materials as synthetic diamond, elbor, superhard materials based on cubic boron nitride, as well as VK6 and VK8 hard alloys, both in combination with wear-resistant coatings and without them, are widely used as tool materials for burnishing processing.

Tool holders with simple design with tips made of natural and artificial diamonds in the form of a hemisphere, cylinder or cone serve as a working tool.

The tips of natural (technical) diamonds are of two types: type 1 - with a spherical and cylindrical working part (see Fig. 44), type 2 - with a conical (see Fig. 45). Type 1 tool is made in three versions.



Fig. 44 Type 1 - with spherical and cylindrical working part

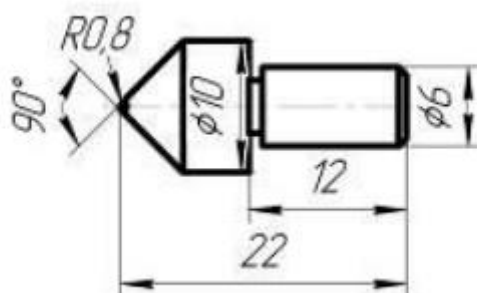


Fig. 3 Type 45 - with a conical working part made of natural diamond

A tool with a spherical sharpening shape (Fig. 46a) allows you to process external, internal and flat surfaces using both the burnishing method and vibration burnishing.

The cylindrical shape (Fig. 46b) is used only for processing external cylindrical surfaces.

The conical burnisher (Fig. 46c) works on the large surface of the cone.

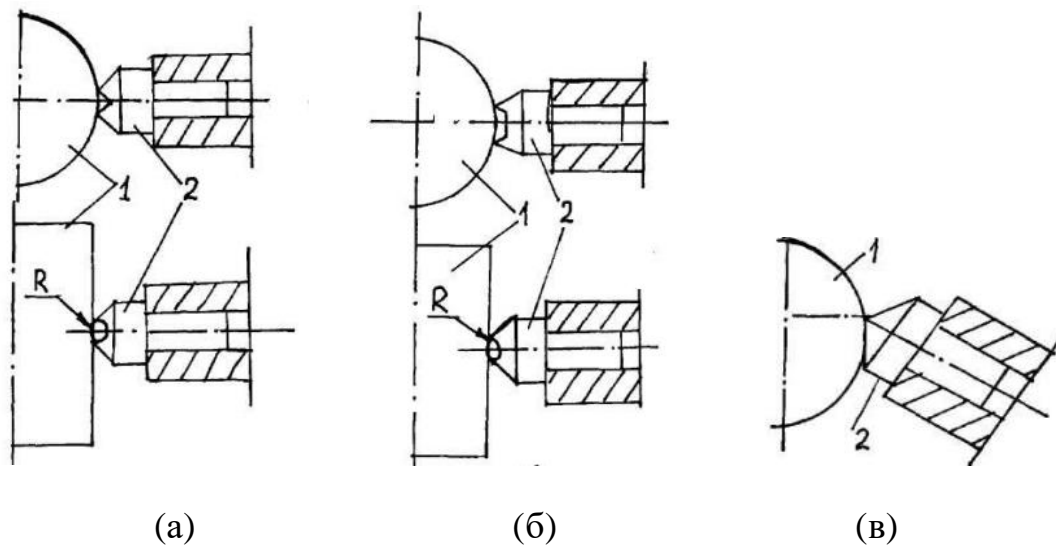


Fig. 46 Schematic diagram of the burnishing devices during the processing of a cylindrical surface: a - spherical shape of sharpening, b - cylindrical, c - conical; 1 - machined surface, 2 - sharpening.

1.5. Diamond burnishing forces.

When burnishing the outer surface of the part-body of rotation on the lathe and when installing the burnisher in the tool holder, the burnishing mechanism is as follows. Pressed to the surface to be machined with some force, the tool penetrates into it to a certain depth and during its movement burnishes out the initial irregularities. After the passage of the tool, a partial elastic restoration of the surface occurs. In front of the burnisher, a plastically deformed metal roller is formed, the front surface of the burnisher is loaded much more than the back surface. For this reason, as well as due to the adhesive interaction between the part and the tool, a tangential component of the force arises in the process of burnishing.

After each revolution of the workpiece, the groove-track of the burnisher moves axially by the feed amount. In this case, its multiple overlap occurs at subsequent revolutions of the workpiece, because groove width greater than feed rate. A roll of deformed metal is formed

on the non-burnished surface side, the right half-surface (in the feed direction) is loaded much more than the left half-surface. Therefore, in the process of burnishing, axial force arises.

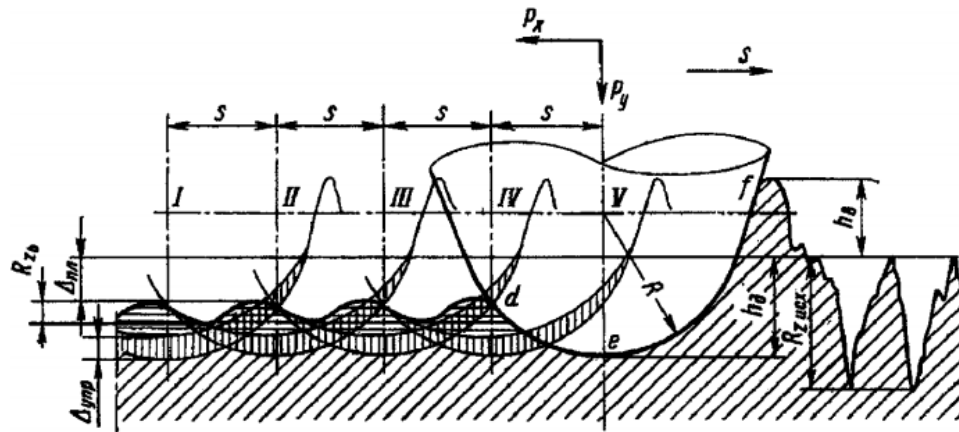


Fig. 47 Diagram of surface deformation during diamond deformation.

When ironing, the force P is decomposed into the components: normal R_U , tangential P_Z and feed force P_X .

The magnitude of the burnishing forces depends on the radius of the shape of the working part of the burnisher, the ductility and roughness of the surface to be treated, on the depth of penetration of the burnisher, feed, etc.

$$P_X = C_X R^{0.5} h^{4.5} \sigma_T, \quad P_Y = C_Y R h \sigma_T, \quad P_Z = C_Z R^{0.5} h^{4.5} \sigma_T,$$

C_X ; C_Y ; C_Z – coefficients taking into account specific processing conditions;

R – the radius of the working part of the burnisher;

h – burnishing depth;

σ_T – yield strength of the processed material.

Studies have established that the main force creating the necessary pressure in the zone of contact of the tool with the part is the normal component P_Y . Components P_X and P_Z are 10-20 times less than P_Y . Therefore, P_Y is taken as the burnishing force.

Production experience indicates that the optimum normal strength during diamond burnishing of structural steels is from 100 to 200 N. At high forces, as a rule, the depth of the hardened layer increases, the microhardness in the lower layers increases, but the microhardness in the upper thin surface layer decreases.

1.6. Burnishing the outer cylindrical surfaces.

The burnishing of the outer cylindrical surfaces was carried out on a lathe with high accuracy. We fixed the tool in the holder of the lathe. An engraving insert with a diamond edge is pressed against the work surface by a spring (Fig. 48). Diamond is a particularly good polishing tool because it glides over metals and has a low coefficient of friction with high hardness.

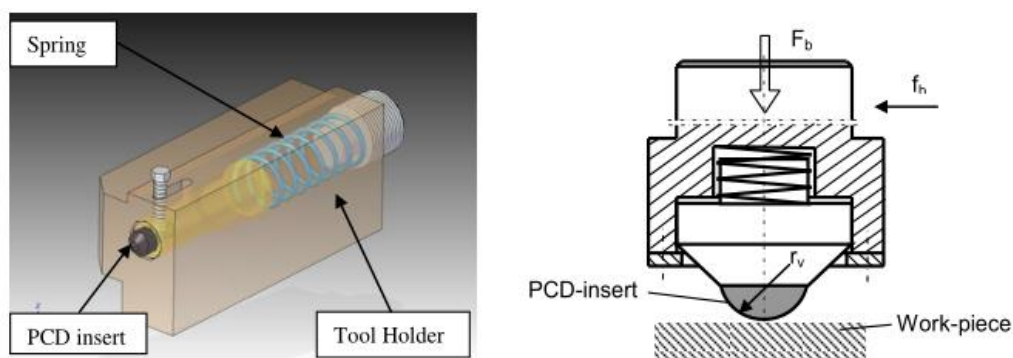


Fig. 48 Diamond burnishing tool

The burnishing force has an optimal value; above it, due to destruction, the surface may become rougher. Too high molding speed and high feed can lead to a decrease in the efficiency of the process. Such a surface roughness can be provided by finishing turning or grinding [5]. We can burnish surfaces (especially hard surfaces) only after finishing or precision processing (for example, hard cutting).

When we compared the initial values of the surface roughness with the values after the running-in diamond (using hard cutting), we came to

the conclusion that diamond polishing improves the surface roughness by 30% compared to the original surfaces [5].

1.7. Machine vibration knowledge

At industrial enterprises, there is a type of vibration that causes concern among operating personnel - this is the vibration of the machine. Vibration of the machine is a periodic movement of the nodes of the machine, or the machine itself, repeated at regular intervals. Any node that moves first forward and then backward oscillates or vibrates. In other words, vibration is a repeating process of changing the value of a physical quantity near its average value over time.

Vibration of machines can take many forms. The machine unit can travel long and short distances, quickly and slowly, with sound and heat. In some machines, vibration can be specially incorporated at the design stage and have a functional purpose, in others, it can be unintentional and lead to damage.

In most cases, machine vibration is unintentional and undesirable. Figures 49 show some examples of harmful vibration for machines.

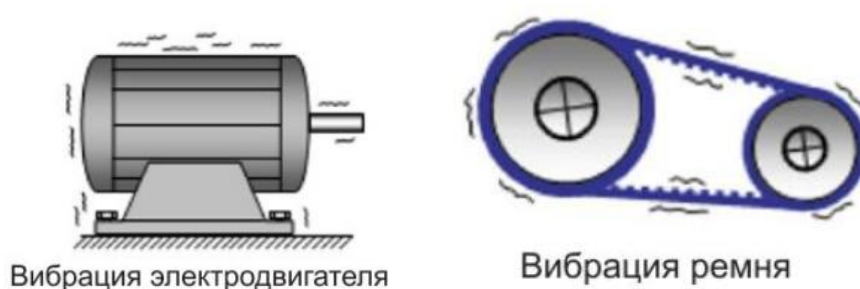


Fig. 49 Examples of harmful vibration

1.8. The reason for the vibration of the machine.

- 1) Due to the action of periodic forces

Periodic forces act on the nodes and parts of the machine, causing it

to oscillate.

Periodic forces in machines arise due to imbalance, misalignment of the shafts, wear of parts, or the application of dirt to rotating parts of the machine. Examples of these types of periodic forces are shown in Fig. 50.

Unbalanced machine parts have a “hard point” that rotates and causes periodic forces in the machine. The imbalance often occurs as a result of errors in the machining of parts, inhomogeneous density of the material, uneven air gap between the parts, insufficient mass of balancing weights.

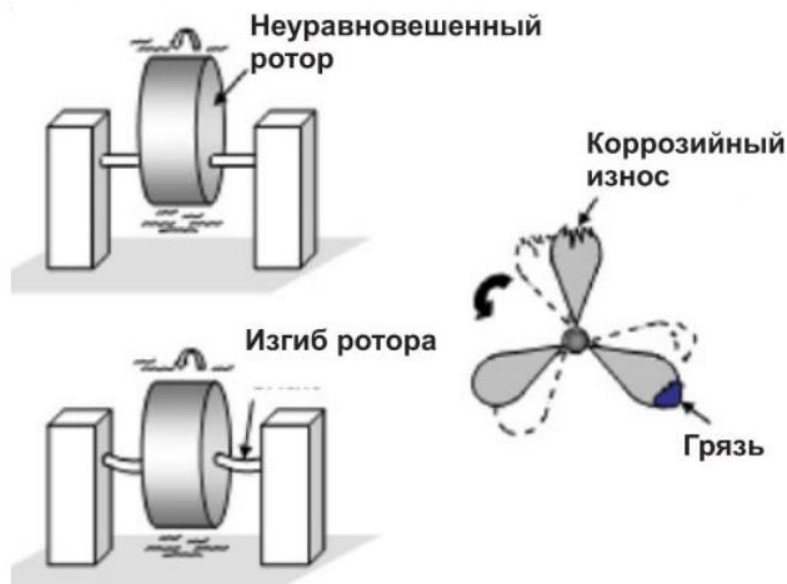


Fig. 50

2) Loose construction

When parts or components of the machine are weakened, the vibration intensifies (increases). That is, if there are loose parts or assemblies on rotating and non-rotating parts of the machine, then the amplitude of oscillations on these parts will reach large levels and become unrecoverable.

3) Resonance

Oscillations made in the absence of external forces, when the system

after the initial influence of an external force is presented to itself, are called free or natural oscillations of the system.

Machines vibrate at a specific frequency. A machine that is not affected by forced forces makes free oscillations, that is, it will oscillate with its own frequency.

Most machines can have more than one natural oscillation frequency. For example, if a machine has two foundations with different natural frequencies, then it will have at least two natural frequencies. The more complex the machine, the more it has its own vibrational frequencies.

The oscillation amplitude of the machine under the action of periodic forces will increase more and more, with a frequency close to its own. Oscillations of a machine under the influence of an external periodic force will increase not only because it oscillates with its own frequency, but also because it receives an additional periodic effect of force (external assistance). A machine that performs such vibrations experiences resonance. An increase in the amplitude of oscillations is only a consequence of resonance, and the reason is the coincidence of the exciting frequency with the internal (intrinsic) vibration frequency of the machine.

A moderate periodic force does not cause problems until its frequency coincides with the natural frequency of oscillation of the machine and leads to resonance. Resonance should always be avoided, because it causes irreversible damage to the nodes and the machine itself. The technical condition of the machine is determined by comparing the current level of vibration with a “threshold” level. The “threshold” vibration level is the limit value of vibration above which a machine malfunction or breakdown is possible. Therefore, having organized periodic monitoring of the vibration of the machine, you will thereby prevent it from working with destructive vibration, and this will save you

a lot of time, money and prevent damage to the machine.

1.9. Description of vibration.

To describe the mechanical vibrations of the machine, two of the most important numerical parameters are used - this is the amplitude and frequency.

The amplitude indicates how serious the vibration is, and the frequency describes the speed of vibration (how often the object vibrates). These two parameters are the main parameters for describing and recognizing faults in the machine.

1.9.1. Amplitude of Vibration.

The amplitude of the vibration is the magnitude of the vibration. The oscillation amplitude of the machine is the periodic movement of the body, machine parts as a whole or their large and frequent, periodic movements. The greater the amplitude of the vibration, the greater the displacement and stress the machine experiences and the higher the probability of its breakdown.

The amplitude of the vibration is an indicator of the severity of the vibration and can be expressed and displayed in units of acceleration, vibration velocity and displacement.

The most important parameters of mechanical motion are the parameters of the periodic movements of the investigated object in space. These parameters are vibration displacement, vibration velocity and vibration acceleration.

1) Vibration displacement

Using the “vibration displacement” parameter, you can describe any oscillatory movement of the machine from the beginning in one direction and then in another. Vibration displacement is the magnitude of the

complete displacement of nodes, machine housings in one oscillation period. This vibration parameter characterizes the mechanical movement of the machine, its components and parts. Vibration displacement is measured in mm or in microns.

2) Vibration velocity

The most useful information about the technical condition of the machine can be obtained by using speed as the measured vibration parameter. This is the most measurable vibration parameter that characterizes vibrational energy. The level of vibration speed is used to judge the technical condition of the machine, its components and parts.

Vibrational velocity is the maximum rate of change of vibration, measured in one direction.

The amplitude of the velocity can be expressed in peak or rms values.

The peak amplitude of the vibration velocity is the maximum vibration speed of the machine over a certain period of time, as shown in Figure 51.

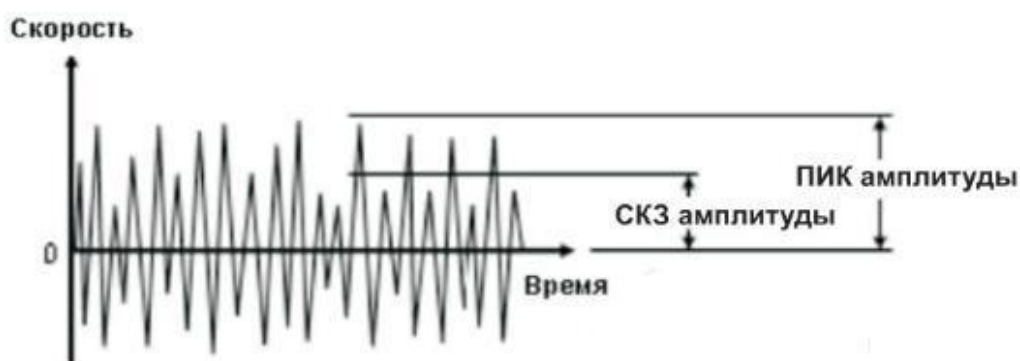


Fig. 51 PIK and RMS amplitude.

Unlike peak, the rms vibration speed tells us about the intensity of vibration in the machine. The higher the oscillation intensity, the higher the amplitude of the rms velocity. In most cases, the rms amplitude is

50-80% of the peak.

3) Vibration acceleration

Using the “vibration acceleration” parameter, as well as using other vibration parameters (displacement, speed), one can describe the vibration of a machine, its components, and parts. Acceleration is the rate of change of speed and which is usually measured in m / s^2 or in units of g ($1g = 9.81 \text{m} / \text{s}^2$). This vibration parameter characterizes the inertial forces acting on the machine or its components.

1.9.2. Vibration frequency.

Depending on the forces causing the vibration, parts of the machine can oscillate quickly or slowly.

The intensity with which the machine oscillates is called the oscillation frequency or vibration frequency. The higher the vibration frequency, the more intense the vibrations.

To determine the frequency of oscillations of the nodes and parts of the machine, you need to calculate the number of periods (cycles) of oscillations that end every second. As shown in Figure 52, one period (cycle) of a signal is one complete oscillation in the smallest period of time that characterizes the signal.

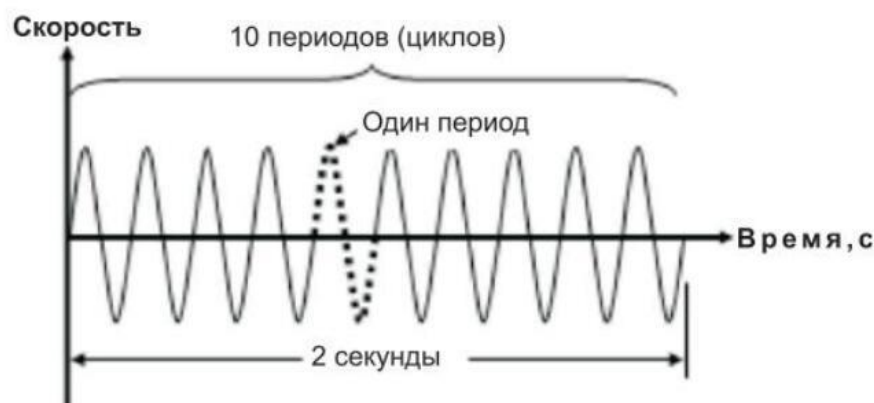


Fig. 52 The period (cycle) of the signal

The vibration frequency is an indicator of the technical condition of the machine.

1.10. Waveform and spectrum.

Graphical display of vibration - is a useful tool for analyzing the causes of vibration of the machine.

A graphical display of a vibrating signal that changes over time is called a waveform (the temporary form of a vibrating signal) and is usually used by specialists in the analysis of vibration.

Another type of vibration display commonly used by those skilled in the art is spectrum. Spectrum of a vibration signal is a graphical display of frequencies with which machine elements oscillate with a certain amplitude.

Unlike the spectrum, the shape of the vibration signal does not clearly display the individual frequencies at which the vibration occurs. The waveform displays only the overall result and therefore, diagnosing defects in the machine using only the waveform is not always easy even for an experienced specialist. The spectrum of the vibration signal (and not the waveform) is the main tool used in the analysis of machine vibration.

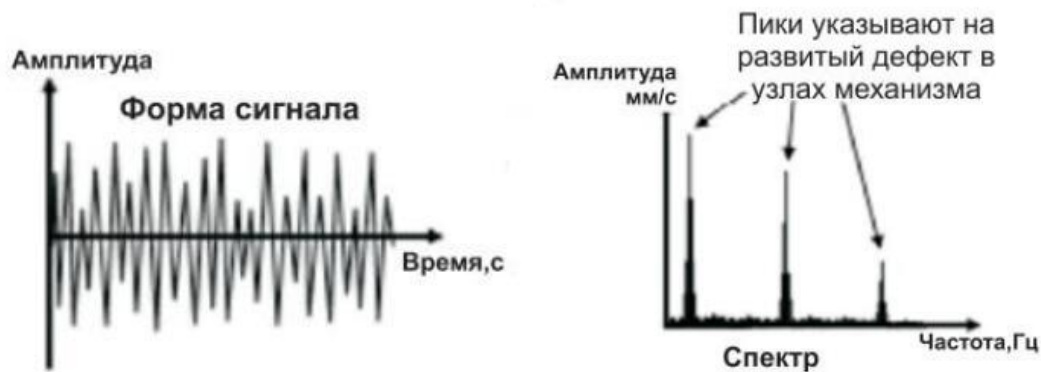


Fig. 53

The information that the spectrum contains depends on the choice of maximum frequency (F_{max}) that determines the measured frequency range and the resolution of the spectrum. The reliability of the information received and conclusions made about the causes of vibration of the machine depend on the correct choice of the F_{max} spectrum. The choice of F_{max} is made depending on the rotation speed of the machine. The higher the rotation speed, the higher should be F_{max} . Spectrum resolution is a measure of the level of detail in a spectrum and determines the number of spectral lines characterizing the shape of the spectrum. The more spectral lines, the more detailed the spectrum.

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or motor, showing a front view (top) and a side view (bottom). The front view includes a circular detail of a central component. The side view shows the internal structure and dimensions. The drawing is labeled with numbers 1 through 24 and includes a title block at the bottom right.

Front View (Top):

- 1: Top flange/bolt
- 2: Bolt
- 3: Bolt
- 4: Bolt
- 5: Bolt
- 6: Bolt
- 7: Bolt
- 8: Bolt
- 9: Bolt
- 10: Bolt
- 11: Bolt
- 12: Bolt
- 13: Bolt
- 14: Bolt
- 15: Bolt
- 16: Bolt
- 17: Bolt
- 18: Bolt
- 19: Bolt
- 20: Bolt
- 21: Bolt
- 22: Bolt
- 23: Bolt
- 24: Bolt

Side View (Bottom):

- 19: Bolt
- 20: Bolt
- 21: Bolt
- 22: Bolt
- 23: Bolt
- 24: Bolt

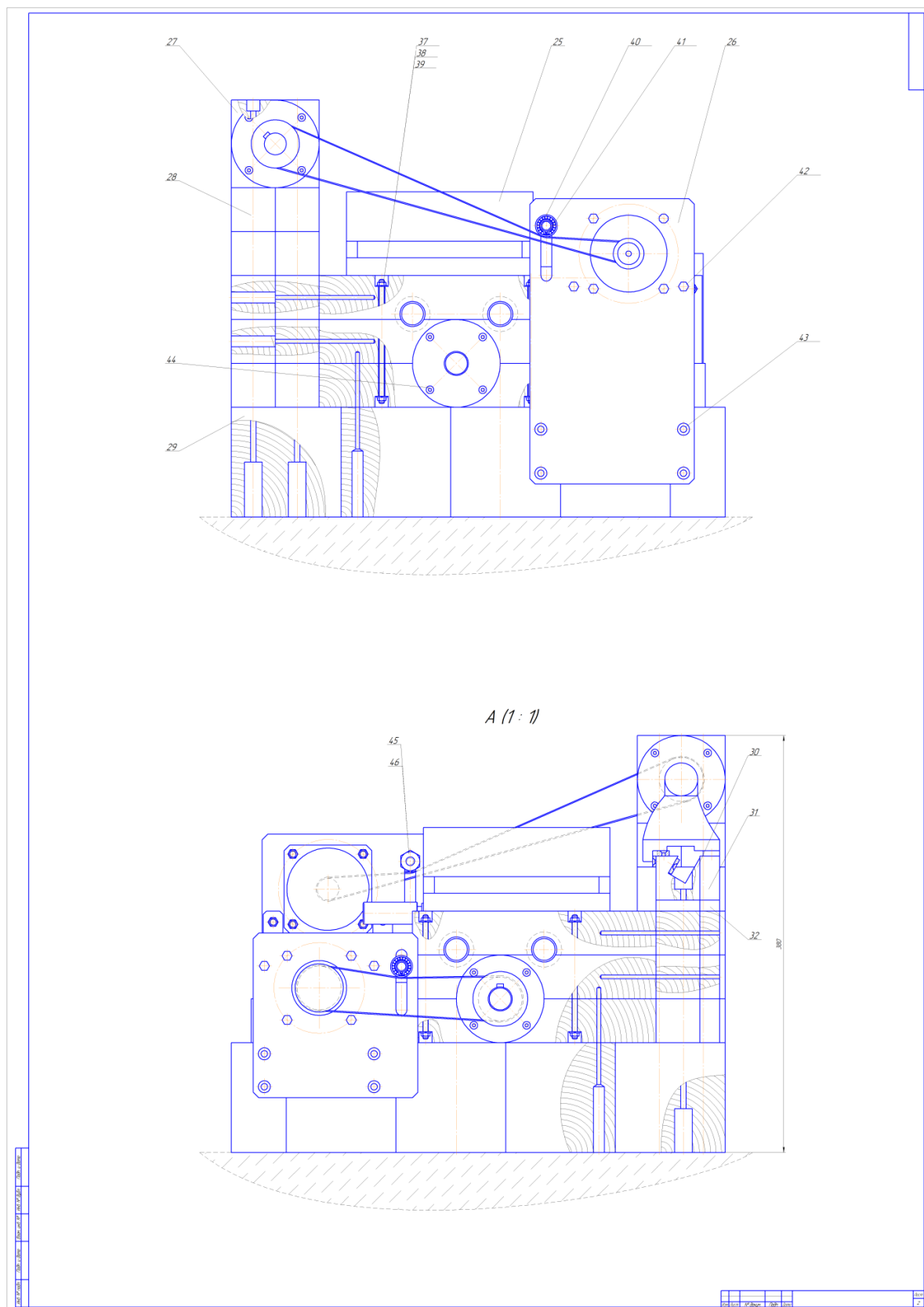
Dimensions:

- 420 (Overall width)
- 450 (Overall height)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 19)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 20)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 21)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 22)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 23)
- 100 (Distance from left edge to center of bolt 24)

Title Block (Bottom Right):

Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата
Дробинский, А.А.	Дробинский, А.А.	Дробинский, А.А.	11.11.2011

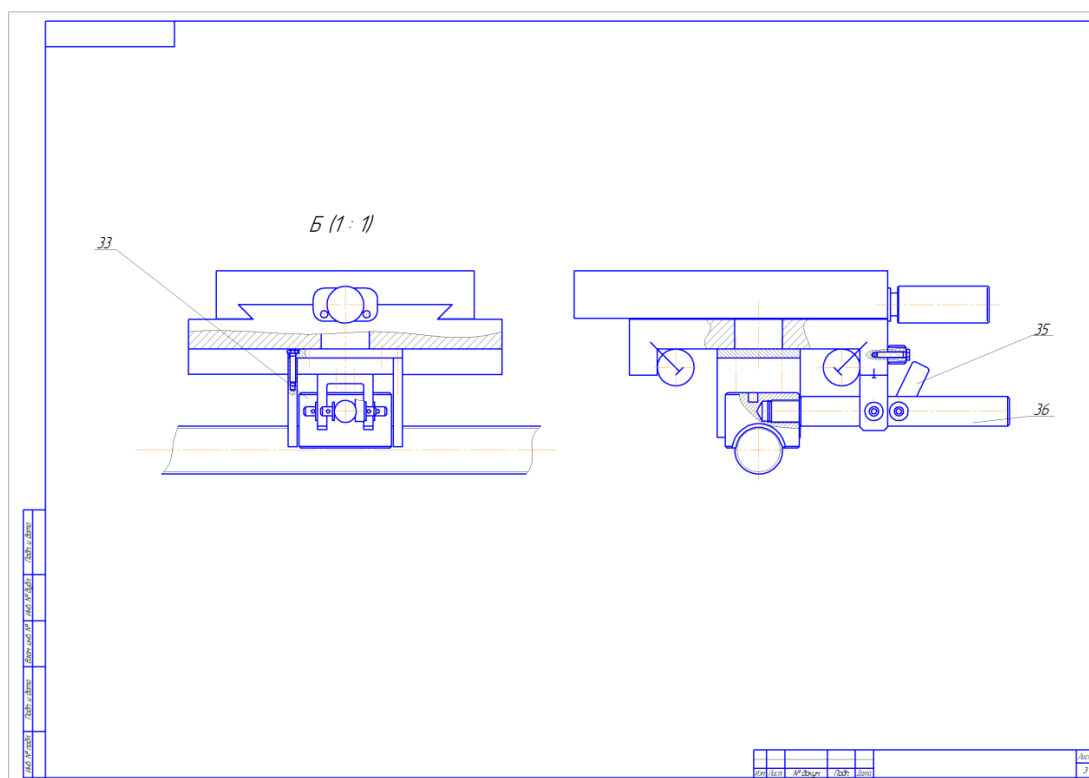
Дробинский, А.А.



Сборочные чертежи

Введение сборки в разделе привода подачи.

На рисунке показана посадки между винтом, подшипникам и седлом подшипника. Закрепление седла подшипника на деревянном корпусе станка с шурупами. Винт и шкив соединены шпонкой, а выступающий вал двигателя и шкив соединены крепежным винтом. Таким образом движение можно перенести с двигателя на винт. Кронштейн двигателя также крепится к основанию токарного станка с помощью шурупов. Чтобы обеспечить жесткость кронштейна, была проведена жесткая поддержка с обеих сторон. Двигатель закреплен на кронштейне винтами и гайками. Кроме того, для обеспечения эффективности передачи ремня разработано устройство для прижима ремня. Закрепите ось натяжного ролика в U-образной канавке кронштейна двигателя, установите на него подшипник качения и выполните сжатие ремня через подшипник.



Сборки компонента тормоза

В тормозном устройстве используется принцип рычага: один конец рычага соединен с гайкой с помощью резьбы, а ось вращения установлен на кронштейне, соединенной с направляющей. Во время процесса подачи гайка взаимодействует с ведущим винтом под действием силы пружины. Когда ведущий винт вращается, гайка толкает железную пластину (упор), соединенную с направляющим подачи для выполнения продольного движения подачи. При торможении просто нажмите на другой конец рычага, чтобы отделить гайку от винта, тем самым прекращая движение подачи. В то же время поверните ручку, соединенную с рычагом, чтобы зафиксировать ее на выступающей части предварительно спроектированной направляющей, и рабочий может покинуть операционный стол.

На приведенном ниже рисунке показана структура гайки, угловых пластин (упоров), кронштейна и прутка. Конструкция и сборка остальных частей упомянуты в тексте.

Упор №1-1, №1-2, №1-3 соединены и закреплен на направляющий подачи винтами.

Перв. примен.					$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{f})}$																														
Спроб. №																																			
Подп. и дата					1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – mH																														
Инв. № дудл.																																			
Взам. инв. №					<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.					Проб.					Т.контр.					Н.контр.					Утв.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																															
Разраб.																																			
Проб.																																			
Т.контр.																																			
Н.контр.																																			
Утв.																																			
Подп. и дата					<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Листов</td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист	Листов	1																					
Лит.	Масса	Масштаб																																	
		1:1																																	
Лист	Листов	1																																	
Инв. № подл.					Гаўка Сталь 40X ГОСТ 4543-71																														
Копировал					Формат A4																														

Перв. примен.					$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{1})}$			
Справ. №								
Подп. и дата					<p>1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – мН</p> <p>2. *размер для справки</p>			
Инф. № докл.								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инф. № подл.								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Упор №1-2</p>	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.							
Т. контр.					<p>Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005</p>	Лист	Листов	1
Н. контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А4

Перв. примен.		Справ. №		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инф. № подл.	

$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{1})}$

1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – mH

					Лит.			Масса		Масштаб	
					Упор №1-3					4:1	
					Лист			Листов		1	
					Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005						

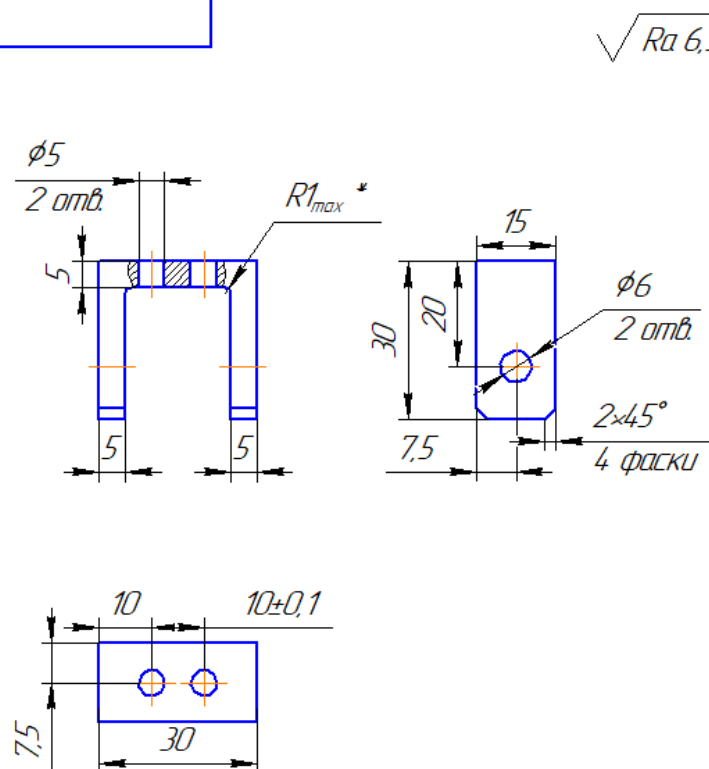
Копировал
Формат A4

Перв. примен.					$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{1})}$																														
Спраб. №																																			
Подп. и дата																																			
Инф. № дудл.					1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – мН																														
Взам. инф. №																																			
Подп. и дата					<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.					Проб.					Т.контр.					Н.контр.					Утв.				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата																													
Разраб.																																			
Проб.																																			
Т.контр.																																			
Н.контр.																																			
Утв.																																			
Инф. № подл.					<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Лист</td> <td>Листов 1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист		Листов 1																					
	Лит.	Масса	Масштаб																																
		1:1																																	
Лист		Листов 1																																	
Упор №2					Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005																														
Копировал					Формат А4																														

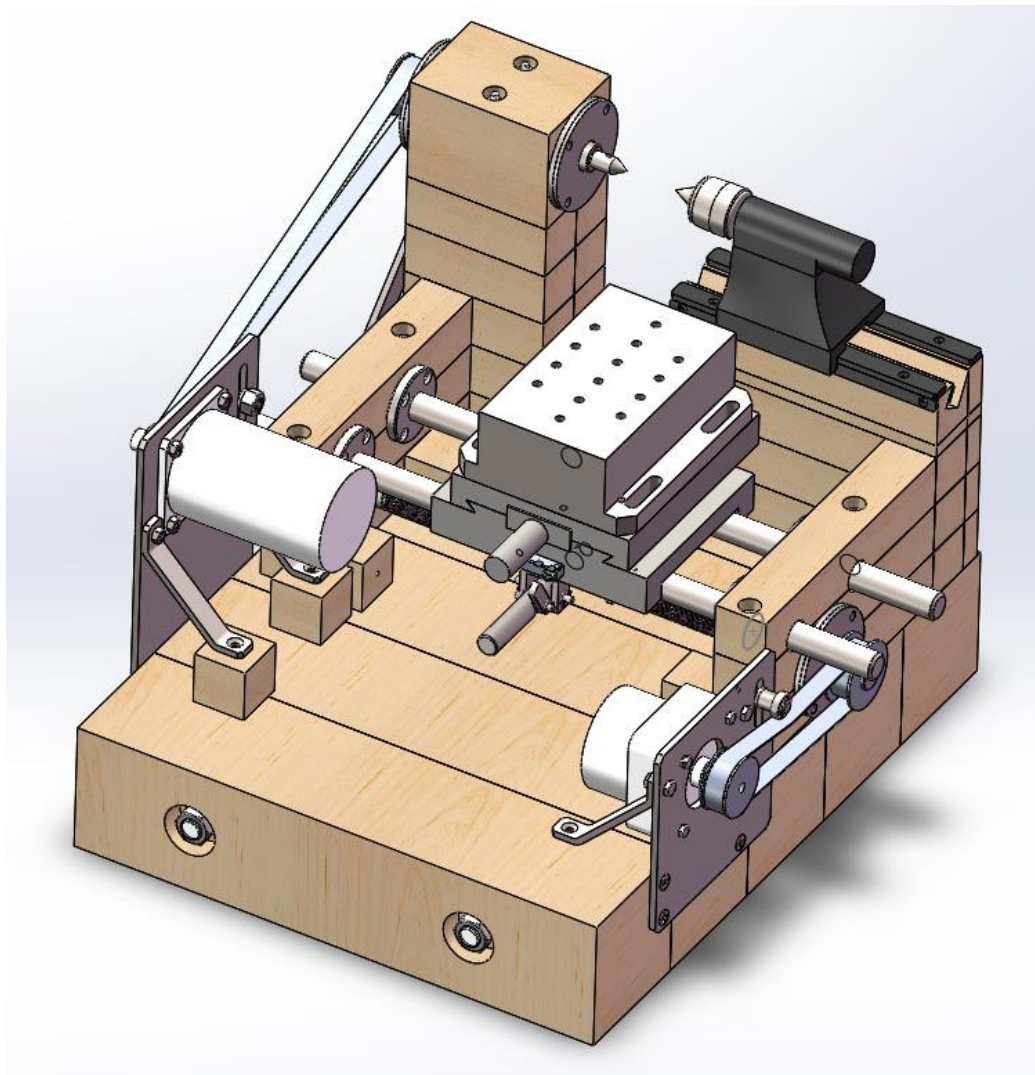
Перв. примен.										
Спроб. №										
Подп. и дата										
Инв. № дубл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – мН</p> <p>2. *Радиус обеспечивается инструментом</p> </div> <div> <p>Кронштейн №6</p> <p>Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005</p> </div> </div>				
						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Лит.</p> <p>Масса</p> <p>Масштаб</p> </div> <div> <p>1:1</p> </div> </div>				
						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Лист</p> <p>Листов</p> </div> <div> <p>1</p> </div> </div>				

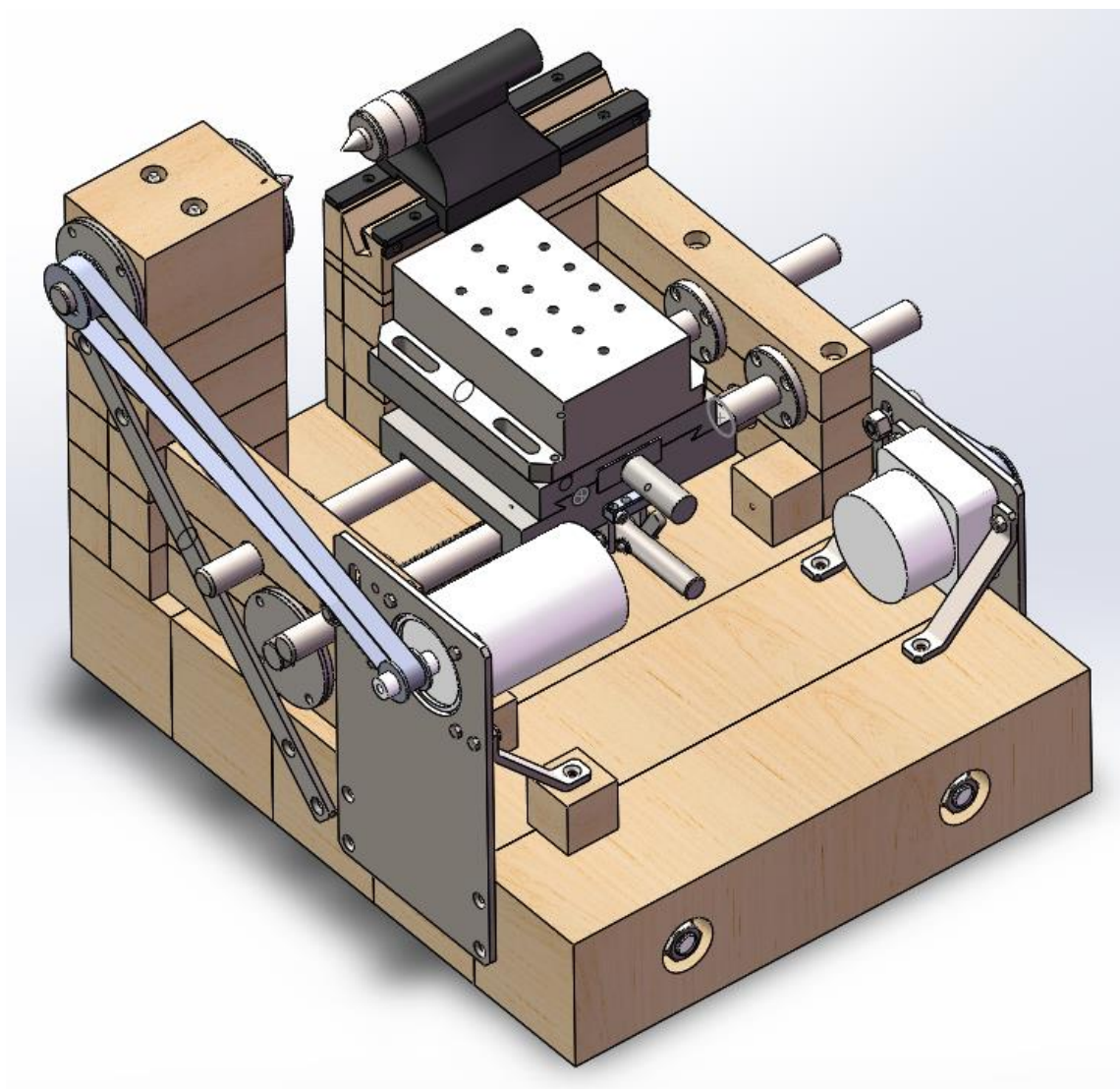
Копировал

Формат А4



[illegible]





3D модель

Спецификация деталей

Наименование	Материал	Общие размеры, мм	Количество	Примечание
Брусok	Дерево	100 × 100 × 2500	1	Для брусков №4-8
Брусok	Дерево	40 × 40 × 2000	2	Для брусков №1-3, 9-13
Лист	Сталь Ст3	220 × 120 × 3	1	Для прутков №3,5 и крышки
Лист	Сталь Ст3	450 × 300 × 5	1	Для упоров №1-1,1-2,1-3, опоры, прутков №4,6,7, кронштейнов №3,4, железа углового
Параллелепипед	Сталь 40X	Больше 50 × 50 × 40	1	Для гайки
Параллелепипед	Сталь Ст3	Больше 30 × 30 × 15	1	Для кронштейн №5
Круг	Сталь Ст3	Ø8 × 100	1	Для винта №2 и прутков №1,2
Круг	Сталь 40X	Ø85 × 60	1	Для стаканов
Круг	Сталь 40X	Ø18 × 300	1	Для оси натяжного ролика, рычага и упора №2
Круг	Сталь 40X	Ø28 × 700	1	Для винта и шпиндели
Круг	Сталь 40X	Ø22 × 1000	1	Для оси
Круг	Сталь 40X	Ø14 × 100	1	Для конуса инструмента
Шпильки		M16 × 1000	1	
		M5 × 1000	1	
		M5 × 2000	1	
Стандартные изделия				
Шурупы с потайной головкой ГОСТ 1145-80	d2,5×16		24	Шуруп 2 – 2,5×16
	d5×30		18	Шуруп 2 –5×30
	d5×70		2	Шуруп 2 –5×70
Шурупы с полукруглой головкой d5×20 ГОСТ 1144-80			16	Шуруп 2 –5×20
Винты с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4017 – M16×16-8,8			10	
Винты с полукруглой головкой			8	

М3×16 ГОСТ 17473-80			
Винты с внутренним шестигранником М5×30 ГОСТ 11738-84		4	
Гайки шестигранные ГОСТ 5915-70	М5	24	
	М6	8	
	М8	2	
	М16	4	
Шайбы ГОСТ 11371-78	d3 s0,5	6	
	d5 s1	28	
	d6 s1,6	16	
	d8 s1,6	4	
	d16 s3	4	
Подшипники радиальные шариковые сферические двухрядные d20 ГОСТ 28428-90		4	Подшипник 1204 ГОСТ 28428-90
Подшипники шариковые радиальные однорядные d10 ГОСТ 8338-75		6	Подшипник 1000800 ГОСТ 8338-75
Кольца пружинные упорные плоские внутренние эксцентрические ГОСТ 13943-86 $D_{отв.} 47$		4	Кольцо 47 ГОСТ 13943-86
Кольца пружинные упорные плоские наружные эксцентрические ГОСТ 13942-86	$d_{вал} 10$	2	Кольцо 10 ГОСТ 13943-86
	$d_{вал} 20$	4	Кольцо 20 ГОСТ 13943-86

Список литературы

1. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М., «Машиностроение», 1978. 152 с. ил.
2. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / Л.А.Хворостухин, С.В.Шишкин, И.П.Ковалев, Р.А.Ишмаков.– М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.:ил.
- 3.Клепиков В.В. Технологические процессы алмазного выглаживания: учеб. для вузов / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.
- 4.Torbilo, V.M., Almaznoe vyglazhivanie (Diamond Burnishing), Moscow: Mashinostroenie, 1972.
5. J. Kodácsy: Gépgyártás, edited by Kecskeméti Főiskola KIK Nyomda, Kecskemé Hungary (2010).
6. Huuki, J. and Laakso, S.V.A. (2017) ‘Surface improvement of shafts by the diamond burnishing and ultrasonic burnishing techniques’, Int. J. Machining and Machinability of Materials, Vol. 19, No. 3, pp.246–259.
- 7.Mieczyslaw Korzynski, Janusz Lubas., Surface layer characteristics due to slide diamond burnishing with a cylindrical-ended tool. Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) 84-94.
8. M. Korzynski, A. Pacana, J. Cwanekc., Fatigue strength of chromium coated elements and possibility of its improvement with slide diamond burnishing. Surface & Coatings Technology 203 (2009) 1670-1676.
9. Информация на https://studref.com/378908/tehnika/rabota_obrabotka_zagotovok_poverhnostnym_plasticheskim_deformirovaniem#620

- 10.Попова В.В. Поверхностное пластическое деформирование и физико-химическая обработка: Учебное пособие по дисциплине «Процессы и операции формообразования» для студентов всех форм обучения направления подготовки 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. – 98 с.
11. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009.-64с. -ISBN –5-9616-0315-4.
- 12.Бойкин С.П. Справочник. Вибрация машин для «Чайников»,2010.
- 13.Диагностика технологической системы «станок–приспособление–инструмент–деталь» : учебное пособие / сост. : А.Н. Гаврилин, Б.Б. Мойзес ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. –144 с.
- 14.Металлорежущие станки : пособие / С.Э.Завистовский. – Минск : РИПО, 2015. – 440 с. : ил.
- 15.Металлорежущие станки. В 2 т. Т. 2 : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [А.М. Гаврилин, В.И.Сотников, А. Г.Схиртладзе, Г. А.Харламов]. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 336 с. — (Сер. Бакалавриат).
- 16.Соппротивление материалов : учебник для вузов / . И. Феодосьев. - 17-е изд., испр. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. . Баумана, 2018. - 542, [2] с. : ил.
- 17.Mechanical manufacturing technology /Lu Bingheng. –Third edition. –Beijing: Machinery Industry Press, 2007.12.
18. Mechanical manufacturing equipment design /Guan Huizhen. –Fourth

edition. –Beijing: Machinery Industry Press,2014.12.