

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ КОНЦЕВОЙ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ ФРЕЗЫ

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	7
Введение	9
Цель работы	10
1. Проектирование сборной концевой фрезы диаметром 20 мм	11
1.1. Выбор модели сменной многогранной пластины (СМП).....	11
1.2. Выбор материала корпуса фрезы	14
1.3. Выбор крепежных винтов	16
1.4. Методика проектирования корпуса сборной концевой фрезы	18
2. Разработка технологии изготовления корпуса сборной концевой фрезы диаметром 20 мм	28
3. Методика проведения стойкостных испытаний	33
4. Методика измерения составляющих силы резания	41
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	59
Введение.....	59
5.1. Предпроектный анализ	60
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	60
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	60
5.1.3. FAST-анализ	62
5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	67
5.2. Инициация проекта	69
5.3. План проекта	71
5.4. Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	73
5.4.1. Расчет технологической себестоимости	73
5.4.2. Расчет производственной себестоимости	83
5.4.3. Оценка сравнительной эффективности исследования	84
6. Социальная ответственность	85

Введение.....	85
6.1. Производственная безопасность	86
6.1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	86
6.1.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих	91
6.2. Экологическая безопасность	94
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
6.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	96
6.3.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера	99
Приложение	102
Список литературы	123

ВВЕДЕНИЕ

Фрезерование является самым распространенным методом обработки материалов резанием, обладающим высокой производительностью по сравнению с другими методами механической обработки. При этом в настоящее время наибольшее применение получили сборные фрезы, оснащенные сменными многогранными пластинами (СМП). Широкое применение СМП в конструкциях режущих инструментов объясняется следующими их достоинствами:

- экономия дефицитных инструментальных материалов;
- малое время наладки инструмента;
- возможность быстрого подбора режимов резания путем замены пластин;
- стабильная шероховатость обработанных поверхностей;
- надежное дробление стружки;
- исключается заточка инструмента.

Тема данной работы была предложена ОАО “ТИЗ-инжиниринг” (г.Томск). При проектировании фрезы в качестве прототипа рекомендовано использовать концевую фрезу модели VSM11 производства фирмы Widia (Германия), оснащенную СМП этой же фирмы формы XDPT-ММ из твердого сплава марок WP40PM и WP35CM.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать конструкцию, технологию изготовления и исследовать стойкость сборной концевой фрезы диаметром 20 мм.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать рабочие чертежи сборной концевой фрезы диаметром 20 мм.
2. Разработать технологию изготовления сборной концевой фрезы диаметром 20 мм.
3. Выполнить стойкостные и силовые испытания фрезы разработанной конструкции.

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ ДИАМЕТРОМ 20 ММ

1.1 ВЫБОР МОДЕЛИ СМП

В конструкциях сборных режущих инструментов применяют СМП различных форм и размеров. В настоящее время формы пластин по ГОСТ 19042-80 “Пластины сменные многогранные твердосплавные. Классификация. Система обозначений. Формы” [1] считаются устаревшими и инструментальные фирмы все чаще применяют СМП усовершенствованной формы собственного производства.

Для сборной концевой фрезы диаметром 20 мм нами была выбрана пластина формы XDPT-ММ (рис. 1), производства фирмы Widia (Германия), которая имеет ряд преимуществ перед пластинами формы XPNT используемых ранее в корпусах фрез этого же производителя (рис. 2).



Рисунок 1 - СМП формы XDPT-ММ фирмы Widia

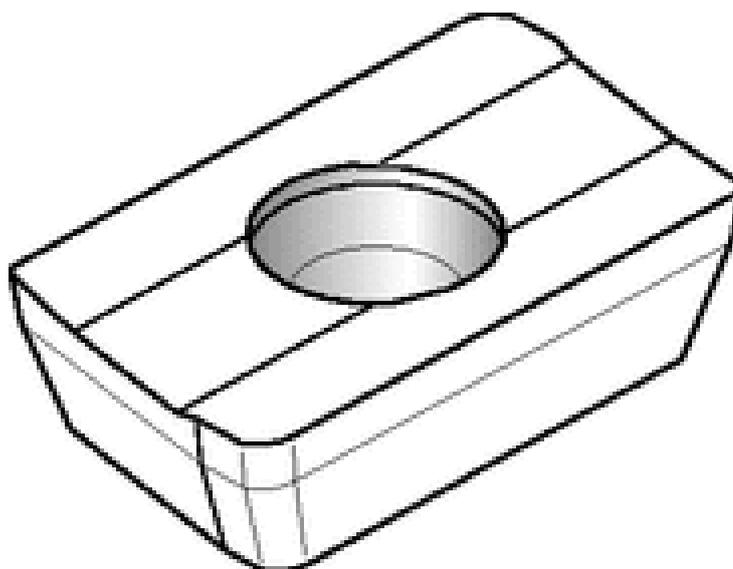
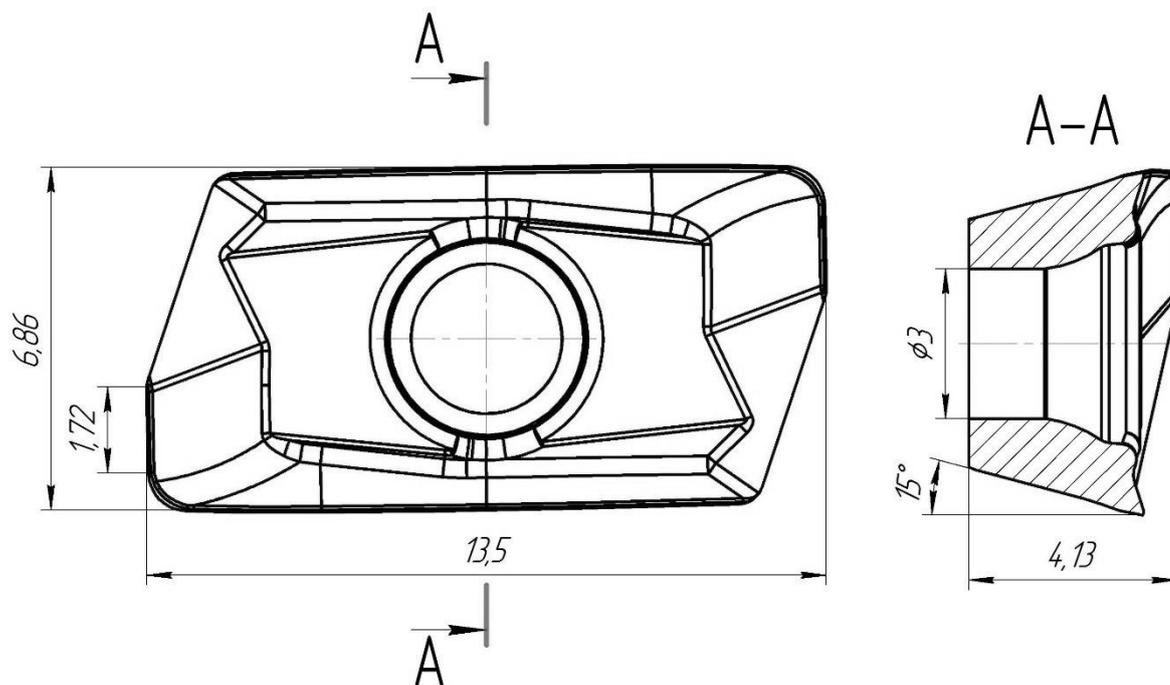


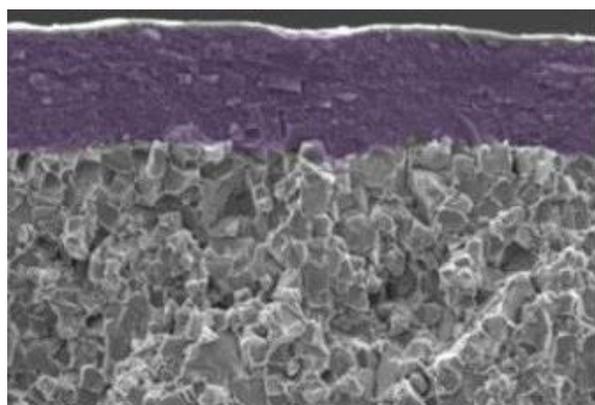
Рисунок 2 - СМП формы XPNT фирмы Widia

СМП формы XDPT-ММ имеет геометрию *Wiper*, разработанную фирмой Widia, криволинейная передняя поверхность которой по сравнению с прямолинейной поверхностью, образует угол в плане равный 90° , а большой передний угол на осевой и радиальной режущих кромках обеспечивает плавность процесса обработки и снижение сил резания (рис. 3а) [2].

Отверстие в этой СМП имеет конический участок (крепление SM). Такой тип крепления имеет простую конструкцию и высокую надежность соединения, а также обеспечивает возможность применения в различных условиях резания, причем для широкого размерного ряда инструментов. При затягивании винта резьбовой участок стержня и его цилиндрический хвостовик взаимодействуют с соответствующими участками отверстия державки. В результате взаимного смещения осей отверстия режущих пластин и отверстия в гнезде под винт коническая головка винта, взаимодействуя с коническим участком отверстия пластины, надежно поджимает пластину к базовым упорным поверхностям [3, с. 101].



а)

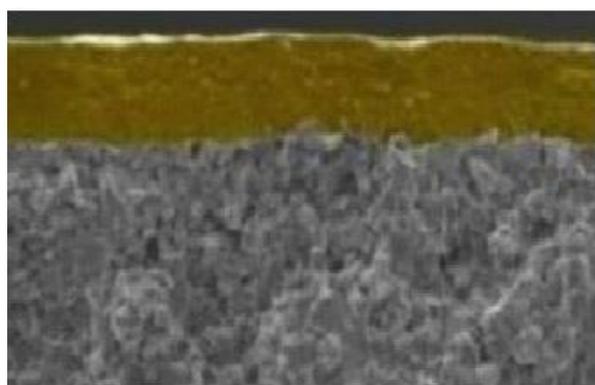


Многослойное покрытие:

$AlCrN$

$TiAlN$

Однокарбидная основа ($Co=6\%$)



Покрытие:

$AlTiN$

Однокарбидная основа ($Co=6\%$)

б)

Рисунок 3 - СМП формы XDPT-ММ: а – общий вид; б – виды износостойких покрытий

1.2 ВЫБОР МАТЕРИАЛА КОРПУСА ФРЕЗЫ

В отечественной инструментальной промышленности корпуса концевых фрез, оснащенных СМП, изготавливают из конструкционных легированных сталей марок 40Х по ГОСТ 1050-88 [4] или 50ХФА по ГОСТ 2590-88 [5]. Для повышения срока службы корпусов их подвергают общему или местному упрочнению на заданную твердость различными методами термической или химико-термической (азотирование, карбонитрация) обработки. Например, применяют следующий технологический процесс изготовления корпусов сборных фрез [6, с. 23]: а) механическая обработка с целью получения корпуса заданной рабочим чертежом формы и размеров; б) упрочнение – закалка в масле и отпуск при температуре $T = 425 \dots 525^{\circ}\text{C}$ на требуемую твердость 28-30 *HRC*.

В этой технологии не предусматривается последующее шлифование гнезд под СМП. Однако при изготовлении корпусов фрез сложной формы, к которым относится разработанная фреза, к точности расположения элементов которых предъявляются повышенные требования, гнезда шлифуют после термической обработки с целью устранения деформаций, вызванных закалкой и отпуском.

Чтобы отказаться от трудоемкого и дорогостоящего шлифования корпусов сборных фрез, экспериментально были найдены условия проведения термической обработки и азотирования, которые позволили снизить возможную деформацию корпусов до минимально допустимого уровня и повысить твердость до 28-30 *HRC*.

Экспериментально было установлено следующее:

1) Минимальная деформация корпусов фрез, изготовленных из сталей 40Х и 50ХФА достигается в результате их химико-термической обработки при температуре $T = 510 \dots 540^{\circ}\text{C}$ и применения при улучшении ступенчатой закалки с выдержкой при $T = 160^{\circ}\text{C}$ и отпуска при $T = 520^{\circ}\text{C}$ (600°C), то есть на 10°C (60°C) выше температуры азотирования и карбонитрации соответственно.

2) Для поверхностного упрочнения корпусов сборных фрез из сталей 50ХФА целесообразно использовать процесс карбонитрации в продуктах разложения карбамида, который обеспечивает высокую скорость насыщения углеродом и азотом (при $T = 540^{\circ}\text{C}$ за 2ч. получают насыщенный слой, глубиной не менее 0,3 мм).

3) Поверхностное упрочнение корпусов сборных фрез из стали 40Х (HRC ≥ 50) целесообразно осуществлять путем местной закалки с нагревом токами высокой частоты и последующим спреерным охлаждением эмульсией.

Корпус разработанной конструкции фрезы был изготовлен из стали 40Х с последующей нормализацией и азотированием [6, с. 26].

1.3 ВЫБОР КРЕПЕЖНЫХ ВИНТОВ

В разработанной конструкции фрезы СМП прижимаются к стенкам гнезда с помощью винтов вворачиваемых в корпус инструмента. Головки винтов и отверстия СМП выполнены конусными, а оси винтов смещены в сторону опорных стенок гнезд на расстояние 0,05 мм. В результате, при завинчивании винтов, СМП прижимаются одновременно к опорным стенкам и основаниям гнезд. Для повышения надежности крепления СМП винтом угол конуса головки винта равен не $80...90^{\circ}$, как в традиционных винтах, а $40...60^{\circ}$. Взамен традиционного шестигранного углубления под ключ в разработанной конструкции фрезы используется шестилепестковая форма углубления типа "Torx" по DIN 965 / ISO 7046 [7], позволяющая передавать большие силы с меньшим напряжением и меньшей опасностью срыва или повреждения места под ключ (рис. 4). Шесть синусоидальных лепестков равномерно передают нагрузку от ключа. Сравнительные испытания, выполненные в МГТУ "Станкин" (г. Москва) показали, что если винт с обычным шестигранным углублением выдерживает 70 затяжек, то винт типа "Torx" пригоден для эксплуатации даже после 1000 затяжек. Преимущество углубления в винтах типа "Torx" позволяют уменьшать размеры гнезда под ключ, что особенно важно при проектировании сборных мелкогабаритных фрез.

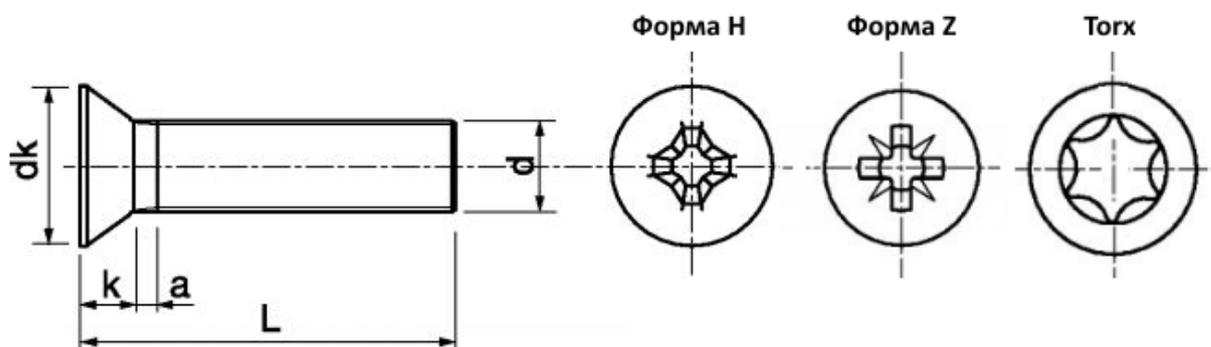


Рисунок 4 - Винты форм H, Z и "Torx"

Аналогичные стандарты:

- DIN 963 / ISO 2009 - винт с потайной головкой и прямым шлицем [8];

- ГОСТ 17475-80 исполнение 2 - винт с потайной головкой и крестообразным шлицем [9];

- ОСТ 1 31551-80 - винт с потайной головкой и крестообразным шлицем [10].

Материал винтов - стали классов прочности 4.8, 8.8.

- сталь нержавеющая: А2 (AISI 304) - аналог сталь 08Х18Н10; А4 (AISI 316) - аналог сталь 10Х17Н13М2.

Виды покрытий:

- без покрытия;
- белый цинк;
- желтый цинк.

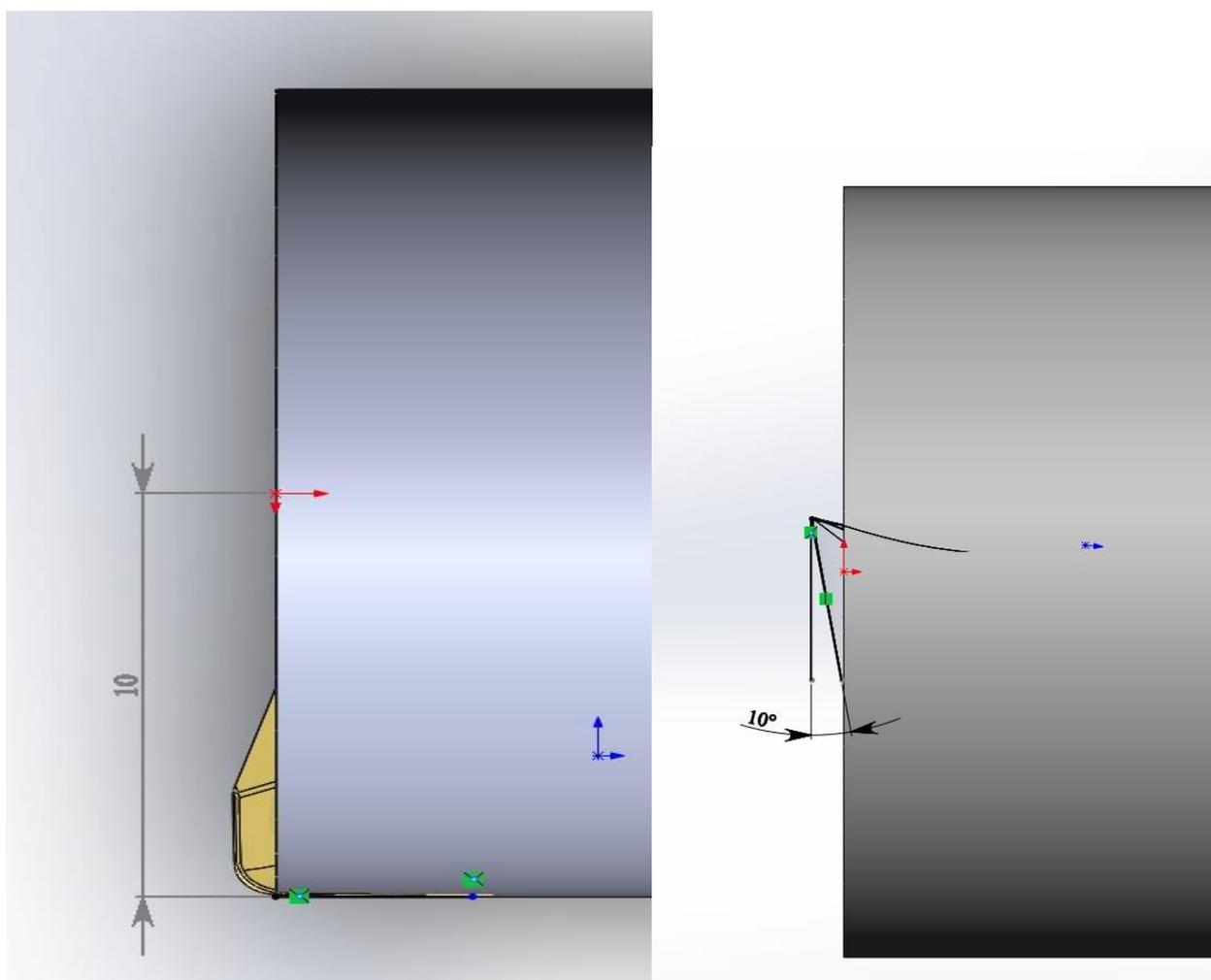
Таблица 1 - Размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, d	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
Шаг резьбы, p	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5
Высота головки (DIN 965), k	0,96	1,2	1,5	1,65	2,2	2,5	3	4	5
Высота головки (ISO 7046), k	1	1,2	1,5	1,65	2,7	2,7	3,3	4,65	5
Диаметр головки (DIN 965), d _k	3	3,8	4,7	5,6	7,5	9,2	11	14,5	18
Диаметр головки (ISO 7046), d _k	3	3,8	4,7	5,5	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
Размер шлица, H	1,6	1,9	2,9	3,2	4,6	5,2	6,8	8,9	10
Размер шлица, Z	1,6	1,9	2,8	3	4,4	4,9	6,6	8,8	9,8
Размер биты, H, Z	0	1	1	1	2	2	3	4	4
Размер биты, T	T5	T6	T8	T10	T20	T25	T30	T45	T50
Длина, минимальная, l	3	3	3	4	5	6	8	10	12
Длина, максимальная, l	16	30	30	100	100	100	120	130	100

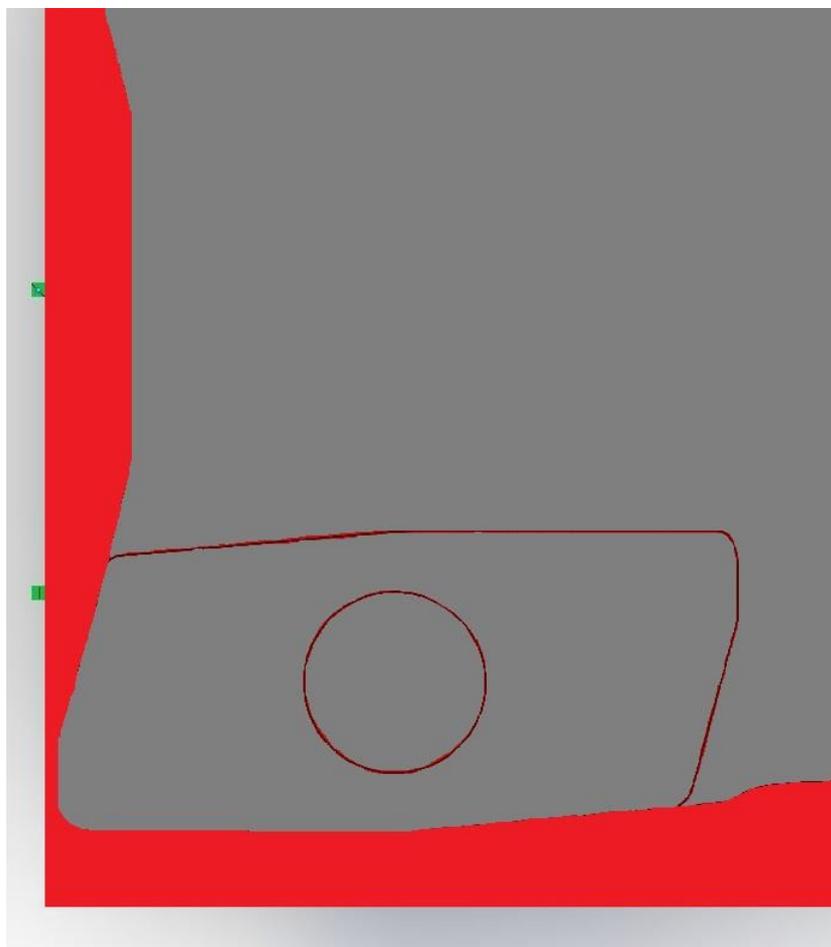
1.4 МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСА СБОРНОЙ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

Проектирование и создание модели корпуса фрезы производилось в CAD/CAM-системе SolidWorks компании Dassault Systemes (Франция) в следующей последовательности [11]:

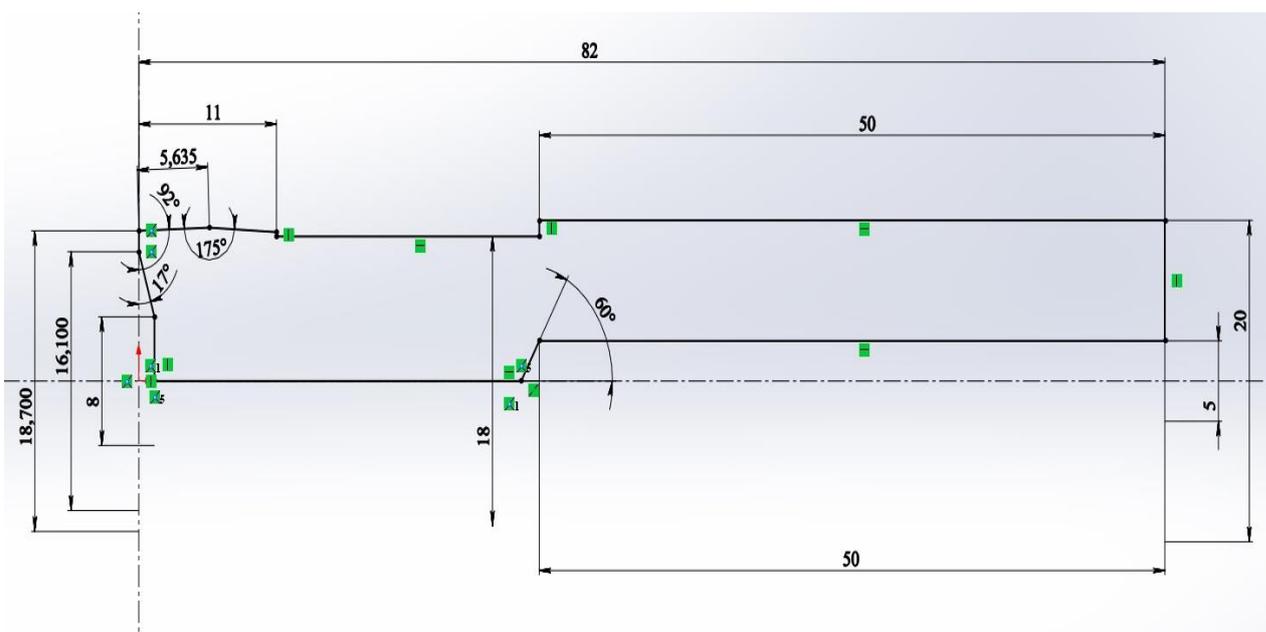
1. В предварительно созданный цилиндр устанавливаем СМП так, чтобы обеспечить диаметр фрезы 20 мм и задний угол 10°.



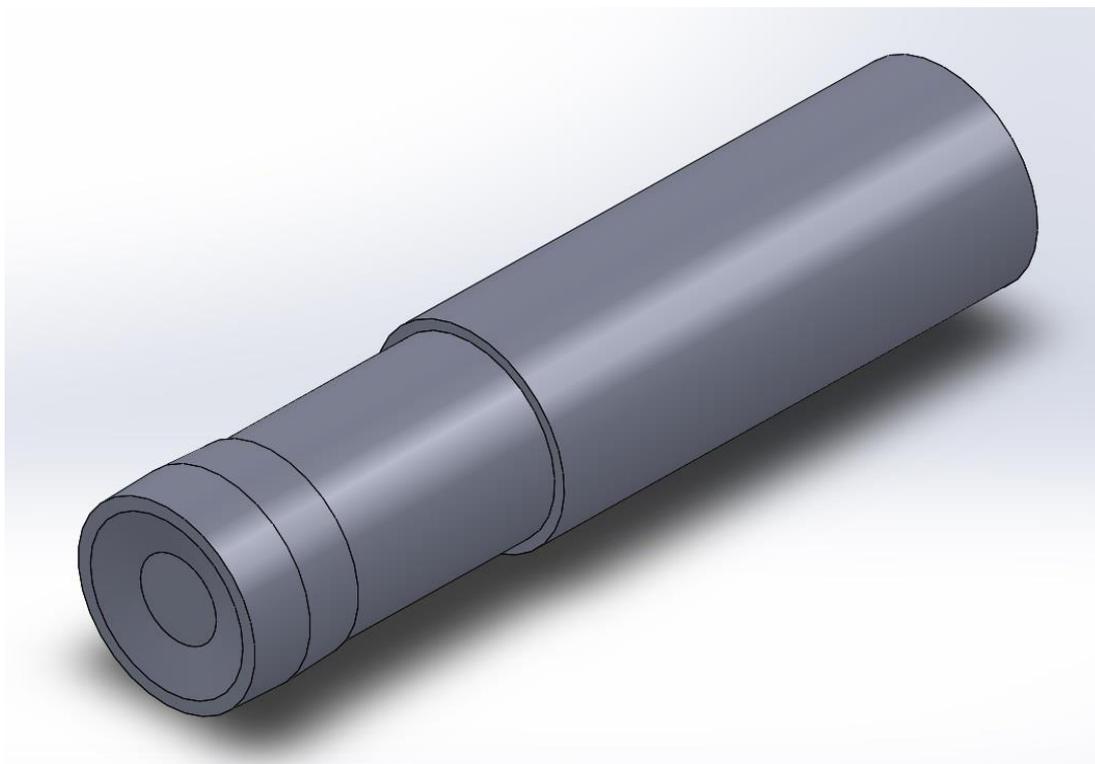
2. Функция “Разрез” позволяет увидеть место соприкосновения основания СМП с корпусом фрезы и “лишний” материал, который следует удалить.



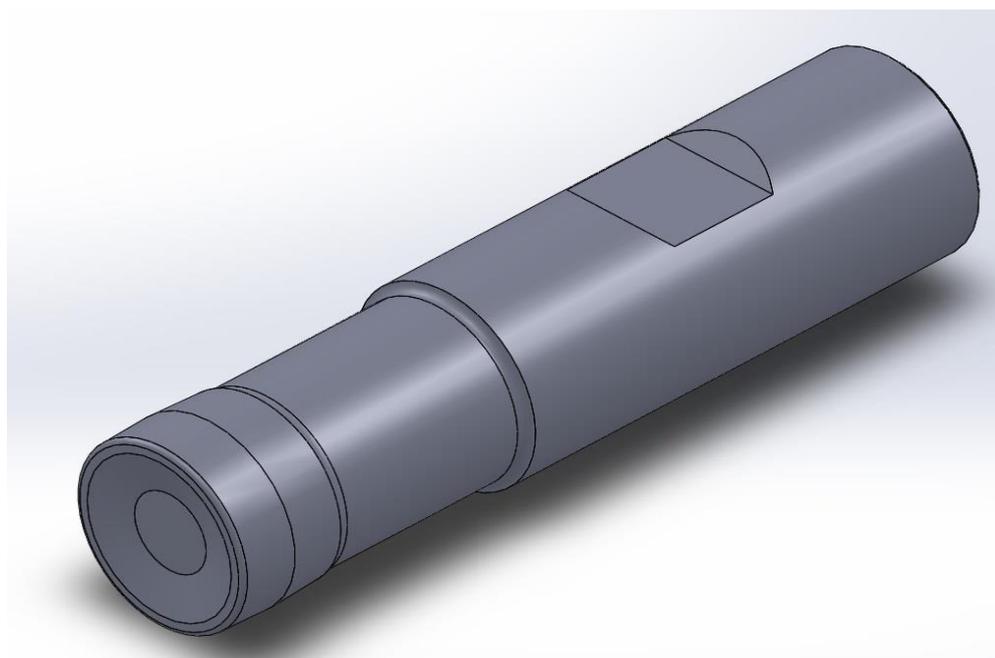
3. Создаем эскиз корпуса с полученными параметрами.



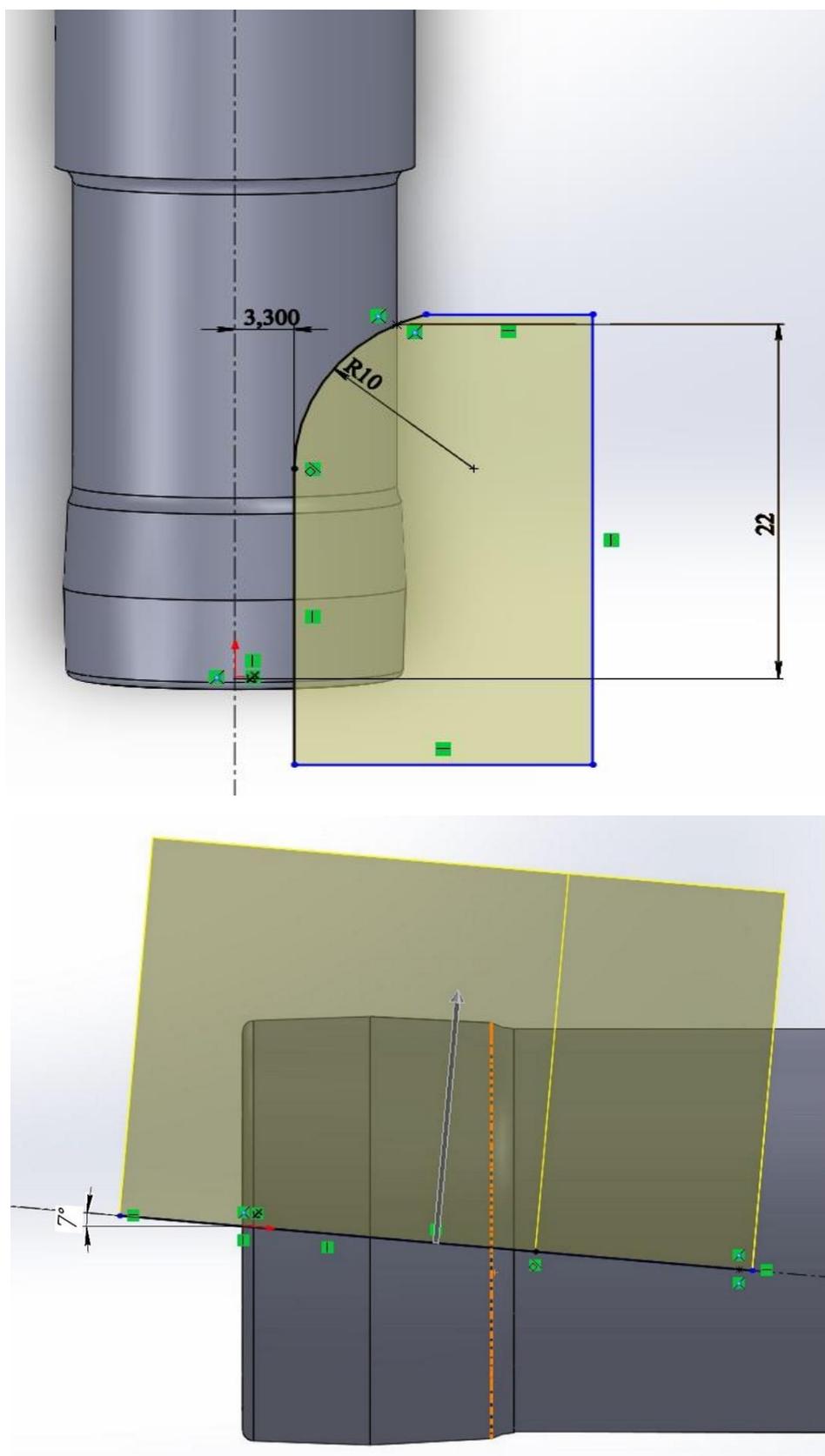
4. Используя функцию “Выдавить вращением” получаем твердотельную модель корпуса фрезы.



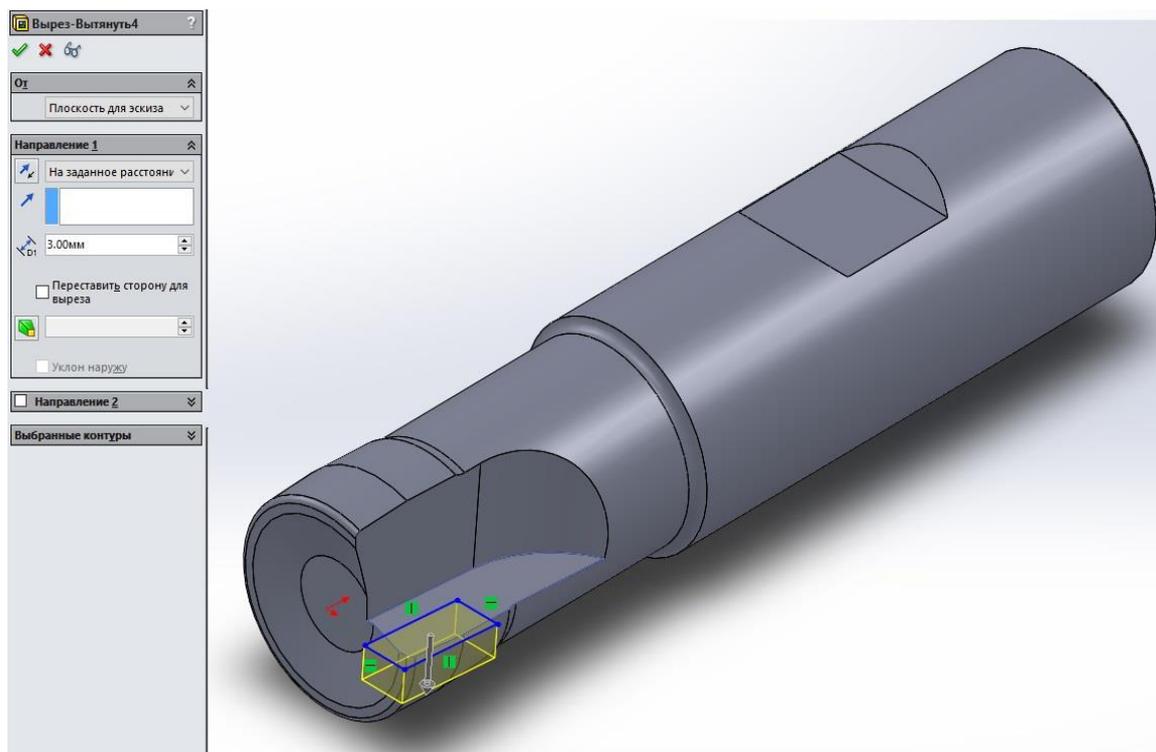
5. В соответствии с ГОСТ Р 52965-2008 на хвостовике фрезы формируем фаски, скругления и лыску для фиксации фрезы в зажимном патроне Weldon.



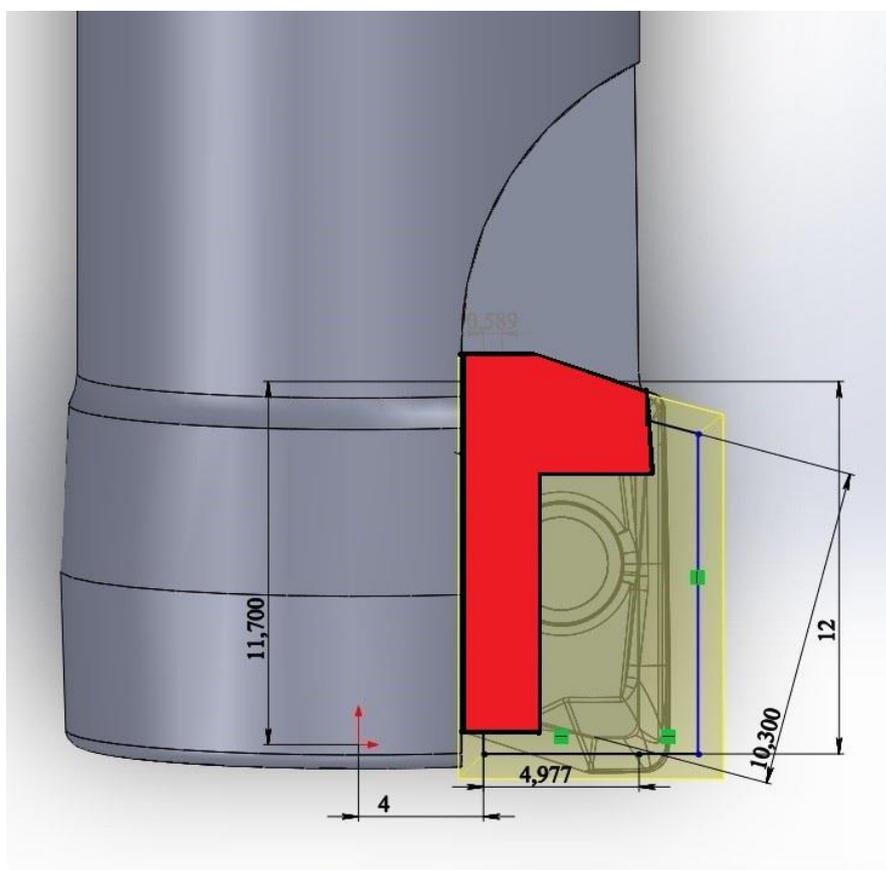
6. На рабочей части фрезы формируем стружечную канавку и при помощи функции “Выдавливание” обеспечиваем необходимый угол наклона гнезда под СМП.



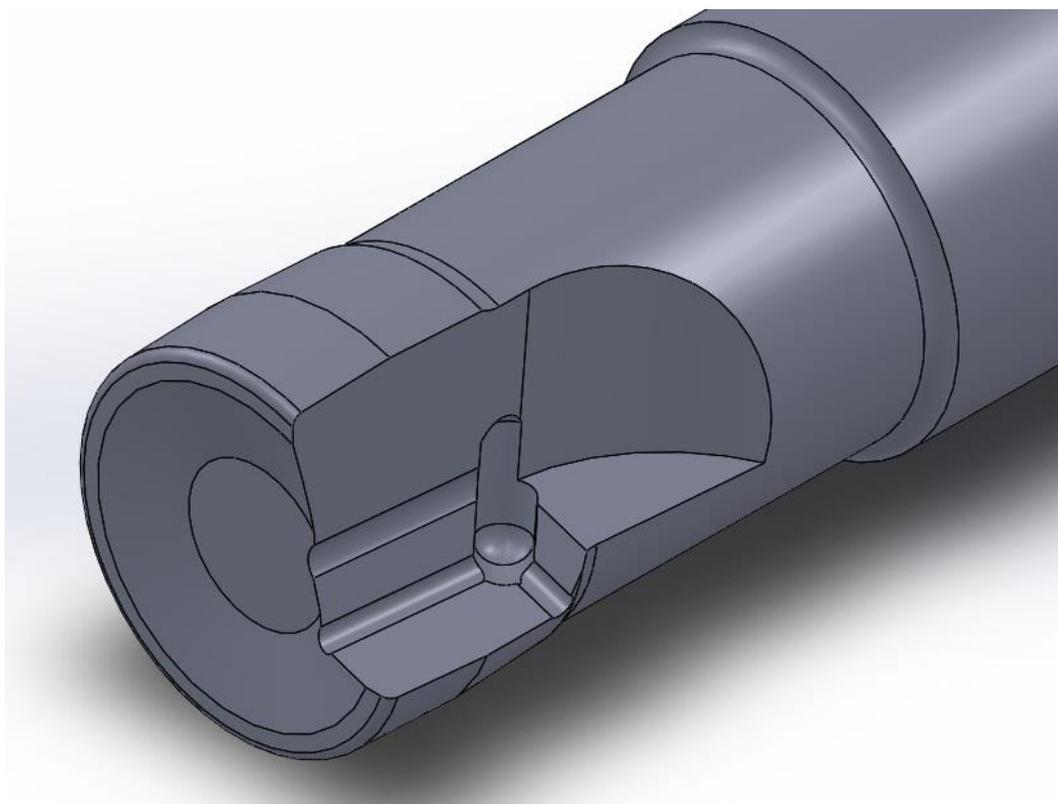
7. Формируем посадочную поверхность под модель СМП.



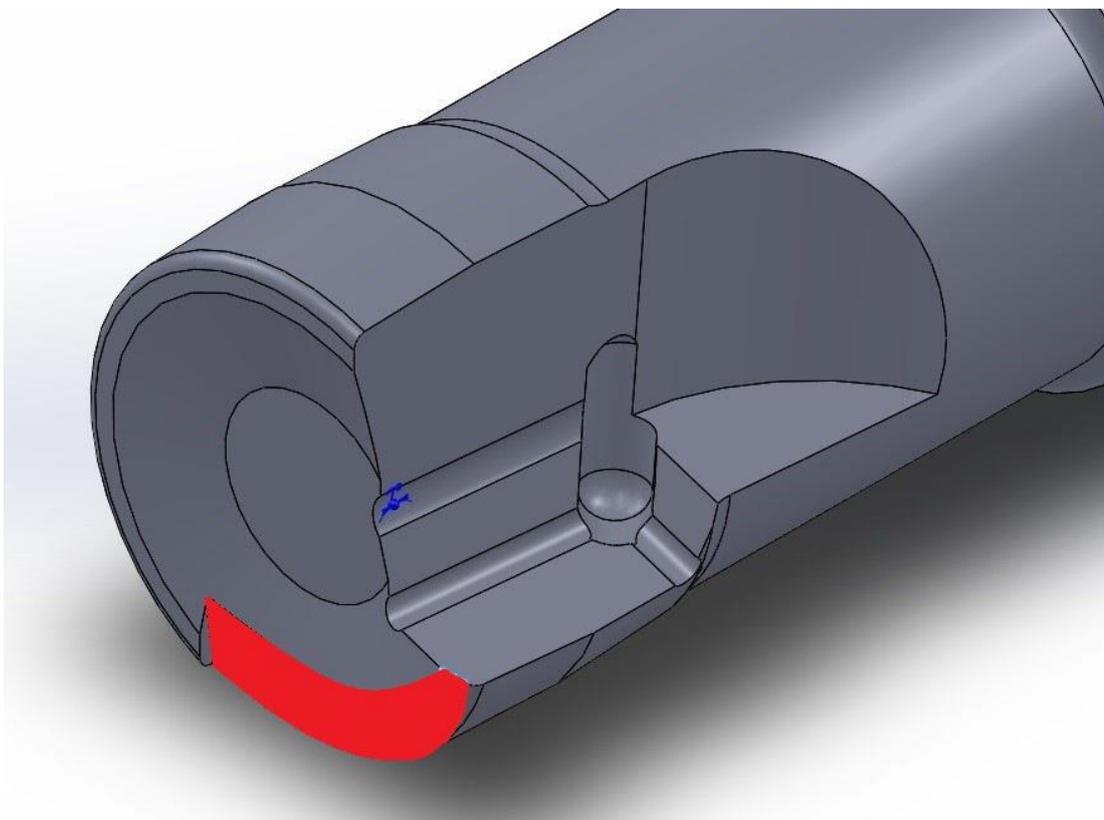
8. При установке СМП в гнездо виден “лишний” материал, который удаляем при помощи функции “Вырез” (эскизом здесь является основание СМП).



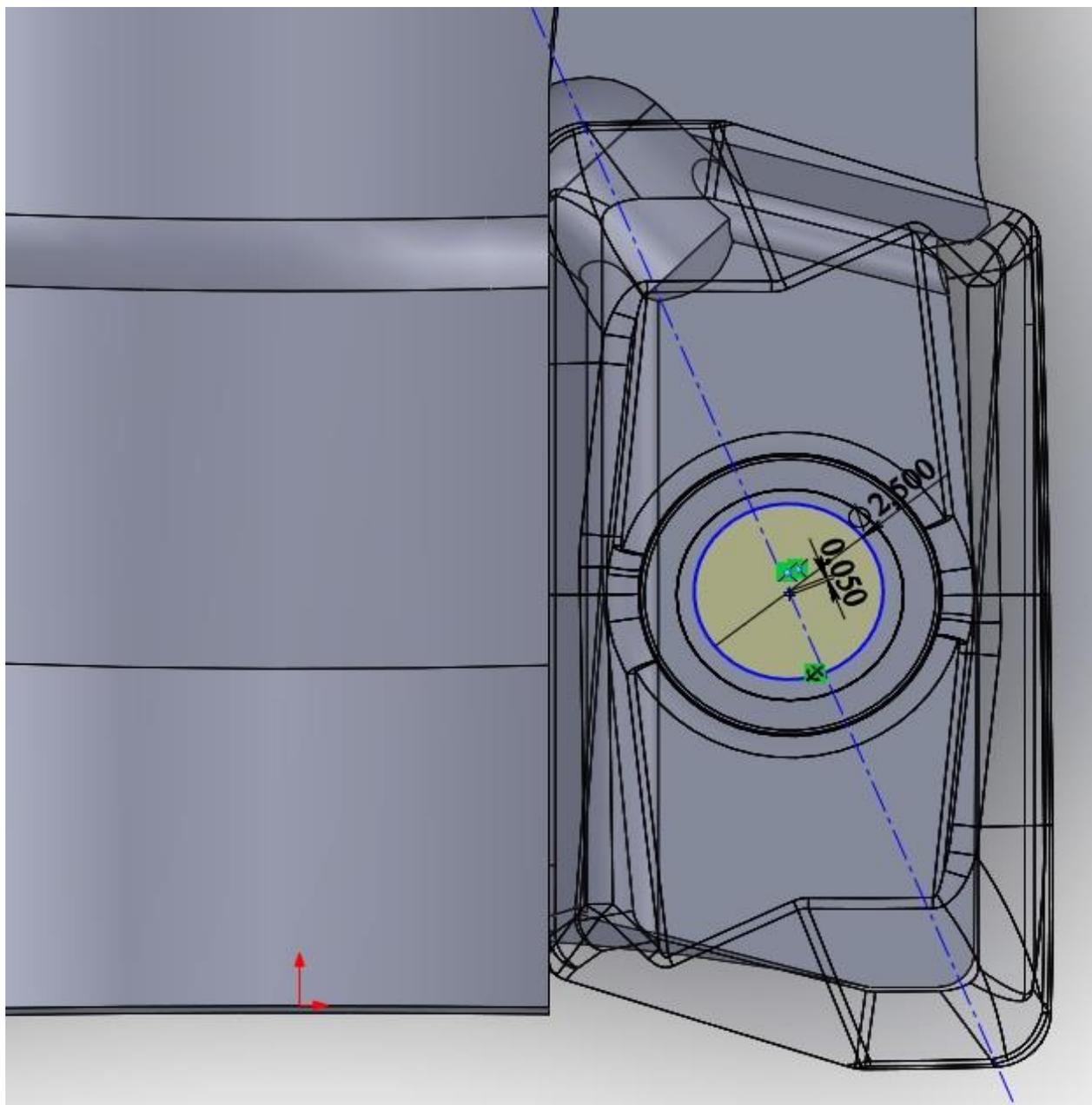
9. Обработываем углы гнезда для обеспечения точного базирования СМП.



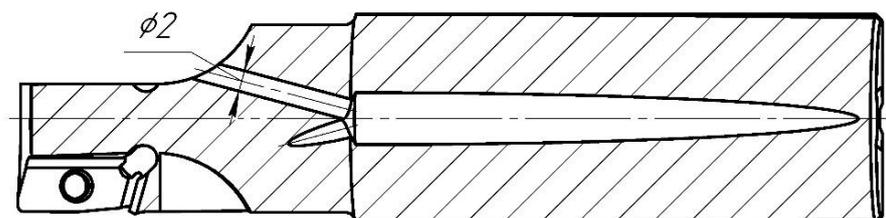
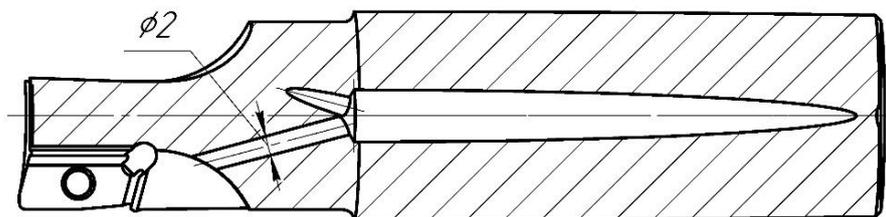
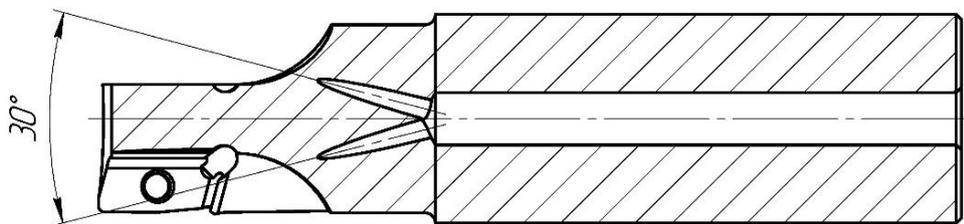
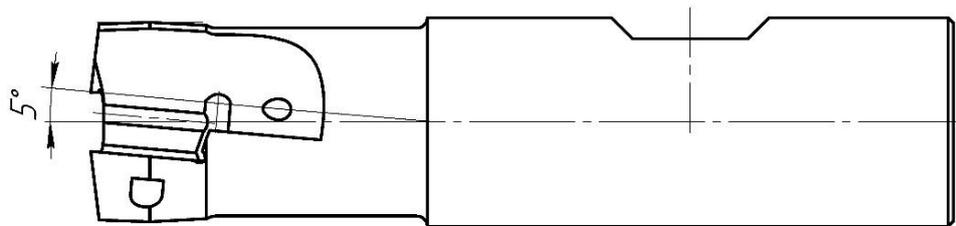
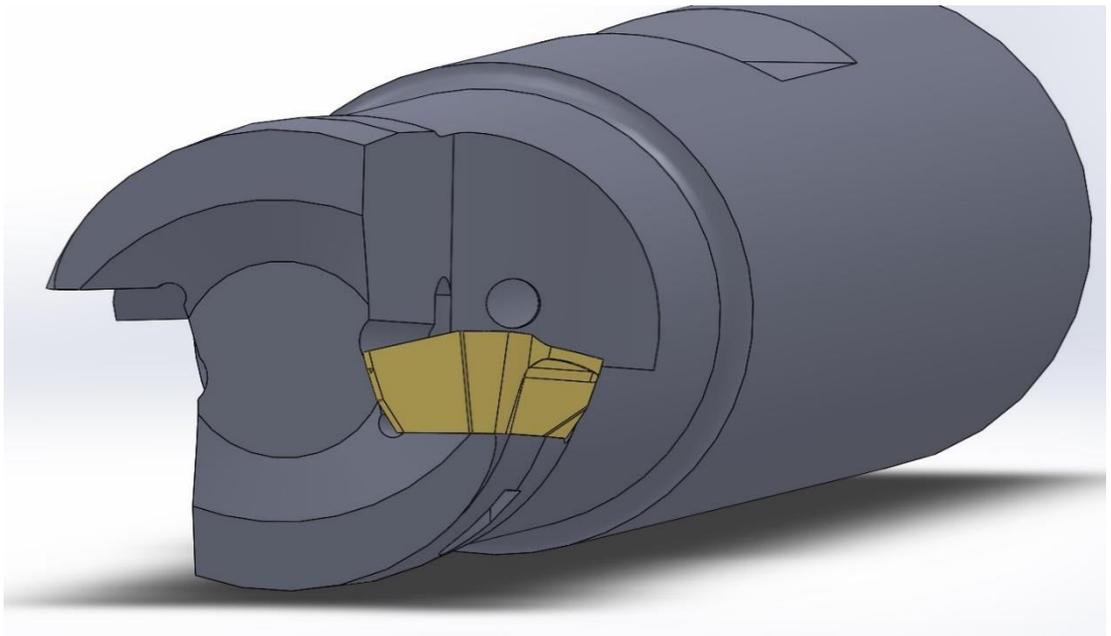
10. Обеспечиваем занижение в осевом направлении торца рабочей части корпуса.



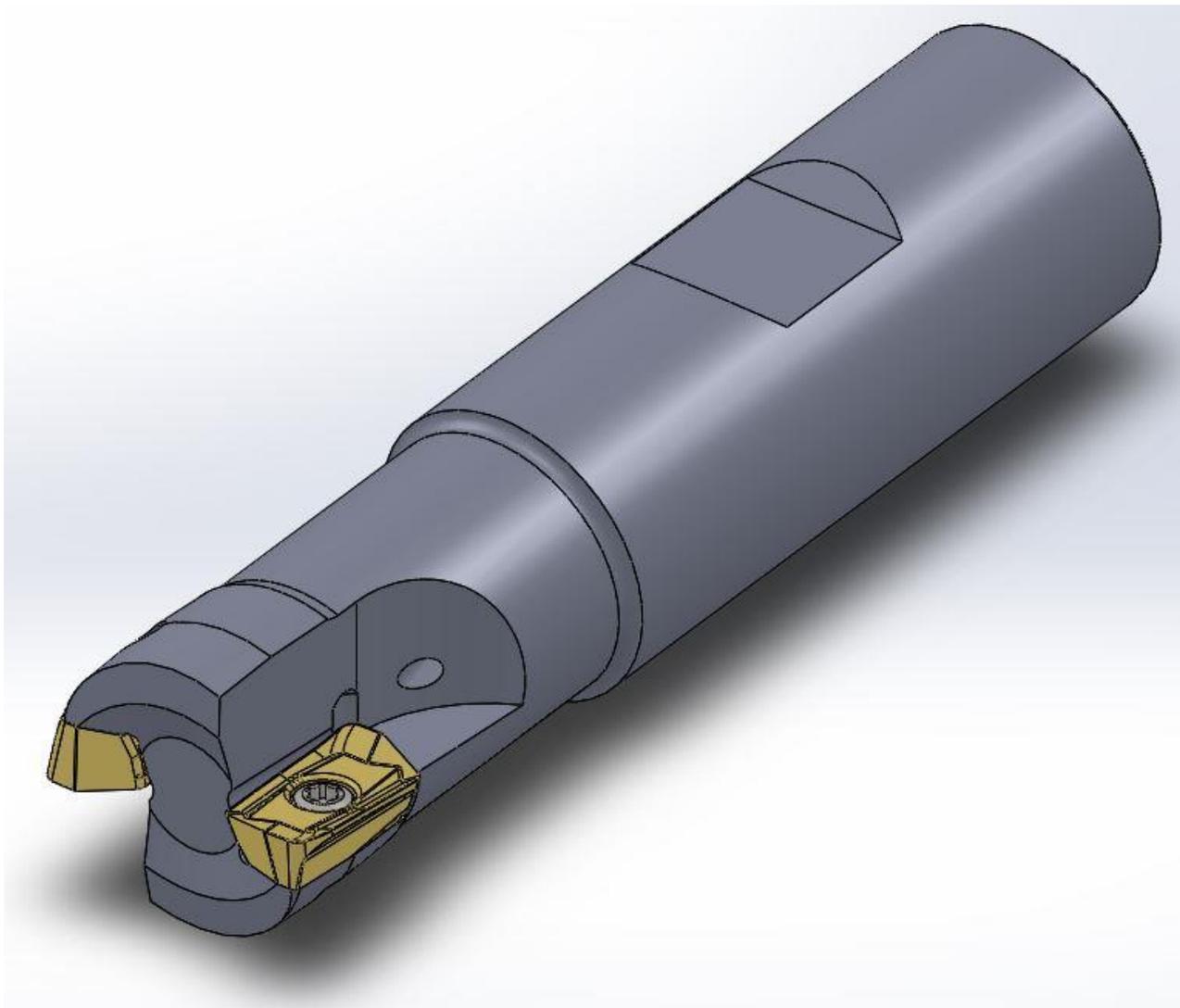
11. Вырезаем отверстие под крепежный винт, расположенное со смещением 0,05 мм для обеспечения прижима СМП в угол гнезда.



12. Формируем отверстие для подвода СОЖ с выходом на СМП.

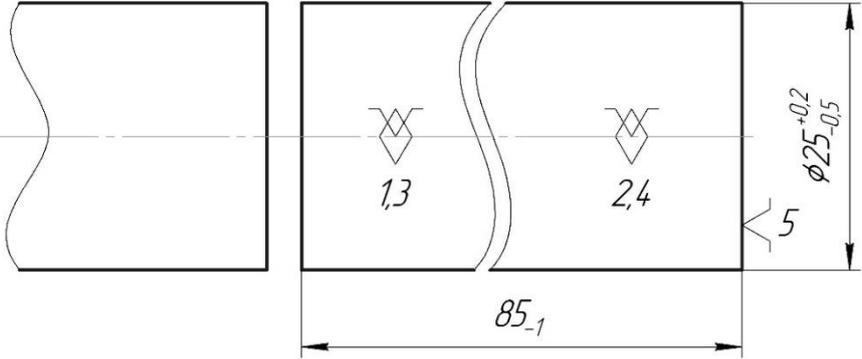
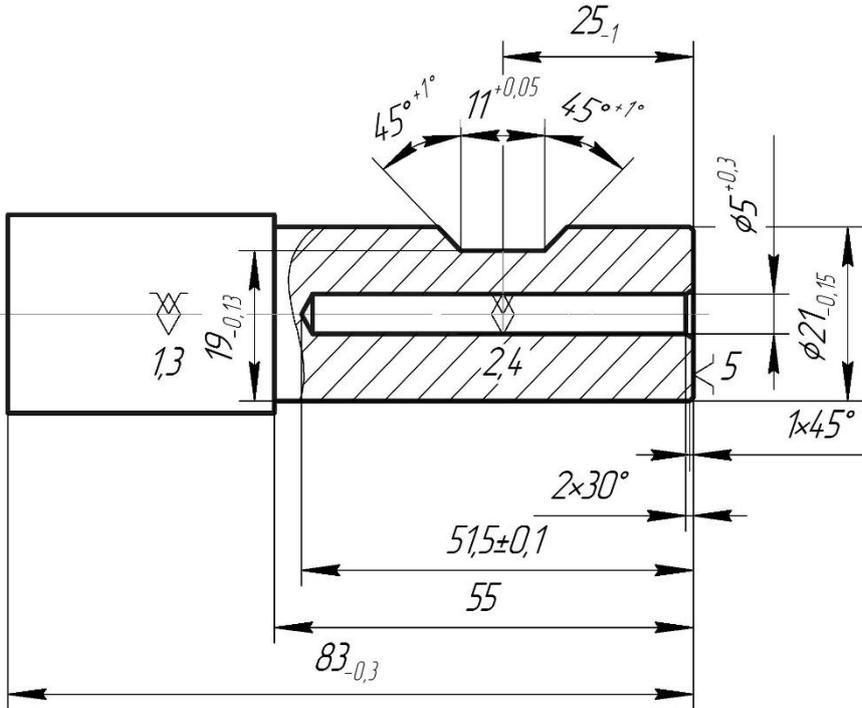


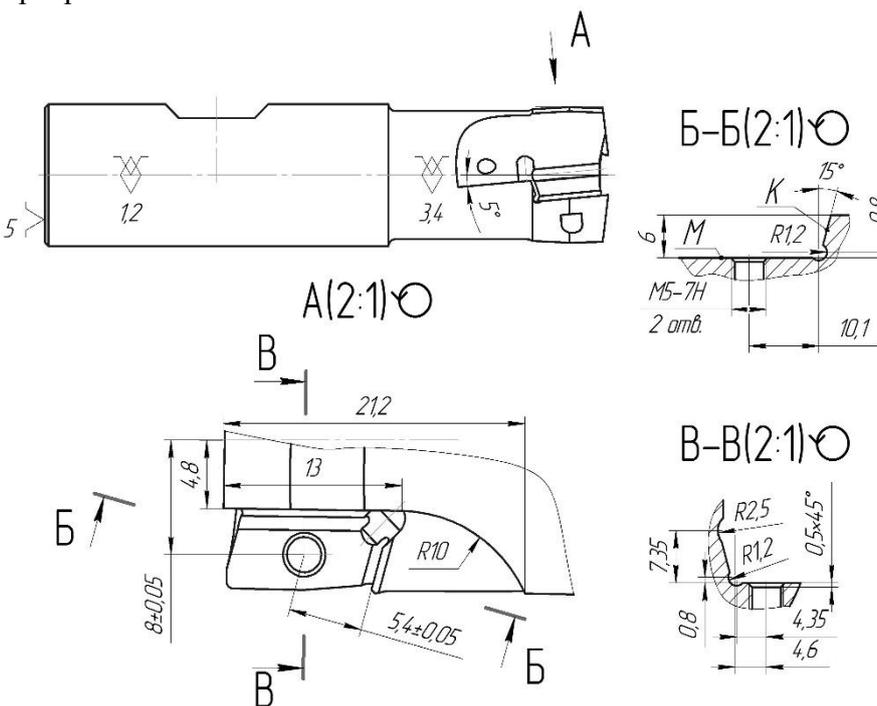
13. При помощи функции “Круговой массив” формируем гнездо и стружечную канавку для второй СМП.

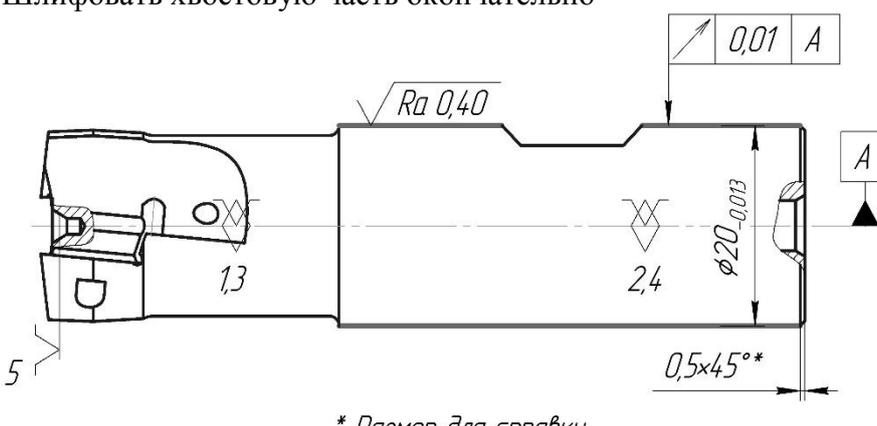


2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА СБОРНОЙ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ ДИАМЕТРОМ 20 ММ

Таблица 2 - Маршрутная карта

№ операции	Наименование операции, эскиз обработки	Станок	Технологическая оснастка
05	<p>Отрезная 1.Отрезать заготовку</p>  <p>2.Контролировать размеры 85₋₁; $\varnothing 25^{+0.2}_{-0.5}$ (20% от партии) перпендикулярность торцев 0,5 мм</p>	Ленточнопильный станок модели MBS-1014W фирмы Jet (Швейцария)	Тиски, упор Пила В=6 $\varnothing 510$ мм ГОСТ 4047-82 ШЦ-П-250-0.05 ГОСТ 166-89 угольник ГОСТ 3749-77
10	<p>Токарно-фрезерная с ЧПУ Точить и фрезеровать по программе</p> 	Токарно-фрезерный станок мод. СТХ 510 фирмы DMG (Германия)	Патрон 3-х кулачковый $\varnothing 250$ мм, резец 2102-1291 ГОСТ 24996-81, пластина 4х-гранная Т15К6 ГОСТ 19052-80, штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89, сверло $\varnothing 5$ 2317-0006 ГОСТ 14952-75,

35	<p>Фрезерная с ЧПУ Фрезеровать стружечные канавки и гнезда под СМП по программе</p>  <p>Контролировать: Выпуклость поверхности К и М не более 0,02мм.</p>	Обработывающий центр мод. NSV 102A фирмы УСМ(Китай)	<p>Спец. приспособление, фреза конц. Ø16 мм, фреза конц. Ø5 мм, сверло Ø2 мм ГОСТ 886-77, метчик М2,5-7h ГОСТ 3266-81, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89</p>
40	<p>Слесарная Зачистить заусенцы, притупить острые кромки</p>	Верстак слесарный	<p>Втулка, напильник 2820-0064 ГОСТ 1465-80, шабер 3-хгранный</p>
45	<p>Обезжиривание Обезжирить, промыть</p>	Установка для обезжиривания WM-1200	<p>Моющее средство КМ-1 по ТУ 2499-031-74419134-2014, тара</p>
50	<p>Нитроцементация Нитроцементация по ТИ 684 Контролировать: Отсутствие шелушения и трещин – 100%</p>	Печь СШЦМ-612	<p>Масло И-12А, Тара</p>

55	<p>Промывочная</p> <p>1.Промыть корпус</p> <p>2.Протереть салфеткой х/б</p>	Ванна	Тара, салфетки х/б. ГОСТ 11680-76, раствор: триэтанола мин 10г/л, нитрит натрия 150г/л
60	<p>Круглошлифовальная</p> <p>Шлифовать хвостовую часть окончательно</p>  <p>* Размер для справки</p>	Круглошлифовальный станок модели 3М 151В	<p>Центр КМ-4 В-6 2шт., хомутик В-36, патрон цанговый 5491, шлиф. круг ПП600х80х305 24А40НСМ 2 Бк.5 35м/с 1А2 ГОСТ 2424-83</p>
65	<p>Маркирование</p> <p>Указать диаметр, количество зубьев, изготовитель.</p>	Лазерный маркер Турбомаркер В-20	
70	<p>Сборочная</p> <p>Нанести на резьбу винта смазку, уложить СМП в гнездо корпуса, привернуть пластину к корпусу.</p>	Верстак слесарный	Отвертки ГОСТ 17199-71, смазка ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73

75	<p>Контрольная</p> <p>Контролировать:</p> <p>1. Зазоры между опорными поверхностями пластин и корпусом под режущими кромками не допускаются.</p> <p>2. Диаметр по вершинам зубьев.</p>	Инструментальный микроскоп модели Genius 3 фирмы Zoller (Германия)	Щуп №1 кл.2 ГОСТ 882-75. ШГ-160 ГОСТ 152- 80.
80	<p>Испытание</p> <p>Испытать на работоспособность и качество крепления СМП (проверить наличие сколов, износа режущих кромок, ослабление крепления)</p>	Обрабатывающий центр модели MC-032 фирмы ZMM (Болгария)	
85	<p>Консервация</p> <p>Окунуть корпус в бак с маслом, вынуть, избытки масла удалить салфеткой</p> <p>Контролировать: наличие масляной пленки на всей поверхности корпуса – 100%</p>	Стол	Масло И-12А ГОСТ 20799-88, салфетки х/б. ГОСТ 11680-76, тара
90	<p>Упаковка</p> <p>1. Упаковать в пластиковый пенал</p> <p>2. Упаковать в коробку</p>	Стол	

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СТОЙКОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Стойкость – одна из основных характеристик режущего инструмента, которая определяет его работоспособность. Стойкость напрямую связана с износом и зависит от свойств обрабатываемого и инструментального материалов, режима резания, геометрии инструмента и др. факторов. Износ инструмента протекает неравномерно и делится по времени на три периода: начальный, установившийся и катастрофический (рис. 6).

В начальный период износ происходит интенсивно и быстро. В период установившегося износа истирание инструмента происходит значительно медленнее. Этот период занимает 90 - 95% от всего времени работы инструмента. В период катастрофического износа величина его резко увеличивается, и если вовремя не прекратить работу, то в течение 2 - 3 минут износ возрастет в несколько раз и инструмент вскоре окончательно выйдет из строя.

Явление катастрофического износа объясняется тем, что при затупленной режущей кромки увеличиваются трение и сопротивление резанию, больше тепла поступает в инструмент и температура его режущей части резко повышается. Все это приводит к еще более интенсивному износу [12, с. 397].

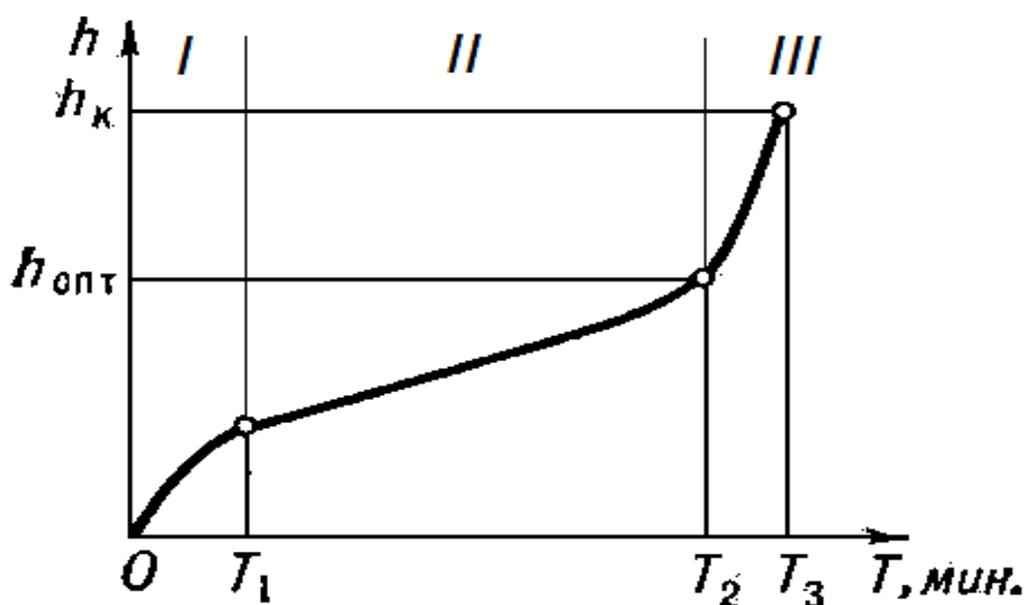


Рисунок 6 - Типовой график износа инструмента

Для оценки режущих свойств разработанной конструкции фрезы были проведены её стойкостные испытания с использованием пластин формы XDPT-ММ с износостойкими покрытиями WP40PM и WP35CM.

В качестве обрабатываемого материала был выбран прокат круглый горячекатаный из стали 40Х по ГОСТ 1050-88.

Таблица 3 - Химический состав

Массовая доля элементов, %			
углерода	кремния	марганца	хрома, не более
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25

Таблица 4 - Механические свойства

Предел текучести σ_1 , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Временное сопротивление разрыву σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
355(36)	600(61)	16	40

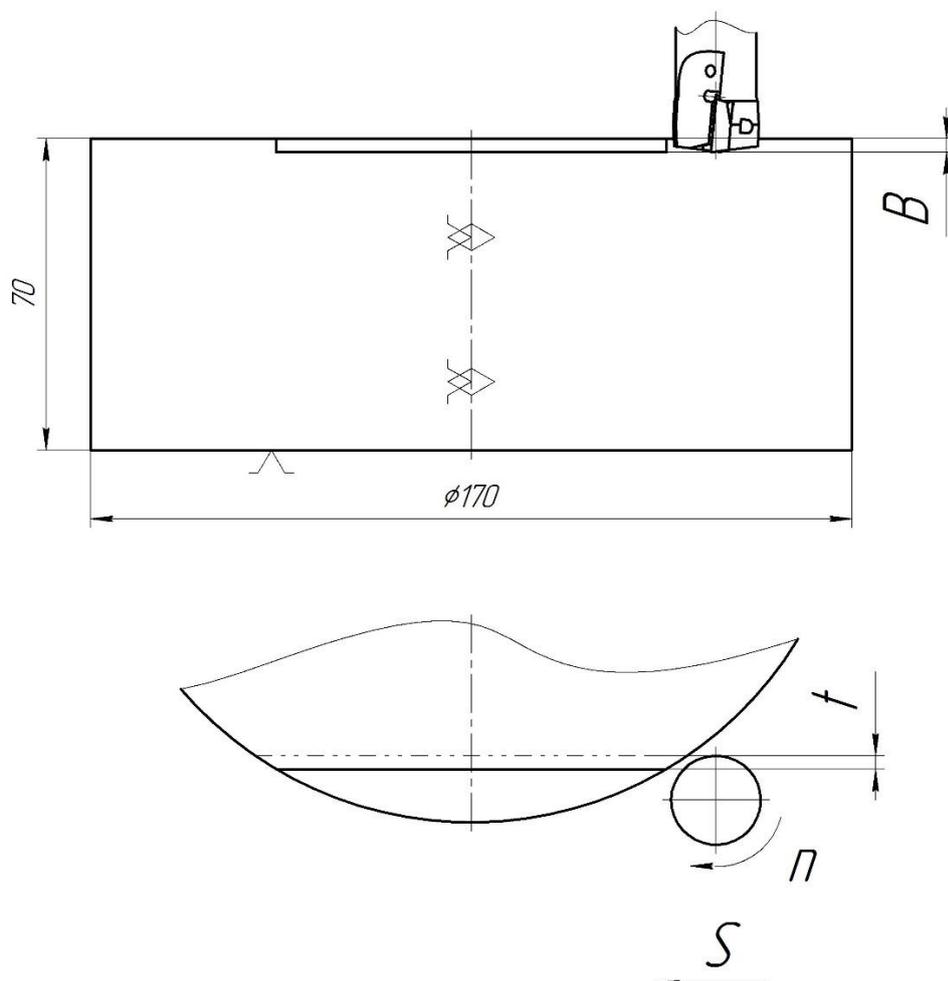


Рисунок 7 - Схема срезания припуска при стойкостных испытаниях

Испытания проводили по схеме попутного фрезерования, без использования смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) на следующих режимах:

- скорость резания – $V = 90; 110; 130$ м/мин;
- подача – $S_m = 280; 350; 420$ мм/мин ($S_z=0,05$ мм/об);
- глубина фрезерования – $t = 3$ мм;
- ширина фрезерования – $B = 3$ мм.

Стойкостные испытания проводились на обрабатывающем центре модели МС-032 фирмы ZMM (Болгария).



Таблица 5 - Технические характеристики

Размеры рабочей поверхности стола (диаметр), мм	320
Технологические возможности:	
Фрезерование чугуна НВ 180-200 не более, м3/мин	200×10^{-6}
Сверление отверстий в стали (диаметр) не более, мм	32
Растачивание отверстий (диаметр) не более, мм	120
Нарезание резьбы метчиком, не более	M24
Рабочие хода, мм:	
По оси «X»	550
По оси «Y»	500
По оси «Z»	500
Поворот, град.	
По оси «A»	220

По оси «С»	360
Рабочая подача	
по осям «X»; «Y»; «Z», мм/мин	1 - 4000
по осям «A»; «C», град/ мин	1 - 360
Быстрый ход по осям	
«X»; «Y»; «Z», м/мин	10
по осям «A»; «C», об / мин	
ось «A»	5
ось «C»	10
Количество гнезд в инструментальном магазине, шт.	32
Частота оборотов шпинделя, об/мин	12 - 4800
Дискретность задания координат:	
по осям «X»; «Y»; «Z», мм	0,001
по осям «A»; «C», град.	0,001
Точность позиционирования:	
по осям «X»; «Y»; «Z», мм	0,03
по осям «A»; «C» угл. сек.	30
Мощность главного двигателя, кВт	15
Вес станка, кг	7500

Крепилась фреза в патроне Weldon SK50-SLA20-63 по DIN 1835-B и DIN6535-HB (рис. 8).

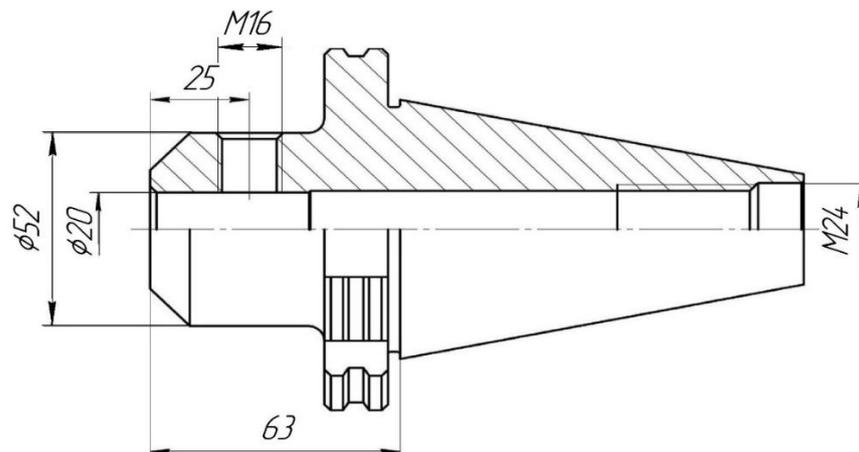


Рисунок 8 - Патрон Weldon SK50-SLA20-63

В качестве контролируемого параметра была выбрана фаска износа по задней поверхности СМП (рис. 10). Измеряли фаски износа СМП осуществляли

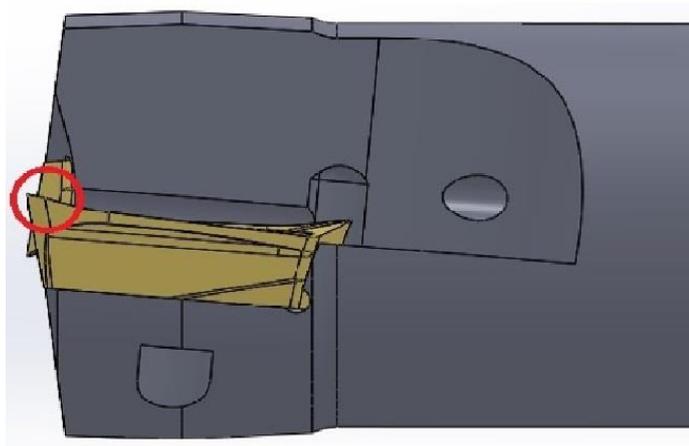
на координатно-измерительной машине мод. Genius 3 фирмы Zoller (Германия)
(рис. 9).



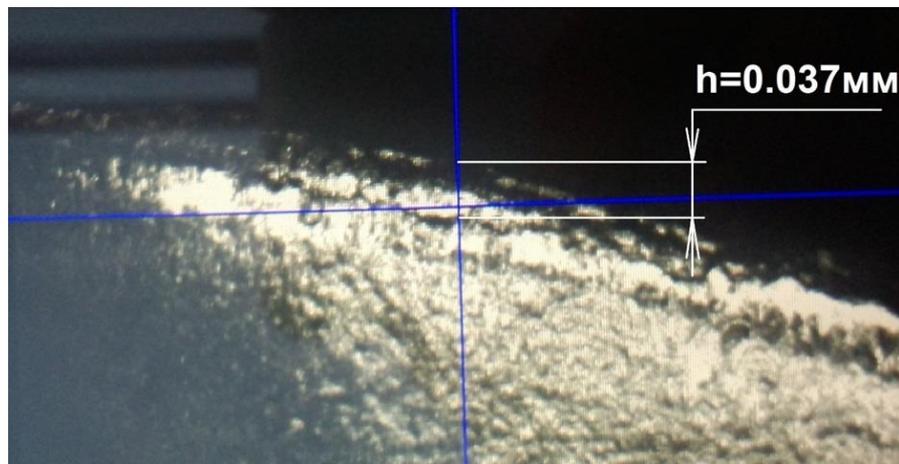
Рисунок 9 - Координатно-измерительная машина мод. Genius 3 фирмы Zoller
(Германия)

Таблица 6 - Технические характеристики

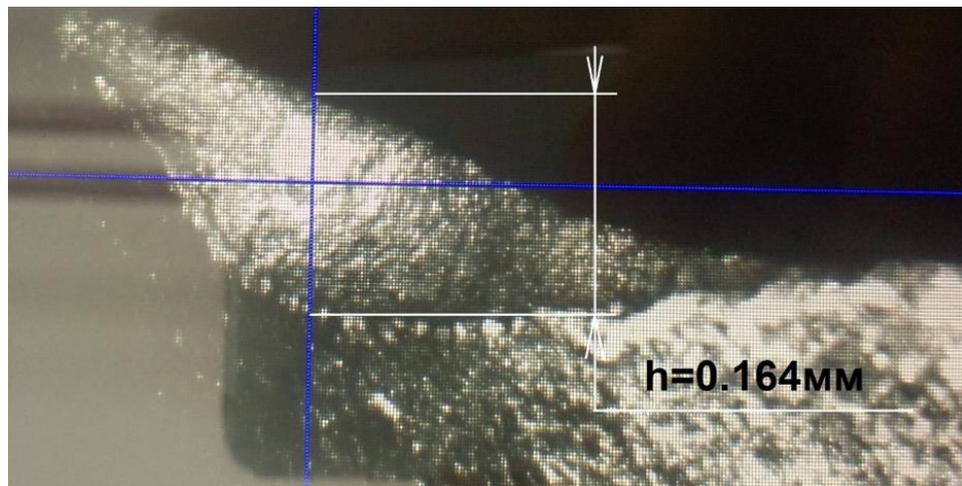
Диапазон измерения по оси z	600 мм
Диапазон измерения по оси x	175 мм
Диапазон измерения по оси y	100 мм
Диаметр	340 мм
Диаметр калибра-скобы	100 мм
Максимальное увеличение	x50



а)



б)



в)

Рисунок 10 - Пример измерения фаски износа при скорости резания $V=130$ м/мин: а – место измерения; б – фаска износа после 5 минут работы (x50); в – фаска износа после 165 минут работы (x50)

По результатам стойкостных испытаний получены зависимости величины фаски износа от времени работы инструмента, и на основании этих данных были построены кривые износа.

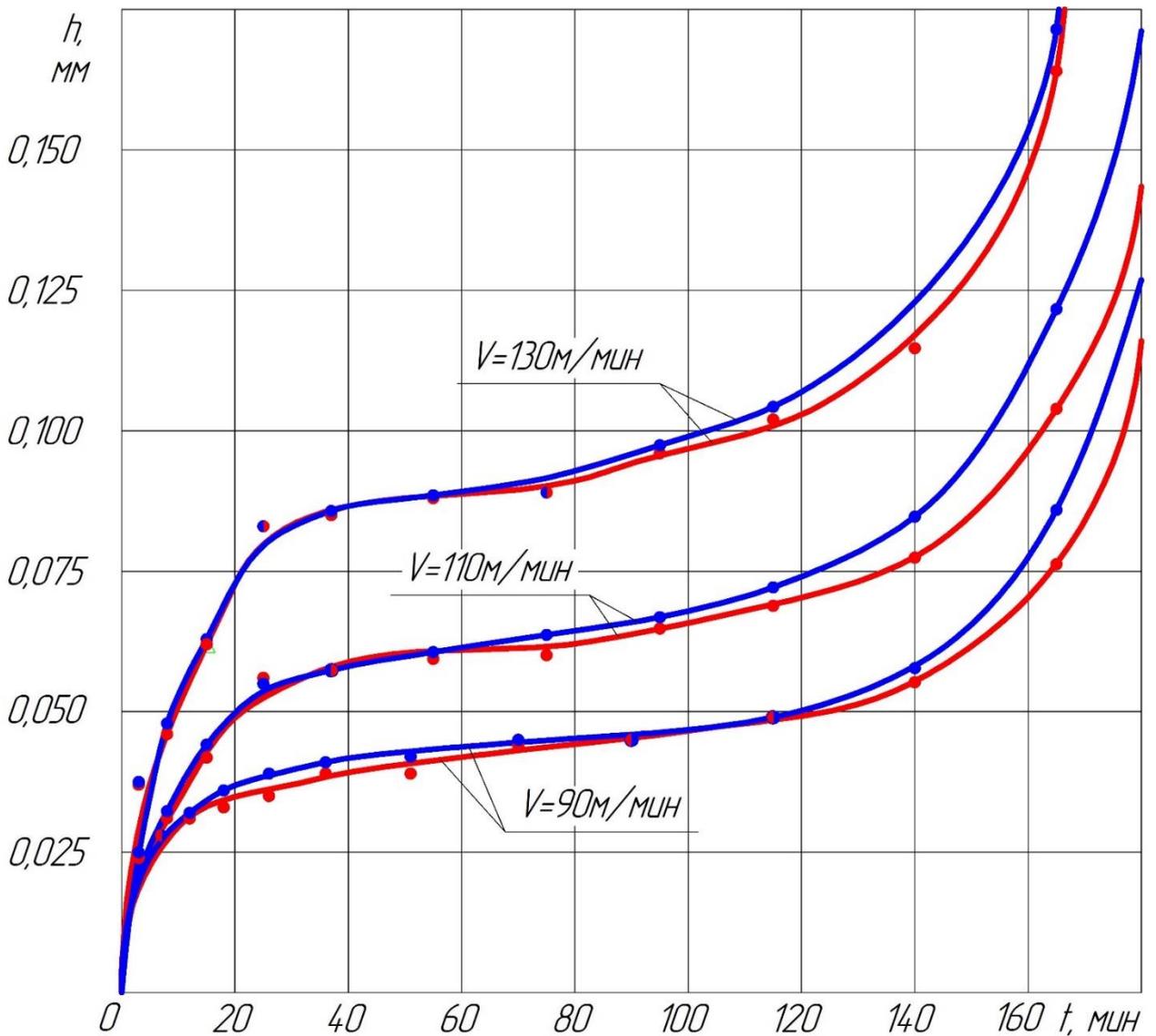


Рисунок 11 - Кривые износа СМП: — - твердый сплав марки WP40PM; — - твердый сплав марки WP35CM

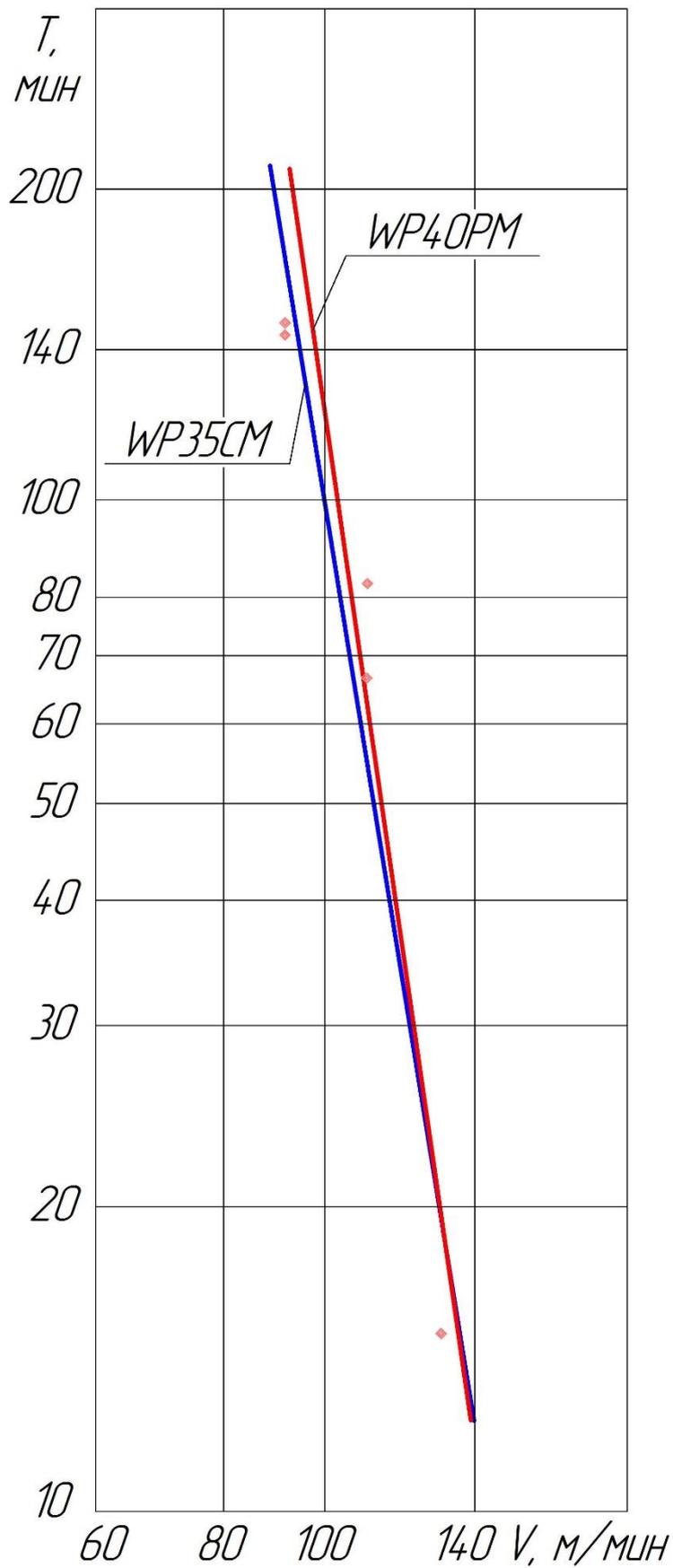


Рисунок 12 - Влияние скорости резания V на стойкость T концевых фрез, оснащенных СМП.

4 МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

Измерения составляющих сил резания проводились на заготовках из того же прутка, которые применяли при стойкостных испытаниях. Срезание металла осуществлялось по схеме попутного фрезерования “всухую” (без применения СОЖ) на следующих режимах резания:

- скорость резания $V = 70; 90; 110; 130$ м/мин;
- подача $S_z = 0,05; 0,1; 0,15$ мм/зуб;
- глубина $t = 1; 2; 3; 4$ мм;
- ширина $B = 3$ мм.

Измерение сил резания проводилось с помощью трехкомпонентного динамометра модели 9257ВА фирмы Kistler (Швейцария) со встроенным усилителем типа 5233А1. [13, с. 5].



Рисунок 13 - Трехкомпонентный динамометр модели 9257ВА фирмы Kistler (Швейцария)

Таблица 7 - Технические данные динамометра модели 9257BA

Наименование	Обозначения	Единицы измерения	
Калибровка			калиброван
Диапазон измерения	Fx, Fy, Fz	кН	±5,0
Чувствительность	Fx, Fy	пКл/Н	≈7,5
	Fz	пКл/Н	≈3,7
Собственная частота	fnx, fny	кГц	≈2,3
	fnz	кГц	≈3,5
Диапазон рабочих температур		°С	от 0 до 70
Длина		мм	170
Ширина		мм	100
Высота		мм	60
Соединение			Fischer 9-контактный
Герметизация			сварка/эпоксидная
Масса		кг	7,3

Таблица 8 - Технические данные усилителя-преобразователя типа 5233A1

Наименование	Единицы измерения	
Диапазон измерения	пКл	от 200 до 200000; от -200000 до -200
Диапазон частот	кГц	от 0 до 45
Выходной сигнал	В	от -10 до 10
Питание	В	от 100 до 240
Интерфейс		RS-232C



Рисунок 14 - Схема подключения динамометра модели 9257BA фирмы Kistler (Швейцария)

Испытания были проведены на обрабатывающем центре модели DMU 50 фирмы DMG Mori (Германия).

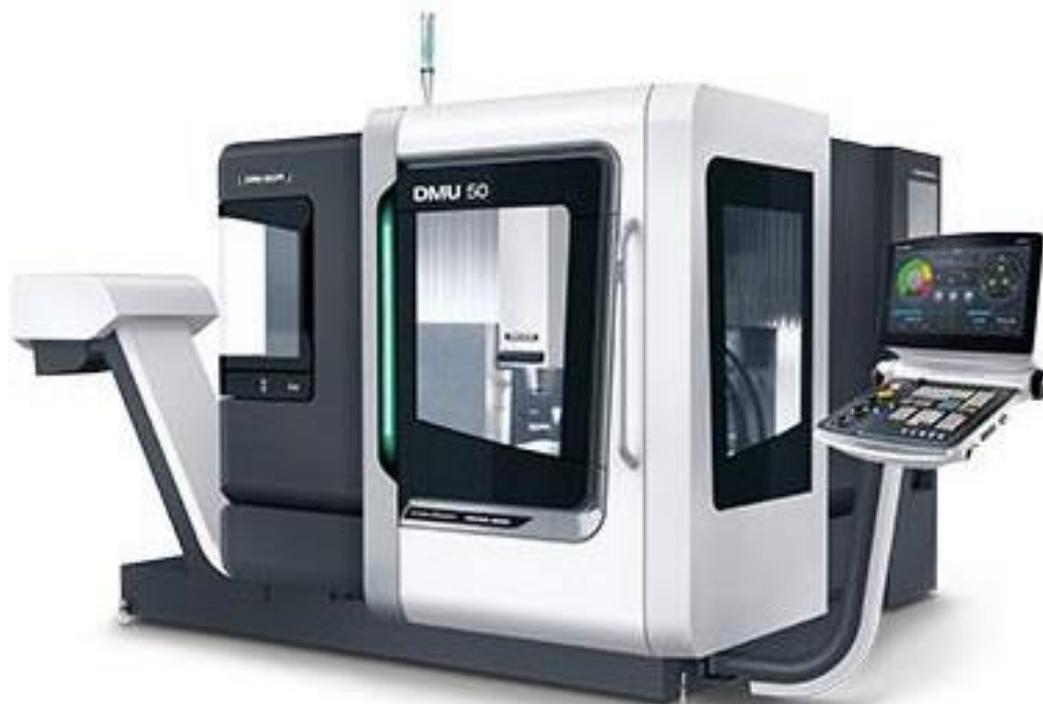


Таблица 9 - Технические характеристики

Поперечный ход по осям X/Y/Z	мм	500 / 450 / 400
Главный привод (стандартное исполнение)		
Диапазон скорости	мин ⁻¹	20 – 14 000
Мощность привода (100/40% цикла нагрузки)	кВ	14,5 / 20,3
Момент (40 % цикла нагрузки)	Нм	121
Главный привод (опция)		
Диапазон скорости	мин ⁻¹	-
Мощность привода (100/40% цикла нагрузки)	кВ	25 / 35
Момент (40 % цикла нагрузки)	Нм	-
Диапазон скорости	мин ⁻¹	20 – 18 000
Мощность привода (100/40% цикла нагрузки)	кВ	25 / 35
Момент (40 % цикла нагрузки)	Нм	130
Подача		
Быстрый ход по осям X/Y/Z	м/мин	30
Максимальная мощность подачи (X/Y/Z)	кН	4,8
Стационарный стол		
Рабочая поверхность поддона	мм	700 × 500
Максимальная нагрузка	кг	500
Интегрированный поворотный/вращающийся стол		
Рабочая поверхность поддона	мм	∅ 630 × 500
Максимальная нагрузка	кг	200 / 300
Диапазон наклона	градус	-5 / +110

Устройство смены инструментов Pick up в качестве опции		
Места	№	16
Максимальная длина инструмента	мм	300
Максимальный диаметр инструмента	мм	80 / 130
Масса инструмента	кг	6
Устройство смены инструментов, цепное с двойным захватом в качестве опции		
Места	№	30 / 60
Максимальная длина инструмента	мм	300
Максимальный диаметр инструмента	мм	80 / 130
Масса инструмента	кг	6
Вес станка/подключенная нагрузка		
Масса	кг	4 480
Выходная мощность	кВ	25
Максимальный номинальный ток	А	40



Рисунок 15 - Вид установки для измерения составляющих силы резания динамометром фирмы *Kistler* (Швейцария)

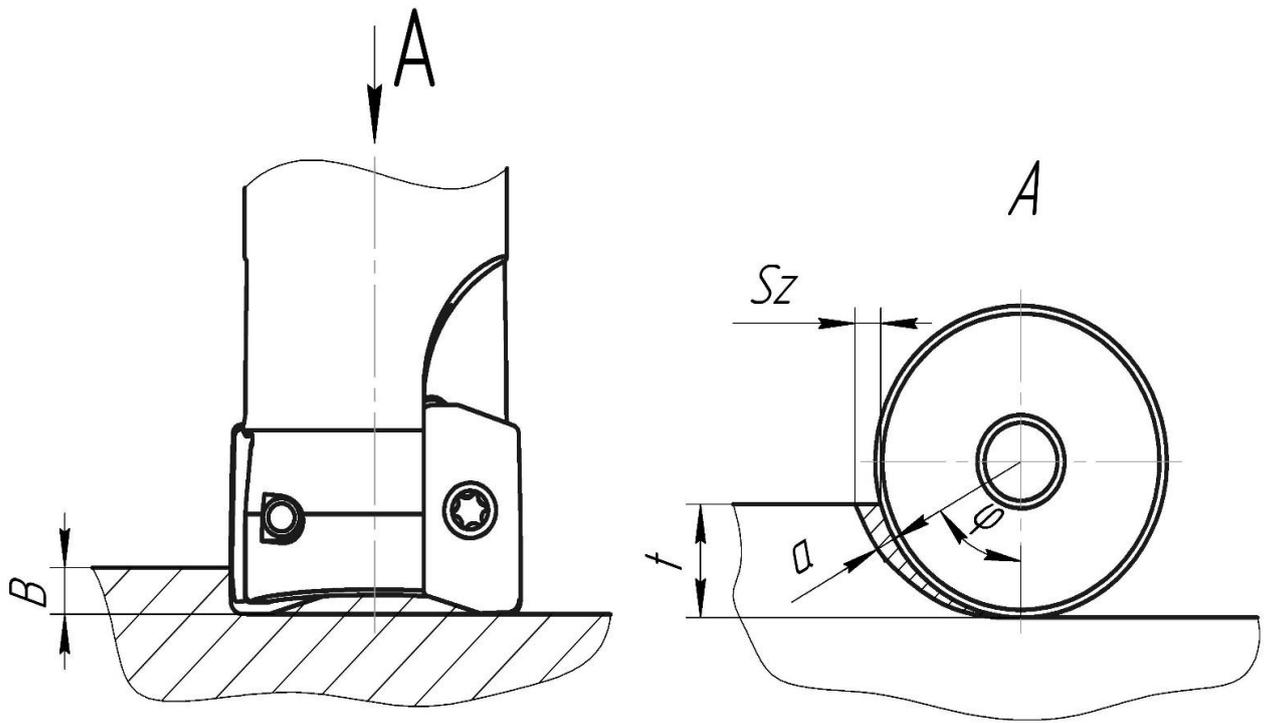


Рисунок 16 - Схема срезания припуска при силовых испытаниях

где B - ширина фрезерования, мм;

t – глубина фрезерования, мм;

Sz – подача на зуб, мм/зуб;

a – толщина среза, мм;

φ – угол контакта фрезы, град

Результаты измерения составляющих силы резания

Таблица 10 - при $t=1$ мм

$P_x / P_y / P_z, N$		Скорость резания, м/мин.			
		70	90	110	130
Подача, мм/зуб	0,05	76,3/41,7/4,05	78,1/40,7/4,37	78,7/40,3/2,77	77,1/38,4/4,08
	0,10	93,1/60,3/4,14	95,0/58,3/4,16	98,0/59,0/4,16	95,7/56,4/4,96
	0,15	109,8/78,9/4,9	110,5/75,7/5,68	112,3/74,9/5,43	114,7/88,6/13,3

Таблица 11 - при $t=2$ мм

$P_x / P_y / P_z, N$		Скорость резания, м/мин			
		70	90	110	130
Подача, мм/зуб	0,05	117,0/54,2/3,9	119,4/52,7/5,39	124,1/53,7/6,22	125,8/52,6/9,49
	0,10	150,5/84,7/6,97	156,7/83,3/7,91	161,1/84,1/8,41	122,1/105,5/13,9
	0,15	182,3/114,6/9,0	143,0/135,2/14,5	187,2/110,4/9,86	187,3/110,4/9,63

Таблица 12 - при $t=3$ мм

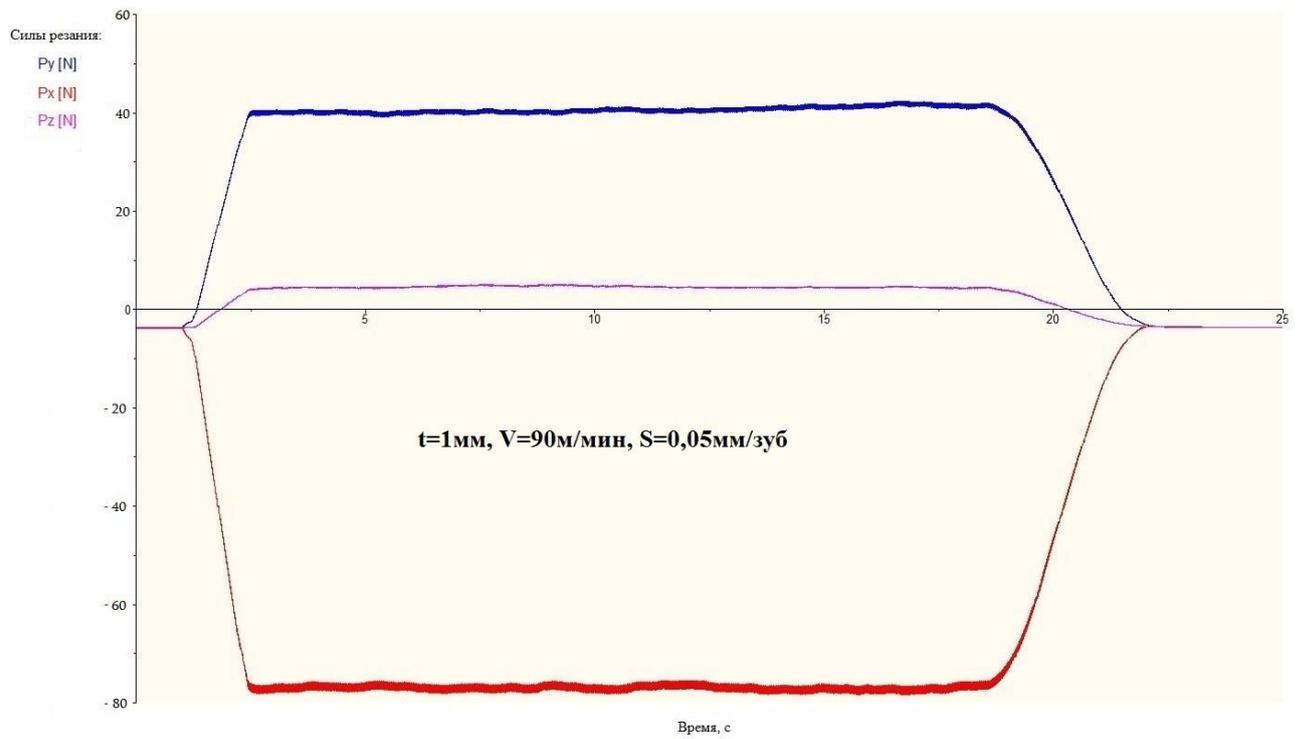
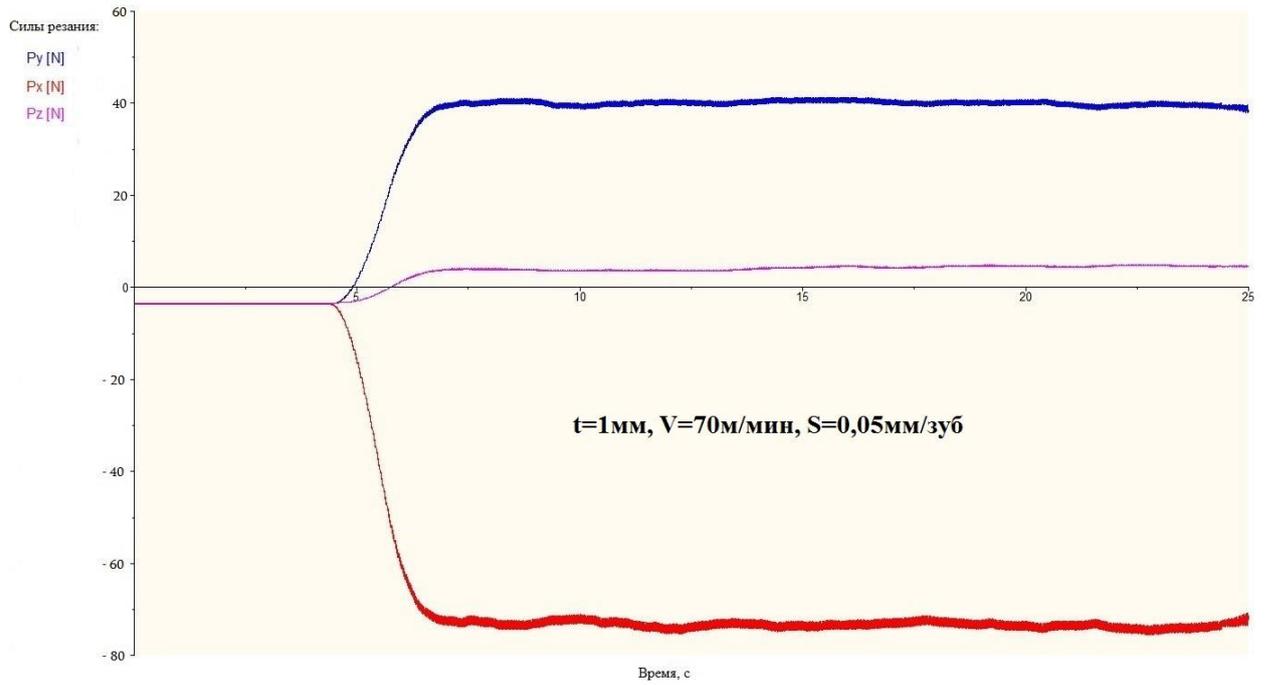
$P_x / P_y / P_z, N$		Скорость резания, м/мин			
		70	90	110	130
Подача, мм/зуб	0,05	152,0/59,3/6,79	109,9/70,9/12,2	171,0/63,3/11,1	173,1/61,2/15,2
	0,10	86,0/37,8/3,27	54,6/39,5/8,79	90,4/38,5/11,0	90,3/36,2/6,42
	0,15	104,3/53,5/4,27	105,7/52,0/4,37	106,0/52,0/4,83	105,5/48,9/5,14

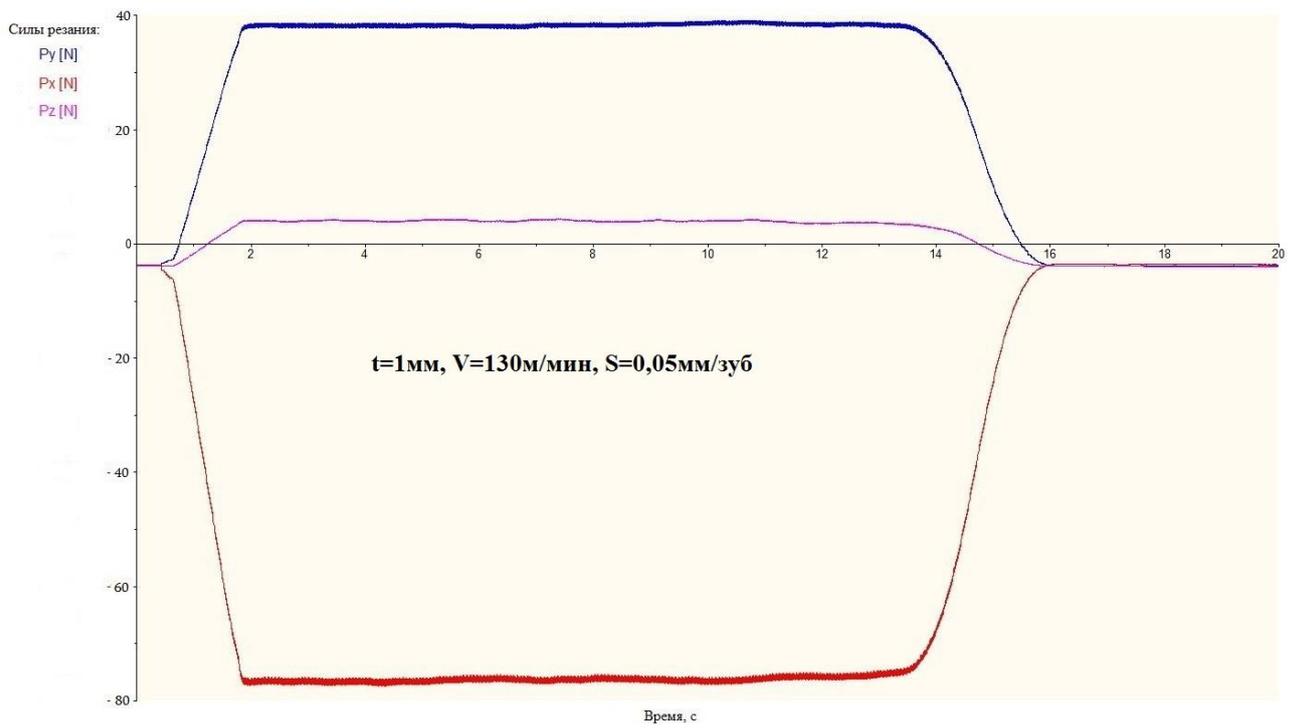
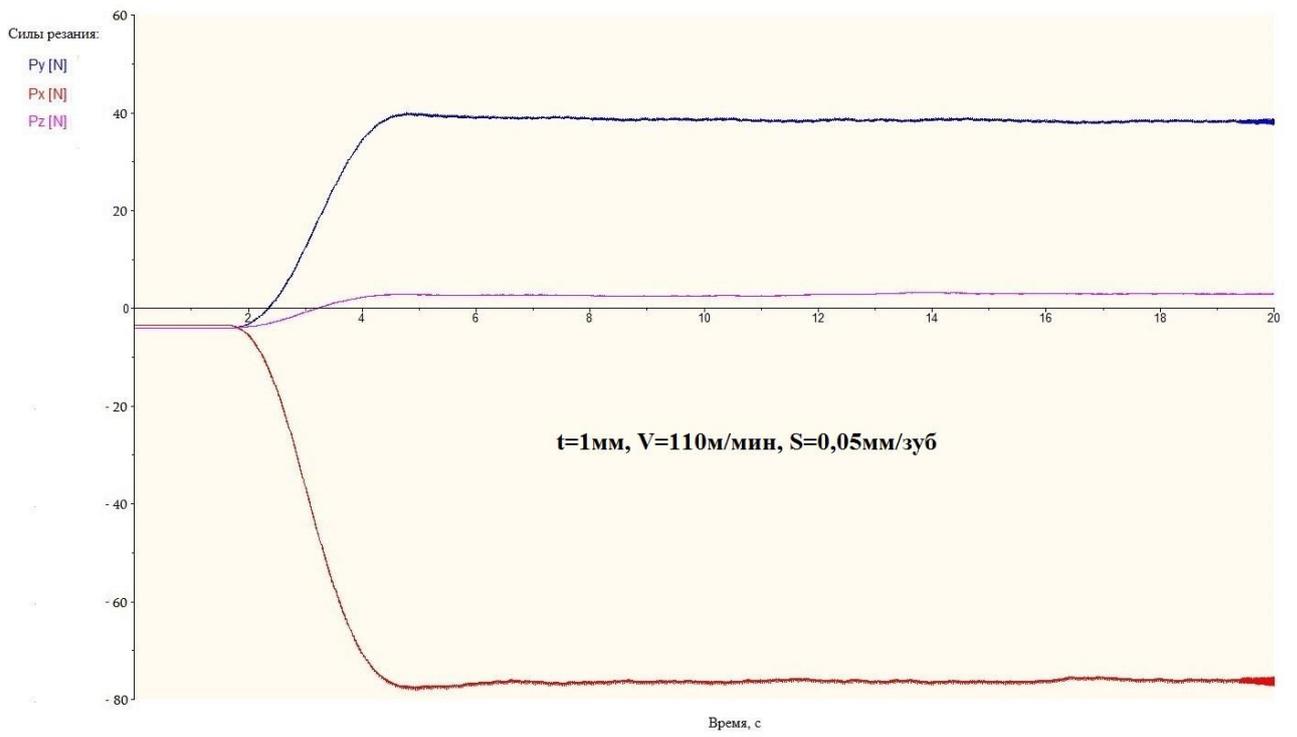
Таблица 13 - при $t=4$ мм

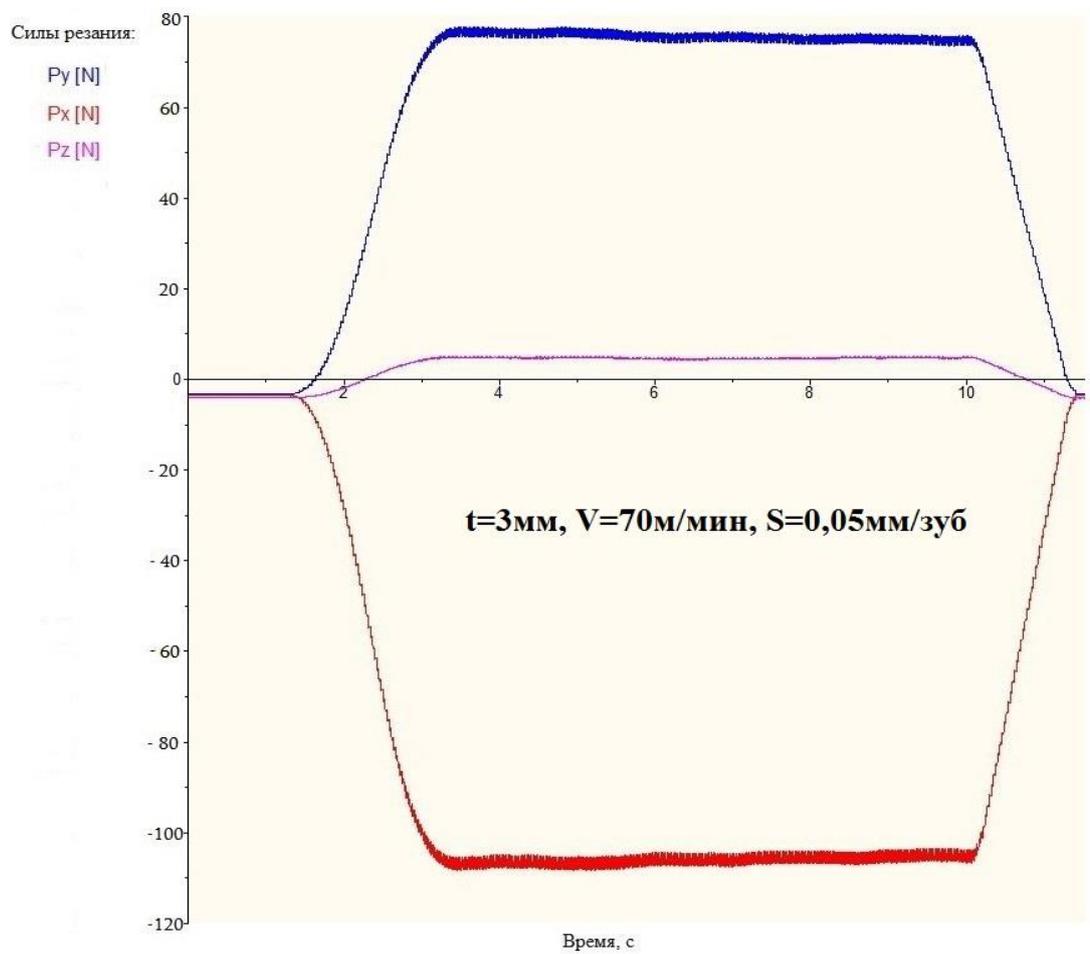
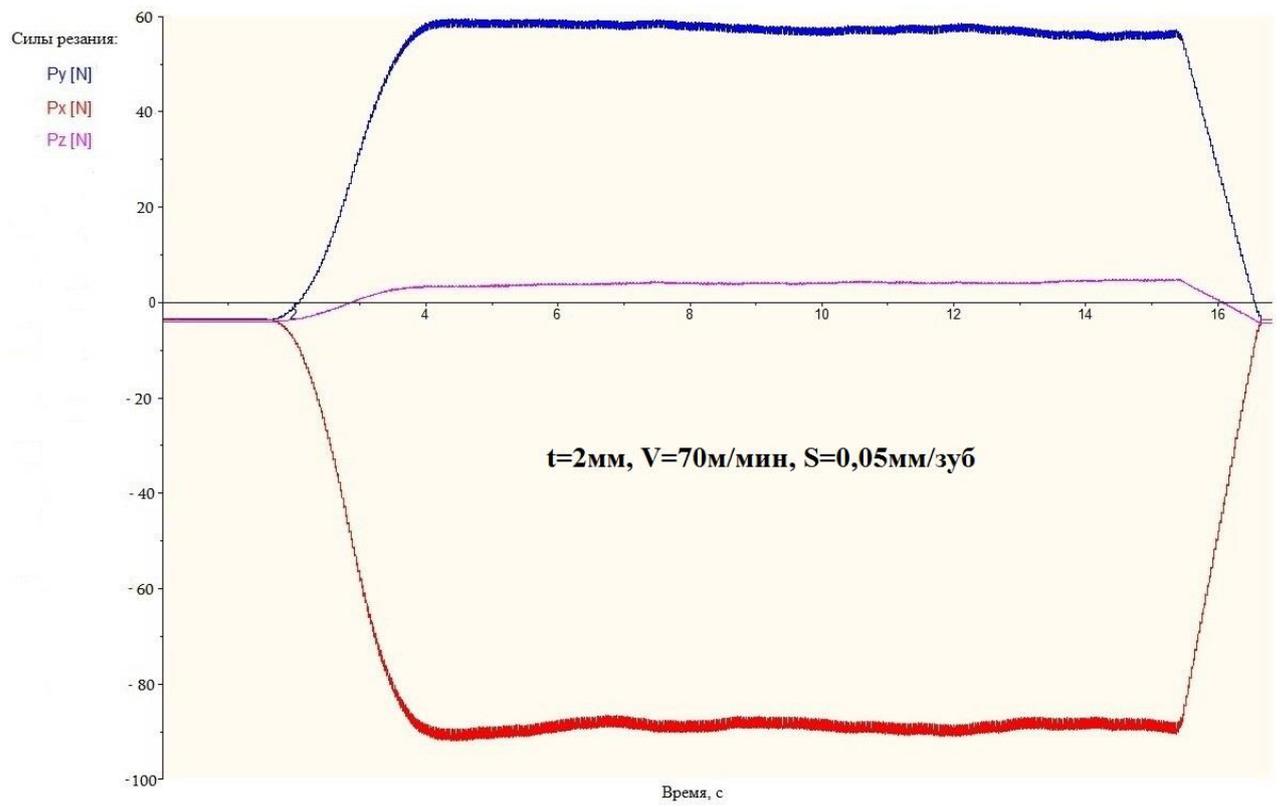
$P_x / P_y / P_z, N$		Скорость резания, м/мин			
		70	90	110	130
Подача, мм/зуб	0,05	83,6/24,3/4,26	84,7/22,0/3,41	88,2/23,8/5,16	70,8/52,7/13,1
	0,10	108,2/42,4/4,88	109,6/39,9/4,79	112,9/41,7/5,5	93,8/42,7/9,82
	0,15	132,1/59,5/6,39	131,2/56,9/5,84	129,9/55,9/5,9	131,0/53,9/7,97

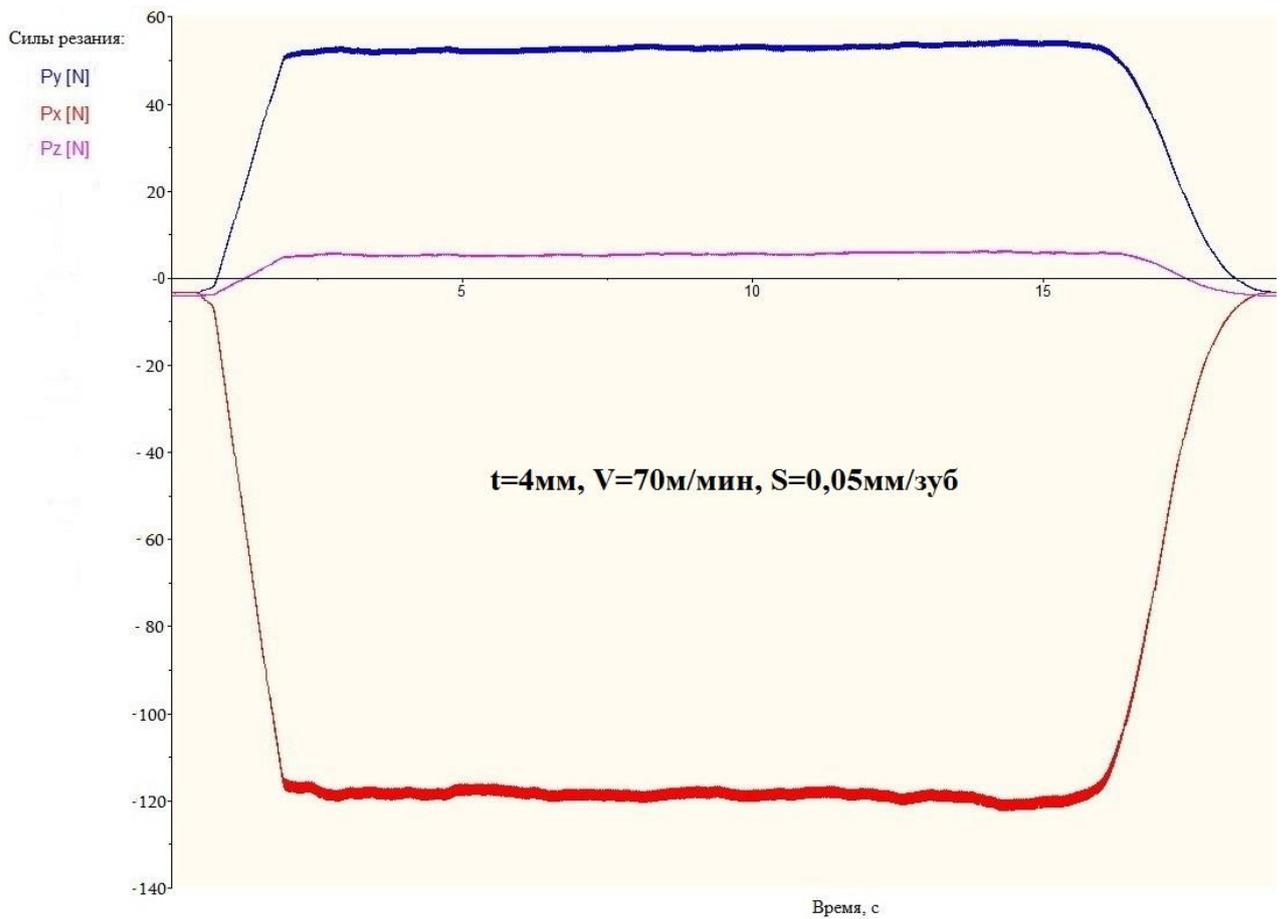
Часть этих данных в виде графиков представлены далее.

Результаты силовых испытаний:



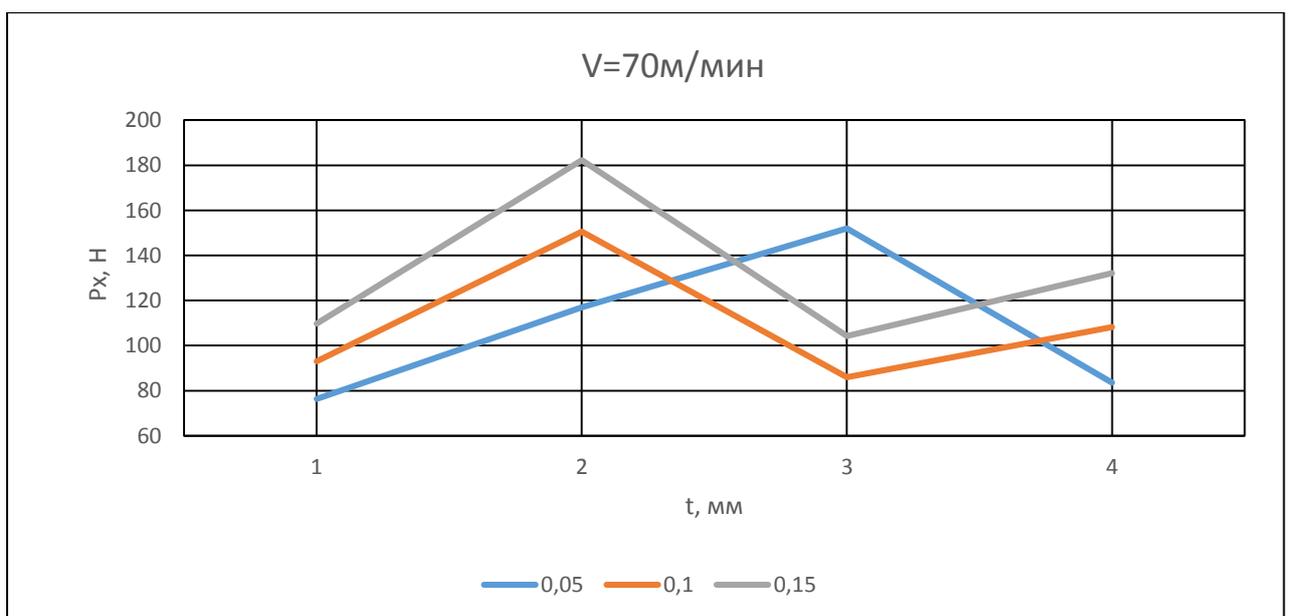


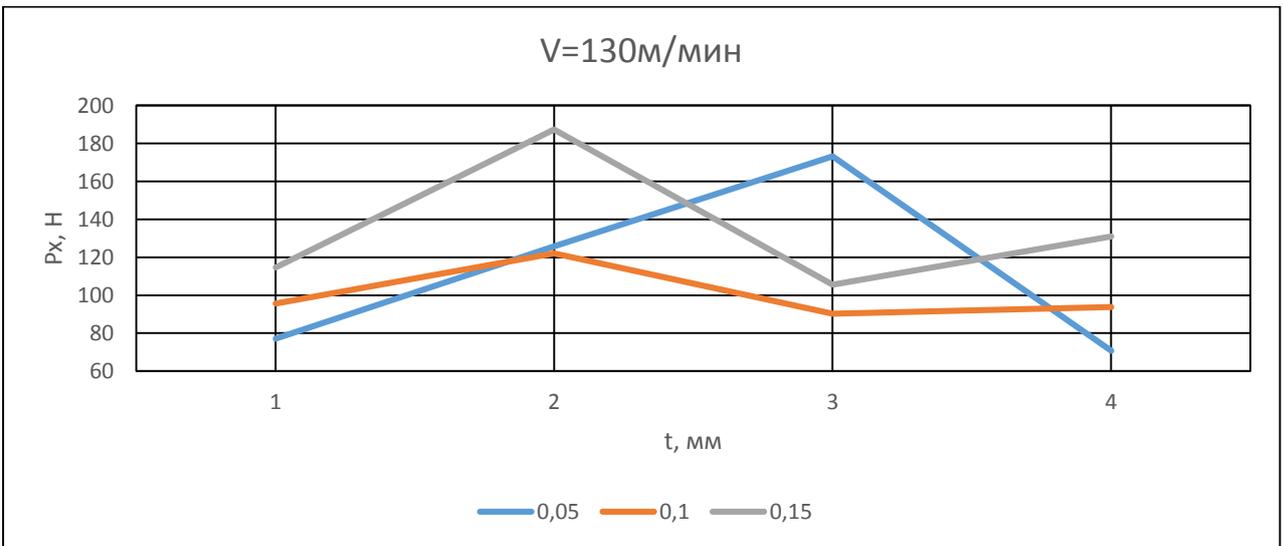
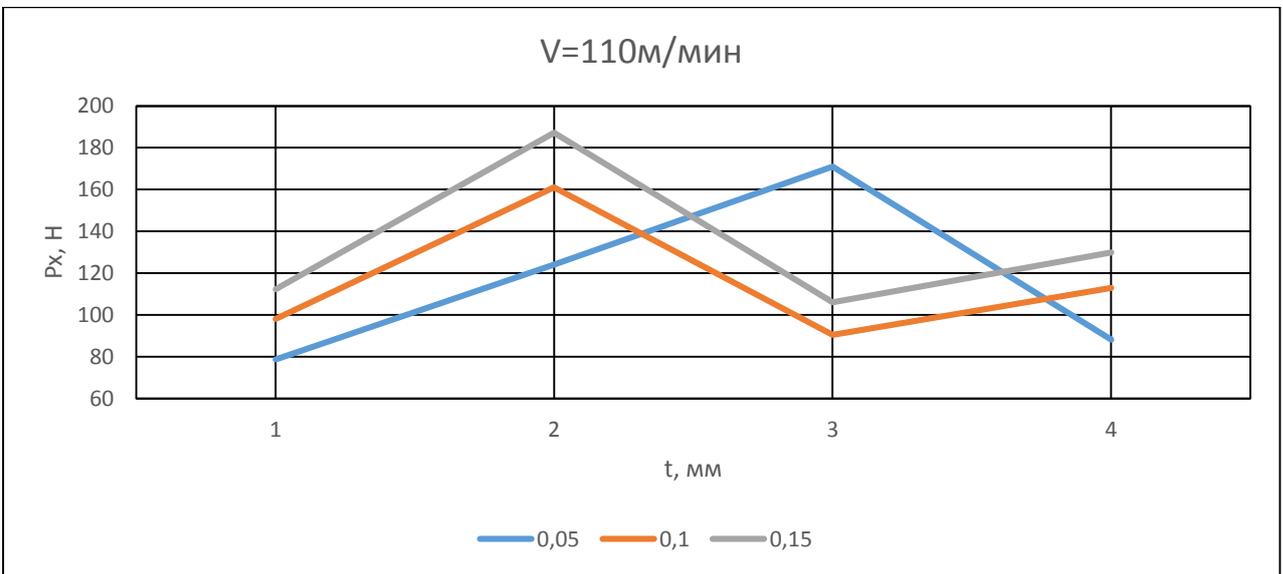
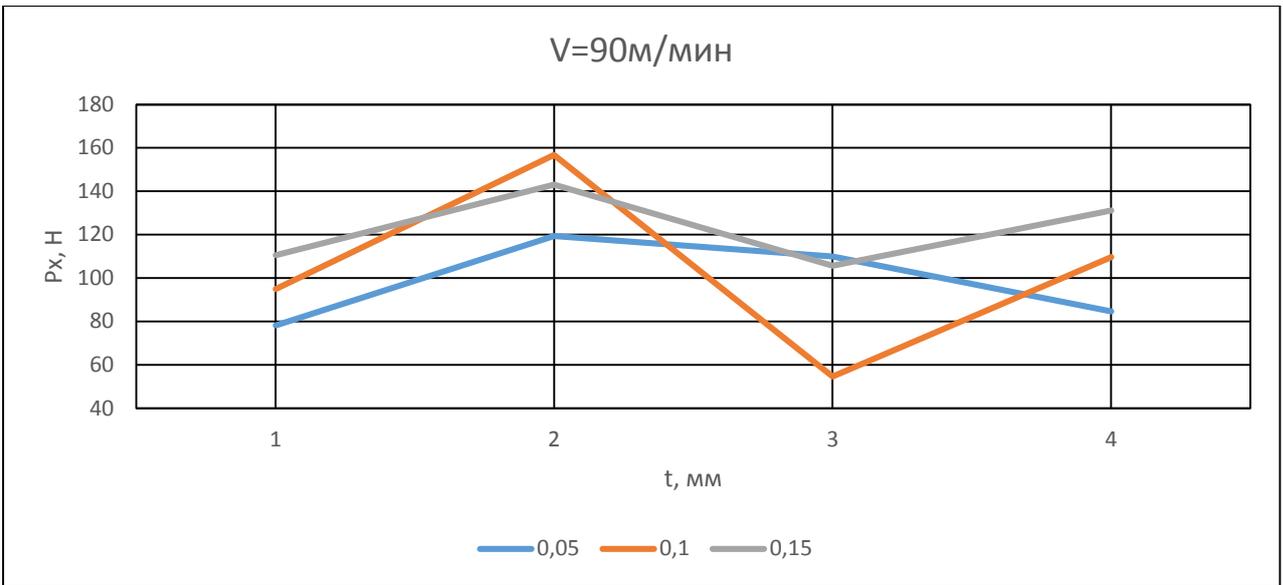




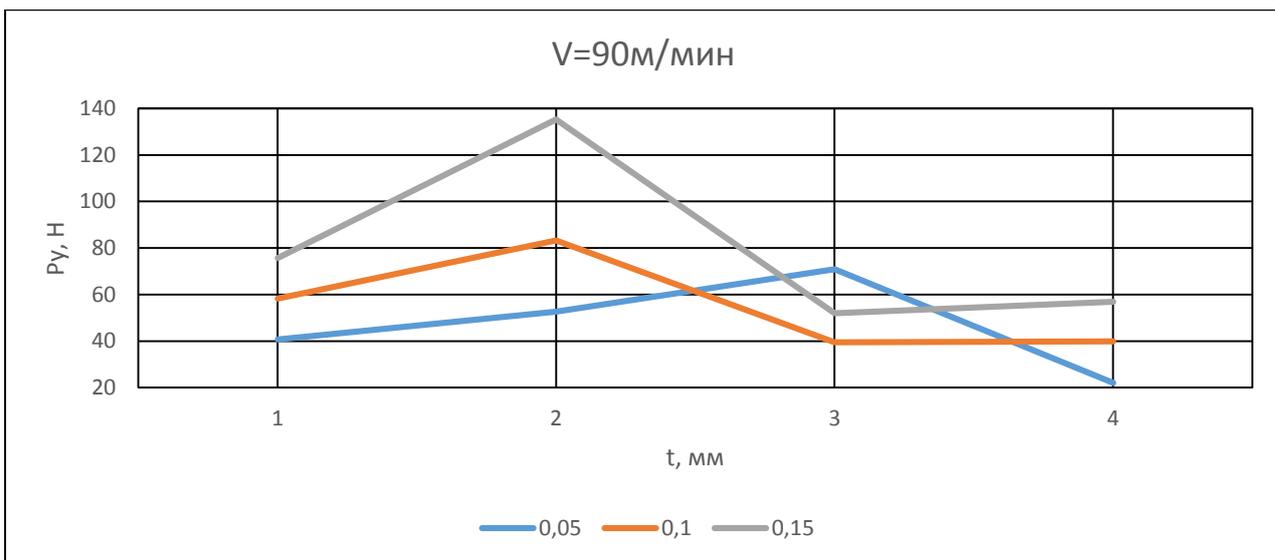
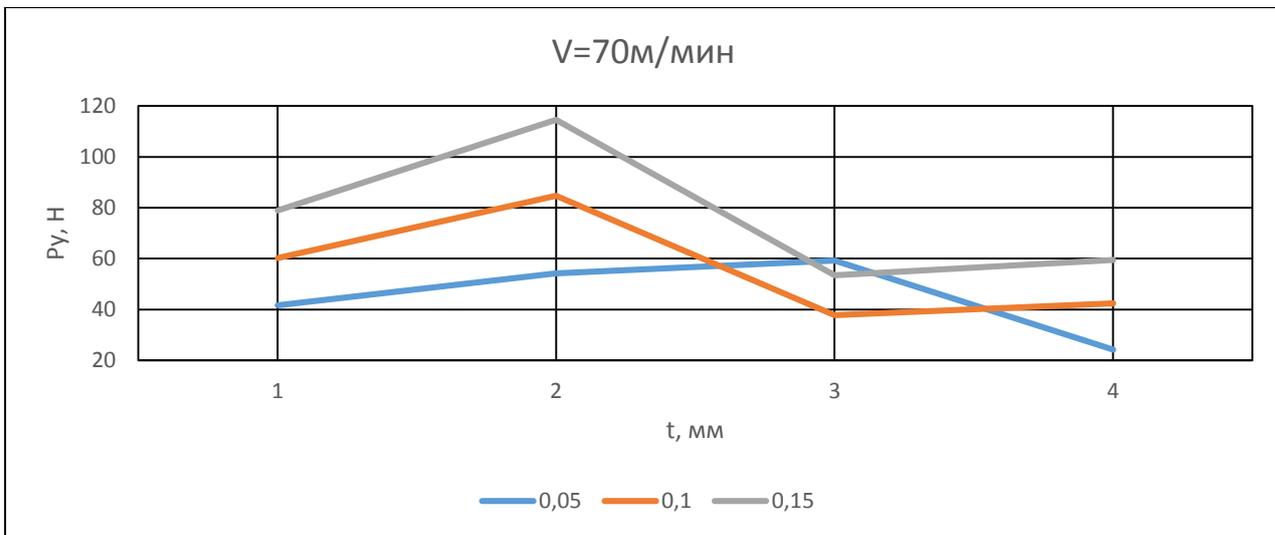
По данным табл. 10-13 были построены следующие графики:

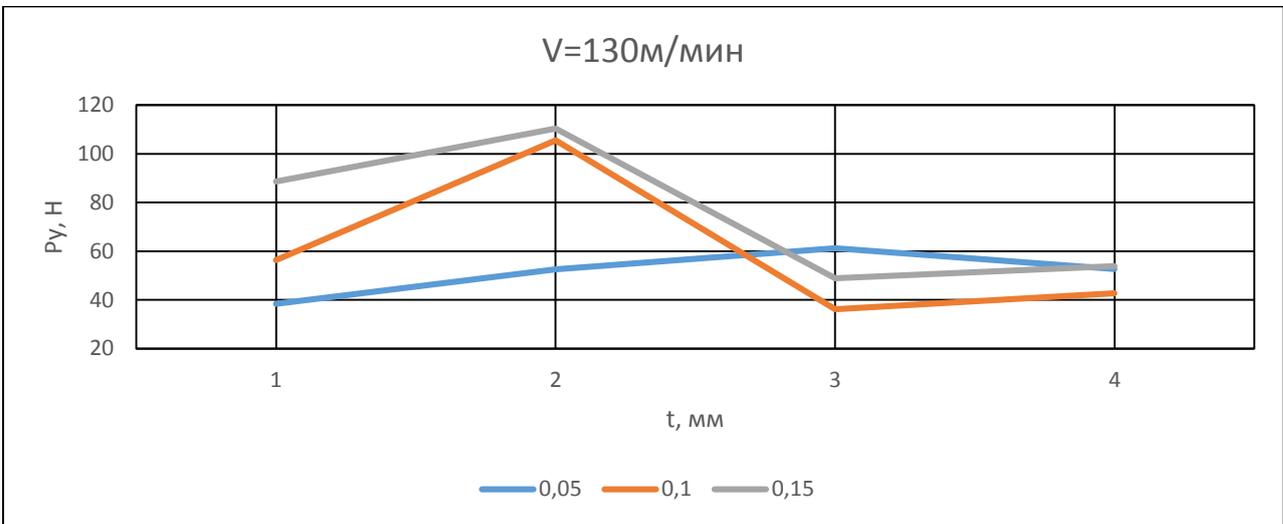
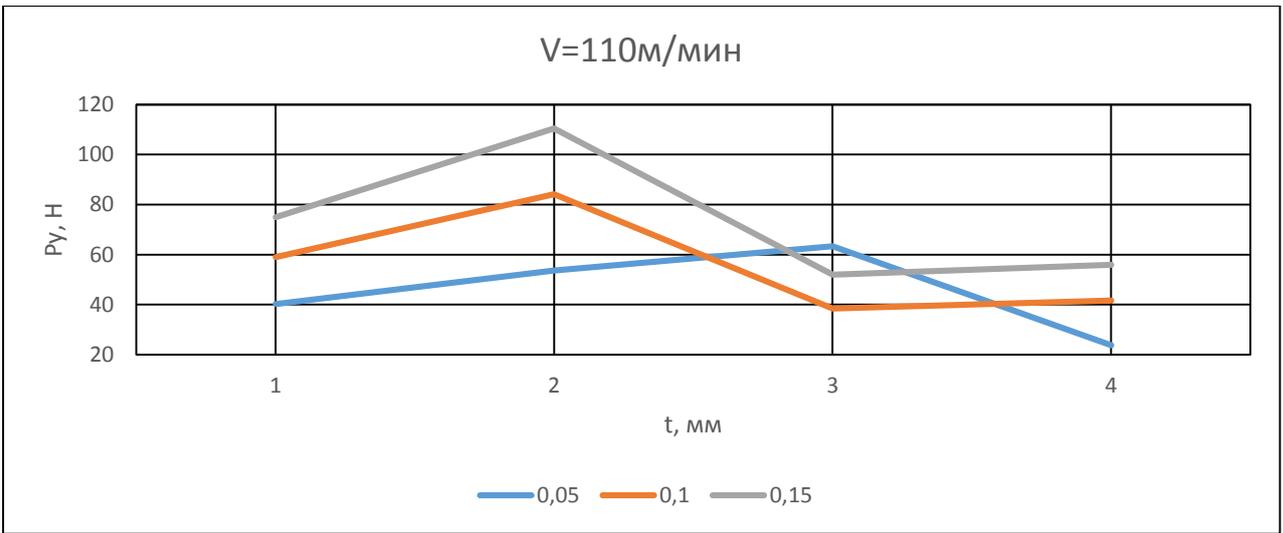
Графики зависимости составляющей силы резания P_x от глубины резания при различных подачах.



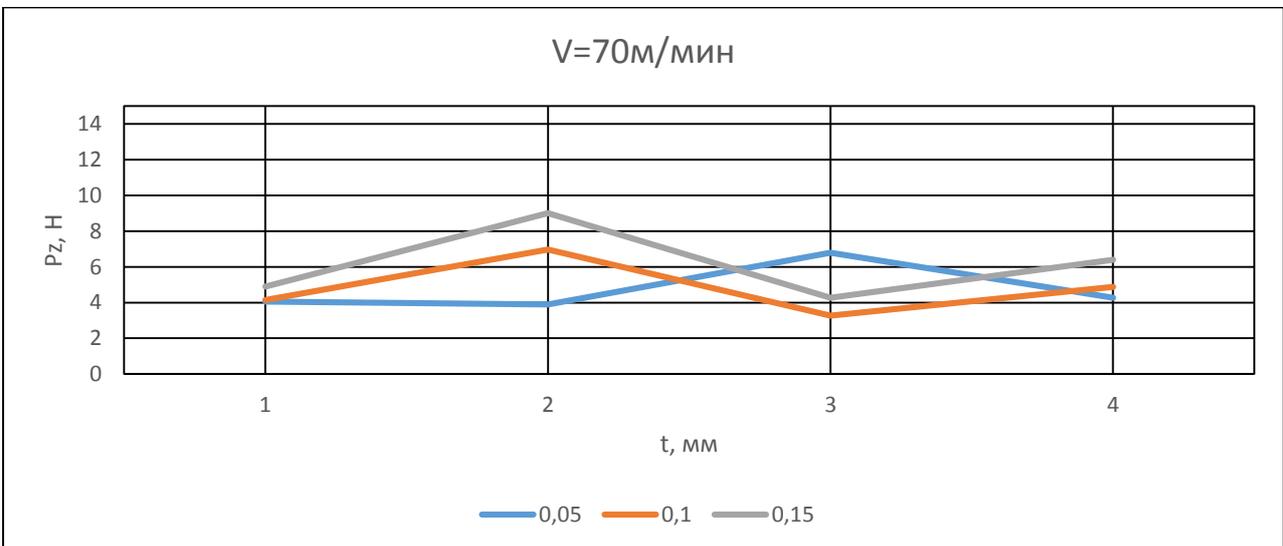


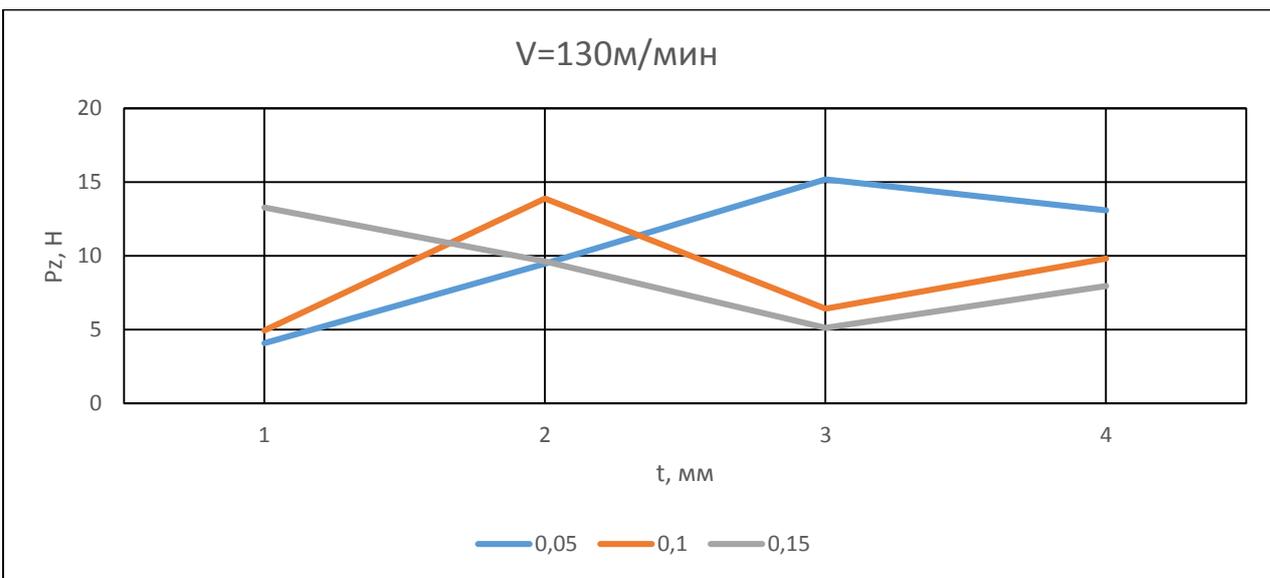
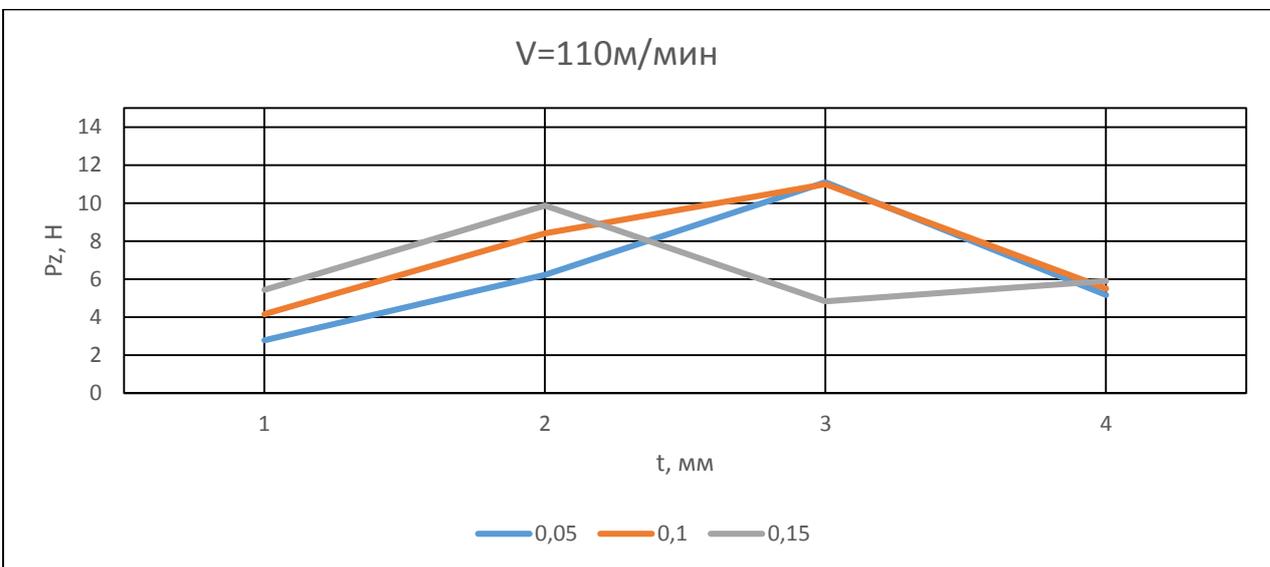
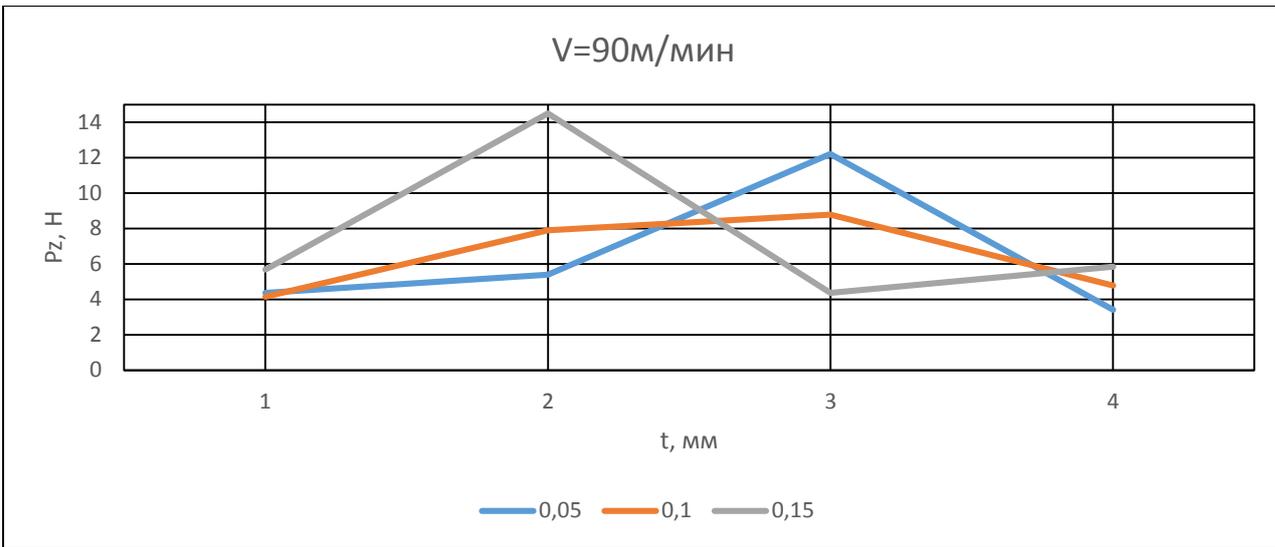
Графики зависимости составляющей силы резания P_y от глубины резания при различных подачах.



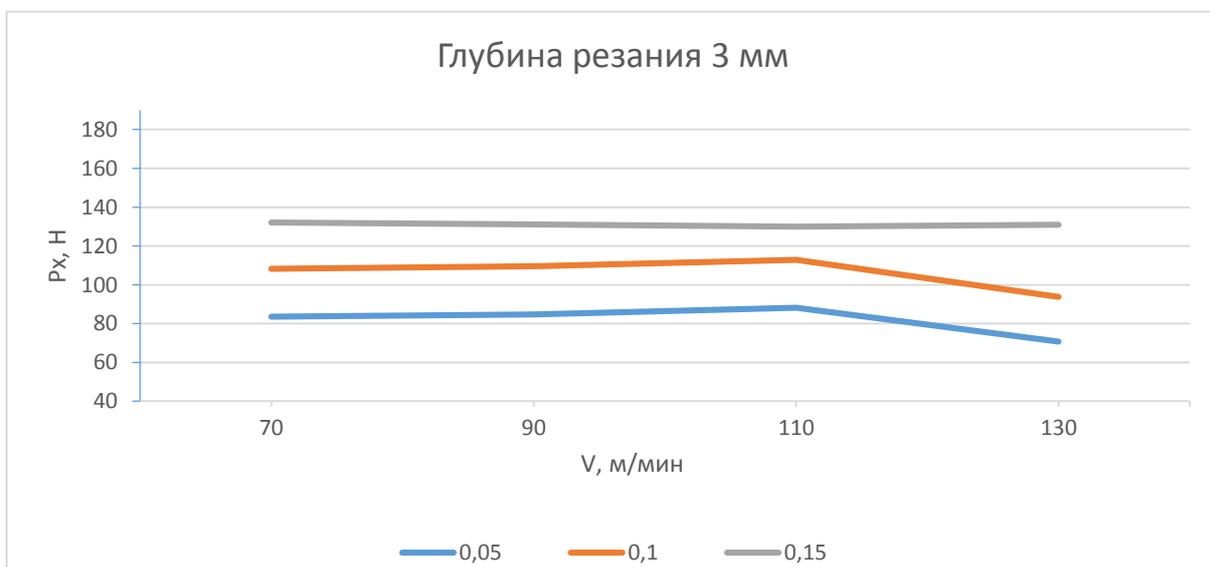
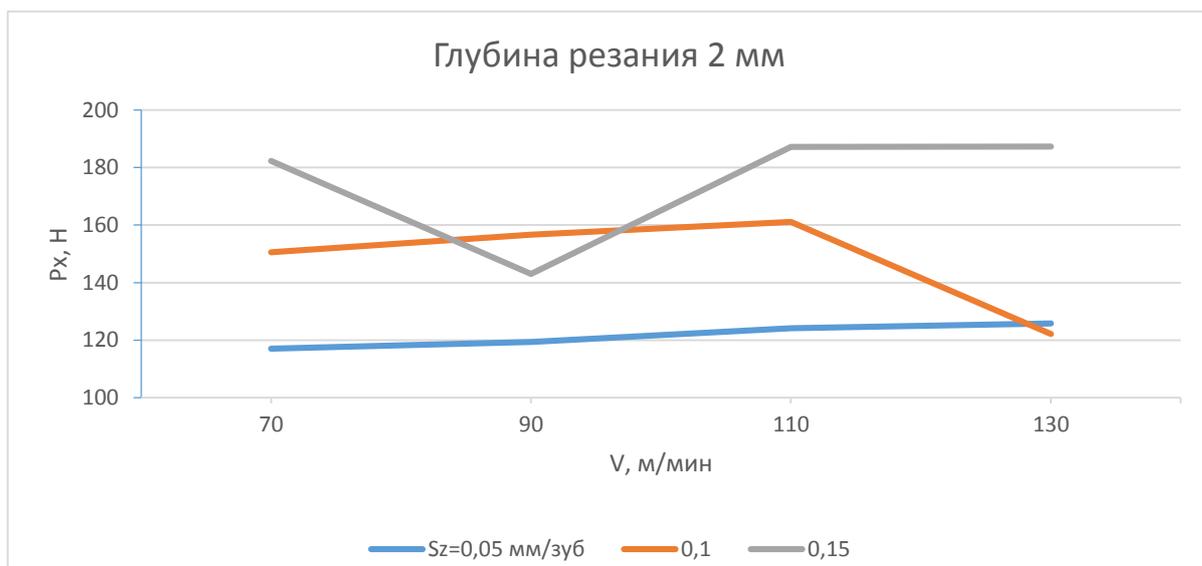
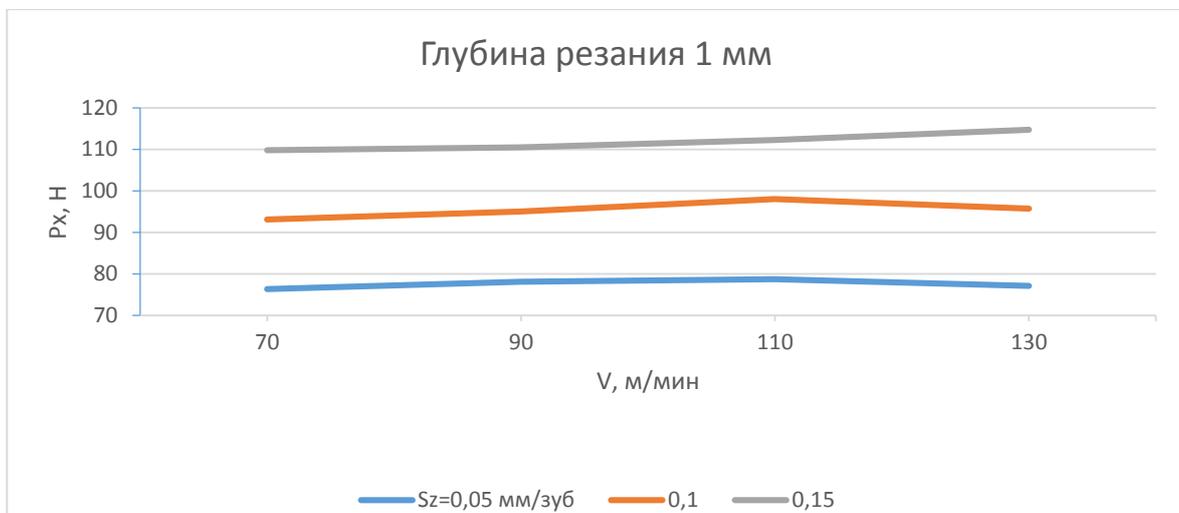


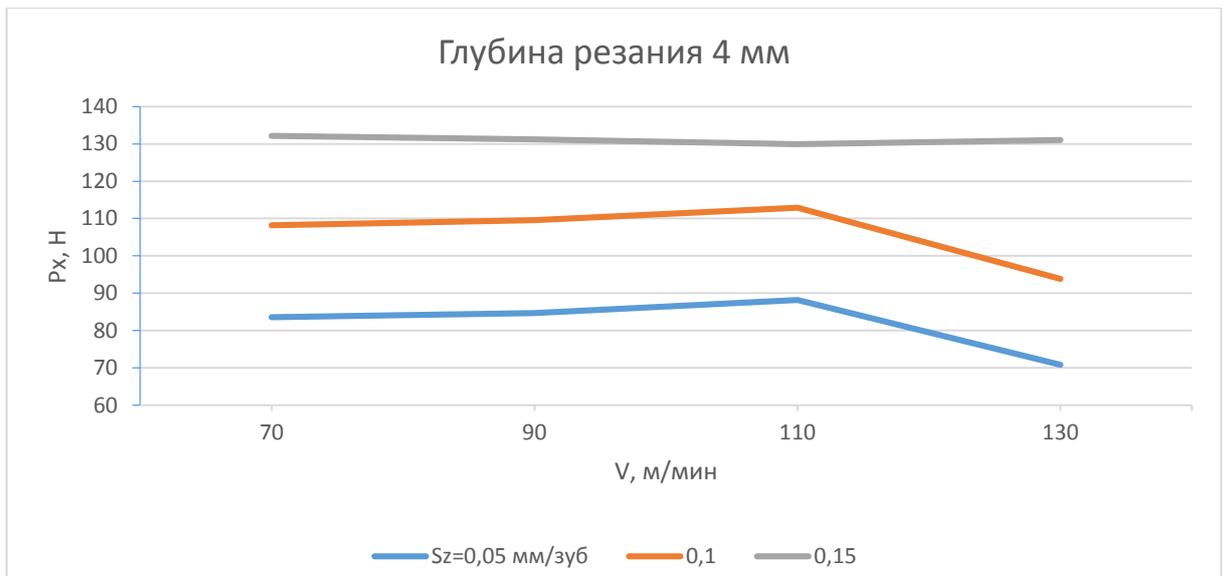
Графики зависимости составляющей силы резания P_z от глубины резания при различных подачах.



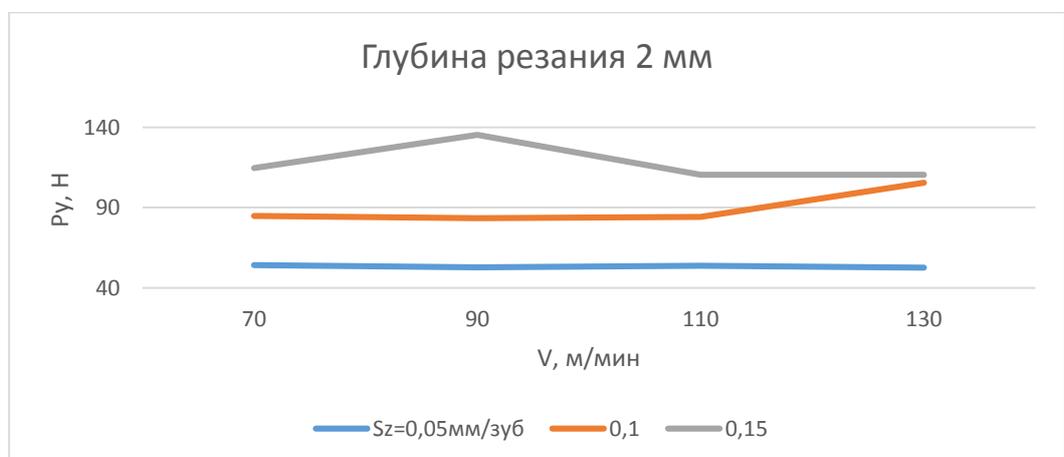
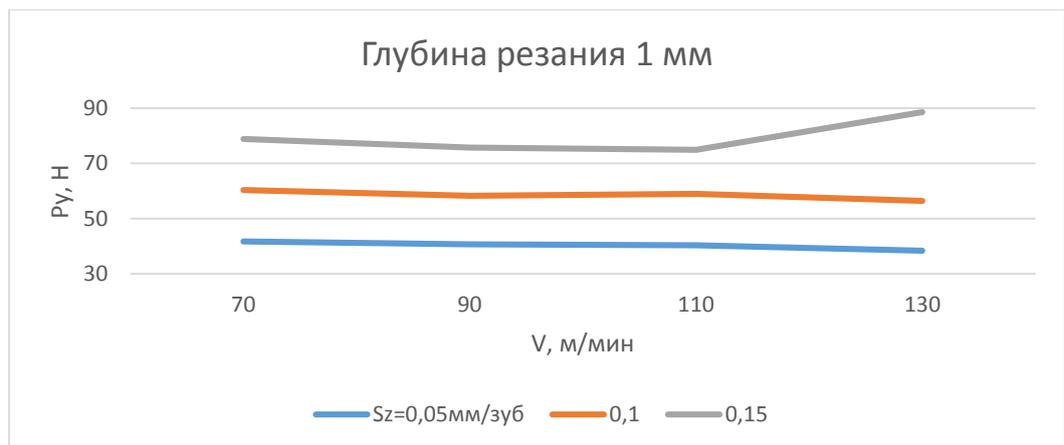


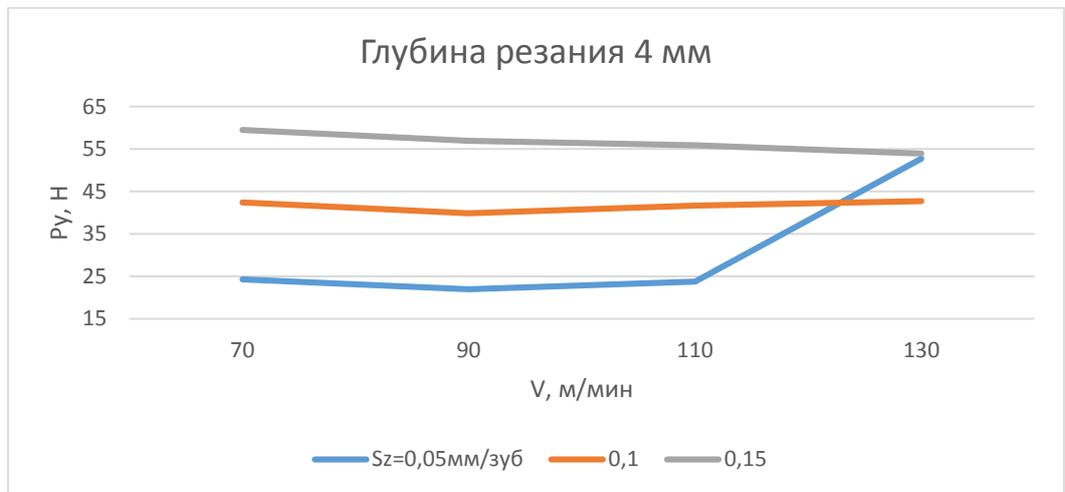
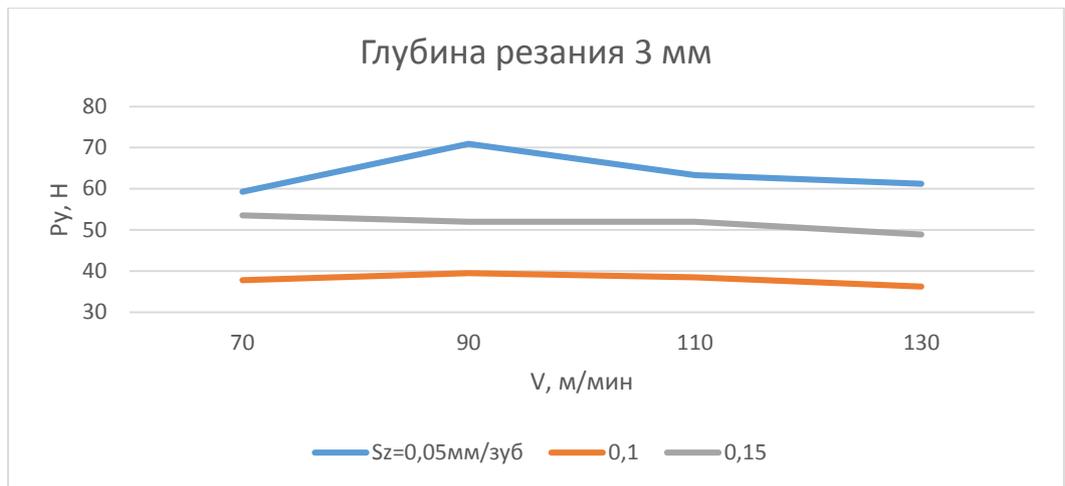
Графики зависимости составляющей силы резания P_x от скорости резания при различных подачах.



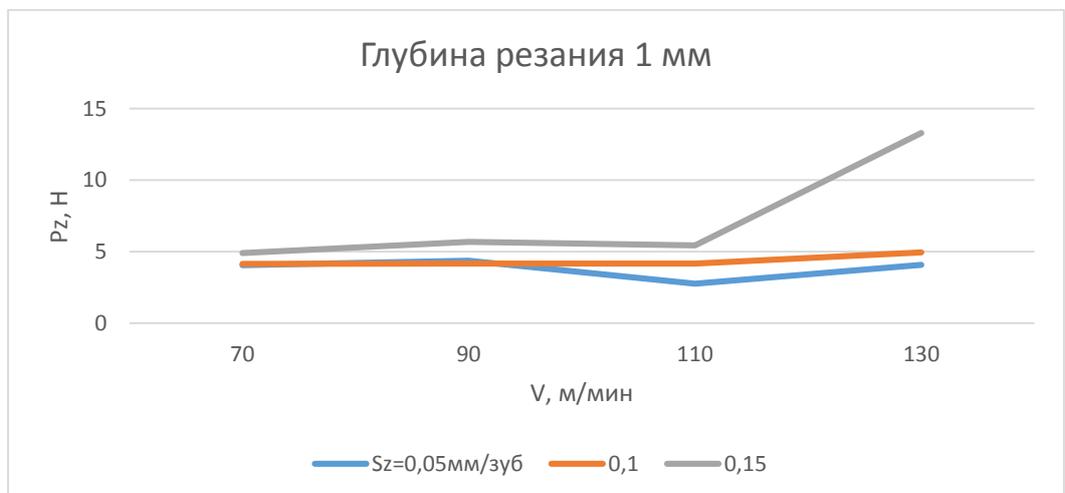


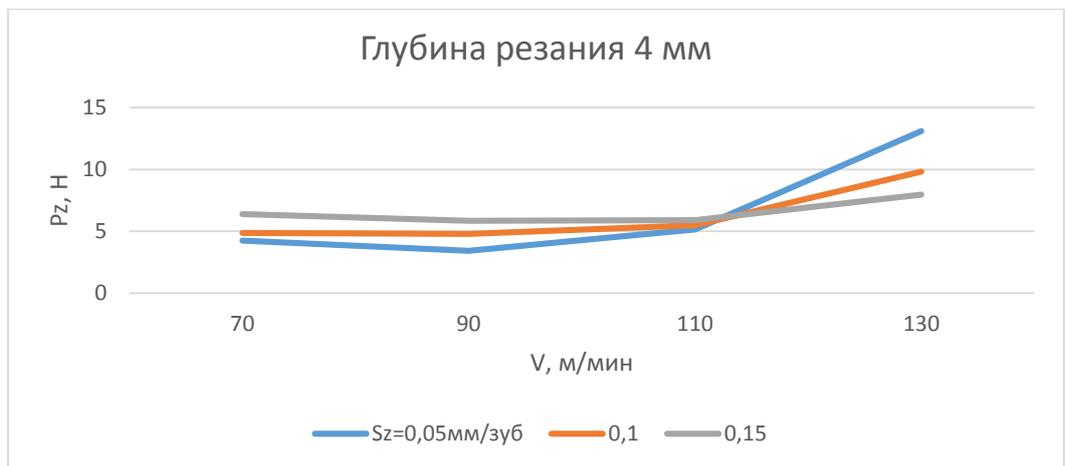
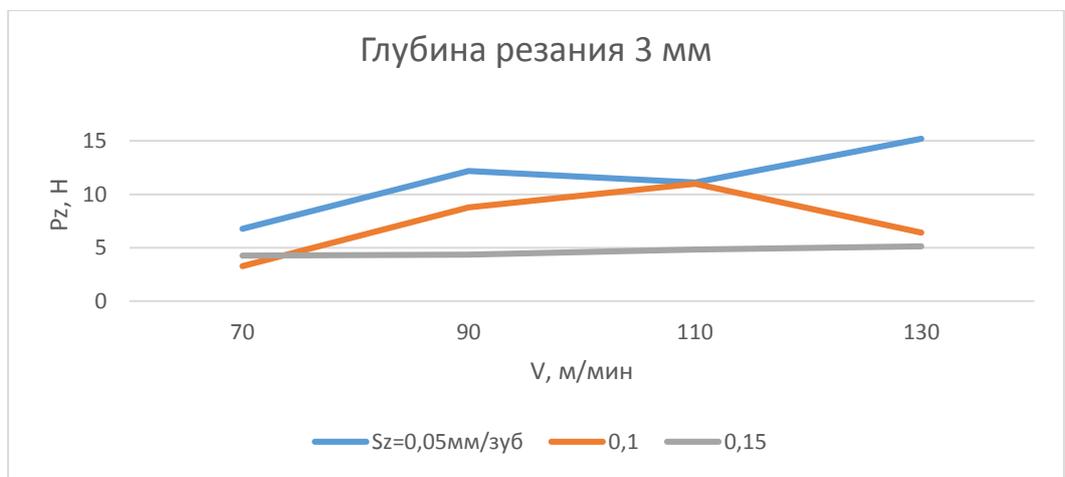
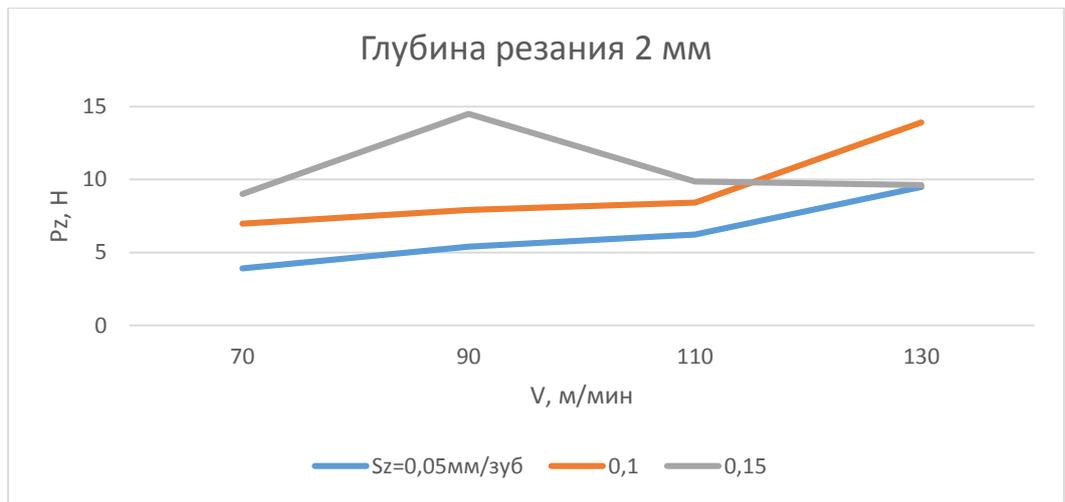
Графики зависимости составляющей силы резания P_y от скорости резания при различных подачах.





Графики зависимости составляющей силы резания P_z от скорости резания при различных подачах.





5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

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

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

Для данного научного проекта необходимо определить его коммерческую ценность и оценить конкурентоспособность данной разработки по сравнению с аналогами.

5.1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

5.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок.

Инструмент, разрабатываемый в данной работе нацелен на конкретного потребителя – средне- и мелкосерийные предприятия машиностроительной направленности.

5.1.2 АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в табл. 14. Для этого отберем два конкурентных товара.

Таблица 14 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособнос		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0.2	4	2	5	0.8	0.4	1
2. Стойкость инструмента	0.25	5	3	5	1.25	0.75	1.25
3. Понижение уровня шума	0.05	4	1	5	0.2	0.05	0.25
4. Простота эксплуатации	0.05	3	4	3	0.15	0.2	0.15

5. Технологичность инструмента	0.1	5	2	4	0.5	0.2	0.4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.1	4	3	5	0.4	0.3	0.5
2. Цена	0.25	3	5	1	0.75	1.25	0.25
Итого	1	28	20	28	3.25	2.75	2.8

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В данном анализе за B_{ϕ} принята фреза разработанной конструкции, за $B_{к1}$ аналогичная фреза, ранее изготавливаемая на Томском инструментальном заводе, а за $B_{к2}$ фреза известного мирового производителя, нацеленная на выполнение аналогичных задач.

Анализ технологических решений показал, что разработанная фреза выигрывает по суммарному баллу конкурентоспособности.

5.1.3 FAST-АНАЛИЗ

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

В рамках данной стадии FAST-анализа объект анализируется с позиции функционального устройства. Вся полученная информация из данного раздела представлена в табл. 15.

Таблица 15 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Сборная концевая фреза	5	Обработка материалов резанием	X		
Корпус концевой фрезы	1	1. Обеспечивает крепление в патроне станка 2. Обеспечивает крепление СМП 3. Базовая деталь сборной концевой фрезы		X	
СМП	2	1. Служит режущей частью фрезы 2. Базовая деталь сборной концевой фрезы		X	
Винт	2	1. Служит для крепления СМП в корпусе			X

		2. Базовая деталь сборной концевой фрезы			
--	--	---------------------------------------------	--	--	--

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции (табл. 16).

Таблица 16 - Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
Функция 1	=	>	=	>
Функция 2	<	=	<	>
Функция 3	=	>	=	>
Функция 4	<	<	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Второй этап связан с преобразованием матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций (табл. 17).

Таблица 17 - Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	ИТОГО
Функция 1	1	1,5	1	1,5	5
Функция 2	0,5	1	0,5	1,5	3,5
Функция 3	1	1,5	1	1,5	5
Функция 4	0,5	0,5	0,5	1	2,5

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

$\Sigma=16$

В рамках третьего этапа происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

Определение значимости функций

Для функции 1 относительная значимость равна $5/25 = 0,31$; для функции 2 – 0,22; для функции 3 – 0,31; для функции 4 – 0,16.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в табл. 18.

Таблица 18 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество детали на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, г	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Сборная концевая фреза	5	Обработка материалов резанием	–	–	–	–	4000
Корпус концевой фрезы	1	1. Обеспечивает крепление в патроне станка 2. Обеспечивает крепление СМП 3. Базовая деталь сборной концевой фрезы	200	6	15	2200	2215

СМП	2	1. Служит режущей частью фрезы 2. Базовая деталь сборной концевой фрезы	25	1	160	1500	1660
Винт	2	1. Служит для крепления СМП в корпусе 2. Базовая деталь сборной концевой фрезы	5	0,5	5	120	125

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД) (рис. 17):

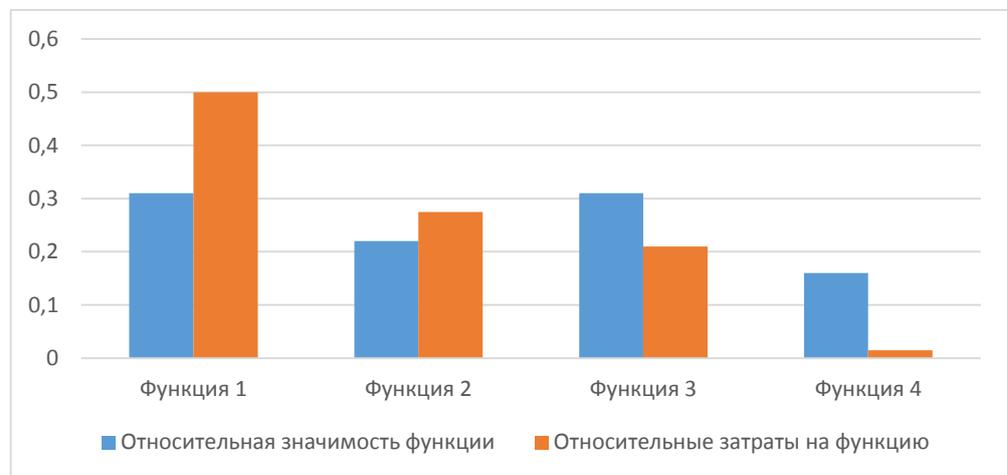


Рисунок 17 - Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью (полезностью) функций и затратами на них. Анализ приведенной выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 1 и 4.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве конкретных шагов, которые необходимо предложить на данном этапе, выступают предложения, связанные с экономией за счет:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов.

5.1.4 ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ ПРОЕКТА К КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Для оценки степени готовности научной разработки к коммерциализации необходимо заполнить специальную форму (табл. 19), содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 19 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	48	54

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

$$B_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^{15} B_i,$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Полученные баллы соответствуют перспективности данной работы выше среднего, т.е. научная работа и разработчики готовы к коммерциализации.

5.2. ИНИЦИАЦИЯ ПРОЕКТА

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

1. Цели и результат проекта.

Таблица 20 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель научного проекта	Выполнение магистерской диссертации
ОАО “ТИЗ-инжиниринг”	Создание конкурентоспособного инструмента

Таблица 21 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	1. Разработать рабочие чертежи сборной концевой фрезы диаметром 20 мм. 2. Разработать технологию изготовления сборной концевой фрезы диаметром 20 мм. 3. Выполнить стойкостные и силовые испытания фрезы разработанной конструкции.
Ожидаемые результаты проекта:	Выполнение всех поставленных целей в установленные сроки
Критерии приемки результата проекта:	Защита магистерской диссертации
Требования к результату проекта:	Требование:
	Оформление в соответствии с приказом ректора НИ ТПУ №6 от 10.02.2014.

2. Организационная структура проекта.

Таблица 22 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Казагачев Т.В., магистрант каф. ТАМП	Исполнитель	1. Проведение производственных испытаний. 2. Анализ результатов. 3. Составление отчета.	1200
2	Кирсанов С.В., НИ ТПУ, профессор каф. ТАМП	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в проведении анализа и оформлении отчета.	600
3	Иванов Л.И., ОАО “ТИЗ-инжиниринг”, инженер-технолог	Заказчик, субподрядчик	1. Консультация по технической части проекта. 2. Выполнение мех. обработки образца для проведения испытаний.	600
ИТОГО:				2400

3. Ограничения и допущения проекта.

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

Таблица 23 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	150000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ОАО “ТИЗ-инжиниринг”
3.2. Сроки проекта:	1,5 года
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	Февраль 2015
3.2.2. Дата завершения проекта	Май 2016

5.3 ПЛАН ПРОЕКТА

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде табл. 24.

Таблица 24 - Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	4	12.01	16.01	Кирсанов С.В.
2	Изучение литературы	28	17.01	15.02	Казагачев Т.В.
3	Патентный поиск	6	16.03	22.03	Казагачев Т.В.
4	Выбор направления исследования	4	23.03	27.03	Казагачев Т.В. Кирсанов С.В.
5	Разработка конструкции инструмента	15	1.04	16.04	Казагачев Т.В. Иванов Л.И.
6	Разработка технологии изготовления	16	1.05	17.05	Казагачев Т.В. Иванов Л.И.
7	Проведение испытаний	22	18.05	10.06	Казагачев Т.В. Кирсанов С.В.
8	Анализ результатов испытаний	20	11.06	31.06	Казагачев Т.В. Кирсанов С.В.
И т о г о:		177			

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

График строится в виде табл. 25 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 25 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работ (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление технического задания	Руководитель	4	▨													
2	Изучение литературы	Магистрант	28		■	■	■										
3	Патентный поиск	Магистрант	6				■										
4	Выбор направления исследования	Руководитель, магистрант	4						▨	■							
5	Разработка конструкции инструмента	Магистрант, субподрядчик	20							■	■						
6	Разработка технологии изготовления	Магистрант, субподрядчик	34								■	■	■				
7	Проведение испытаний	Руководитель, магистрант	46												▨	■	■
8	Анализ результатов испытаний	Руководитель, магистрант	35													▨	■

– руководитель
 – магистрант

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

5.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.4.1 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

Технологическая себестоимость детали — это сумма затрат на осуществление технологических операций ее изготовления. Она включает все прямые расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией технологического оборудования, при помощи которого изготавливается продукция. Технологическая себестоимость — один из основных показателей технологичности изделия.

Технологическая себестоимость всей механической обработки годового выпуска деталей одного наименования определяется по формуле:

$$C_{\text{год}} = N (Z_m + \sum C_i), \text{ руб.}$$

где N — годовая программа выпуска, шт.;

Z_m — затраты на основные материалы, приходящиеся на деталь, руб.;

C_i — технологическая себестоимость i -й операции одной детали, руб.;

$i = 1 \dots n$ — операции механической обработки согласно технологическому процессу изготовления детали.

Таблица 26 - Расчет технологической себестоимости

Статьи расходов	Обоснование расхода	Расход на единицу, руб.
1) Затраты на основной материал	$Z_m = H_m \cdot C_{1кз}$	5,04
2) Основная зарплата основных рабочих	$Z_o = \frac{C_j \cdot t_{ум}}{60}$	29,54
3) Дополнительная зарплата основных рабочих	$Z_{дон} = 0,1 \cdot Z_o$	2,95
4) Затраты на амортизацию оборудования	$A = \frac{S_{см} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{\Phi_o \cdot 60}$	95,58

5) Затраты на текущий ремонт оборудования	$P = \frac{k_p \cdot S_{cm} \cdot t_{um}}{\Phi_\partial \cdot 60}$	32,15
6) Затраты на силовую электроэнергию	$\mathcal{E} = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot \Pi_{1квм} \cdot t_{um}}{60}$	8,78
7) Затраты на содержание производственных площадей	$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{дон} \cdot \Pi_{1м} \cdot t_{um}}{\Phi_\partial \cdot 60}$	31,82
8) Затраты на износ инструмента	$И = \frac{0,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_\partial \cdot 60}$	0,46
9) Затраты на износ приспособления	$\Pi = \frac{S_{np} \cdot (a + в)}{N}$	0,6

1. Затраты основного материала на деталь определяются по формуле:

$$З_m = H_m \cdot \Pi_{1кг}, \text{ руб.},$$

где H_m – норма расхода материала без вычета отходов, кг;

$\Pi_{1кг}$ – цена материала, руб/кг .

Таблица 27 - Стоимость материалов

Наименование материала	Цена материала за 1 кг, руб.
Сталь 40Х	24

$$З_m = H_m \cdot \Pi_{1кг} = 0,21 \cdot 24 = 5,04 \text{ руб.}$$

2. Основная зарплата основных рабочих определяется по формуле:

$$З_o = \frac{C_j \cdot t_{шт}}{60},$$

где $З_o$ – основная заработная плата основных рабочих, руб.;

C_j - часовая тарифная ставка станочника j-го разряда*, руб/ч;

$t_{шт}$ - норма штучного времени на операцию, мин.

Таблица 28 - Квалификационные разряды основных рабочих

Разряд станочника	2	3	4
Межтарифный коэффициент K_i	1,09	1,3	1,83

Примечание: Часовую тарифную ставку станочника 1-го разряда на текущий момент времени рассчитывается по формуле: $C_1 = \frac{MPOТ}{22 \cdot 8} = \frac{6372}{22 \cdot 8} = 36,2$ руб/ч.,

где MPOТ – минимальный размер оплаты труда на текущий момент времени, руб.; 22 – число рабочих дней за месяц; 8 – длительность рабочего дня, ч.

Для заготовительной операции:

$$Z_{00} = \frac{C_2 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_2 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,09 * 1,95}{60} = 1,28 \text{ руб};$$

Для первой операции:

$$Z_{01} = \frac{C_2 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_2 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,09 * 2,27}{60} = 1,49 \text{ руб};$$

Для второй операции:

$$Z_{02} = \frac{C_4 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_4 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,83 * 3,45}{60} = 3,81 \text{ руб};$$

Для третьей операции:

$$Z_{03} = \frac{C_3 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_3 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,3 * 2,56}{60} = 2,01 \text{ руб};$$

Для четвертой операции:

$$Z_{04} = \frac{C_3 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_3 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,3 * 2,56}{60} = 2,01 \text{ руб};$$

Для пятой операции:

$$Z_{05} = \frac{C_3 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_3 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,3 * 3,34}{60} = 2,62 \text{ руб};$$

Для шестой операции:

$$Z_{06} = \frac{C_4 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_4 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,83 * 4,87}{60} = 5,38 \text{ руб};$$

Для седьмой операции:

$$Z_{07} = \frac{C_4 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_4 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,83 * 4,87}{60} = 5,38 \text{ руб};$$

Для восьмой операции:

$$Z_{08} = \frac{C_4 * t_{шт}}{60} = \frac{C_1 * K_4 * t_{шт}}{60} = \frac{36,2 * 1,83 * 5,04}{60} = 5,56 \text{ руб}.$$

$$\sum Z_0 = 29,54 \text{ руб}.$$

3. Дополнительная зарплата основных рабочих (на социальное страхование) назначается из расчета 10% от основной заработной платы:

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot Z_o \text{ руб.}$$

$$\sum Z_{\text{доп}} = 2,95 \text{ руб.}$$

4. Затраты на амортизацию оборудования определяются по формуле:

$$A = \frac{S_{\text{ст}} \cdot H_a \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_d \cdot 60},$$

где $S_{\text{ст}} = 1,1 \cdot S_{\text{пер}}$ – балансовая стоимость оборудования (станка), складывающаяся из первоначальной стоимости оборудования и затрат на доставку (транспортные расходы) и монтаж - в размере 10% от $S_{\text{пер}}$;

Φ_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования ($\Phi_d = 2030$ при односменной работе), определяющий срок окупаемости оборудования - нормативный срок службы $T_n = \frac{1}{H_a} = 5$ лет. Принимаем норму амортизационных отчислений равную 20%.

Ленточнопильный станок BS 350/60 AFI-E:

$$A = \frac{S_{\text{ст}} \cdot H_a \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{600000 \cdot 0,2 \cdot 1,95}{2030 \cdot 60} = 1,92 \text{ руб.}$$

Шлифовальный станок 3E710B-1:

$$A = \frac{S_{\text{ст}} \cdot H_a \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{1800000 \cdot 0,2 \cdot (2,56 + 2,56)}{2030 \cdot 60} = 15,13 \text{ руб.}$$

Фрезерный станок с ЧПУ DMG DMU 40:

$$A = \frac{S_{\text{ст}} \cdot H_a \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{2500000 \cdot 0,2 \cdot (3,34 + 4,87 + 4,87)}{4060 \cdot 60} = 53,7 \text{ руб.}$$

Круглошлифовальный станок с ЧПУ GU-3250CNC:

$$A = \frac{S_{\text{ст}} \cdot H_a \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{3000000 \cdot 0,2 \cdot 5,04}{2030 \cdot 60} = 24,83 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{общ}} = \sum A = 95,58 \text{ руб.}$$

5. Затраты на текущий ремонт оборудования:

$$P = \frac{k_p \cdot S_{ст} \cdot t_{шт}}{\Phi_d \cdot 60},$$

где $k_p = 0,06$ – коэффициент затрат на текущий ремонт оборудования.

Таблица 29 - Технико-экономическая характеристика оборудования

Модель оборудования	Стоимость станка, тыс. руб.	Мощность, кВт	Габариты, мм (длина x ширина)
Ленточнопильный станок модели Jet MBS-1014W	600	1,5	1850x1900
Токарно-фрезерный станок мод. DMG CTX 510	2000	10	2800x3200
Обрабатывающий центр ZMM MC-032	1500	15	2560x1980
Обрабатывающий центр YCM NSV 102A	5000	15	1970x2730
Круглошлифовальный станок модели 3М 151В	1000	3,7	3200x2000

Ленточнопильный станок модели Jet MBS-1014W:

$$P = \frac{k_p \cdot S_{ст} \cdot t_{шт}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{0,06 \cdot 1,1 \cdot 600000 \cdot 1,95}{2030 \cdot 60} = 0,63 \text{ руб.}$$

Токарно-фрезерный станок мод. DMG CTX 510:

$$P = \frac{k_p \cdot S_{ст} \cdot t_{шт}}{\Phi_d \cdot 60} = \frac{0,06 \cdot 1,1 \cdot 200000 \cdot (2,52 + 3,45)}{2030 \cdot 60} = 0,62 \text{ руб.}$$

Шлифовальный станок 3E710B-1:

$$P = \frac{k_p * S_{ст} * t_{шт}}{\Phi_d * 60} = \frac{0,06 * 1,1 * 1800000 * (2,56 + 2,56)}{2030 * 60} = 4,99 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр YCM NSV 102A:

$$P = \frac{k_p * S_{ст} * t_{шт}}{\Phi_d * 60} = \frac{0,06 * 1,1 * 2500000 * (3,34 + 4,87 + 4,87)}{2030 * 60} = 17,72 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр ZMM MC-032:

$$P = \frac{k_p * S_{ст} * t_{шт}}{\Phi_d * 60} = \frac{0,06 * 1,1 * 3000000 * 5,04}{2030 * 60} = 8,19 \text{ руб.}$$

$$P_{общ} = \sum P = 32,15 \text{ руб.}$$

6. Затраты на силовую электроэнергию, потребляемую оборудованием:

$$\mathcal{E} = \frac{W_{ст} \cdot k_m \cdot k_v \cdot C_{1кВт} \cdot t_{шт}}{60}, \text{ руб.}$$

где $W_{ст}$ – мощность электродвигателя станка, кВт;

k_m , k_v – коэффициенты загрузки электродвигателя по мощности и по времени;

$C_{1кВт}$ – цена электроэнергии на промышленном предприятии на текущий момент времени, руб/кВт.

Таблица 30 - Коэффициент загрузки электродвигателей по мощности

Металлорежущие станки	Коэффициент загрузки электродвигателей по мощности k_m		
	Тип производства		
	Единичное и мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное и массовое
Расточные	0,4	0,5	0,6
Сверлильные	0,5	0,6	0,7
Токарные, лоботокарные, карусельные, долбежные	0,5	0,6	0,7
Револьверные, токарно-револьверные, протяжные	0,6	0,7	0,8

Шлифовальные	0,4	0,5	0,6
Отделочные	0,4	0,5	0,6
Отрезные, зубообрабатывающие, резьбообрабатывающие	0,6	0,7	0,8
Фрезерные	0,6	0,7	0,8
Полуавтоматы, автоматы, агрегатные	0,7	0,8	0,9

Таблица 31 - Коэффициент загрузки электродвигателей по времени

Металлорежущие станки	Коэффициент загрузки электродвигателей по времени k_v		
	Тип производства		
	Единичное и мелкосерийное	Среднесерийн ое	Крупносерийное и массовое
Расточные	0,35	0,4	0,5
Сверлильные	0,35	0,4	0,5
Токарные, лоботокарные, карусельные, долбежные	0,4	0,5	0,6
Револьверные, токарно-револьверные, протяжные	0,35	0,4	0,5
Шлифовальные	0,5	0,6	0,7
Отделочные	0,6	0,7	0,8
Отрезные, зубообрабатывающие, резьбообрабатывающие	0,6	0,7	0,8
Фрезерные	0,4	0,5	0,6
Полуавтоматы, автоматы, агрегатные	0,6	0,7	0,8

Ленточнопильный станок модели Jet MBS-1014W:

$$\Theta = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot C_{1квт} \cdot t_{ум}}{60} = \frac{1,5кВт \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 4,3кВт/ч \cdot 1,95}{60} = 0,1 \text{ руб.}$$

Токарно-фрезерный станок мод. DMG CTX 510:

$$\Theta = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot \Pi_{1квм} \cdot t_{ум}}{60} = \frac{10кВт \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 4,3кВт/ч \cdot (2,52 + 3,45)}{60} = 1,28 \text{ руб.}$$

Круглошлифовальный станок модели 3М 151В:

$$\Theta = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot \Pi_{1квм} \cdot t_{ум}}{60} = \frac{4кВт \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 4,3кВт/ч \cdot (2,56 + 2,56)}{60} = 0,44 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр YCM NSV 102A:

$$\Theta = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot \Pi_{1квм} \cdot t_{ум}}{60} = \frac{15кВт \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 4,3кВт/ч \cdot (3,34 + 4,87 + 4,87)}{60} = 6,56 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр ZMM MC-032:

$$\Theta = \frac{W_{cm} \cdot k_m \cdot k_v \cdot \Pi_{1квм} \cdot t_{ум}}{60} = \frac{3,7кВт \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 4,3кВт/ч \cdot 5,04}{60} = 0,4 \text{ руб.}$$

$$\Theta_{\text{общ}} = \sum \Theta = 8,78 \text{ руб.}$$

7. Затраты на содержание производственных площадей, занимаемых оборудованием:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{доп} \cdot \Pi_{1м} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60}, \text{ руб.}$$

где F_{cm} – площадь, занимаемая оборудованием (станком), m^2 ;

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы, проезды ($k_{доп} = 2,5$ для станков с ЧПУ, $k_{доп} = 3$ – для остальных);

$\Pi_{1м}$ – стоимость аренды $1m^2$ производственной площади в год на текущий момент, руб.

$$\Pi_{1м} = 7527 \text{ руб.}$$

Ленточнопильный станок модели Jet MBS-1014W:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{доп} \cdot \Pi_{1м} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{3,52 \cdot 3 \cdot 7527 \cdot 1,95}{2030 \cdot 60} = 1,27 \text{ руб.}$$

Токарно-фрезерный станок мод. DMG CTX 510:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{дон} \cdot U_{1M} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{8,96 \cdot 3 \cdot 7527 \cdot (2,52 + 3,45)}{2030 \cdot 60} = 9,92 \text{ руб.}$$

Круглошлифовальный станок модели 3М 151В:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{дон} \cdot U_{1M} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{5,07 \cdot 3 \cdot 7527 \cdot (2,56 + 2,56)}{2030 \cdot 60} = 4,81 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр YCM NSV 102A:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{дон} \cdot U_{1M} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{5,38 \cdot 2,5 \cdot 7527 \cdot (3,34 + 4,87 + 4,87)}{2030 \cdot 60} = 10,84 \text{ руб.}$$

Обрабатывающий центр ZMM MC-032:

$$F = \frac{F_{cm} \cdot k_{дон} \cdot U_{1M} \cdot t_{ум}}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{6,4 \cdot 2,5 \cdot 7527 \cdot 5,04}{2030 \cdot 60} = 4,98 \text{ руб.}$$

$$F_{\text{общ}} = \sum F = 31,82 \text{ руб.}$$

8. Затраты на износ режущего инструмента:

$$И = \frac{0,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_{\partial} \cdot 60}, \text{ руб.}$$

где t_o – норма основного времени на операцию, мин.

Ленточное полотно:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 850 \cdot 2}{4060 \cdot 60} = 0,008 \text{ руб.}$$

Резец подрезной:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 500 \cdot 0,48}{4060 \cdot 60} = 0,001 \text{ руб.}$$

Резец проходной:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_{\partial} \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 1500 \cdot 0,75}{4060 \cdot 60} = 0,001 \text{ руб.}$$

Сверло:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_o \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 800 \cdot (1,96 + 1,26)}{4060 \cdot 60} = 0,011 \text{ руб.}$$

Шлифовальный круг:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_o \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 2000 \cdot (5,6 + 1,24 + 1,28 + 0,82)}{4060 \cdot 60} = 0,077 \text{ руб.}$$

Сверло центровочное:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_o \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 60000 \cdot 0,4}{4060 \cdot 60} = 0,104 \text{ руб.}$$

Фреза концевая:

$$И = \frac{1,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_o \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 900 \cdot 21,6}{4060 \cdot 60} = 0,084 \text{ руб.}$$

Фреза концевая:

$$И = \frac{0,05 \cdot S_{cm} \cdot t_o}{\Phi_o \cdot 60} = \frac{1,05 \cdot 1500 \cdot 26,4}{4060 \cdot 60} = 0,171 \text{ руб.}$$

$$И_{\text{общ}} = \sum И = 0,46 \text{ руб.}$$

9. Затраты на приспособление:

$$П = \frac{S_{np} \cdot (a + в)}{N} = \frac{850 \cdot (0,5 + 0,2)}{1000} = 0,6 \text{ руб.}$$

где S_{np} - стоимость специального приспособления, руб.;

$a = 0,3-0,5$ – коэффициент амортизации;

$в = 0,1-0,2$ – коэффициент затрат на текущий ремонт;

N – годовая программа выпуска деталей, для изготовления которых разработано данное приспособление, шт.

Таблица 32 - Стоимость специального приспособления

Группа приспособлений	Количество наименований деталей, шт.	Стоимость приспособления, руб.
Мелкие приспособления (габариты до 200×200×200) с простым корпусом, только для закрепления деталей (различные подставки, простые оправки, кулачки и т.п.)	до 5	до 850

Технологическая себестоимость:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{техн}} &= Z_{\text{м}} + Z_0 + Z_{\text{доп}} + A + P + Э + F + И + П = \\
 &= 806,4 + 99,18 + 9,92 + 192,74 + 54,71 + 38 + 111,4 + 0,46 + 0,6 = \\
 &= 1313,41 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

5.4.2. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

Производственная себестоимость:

$$C_{\text{произв}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{общез}}$$

где $C_{\text{цех}}$ – цеховая себестоимость,

$P_{\text{общез}}$ – общезаводские расходы.

$$C_{\text{цех}} = 1,5 * C_{\text{техн}} = 1,5 * 1313,41 = 1970,12 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{общез}} = 1,8 * C_{\text{техн}} = 1,8 * 1313,41 = 2364,14 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{произв}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{общез}} = 1970,12 + 2364,14 = 4334,26 \text{ руб.}$$

5.4.3 ОЦЕНКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными техническими показателями, влияющими на экономическую эффективность представленного исследования, являются технологичность, стойкость и производительность разработанного инструмента. Как показал анализ конкурентных технических решений, разработанная фреза обладает наилучшим сочетанием факторов, по сравнению с конкурентами.

Технологичность и стойкость разработанного инструмента оказалась значительно выше отечественных аналогов, а политика ценообразования оказалась более лояльной к потребителю, по сравнению с не бюджетными вариантами импортных производителей.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Раздел “Социальная ответственность” является необходимой частью выпускной квалификационной работы магистранта. Целью данного раздела является выполнение и анализ вредных и опасных факторов труда инженера-технолога и разработка мер защиты от них. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Работа инженера - технолога относится к категории умственного труда и по степени физической тяжести относится к категории легких работ (работа производится в положении сидя и не требует физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/час.

Во время своей трудовой деятельности работник подвергается воздействию вредных производственных факторов, специфика и количество которых зависит от характера труда. Для предупреждения ухудшения здоровья работника на каждом предприятии или учреждении предусмотрен ряд мер по обеспечению безопасности и экологичности трудовой деятельности.

В данном случае рабочим местом является технологическое бюро ОАО “ТИЗ-инжиниринг”, в котором установлено оборудование для создания технологических процессов - персональные компьютеры (ПК). Длительная работа на ПК может отрицательно воздействовать на здоровье человека. Ведь монитор ПК является:

- источником электростатического поля;
- слабых электромагнитных излучений в низкочастотном и высокочастотном диапазонах (2 Гц...400 кГц);
- рентгеновского излучения;
- ультрафиолетового излучения;
- инфракрасного излучения;
- излучения видимого диапазона.

6.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

6.1.1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Опасным называется фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Если же производственный фактор приводит к заболеванию или снижению трудоспособности, то его считают вредным. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Элементы условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы [14]:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Поскольку на состояние здоровья сотрудников биологические и химические факторы существенного влияния не оказывают, то рассмотрим лишь две группы факторов.

К группе физических опасных факторов относятся:

- температура и влажность воздуха;
- механические;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле (ЭМП) низкой частоты;
- освещенность;
- ионизирующее излучение.

К вредным психофизическим и опасным факторам относятся:

- физические (статические, динамические);

- нервно – психические перегрузки (умственное перенапряжение, утомление, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Основными опасным фактором являются:

- опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, данное помещение по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности;
- подверженность влиянию шума, вибраций, связи с наличием обрабатывающего оборудования (станков), которые создают повышенный уровень вибраций и шума;
- механический фактор, возникающий в результате движения машин и оборудования, а также подъемно-транспортных устройств.

Таблица 33 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Составление технологического процесса.	Психофизиологические (эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение) Физические (повышенный уровень шума и вибрации)	Физические (повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных излучений)	ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82
Составление технологического процесса.	Физические (превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны).	Физические (повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных излучений)	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.2/2.4.13 40-03

Контроль выполнения работ по ТП	Физические (превышение уровня шума и вибраций).	Физические (повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)	ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.012–90
---------------------------------	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Реальная освещенность на рабочем месте может быть взята из паспорта производственного помещения, материалов аттестации рабочих мест по условиям труда, измерена при помощи люксметра, или определена путем расчета, изложенного в методических указаниях. Фактические и требуемые параметры систем естественного и искусственного освещения вносятся в таблицу.

В кабинете используется совместное освещение – искусственное и естественное (через окна). Система освещения общая. Используются люминесцентные лампы, всего 30 ламп на кабинет (общая мощность 1200 Вт). Выбор типа светильника производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемое количество освещения;
- безопасность эксплуатации;
- удобство;
- экономичность.

Для определения необходимого количества ламп и выбора их типа ниже произведен расчет общего искусственного освещения люминесцентного освещения.

Дано помещение с размерами: длина $A = 13\text{м}$, ширина $B = 10\text{м}$, высота $H = 3,5\text{м}$. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,6\text{м}$.

Коэффициент отражения стен $R_{ст} = 50\%$ и потолка $R_{п} = 70\%$ для данного помещения имеют следующие значения. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z=1,0$ [15, стр. 4].

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Приняв величину свеса светильника $h_c=0,6$ м и $\lambda=1,4$, определим высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью [15, табл. 7]:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 0,6 - 0,6 = 2,3 \text{ м. [15, стр. 4]}$$

Тогда расстояние между светильниками определим как [15, стр. 5-6]:

$$L = h * \lambda = 2,3 * 1,4 = 3,22 \text{ м.}$$

$$L/3=1,07 \text{ м.}$$

Таким образом, размещаем светильники в 3 ряда. В каждом ряду необходимо установить 5 светильников типа ОД мощностью 40Вт (с длиной 1582 мм), при этом разрывы между светильниками в ряду составят $b=737,5$ мм. План размещения светильников показан на рис.18.

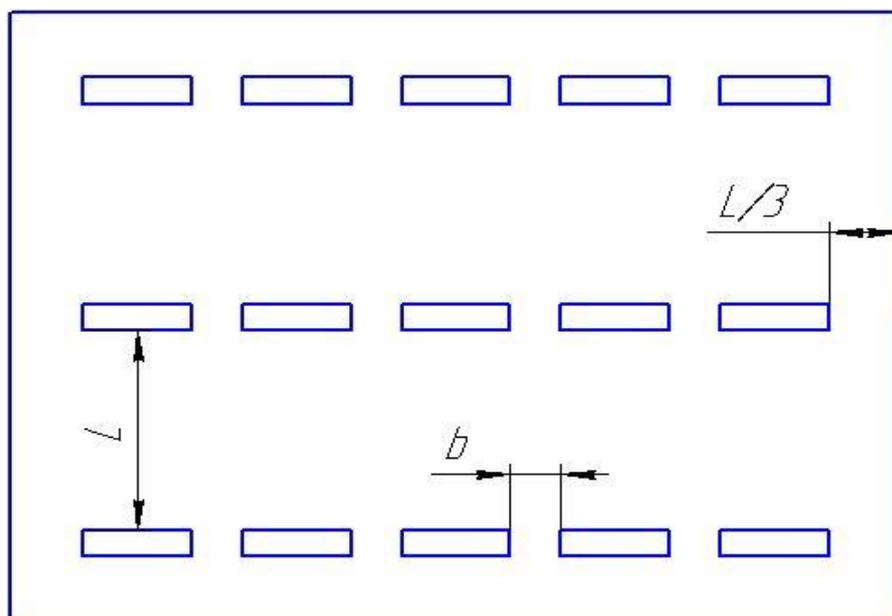


Рисунок 18 - План размещения светильников

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп $N=30$.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{s}{h * (A + B)} = \frac{130}{2,3 * (13 + 10)} = 2,46;$$

В таком случае коэффициент использования светового потока будет $\eta=0,52$. Величину нормированной освещенности принимаем $E_t=200$ лк [15, табл. 8].

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E_t * k * S * z}{n} = \frac{200 * 1,5 * 130 * 1}{30 * 0,55} = 2364 \text{ лм.}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 40Вт с потоком 2340 лм.
Делаем проверку по формуле:

$$-10\% \leq (\text{Фл.станд} - \text{Фл.расч}) / \text{Фл.станд} \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq -1,02\% \leq +20\% \text{ (подходит)}$$

Электрическая мощность осветительной установки равна:

$$P=30*40=1200 \text{ Вт}$$

6.1.2 ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ОПАСНОГО И ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСТРАНЕНИЮ ИХ ВЛИЯНИЯ НА РАБОТАЮЩИХ

Меры защиты от опасных и вредных факторов производства делятся на технические и организационные.

1. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- согласно СанПиН 2.2.2.542-96 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;

- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

В кабинете мониторы расположены по периметру задней поверхностью к стенам, все мониторы расположены на отдельных столах. Поэтому можно считать, что расположение компьютеров удовлетворяет требованиям СанПиН.

Для мониторов рекомендуется следующее дооснащение:

- Защитный фильтр для экрана, ослабляющий переменное электрическое и электростатическое поля;

- Для одиночных ПЭВМ или их однорядном расположении – специальное защитное покрытие на переднюю панель и боковые стенки;

- При многорядном расположении ПЭВМ, если соседние рабочие места располагаются близко друг к другу (на расстоянии 1,2...2,5 м) – защитное покрытие задней и боковых стенок, монтирование специальных экранирующих

панелей с задней и боковых сторон монитора, установка перегородок между различными пользователями.

Разработана технология защиты от электростатических, переменных электрической и магнитной составляющих ЭМИ путем нанесения электропроводных покрытий на внутреннюю поверхность корпуса монитора и его заземления, встраивания в дисплей оптического защитного фильтра, защищающего от излучений со стороны экрана.

2. Мероприятия по снижению шума:

- использование материалов, имеющих хорошие звукогасящие свойства;
- применение звукоизоляции;
- осуществление терморегуляции в помещении;
- ежедневное проветривание помещения;

3. Мероприятия по обеспечению электробезопасности:

- зануление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- организация безопасной эксплуатации оборудования;
- недоступность токоведущих частей.

4. Мероприятия по организации рабочих мест:

• Вместо канцелярских столов необходим специальный стол с опорой для левой руки, с местом для размещения текстов программ, с регулируемой по высоте клавиатурой и дисплеем;

• При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования: высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500мм, глубиной на уровне колен - не менее 450мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650мм;

- Вместо бытового стула – мягкое кресло с удобной опорой для поясницы, мягким сиденьем и спинкой, с регулировкой сиденья по высоте;

5. Мероприятия по снижению нервно – психологического напряжения и уменьшению его вредного влияния:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- профессиональный набор.

6. Мероприятия по предотвращению производственного травматизма:

- вводный инструктаж, который проводится перед началом работы по теме;

- обеспечение спецодеждой (халатом);

- медосмотр, проводимый перед поступлением на работу и каждый последующий год.

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

6.2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Охрана окружающей среды — комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на предприятии) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ.

Как правило, в качестве промышленных отходов выступают: бумага, строительные отходы, коробки и т.п. Этот мусор с другими отходами вывозится на территории, выделенные под складирование бытовых отходов. Сжигание этих отходов уменьшает их объём на 90%, но в результате сжигания происходит выделение вредных газов и дымов, что загрязняет атмосферу.

Защита от вредных выбросов

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий можно применять следующие меры:

1. полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам;

2. совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду;

3. экологическая экспертиза всех видов производств и промышленной продукции;

4. замена токсичных отходов на нетоксичные;

5. замена не утилизируемых отходов на утилизируемые;

6. последствия промышленного загрязнения окружающей среды.

Защита от шума

Шум в окружающей среде создается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания.

Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБА, снижается слуховая чувствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха [16].

Для снижения шума можно использовать следующие методы:

1. уменьшение шума в источнике;
2. изменение направленности излучения;
3. рациональная планировка предприятий и цехов;
4. акустическая обработка помещений;
5. уменьшение шума на пути его распространения.

Защита от электромагнитных полей

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови.

6.3 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

6.3.1 ПОЖАРНАЯ И ВЗРЫВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

На основании рекомендаций [17] определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Д - производства, связанного с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Причиной возгорания в тех. бюро могут быть следующие факторы:

- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгорание устройств искусственного освещения.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- предотвращение пожаров;
- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;

- тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию. В рассматриваемом тех. бюро места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами составляет более 4,07 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1 м, что соответствует нормам, а поэтому дополнительных мер защиты не требуется;

- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В кабинете имеется порошковый огнетушитель типа ОП–5 и находится пожарный щит, установлен рубильник, обесточивающий всю аудиторию, на двери аудитории приведен план эвакуации в случае пожара;

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования [17].

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м. План эвакуации приведен на рисунке 19.



Рисунок 19 – План эвакуации из технологического бюро

6.3.2 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИРОДНОГО И СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

В последние годы человечество испытывает большие неудобства и беды от многочисленных природных катастроф - наводнений и паводков, ураганных ветров и обильных ливней, устрашающих оползней и схода снежных лавин и ледников. Чрезвычайные природные ситуации периодически возникают и на территории Томской области. Засухи, шквалистые ветры, интенсивные ливни, сильные морозы, продолжительные снегопады, поздние весенние и ранние осенние заморозки - вот неполный перечень особо опасных природных явлений, которые почти ежегодно встречаются в разных районах нашей области.

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного процесса, стихийного бедствия, которая приводит к человеческим жертвам, наносит ущерб здоровью населения и природной среде, а также вызывает значительные материальные потери и нарушение условий жизни людей.

Ряд опасных природных явлений происходит в определенные сезоны года. Например, наводнения - весной. Однако в пределах сезона они наступают в случайный момент времени, предсказать который не всегда возможно.

Для наглядного представления возможных ЧС представленного региона составим таблицу 34.

Таблица 34 – Возможные ЧС

ЧС природного характера	ЧС биолого-социального характера	ЧС экологического характера
Землетрясения	Групповые случаи опасных инфекционных заболеваний	Превышение ПДК вредных выбросов в атмосфере
Торфяные и лесные пожары	Прогрессирующая эпифитотия	Разрушение озонового слоя атмосферы
Крупный град	Падение воспроизводства населения	Исчезновение видов, чувствительных к изменению среды обитания.

Сильный мороз		
Заморозки		

В качестве организационных мероприятий, проводимых с целью защиты населения от чрезвычайных ситуаций, производятся:

1. Планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия;
2. Планы эвакуации рабочих;
3. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС;
4. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;
5. Подготовка работающих к действиям в условиях ЧС;
6. Наличие и поддержание в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о ЧС.

К инженерно-техническим мерам защиты от ЧС относят:

1. Проектирование, размещение, строительство и эксплуатация объектов инфраструктуры, в том числе и потенциально опасных;
2. Инженерное обеспечение защиты населения – строительство защитных сооружений (средств коллективной защиты);
3. Инженерное оборудование территории региона с учёта характера воздействия прогнозируемых ЧС;
4. Создание санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов.

В качестве мер, предусматривающих защиту от названных ЧС, следует отметить:

- повышение прочности конструкции зданий;
- создание развитой системы вентиляции;

- проведение мед. осмотров;
- утепление помещений;
- проведение инструктажей ТБ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ГОСТ Р 52965—2008

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ХВОСТОВИКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛЯ ФРЕЗ

Основные размеры

Cylindrical shanks for milling cutters.
Basic dimensions

Дата введения — 2010—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на гладкие цилиндрические хвостовики, цилиндрические хвостовики с лысками и цилиндрические хвостовики с резьбой, предназначенные для установки фрез в цанговых и зажимных патронах.

2 Основные размеры

2.1 Хвостовики следует изготавливать исполнений:

- 1 — гладкий цилиндрический хвостовик;
- 2 — цилиндрический хвостовик с лыской;
- 3 — цилиндрический хвостовик с двумя лысками;
- 4 — цилиндрический хвостовик с наклонной лыской;
- 5 — цилиндрический хвостовик с резьбой.

2.2 Основные размеры хвостовиков должны соответствовать указанным на рисунках 1—4 и в таблицах 1—4.

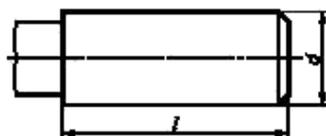


Рисунок 1 — Хвостовик исполнения 1

Таблица 1

В миллиметрах

d h8	l +2	d h8	l +2
2,0	24	6,0	36
2,5		8,0	
3,0		10,0	
3,0	28	12,0	45
4,0		14,0	45
5,0		16,0	48

Издание официальное

1

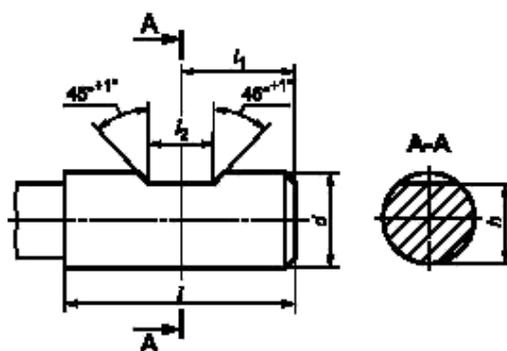
ГОСТ Р 52965—2008

Окончание таблицы 1

В миллиметрах

d h8	l +2	d h8	l +2
18,0	48	40,0	70
20,0	50	50,0	80
25,0	56	63,0	90
32,0	60	—	—

Для хвостовиков от 6 до 20 мм



Для хвостовиков от 25 до 63 мм

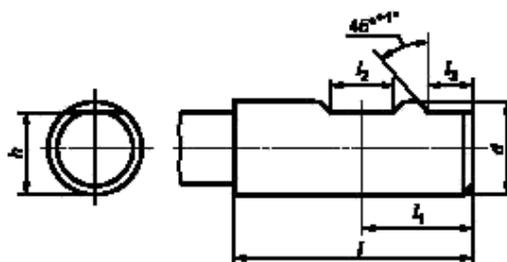


Рисунок 2 — Хвостовики исполнений 2 и 3

Таблица 2

В миллиметрах

d h6	l +2	l_1 -1	l_2 +0,05	l_3 +1	h h11
6	36	18,0	4,2	—	4,8
8			5,5		6,6
10	40	20,0	7,0		8,4
12	45	22,5	8,0		10,4
14					12,4
16	48	24,0	10,0		14,2
18					16,2
20	50	25,0	11,0	18,2	

Окончание таблицы 2

В миллиметрах

d h6	l +2	l_1 -1	l_2 +0,05	l_3 +1	h h11
25	56	32,0	12,0	17	23,0
32	60	36,0	14,0	19	30,0
40	70	40,0			38,0
50	80	45,0	18,0	23	47,8
63	90	50,0			60,8

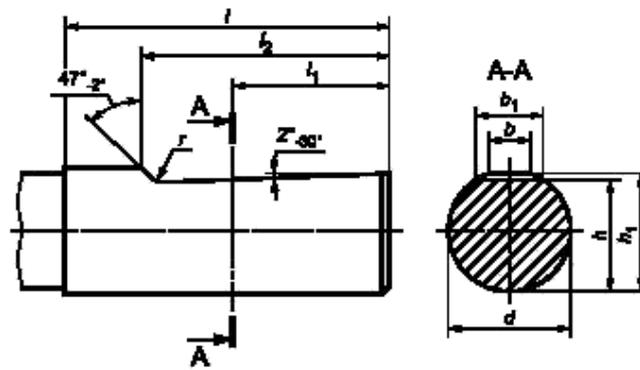


Рисунок 3 — Хвостовик исполнения 4

Таблица 3

В миллиметрах

d h6	l +2	l_1	l_2 -1	h h11	h_1	b	b_1	r
6	36	18,0	25	4,8	5,4	3,5	4,8	1,2
8				6,6	7,2	4,7	6,1	
10	40	20,0	28	8,4	9,1	5,7	7,3	
12	45	22,5	33	10,4	11,2	6,0	8,2	
14				12,4	13,2	6,5	8,9	
16	48	24,0	36	14,2	15,0	7,6	10,1	1,6
18				16,2	17,0	8,2	10,8	
20	50	25,0	38	18,2	19,1	8,4	11,5	
25	56	32,0	44	23,0	24,1	9,3	13,6	
32	60	36,0	48	30,0	31,2	9,9	15,5	

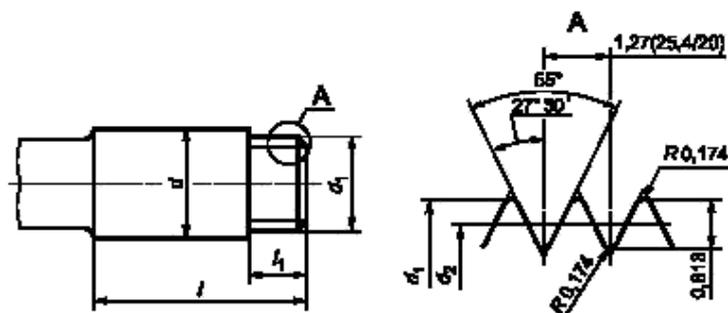


Рисунок 4 — Хвостик исполнения 5

Таблица 4

В миллиметрах

d h8	d_1		d_2		l +2	l_1 +2
	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.		
6	5,9	-0,10	5,087	-0,10	36	10
10	9,9		9,087			
12	11,9		11,087			
16	15,9		15,087			
20	19,9	-0,15	19,087	-0,15	50	15
25	24,9		24,087			
32	31,9		31,087			

2.3 Размеры резьбы — по ИСО 228-1[1].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Раздел (1) Проектирование сборной концевой фрезы диаметром 20 мм

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Казагачев Тимур Валерьевич		

Консультант кафедры ТАМП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф. ТАМП	Кирсанов С.В.	Д.т.н., профессор		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИЯИК	Степура С.Н.	К.ф.н., доцент		

1 DESIGN OF THE 20-MM DIAMETER COMPOSITE END MILL

1.1 SELECTION OF AN INDEXABLE INSERT MODEL

Inserts of various shapes and sizes are used in composite cutting tools. Nowadays, the shapes of inserts listed in GOST 19042-80 “Carbide Inserts. Classification. System of Notations. Shapes” are considered outdated. Tool manufacturers usually use their own indexable inserts of improved design.

We selected the XDPT-MM indexable insert (Fig. 1) manufactured by Widia (Germany) for our 20-mm diameter composite end mill. This insert has a number of advantages over the XPNT inserts which this manufacturer has previously used in its mills.



Figure 1 – XDPT-MM insert manufactured by Widia

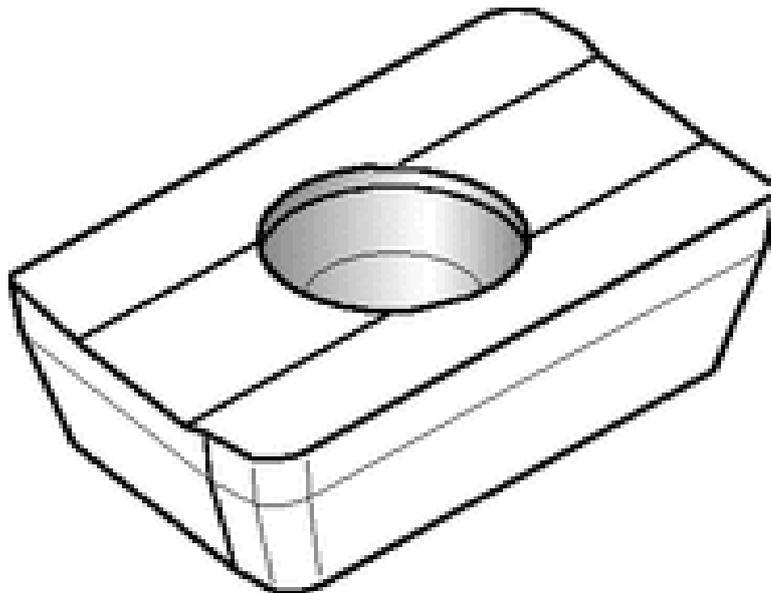
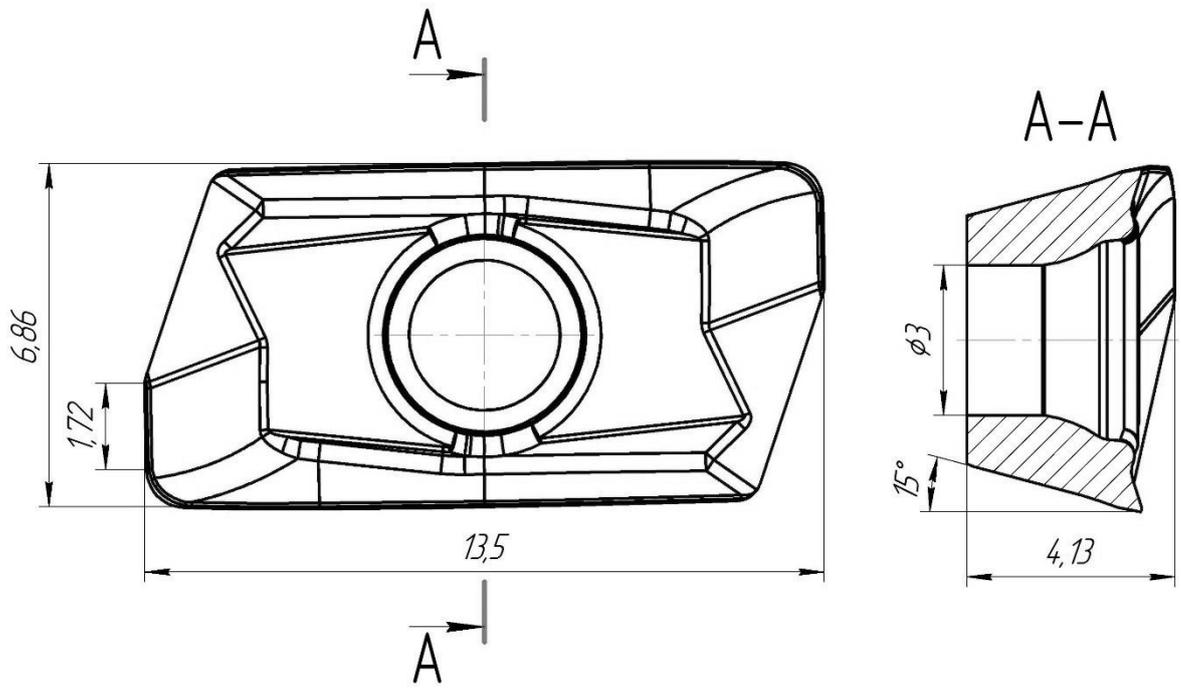


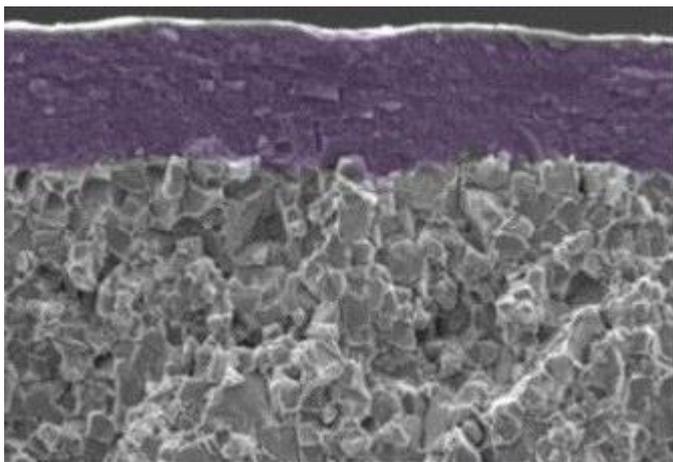
Figure 2 – XPNT insert manufactured by Widia

The XDPT-MM insert has the Wiper geometry developed by Widia. Its curved front surface as compared with a straight surface forms a cutting edge angle of 90° . A high face angle on axial and radial cutting edges ensures a smooth process and reduced cutting forces.

A hole in this indexable insert has a conical section (SM mounting). This type of mounting is of a simple design, ensures a highly reliable connection, and can be used in different cutting conditions and for a wide size range of tools. When tightening a screw the threaded part of the rod and its parallel shank interact with the respective parts of the hole in the holder. Due to mutual displacement of axes of insert holes and the hole in the screw seat, the tapered head of the screw interacts with the tapered part of the insert hole and reliably presses the insert against basic thrust faces.

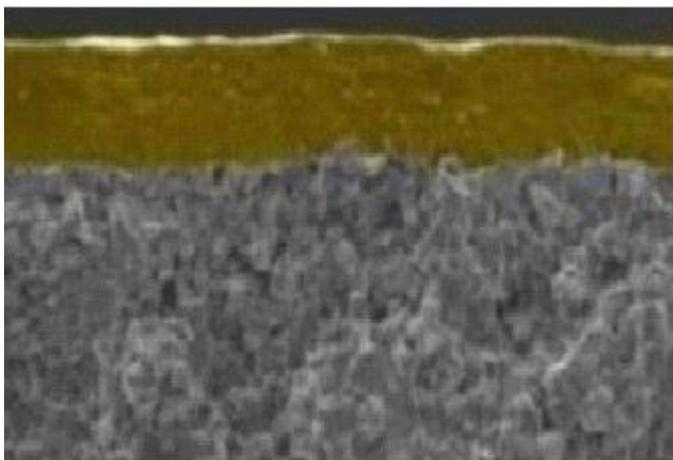


a)



Multi layer coating:
AlCrN
TiAlN

One-carbid basis (Co=6%)



Single layer coating:
AlTiN

One carbid basis (Co=6%)

b)

Figure 3 – XDPT-MM indexable insert: a – general view; b – types of wear-resistant coating

1.2 SELECTION OF A MATERIAL FOR THE MILL CASE

In the Russian tool industry, bodies of end mills equipped with indexable inserts are made of structural alloy steel of grades 40Kh according to GOST 1050-88 4 or 50KhFA according to GOST 2590-88. To increase the service life of bodies they are subjected to general or local hardening for a predetermined hardness using different methods of thermal or thermochemical (nitriding, carbonitriding) treatment. For example, bodies of combined mills are produced using the following procedure: a) machining stage: production of a body with such a shape and dimensions as specified in a detailed drawing; b) hardening stage: hardening in oil and tempering at $T = 425 \dots 525^{\circ}\text{C}$ for a required hardness within 28–30 HRC.

This technology does not include subsequent grinding of indexable insert seats. However, when manufacturing bodies of complex mills (such as the mill discussed in this paper) with high requirements for positioning accuracy of elements, seats are ground after heat treatment in order to eliminate deformations caused by hardening and tempering.

In order to avoid labor-intensive and expensive grinding of composite mill bodies, we experimentally found the conditions of heat treatment and nitriding, which allowed us to minimize deformation of bodies and increase the hardness up to 28–30 HRC.

The following conditions were established experimentally:

4) The minimum deformation of mill bodies made of 40Kh and 50KhFA steels is ensured by thermochemical treatment at $T = 510\text{--}540^{\circ}\text{C}$ and, in case of improvement, by stepwise hardening with seasoning at $T = 160^{\circ}\text{C}$ and tempering at $T = 520^{\circ}\text{C}$, i.e. 10°C above the nitriding temperature and the carbonitriding temperature, respectively.

5) For surface hardening of composite mill bodies made of 50KhFA steel, it is reasonable to use the carbonitriding process in carbamide degradation products,

which ensures high rate of saturation with carbon and nitrogen (saturated layer with the depth of at least 0.3 mm is produced at $T = 540^{\circ}\text{C}$ for 2 hours).

6) Surface hardening of composite mill bodies made of 40Kh steel ($\text{HRC} \geq 50$) should be performed locally by heating with high-frequency currents and subsequent spray cooling with an emulsion.

The body of the developed mill design was manufactured from 40Kh steel with subsequent normalizing and nitriding.

1.3 SELECTION OF MOUNTING SCREWS

In the developed mill design, inserts are pressed against the walls of the seat by means of the screws twisted into the body. Screw heads and holes are tapered, while axes of the screws are displaced to 0.05 mm towards support walls of the seats. As a result, when tightening the screws and indexable inserts are pressed against both support walls and bases of the seats. In order to make the fastening of an indexable insert with the screw more reliable the angle of the tapered screw head is made equal to $40\ldots 60^\circ$ rather than $80\ldots 90^\circ$ as in conventional screws. Instead of a conventional hexagonal recess the developed mill design uses the 6-lobe recess of Torx type according to DIN 965 / ISO 7046. It allows large forces to be transferred with a lower stress and a lower risk of thread failure or damage of the socket. Six sinusoidal lobes uniformly transfer a load from a wrench. The comparative tests carried out by the Moscow State Technological University “Stankin“, Moscow, show that the Torx screw remains serviceable even after 1,000 tightening cycles, while a screw with a conventional hexagonal recess is designed only for 70 tightening cycles. The advantage of recesses in *Torx* screws is that they make it possible to reduce a socket size. This is especially important for designing small-size composite mills.

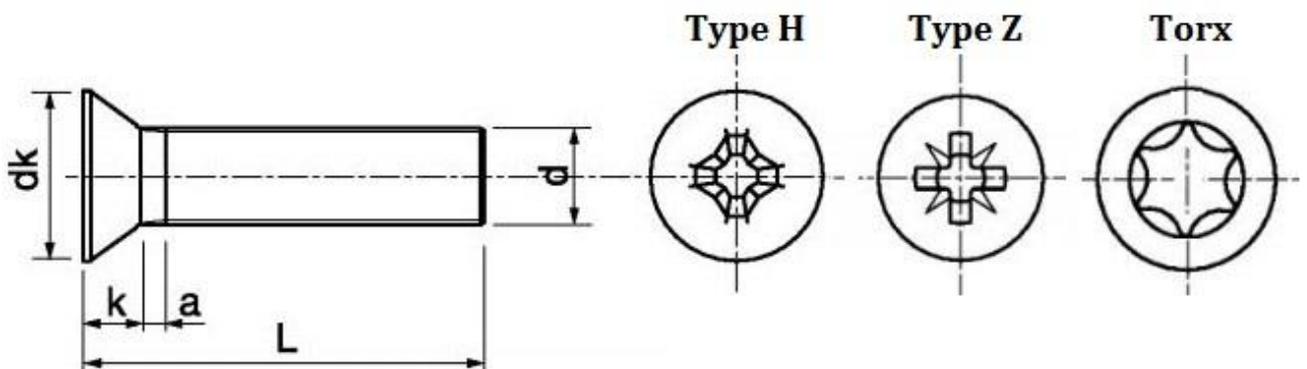


Figure 4 – Screws of H, Z and *Torx* shapes

Similar standards:

- DIN 963/ISO 2009 - the screw with a secret head and direct schitz;
- GOST 17475-80 execution 2 - the screw with a secret head and crosswise schitz;

- OST 1 31551-80 - the screw with a secret head and crosswise schitz.

Material of screws - steel of classes of durability 4.8, 8.8.

- stainless steel: A2 (AISI 304) - analog steel 08X18H10; A4 (AISI 316) - analog steel 10X17H13M2.

Types of coating:

- without coating;
- white zinc;
- yellow zinc.

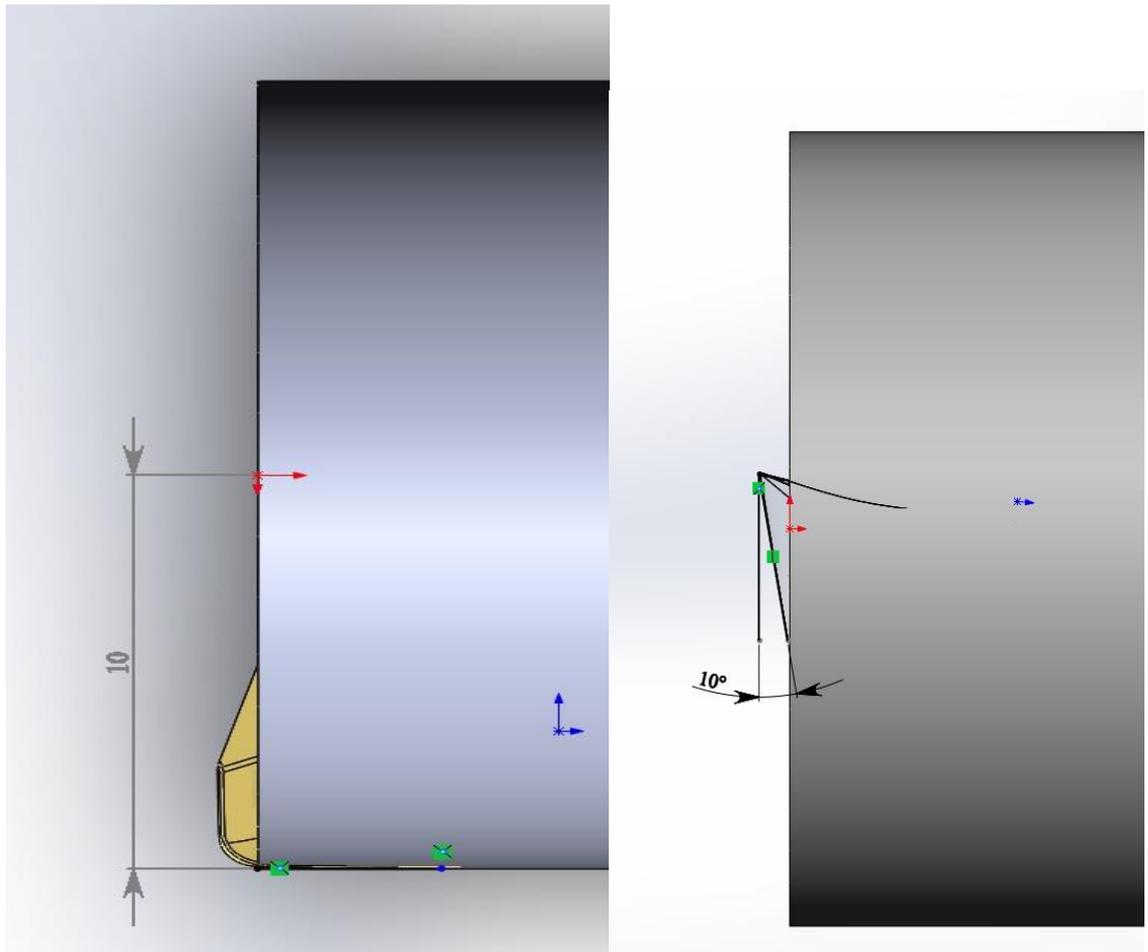
Table 1 – Sizes of Screws

Thread size, d	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
Pitch, p	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5
DIN 965, k	0,96	1,2	1,5	1,65	2,2	2,5	3	4	5
ISO 7046, k	1	1,2	1,5	1,65	2,7	2,7	3,3	4,65	5
DIN 965, dk	3	3,8	4,7	5,6	7,5	9,2	11	14,5	18
ISO 7046, dk	3	3,8	4,7	5,5	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
Cross recess size, type H	1,6	1,9	2,9	3,2	4,6	5,2	6,8	8,9	10
Cross recess size, type Z	1,6	1,9	2,8	3	4,4	4,9	6,6	8,8	9,8
Width across flats, type H, Z	0	1	1	1	2	2	3	4	4
Width across flats, type T	T5	T6	T8	T10	T20	T25	T30	T45	T50
Length, min, L	3	3	3	4	5	6	8	10	12
Length, max, L	16	30	30	100	100	100	120	130	100

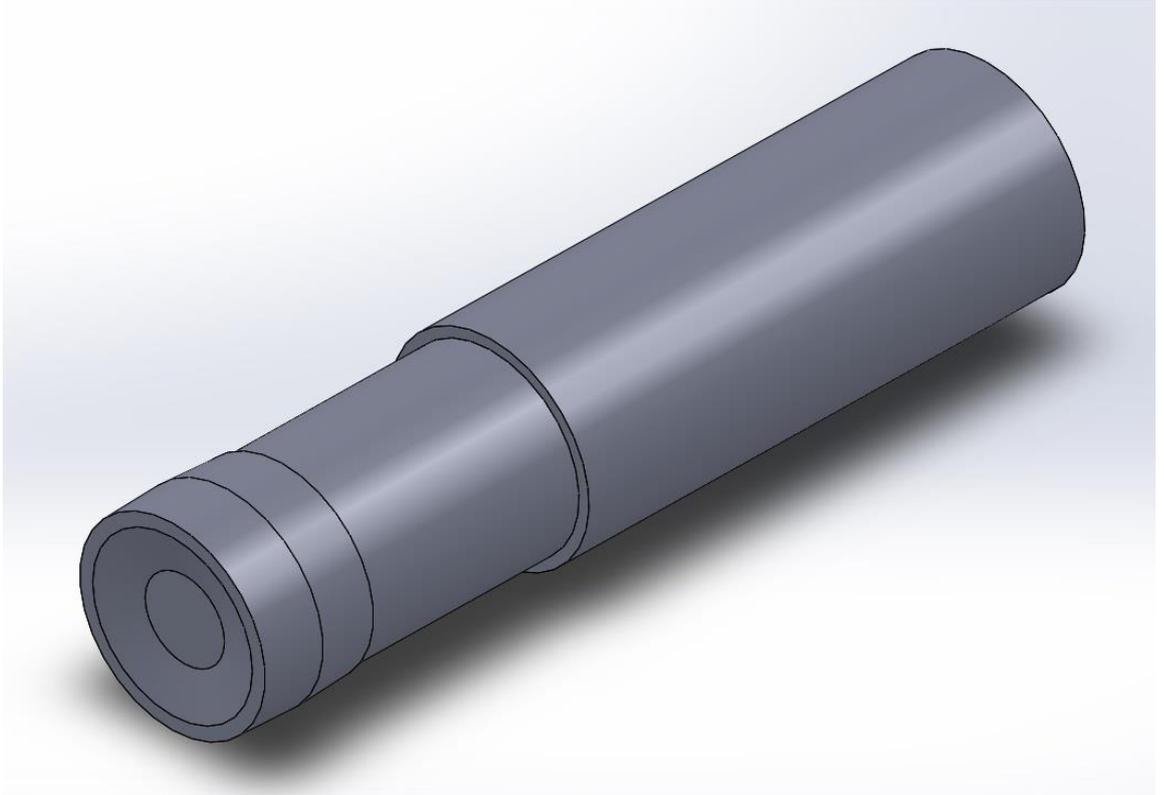
1.4 DESIGN TECHNIQUE FOR THE BODY OF THE COMPOSITE END MILL

The mill body model was designed and created in the CAD/CAM system of SolidWorks supplied by Dassault Systems, France, in the following sequence:

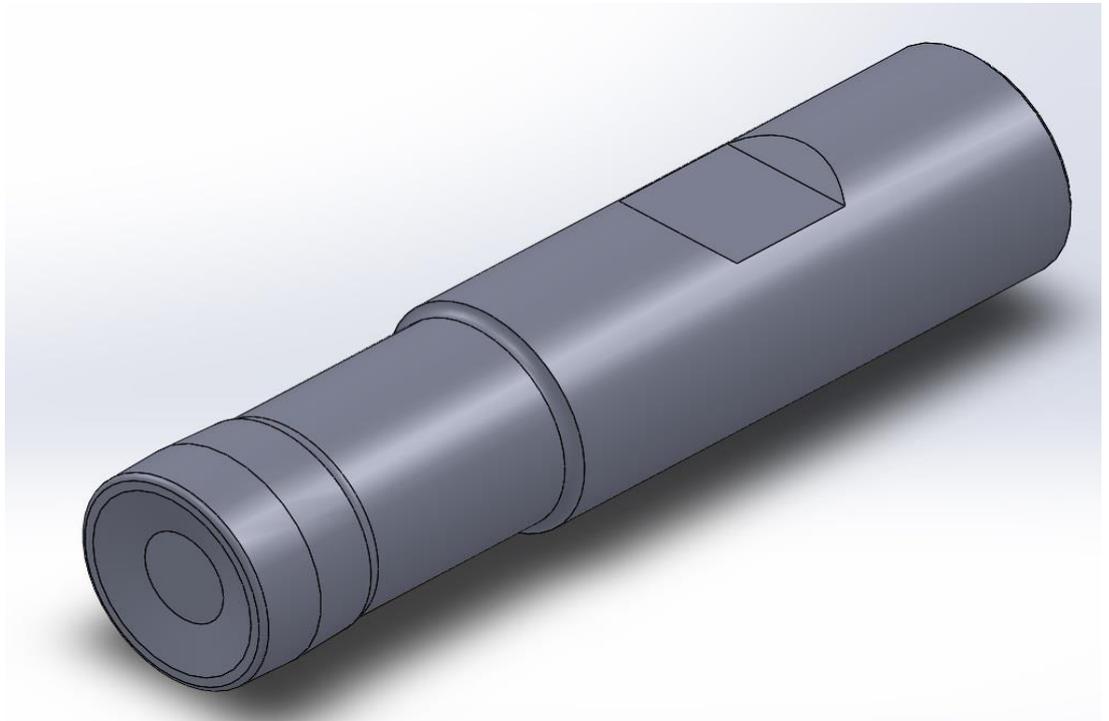
14. Install the insert in a prefabricated cylinder in such a way to provide a mill diameter of 20 mm and a clearance angle of 10°



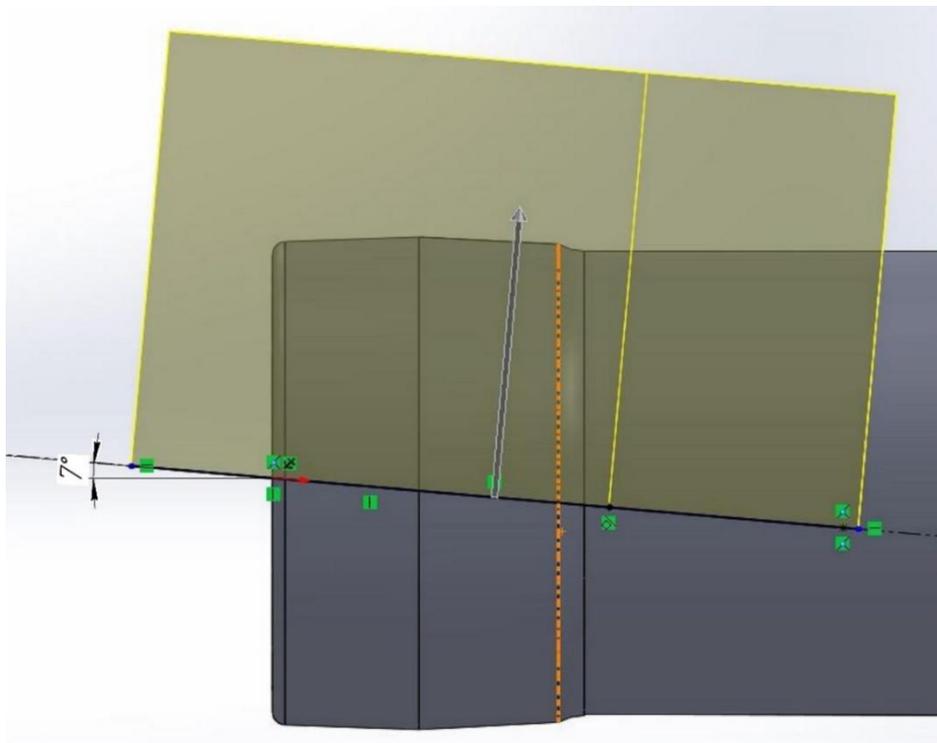
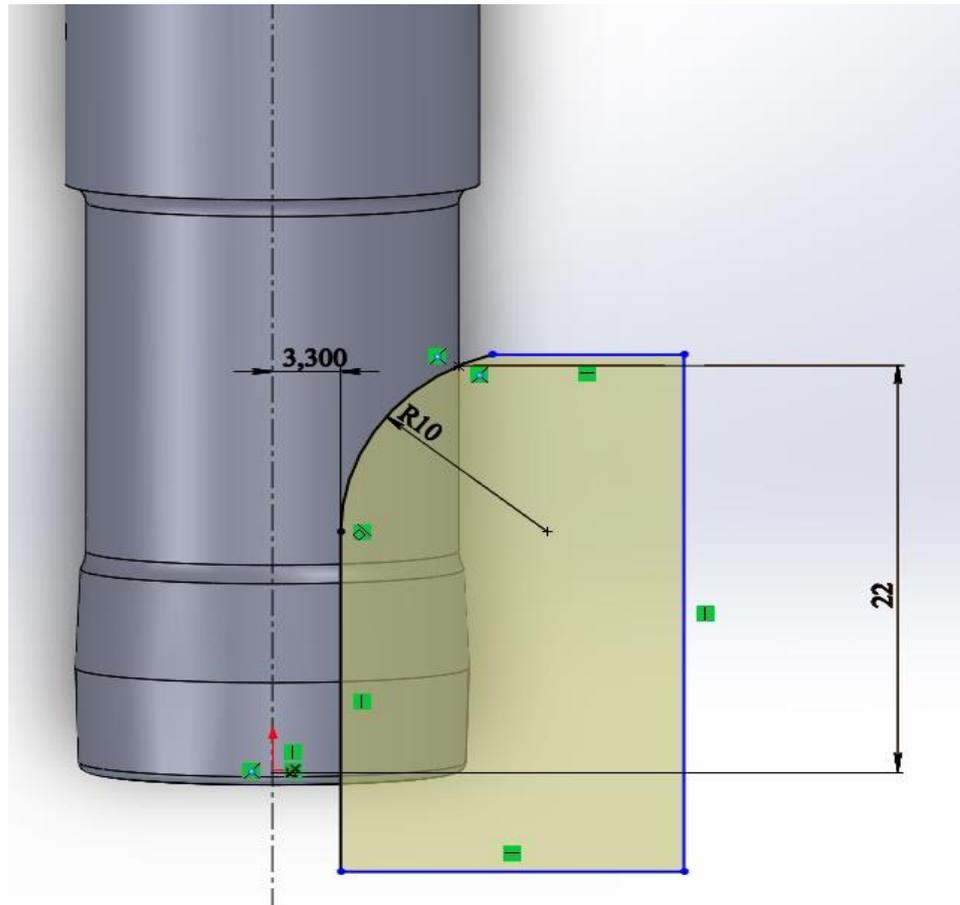
17. Using the Extrude with Rotation function, create a solid mill body



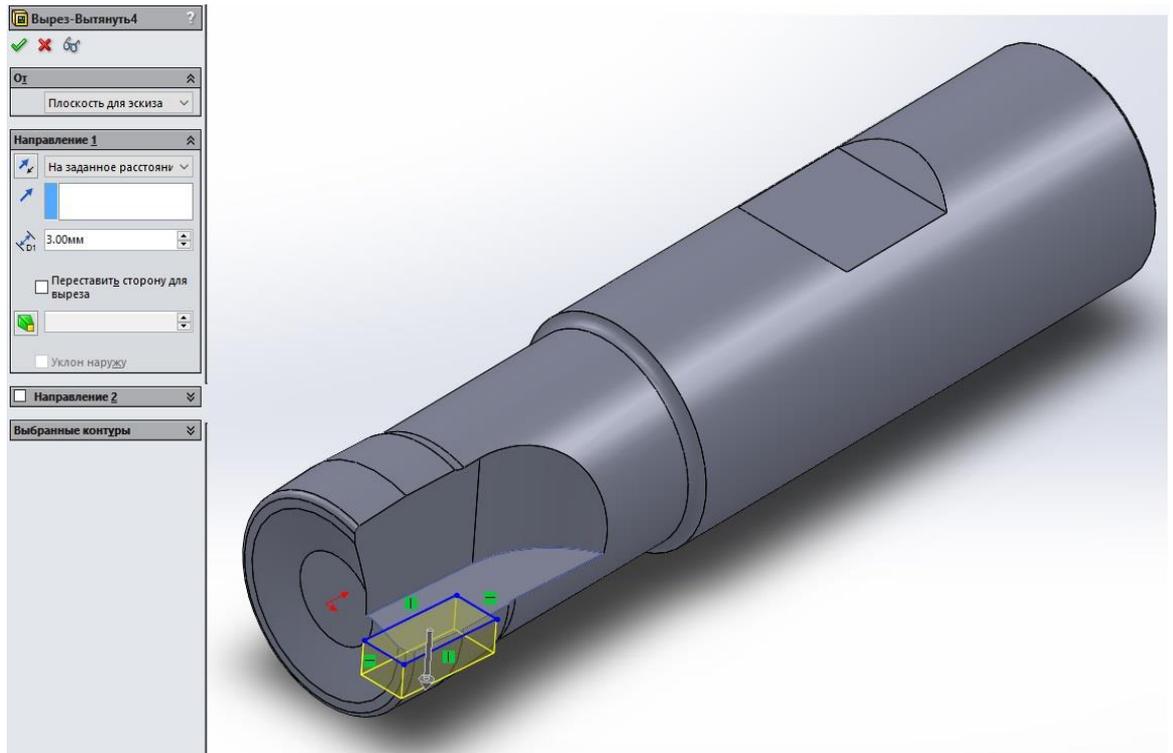
18. In accordance with GOST R 52965-2008, chamfer, round and flatten the shank of the body to ensure that the mill can be locked into the Weldon chuck



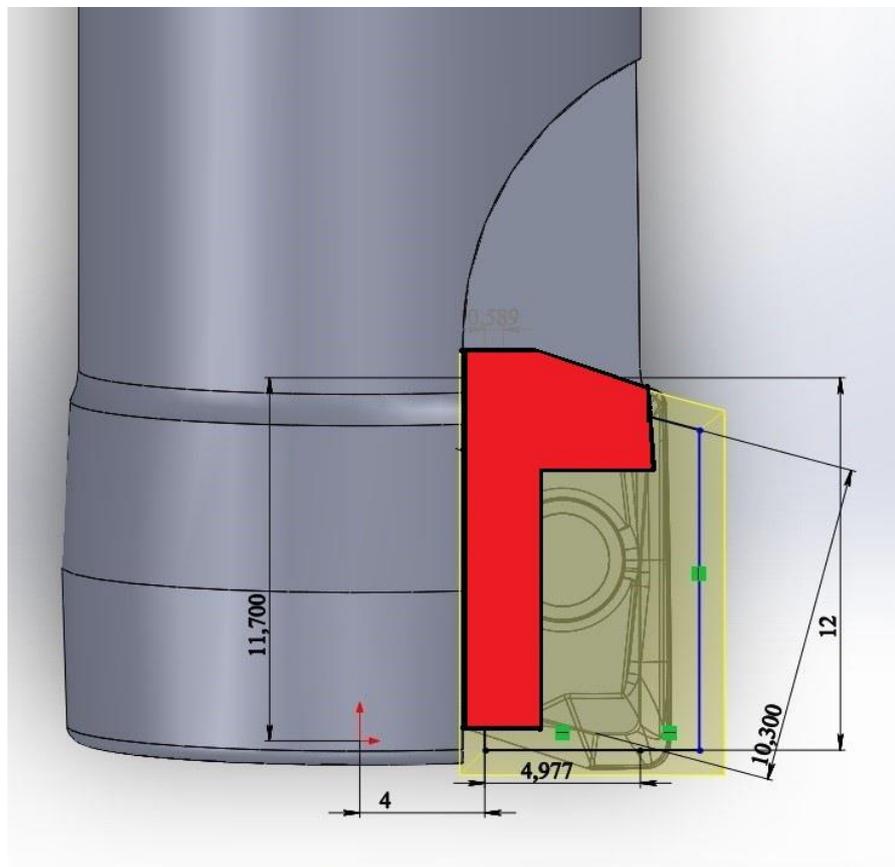
19. Shape a cutting flute in the working part of the mill and, using the Extrude function, ensure a required inclination of the insert seat



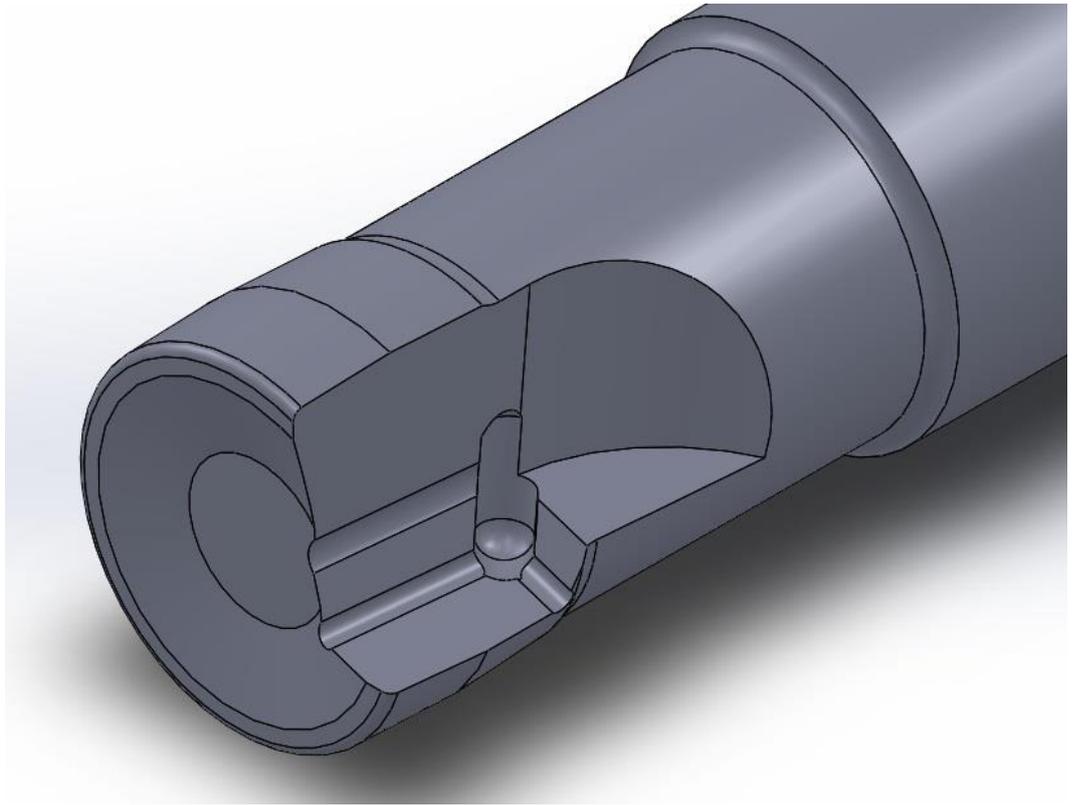
20. Shape a seating face for the insert



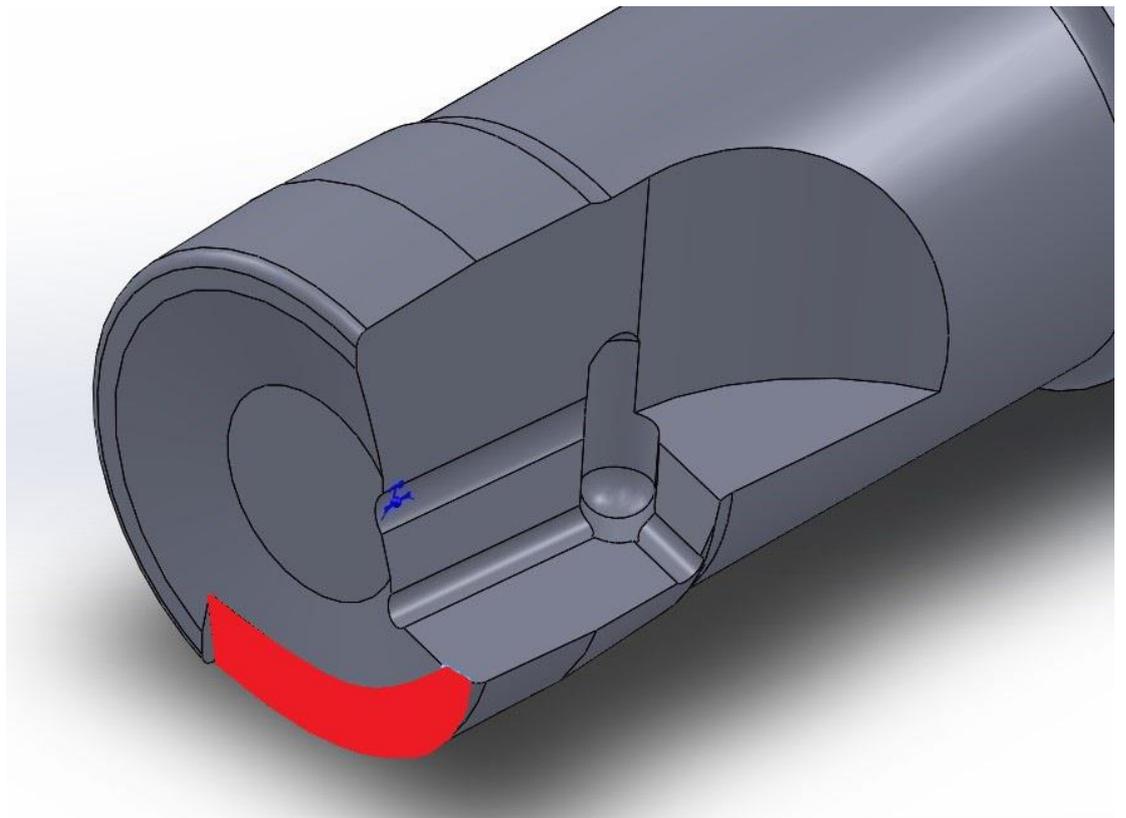
21. When the insert is installed into the seat, some “excessive” material is visible. Remove it using the Cut function (the sketch represents the base of the insert)



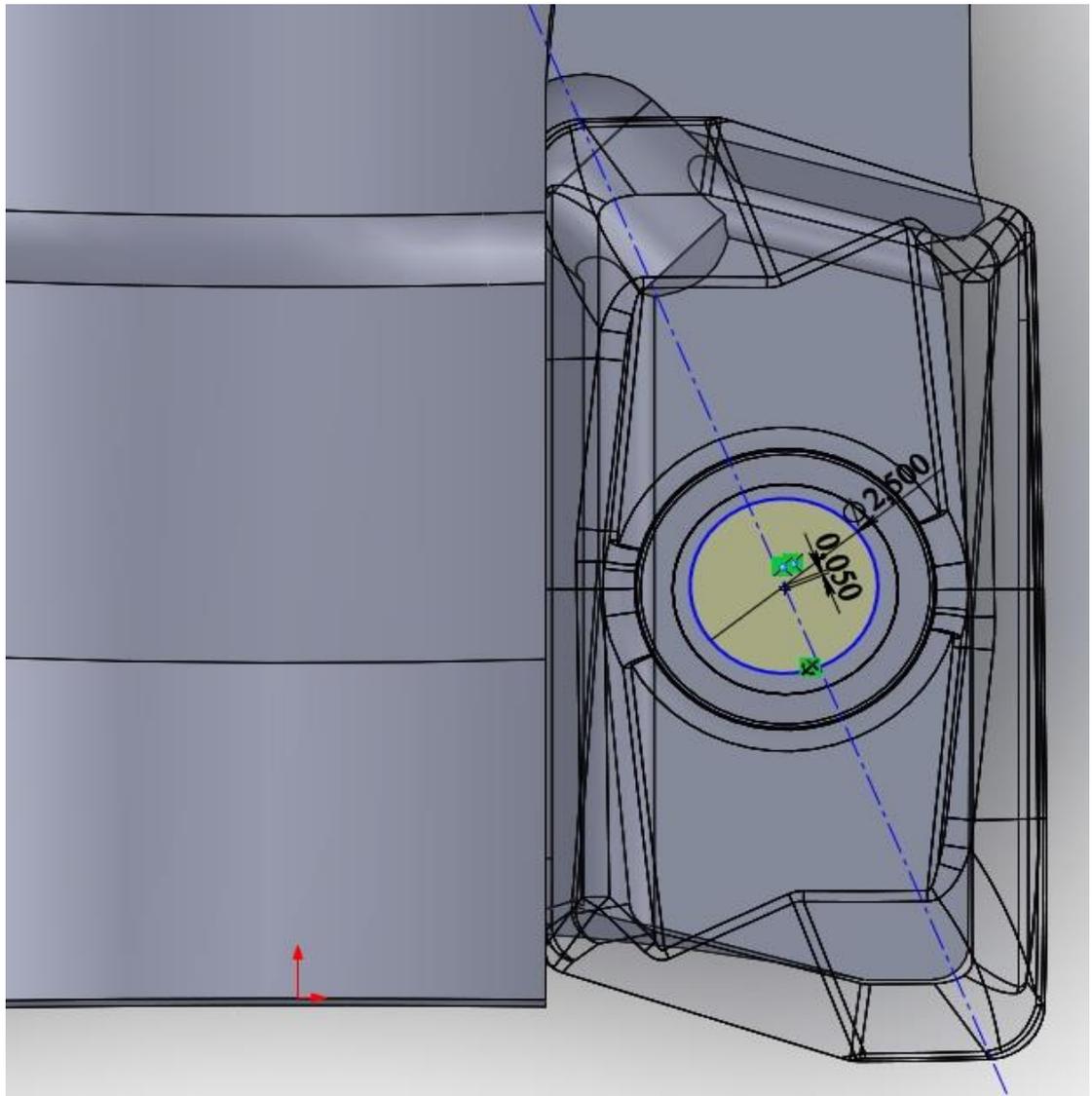
22. Process angles of the seat to ensure accurate positioning of the insert



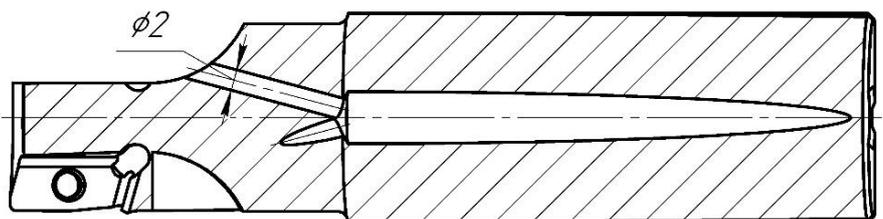
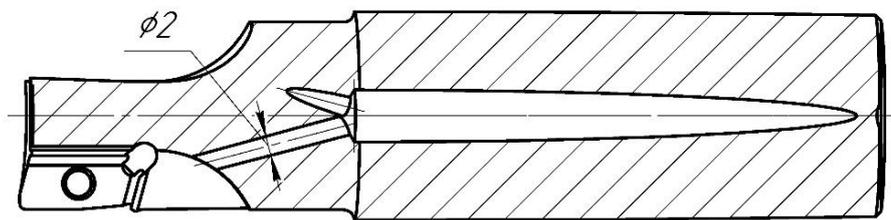
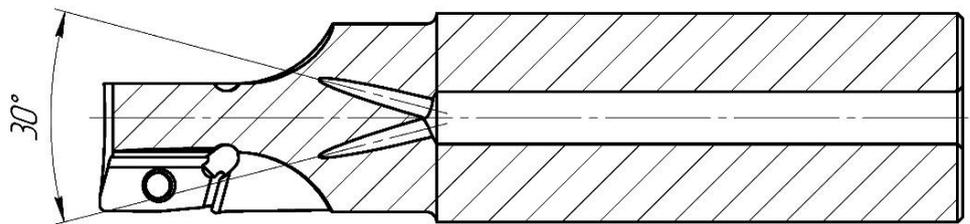
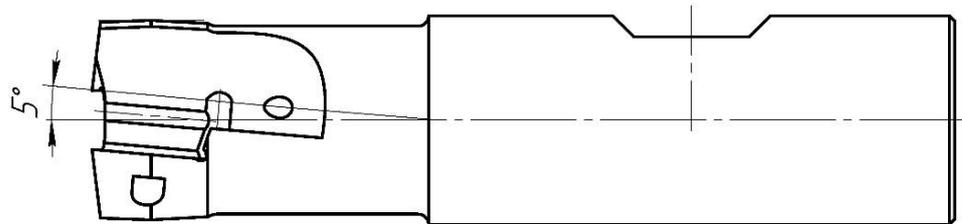
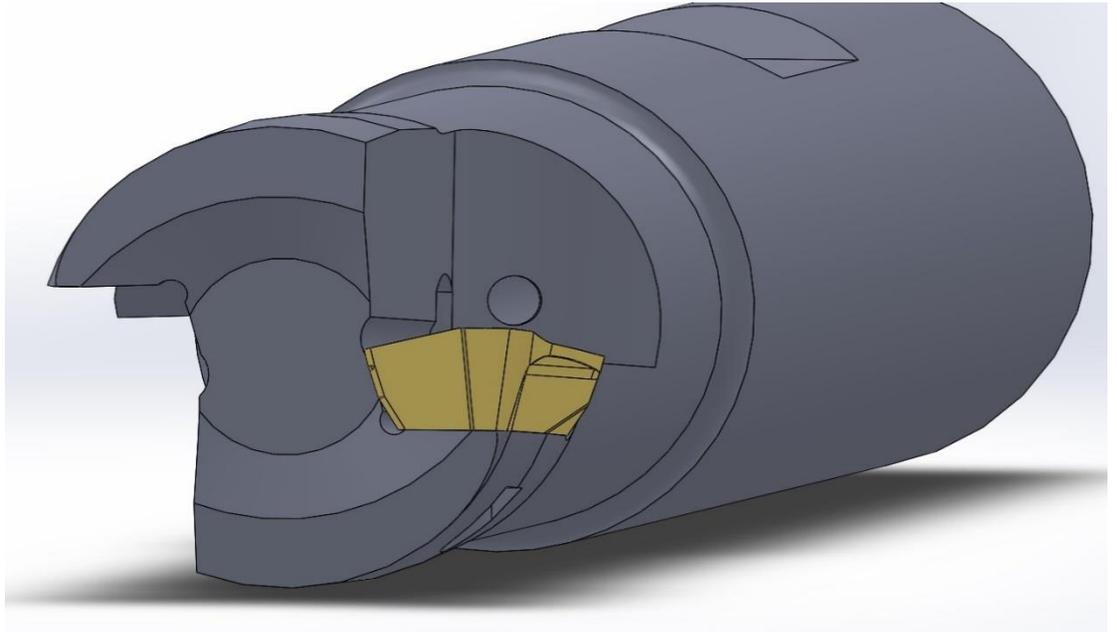
23. Make a drop in the axial direction of the end face of the working part



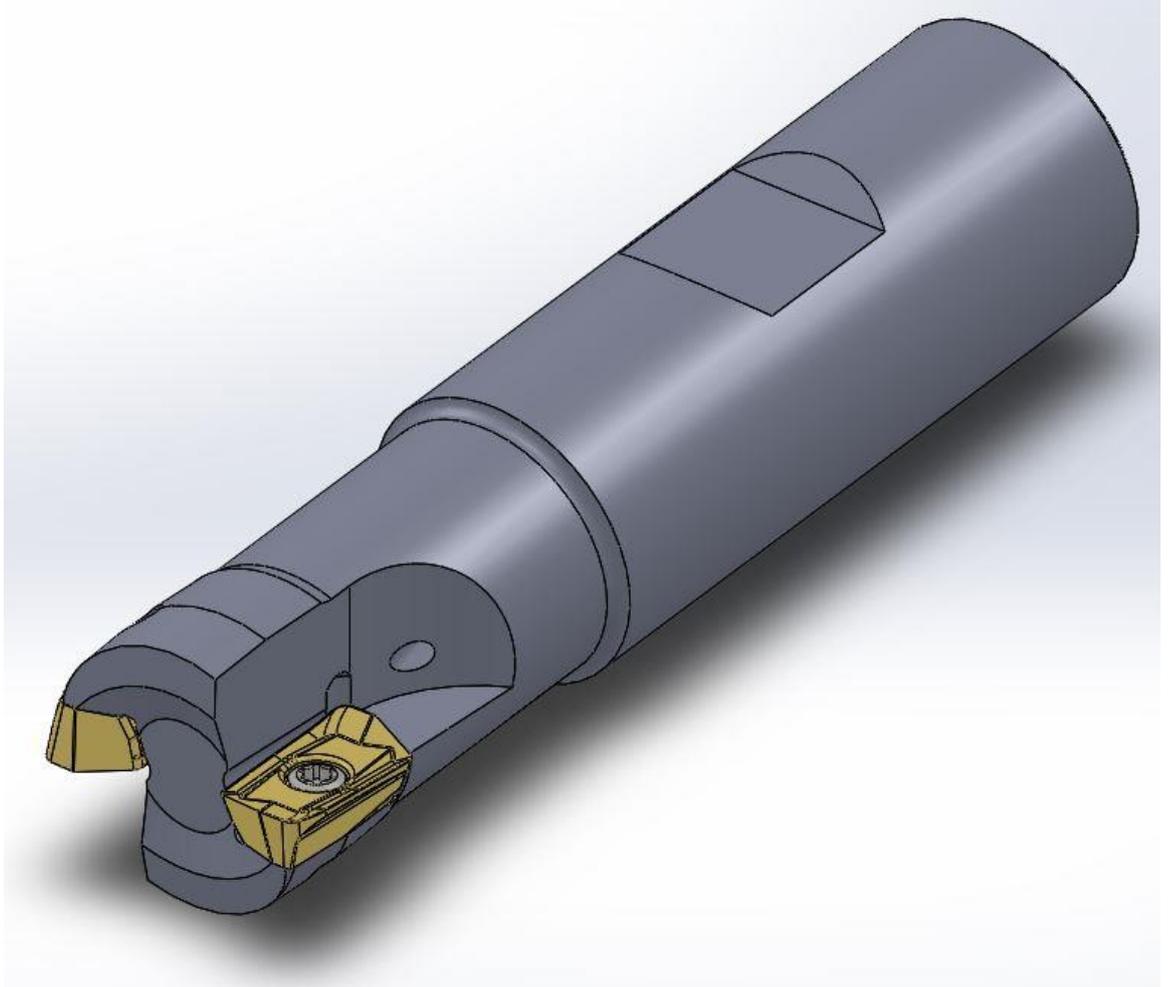
24. Cut a hole for a mounting screw with a 0.05 mm offset in such a way that the insert is pressed against the seat corner



12. Make a hole for supplying a coolant with access to the insert



25. Using the Polar Array function, shape the seat and the flute for the second insert



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19042-80 – Пластины сменные многогранные твердосплавные. Классификация. Система обозначений. Формы.
2. <http://www.widia.com/>
3. Хае́т Г.Л., Гах В.М., Громаков К.Г. и др. Сборный твердосплавный инструмент. М., "Машиностроение", 1989, – 256с.
4. ГОСТ 1050-88 – Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
5. ГОСТ 2590-88 – Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент.
6. Смольников Е.А., Сарманова Л.М. Влияние термической обработки на деформацию корпусов сборных фрез // Станки и инструмент, 1991, №9, с. 23,26,27.
7. DIN 965 / ISO 7046 – Винт с потайной головкой и крестообразным шлицем.
8. DIN 963 / ISO 2009 – Винты с потайной головкой и крестообразным шлицем типа Н или типа Z. Класс точности А. Часть 1. Винты стальные класса прочности 4.8.
9. ГОСТ 17475-80 исполнение 2 – Винт с потайной головкой и крестообразным шлицем.
10. ОСТ 1 31551-80 – Винт с потайной головкой и крестообразным шлицем.
11. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. – Бином, 2004. – 448с.
12. Бернштейн М.Л., Рахштадт А.Г. Металловедение и термическая обработка стали, т.1. М., Металловедение, 1991, - 462с.
13. Утенков В.М., Быков П.А. Возможности использования динамометра Kistler для испытания металлорежущих станков // Электронный технический журнал "Инженерный вестник". №10, октябрь 2012, - 23с.

14. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. – 4с.

15. Назаренко О.Б. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск, ТПУ, 1991. – 25с.

16. Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – М., 1996 – 96с.

17. Основы противопожарной защиты предприятий. ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010 – 76с.