

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

Школа ИШНПТ
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии изготовления сборной головки БТА для условий серийного производства

УДК 621.88.091:621.952:658.524

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Решиков Константин Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С. В.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Томск – 2018г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 15.04.01 Машиностроение
(магистратура)*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин
P2	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/CAM/CAE продуктов.
P3	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
P5	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность
P6	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента в качестве предприятия
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Готовность следовать кодексу профессиональной этики и социальным нормам ведения инженерной деятельности
P8	Готовность к непрерывному самосовершенствованию в инженерной педагогической и исследовательской деятельности и способность критически переосмысливать накопленный опыт
P9	Способность организовывать и эффективно управлять работой коллектива, состоящего из специалистов различных направлений и квалификаций, а также готовность нести ответственность за результаты выполненной работы
P10	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной среде, презентовать и защищать результаты инженерной и исследовательской деятельности, в том числе и на иностранном языке

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы «Материаловедение»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Арляпов А. Ю.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Решиков Константин Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологии изготовления сборной головки БТА для условий серийного производства	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.03.2018, приказ №1973/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2018
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Монография Кирсанов С. В. «Обработка глубоких отверстий»; - Каталоги конструкций головок БТА фирм Botek (Германия), Ingersoll (США), Unitac (Япония), Iscar (Израиль); - Патенты на конструкции сборных головок БТА Швеция, Германия, США, Япония, КНР, Россия ;
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Патентный обзор современных конструкций сборных головок БТА; - разработка технологии изготовления сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА диаметром 31,2 мм; - производственные испытания сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	диаметром 31,2 мм; - разработка рекомендаций по совершенствованию конструкции и технологии изготовления сборной нерегулируемой головки БТА диаметром 31,2 мм.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Исследовательский	Кирсанов С. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская А. В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю. М.
Исследовательский (на английском языке)	Пичугова И. Л.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Исследовательский раздел	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С. В.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Рециков К. С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 19 рис., 39 табл., 39 источников, 2 прил.

Ключевые слова: глубокое сверление, сверлильные головки БТА, технология изготовления, сборные режущие инструменты.

Объект разработки - сборная нерегулируемая сверлильная головка БТА диаметром 31,2 мм.

Цель работы - разработка технологии изготовления сборной нерегулируемой головки БТА диаметром 31,2 мм.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики сборной нерегулируемой головки БТА:

- оснащена сменными твёрдосплавными режущими и направляющими пластинами;

- эксплуатация головок требует применения специальных марок масляных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ);

- экономически эффективны в условиях массового и крупносерийного производств, и требует применения специальных станков глубокого сверления или модернизированных универсальных станков.

Степень внедрения: по разработанной автором технологии в ОАО «Свердловский инструментальный завод» была изготовлена опытная партия сборных нерегулируемых сверлильных головок БТА диаметром 31,2 которые прошли успешные производственные испытания в ООО «Юргинский машиностроительный завод» (Россия).

Область применения: оборонная, нефтяная промышленность, судостроение, авиастроение, моторостроение и др.

Экономическая эффективность достигается за счёт того, что освоение выпуска головок БТА ОАО «Свердловский инструментальный завод» позволит отказаться от их покупок за рубежом.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНОЙ ГОЛОВКИ БТА ДЛЯ УСЛОВИЙ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
Цель работы	7
1. Патентный обзор современных конструкций сверлильных головок БТА....	9
2. Анализ конструкции сборной нерегулируемой головки БТА диаметром 31,2 мм.....	20
3. Разработка технологии изготовления сборной нерегулируемой сверлильной голвки БТА диаметром 31,2 мм	22
4. Производственные испытания сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА.....	40
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	43
6. Социальная ответственность	73
Приложение А	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108

Введение

Отверстия глубиной более пяти диаметров, для получения которых требуется применение специальных режущих инструментов и станков, относят к глубоким отверстиям. Обработка таких отверстий является весьма специфической технологической операцией. Для её эффективной реализации необходимо знать особенности обработки глубоких отверстий, требования к применяемым смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ), особенности дробления стружки, способы базирования заготовок на станках для обработки отверстий и др.

Глубокие отверстия необходимы практически во всех отраслях современного машиностроения. При этом в качестве обрабатываемых материалов используются низколегированные стали, стали твёрдостью до 42...44 HRC, чугуны, титан, цирконий, уран, чистый алюминий, электролитическую медь, графит и др. Существует несколько способов получения глубоких отверстий из них, для сверления отверстий диаметром от 6 до 180 миллиметров и глубиной до 100 диаметров с точностью диаметральных размеров IT7÷IT9, уводом осей отверстий до 0,01...0,03 мм/100 мм и шероховатостью Ra 1,25...3,2 мкм, применяют свёрла БТА. Основными производителями этих инструментов на сегодняшний день являются компании: Votek (Германия), Unitac (Япония), Sandvik Coromant (Швеция), Ingersoll (США), Iscar (Израиль) и др. В России такие инструменты не выпускаются, хотя потребность в них постоянно испытывают оборонная, нефтегазовая, судостроительная и другие отрасли промышленности. Поэтому задача выпуска этих инструментов отечественной инструментальной промышленностью является актуальной.

Цель работы

Целью работы является разработка технологии изготовления сборных нерегулируемых сверлильных головок БТА диаметрами 31,2; 32,0; 37,0; 37,2

мм в условиях серийного производства на ОАО «Свердловский инструментальный завод». Здесь и далее следует учесть, что технологии изготовления головок идентичны, и будут рассмотрены на примере сверлильной головки БТА диаметром 31,2 мм.

Для выполнения поставленной задачи необходимо:

1. Выполнить анализ технологичности сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА.
2. Выбрать исходную заготовку.
3. Разработать технологию изготовления сборных нерегулируемых головок БТА.
4. Изготовить опытный образец сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА.
5. Выполнить производственные испытания сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА диаметром 31,2 мм.
6. Внести коррективы в конструкцию и технологию изготовления сборных нерегулируемых головок БТА.

1. ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВЕРЛИЛЬНЫХ ГОЛОВОК БТА

Свёрла БТА используют для сверления отверстий диаметром 6...180 мм, глубиной более 100D с точностью диаметральных размеров IT 7...9, уводом осей отверстия до 0,01...0,03/100 мм и шероховатостью $Ra = 2,5$ мкм.

Сверло БТА состоит из сверлильной головки 1 и стебля 2 кольцевого сечения, к которому при помощи наружной или внутренней прямоугольной однозаходной или четырехзаходной резьбы крепится головка (рис 1).

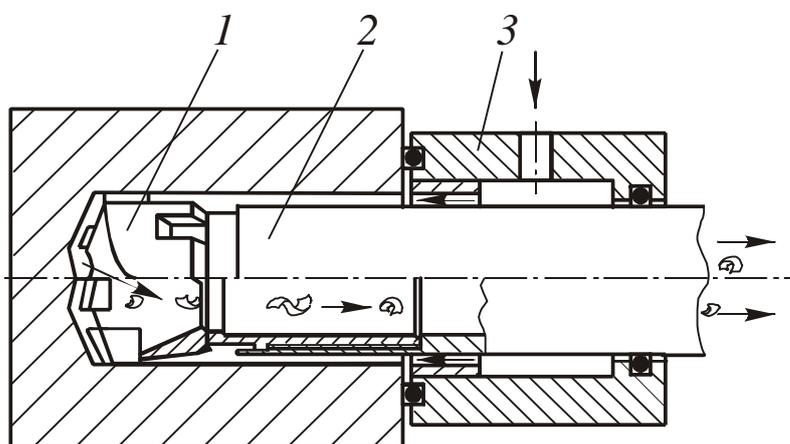


Рис. 1. Схема обработки глубокого отверстия сверлом БТА: 1 – сверлильной головкой, 2 – стебель, 3 – маслоприемник

Центрирование головки в стебле осуществляется по двум пояскам, находящимся в стебле и на хвостовике по посадке H7/f7. Во время сверления в зону резания под давлением подается СОЖ из маслоприемника 3 в зазор между обработанным отверстием и стеблем, а стружка отводится из зоны резания через каналы внутри стебля.

Свёрла БТА имеют более высокую жёсткость, чем ружейные сверла, поэтому их подача в 2...4 раза выше, при этом стружка, так как отводится внутри стебля, не царапает обработанную поверхность. Стоит учитывать, что из-за внутреннего отвода, стружка может закупоривать входные каналы

головки и стебля, что сделает процесс сверления невозможным, вследствие этого головки изготавливают диаметром более 6 мм. Так как возможно закупоривание стружкой каналов, к пластинам предъявляются высокие требования по дроблению стружки. Дробление стружки на пластинах достигается путем заточки или прессованием и последующим спеканием торцевых уступов, или созданием порожков на передней поверхности режущих пластин.

Конструкции свёрл БТА достаточно разнообразны. Для того, чтобы разобраться, в чём заключаются основные отличия следует провести патентный обзор.

Поиск патентов для обзора предусматривал изучение конструкций головок БТА оснащённых сменными режущими и направляющими пластинами, исследование их технического уровня и тенденций развития. Данное направление поиска связано с тем, что при выполнении магистерской диссертации, являющейся основанием для данного поиска, планируется разработка конструкции головок БТА оснащённых специальными сменными твёрдосплавными режущими и направляющими пластинами.

В процессе поиска патентной документации для дальнейшего анализа было отобрано 2 документа Российской Федерации, 14 документов стран Евросоюза, 6 документов Китая, 4 документа Японии и 8 документов США.

В Российской Федерации головки БТА не производятся, поэтому на отечественных предприятиях используются импортные головки, в основном, производства трех фирм: *Sandvik Coromant* (Швеция), *Botek* (Германия), *Iscar* (Израиль), *Unitac* (Япония). В корпусах этих головок с высокой точностью выполнены пазы, в которых установлены либо режущие и направляющие пластины, либо вставки, оснащенные сменными режущими и направляющими пластинами. В этих головках периферийные режущие пластины бывают нерегулируемыми и регулируемыми в радиальном направлении. Центральные и промежуточные режущие пластины

устанавливают радиально или тангенциально. Последнее расположение пластин способствует повышению их жесткости, а, следовательно, и производительности процесса сверления.

Анализ отобранной патентной документации показывает, что наибольшее число патентов получено на совершенствование направляющих пластин головок БТА.

В патентах US3751177, SE347450B, FR2072230, JP4946837B1, GB1323607A, DE2057512A1 (рис. 2, 3) предлагается использовать самоустанавливающиеся направляющие, качающиеся относительно своих продольных и поперечных осей.

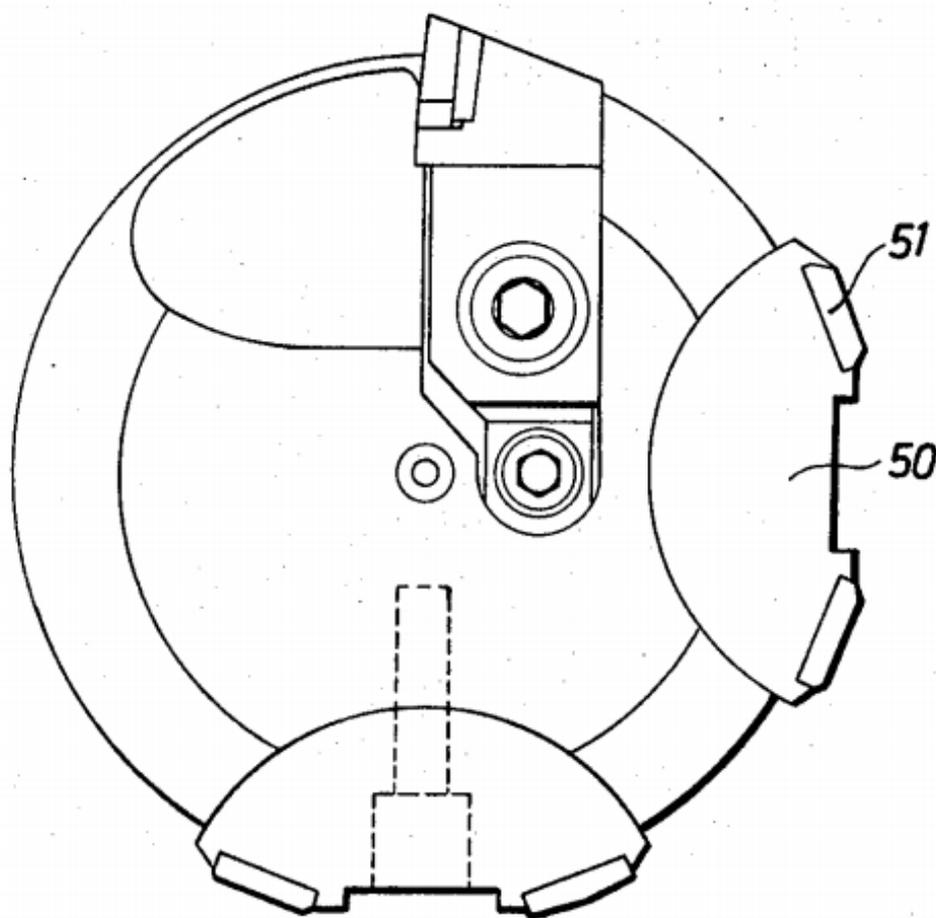


Рис. 2. Качающаяся направляющая

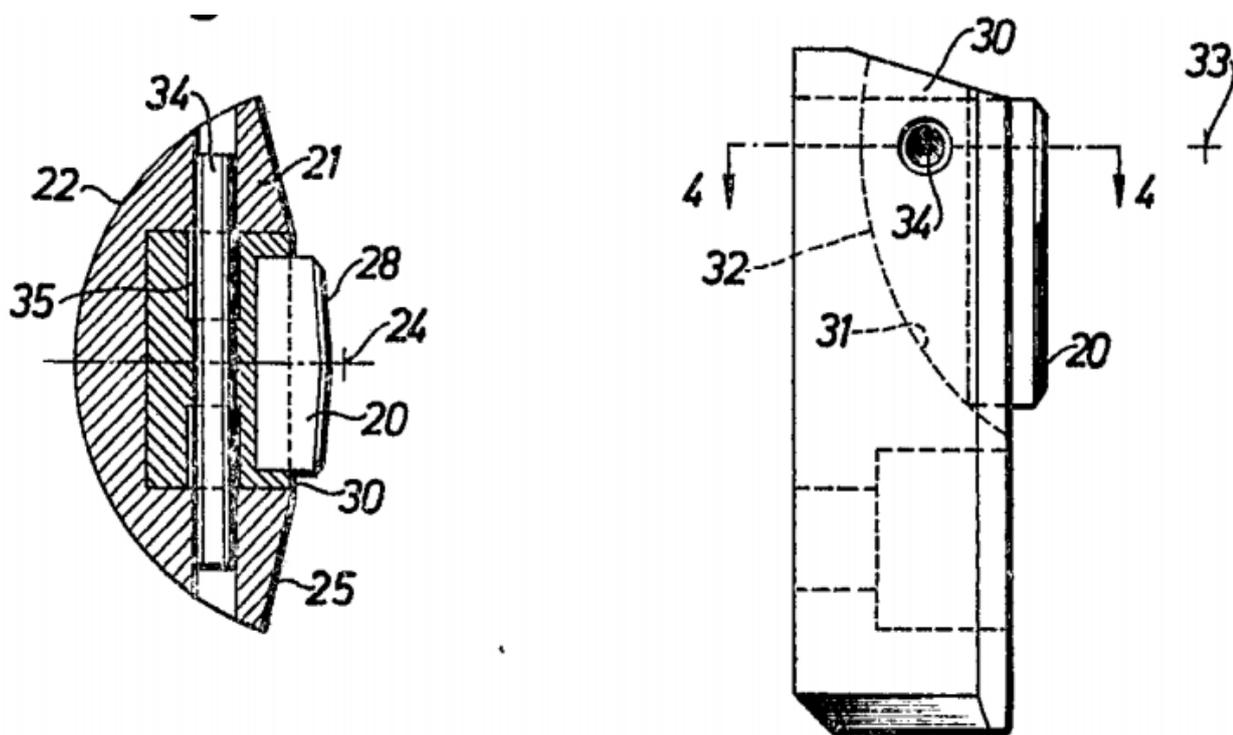


Рис. 3. Качающаяся направляющая

Благодаря этому обеспечивается более полный контакт направляющих с поверхностью обработанного отверстия, так как частичный контакт приводит к росту удельного давления, повышенному трению и износу направляющих. Такое технологическое решение хоть и является эффективным, однако предъявляет большие требования к точности изготовления площадки качания.

Обычно направляющие изготавливают из твердых сплавов с различным содержанием карбидов WC, TiC, TaC, NbC. При этом чаще всего на направляющие наносят износостойкие покрытия TiN, TiAlN, которые при сверлении жаропрочных сталей быстро изнашиваются. В патентах EP1609551A1, US20060045640A1, CN1712162A, JP2006007414A, SE527809C2 (рис. 4) предлагается для сверления отверстий в жаропрочных сталях использовать направляющие из керамики на основе оксидов Al_2O_3 и / или ZrO_2 , а также на основе нитрида кремния (Si_3N_4) с легированием

оксидами иттрия, циркония, алюминия и др. Получают керамические пластины методом горячего прессования.

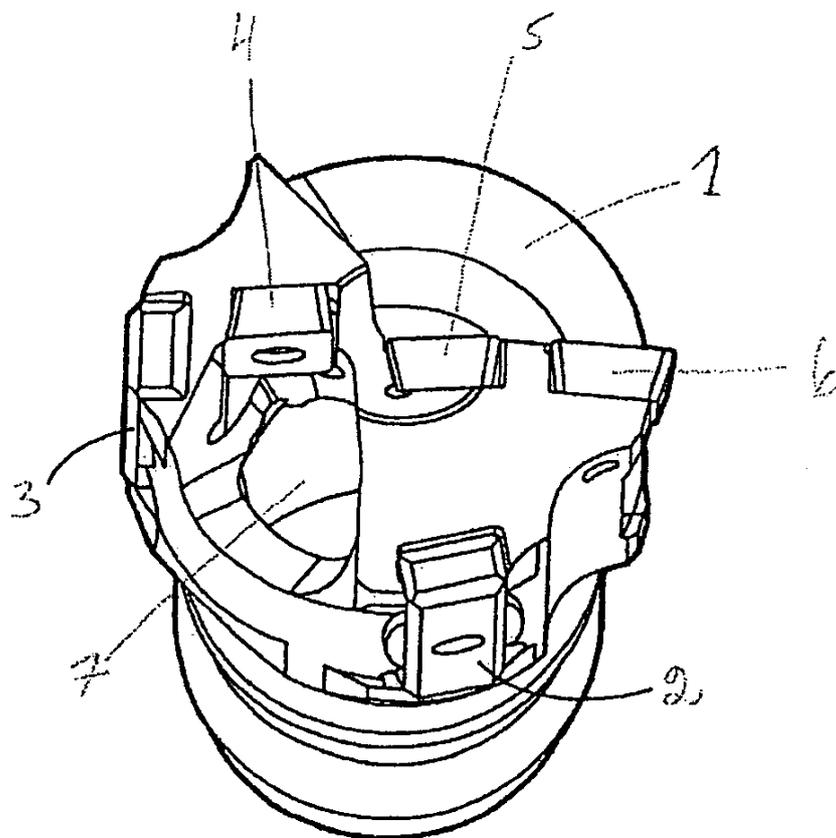


Рис. 4. Направляющие (2, 3), изготовленные из керамики

В полезной модели к патенту RU57171U1 (рис. 5) предлагается при шлифовании направление микронеровностей на направляющих пластинах головок БТА выполнять под углом к оси головки не равным 90° . Такие направляющие по сравнению с направляющими, у которых микронеровности перпендикулярны к оси инструмента, благодаря оптимальной топологии обладают повышенной на 20% стойкостью.

В патентах US5697737, RU2136450C1, EP0781183B1, CN1066370C, JP3700860B2 (рис. 6) предлагается изготавливать направляющие с двумя крыловидными выступами на продольных сторонах пластин. Благодаря этому осуществляется более четкая фиксация направляющих в пазах головки и увеличивается их прочность, ослабленная крепежным отверстием,

расположенным в центре пластин. При этом длина выступа $l=(0,25\dots0,5)L$, где L – длина направляющей.

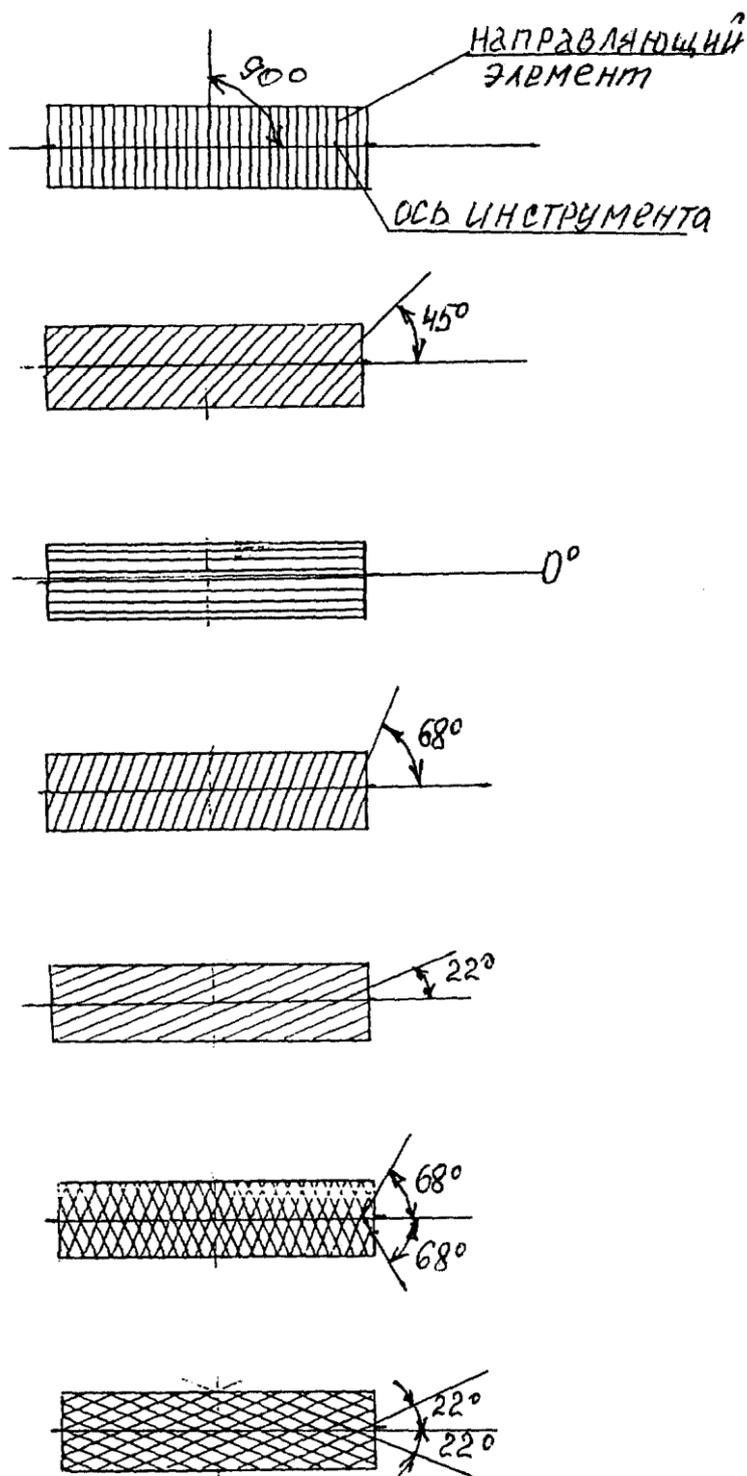


Рис. 5. Расположение микронеровностей на поверхности направляющей пластины

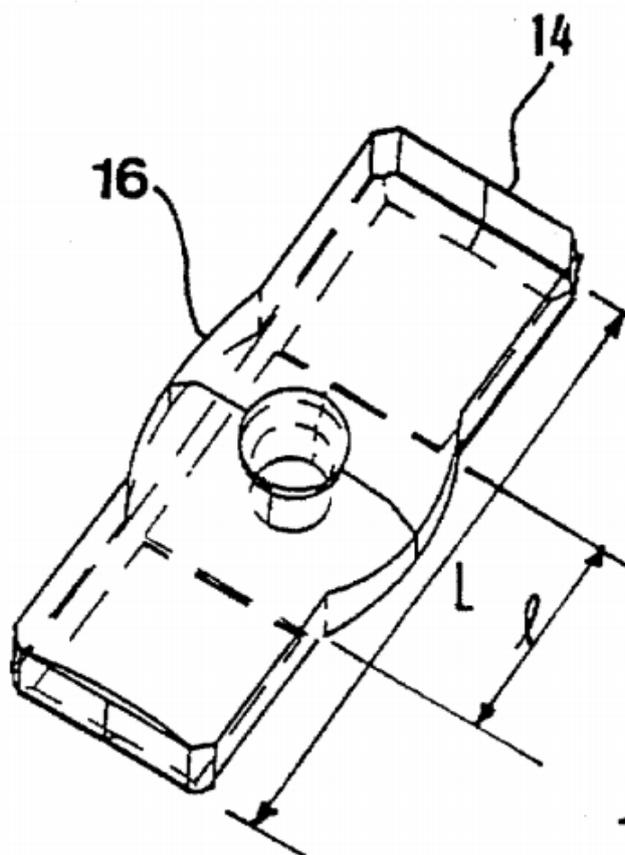


Рис. 6. Направляющая с крыловидными выступами

Для увеличения объема СОЖ, подаваемой в зону резания, патенты US6682275B1, SE517361C2, JP2003502163A, EP1204503B1, CN1356933A, CN1140369C рекомендуют выполнять на торцах и цилиндрических поверхностях корпусов головок дополнительные канавки. Благодаря этому такие головки обладают повышенной стойкостью.

В предложенной конструкции сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА, которая используется далее для составления технологии, также предусмотрены и пазы, расположенные перед направляющими пластинами. Такое расположение пазов позволяет большему количеству СОЖ поступать к направляющим пластинам, что существенно повышает ресурс их работы.

Упомянутые выше конструктивные элементы можно увидеть на рисунке рисунке 6.

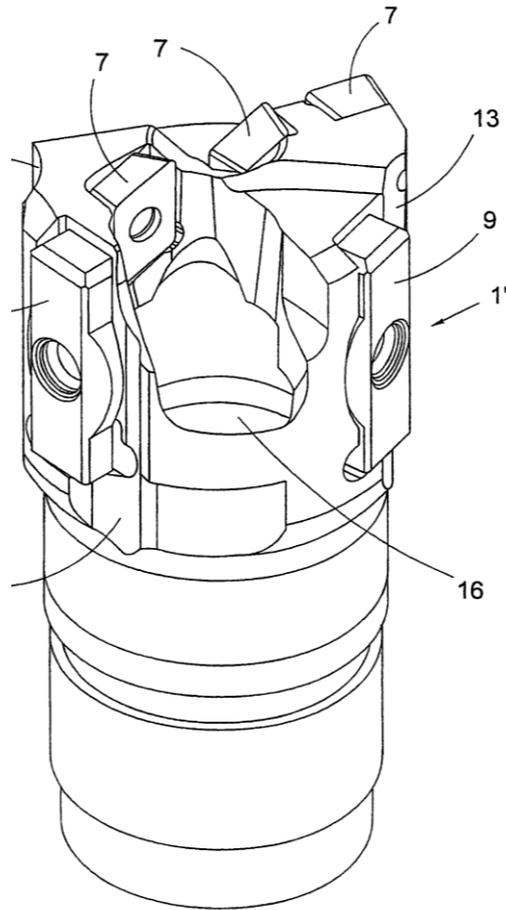


Рис. 7. Обнижения для СОЖ на торце корпуса головки

Первые головки БТА, оснащенные сменными режущими пластинами появились в 70-х годах прошлого века. Крепление режущих пластин у них осуществлялось прихватом сверху, который затруднял движение стружки по передним поверхностям пластин. Поэтому в последующих конструкциях головок крепление режущих пластин осуществляли «впотай» винтами типа *Torx*.

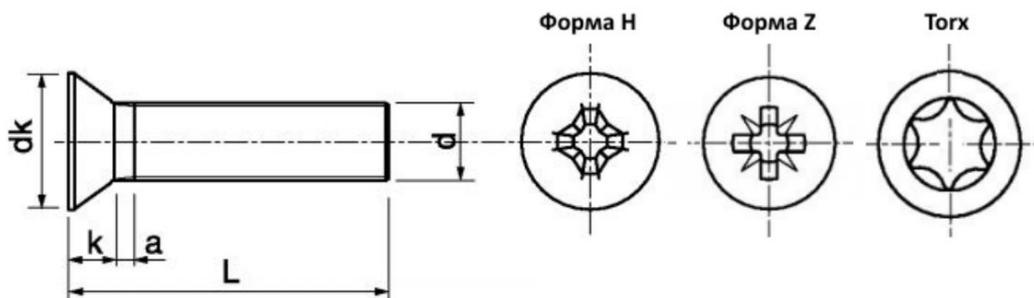


Рис. 8. Типы винтов

В патентах US5820318A, RU2147265C1, SE504332C2, EP0781184B1, CN1067617C (рис. 9) предложена регулируемая головка БТА с односторонним расположением двух плотно прилегающих режущих пластин. Однако такое расположение режущих пластин увеличивает нагрузку на направляющие пластины, которые быстро изнашиваются.

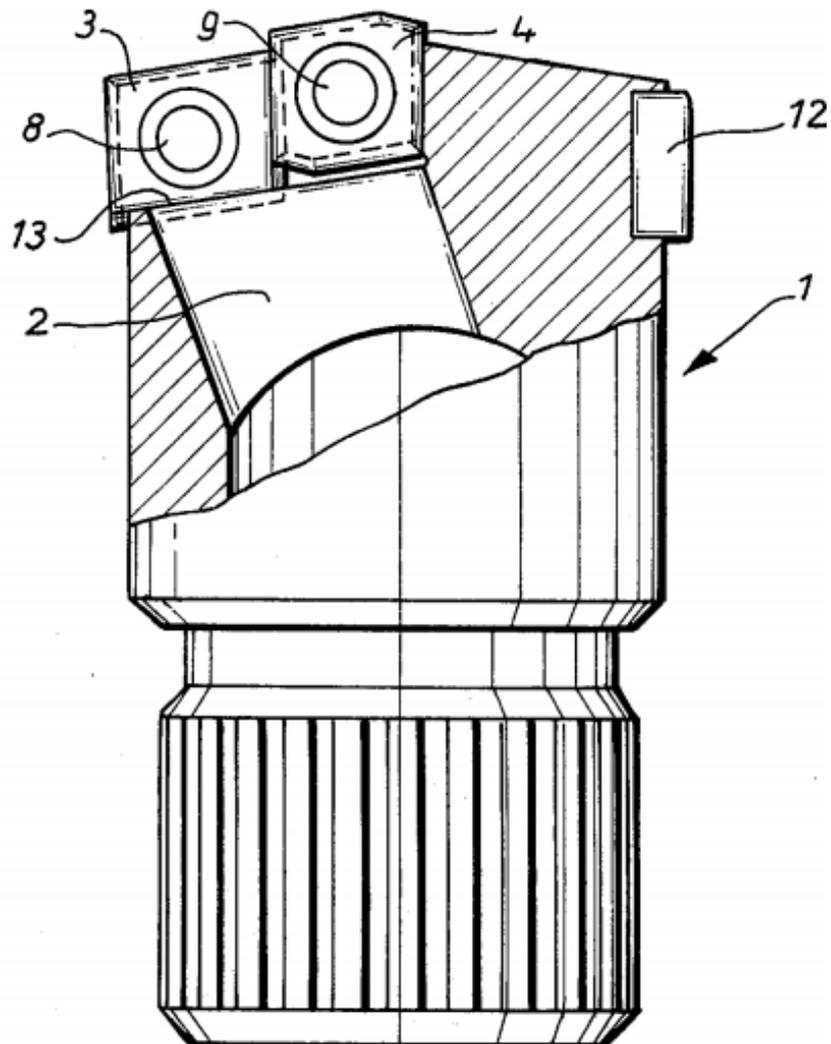


Рис.9. Вариант расположения режущих пластин

Для уменьшения нагрузки на направляющие в патентах US4293252A, EP0014423B1 были предложены регулируемые головки с двухсторонним расположением режущих пластин

По мере совершенствования технологии изготовления твердосплавных пластин и появления высокоточных многооперационных станков стало

возможным изготавливать головки с нерегулируемыми, жестко закрепляемыми режущими и направляющими пластинами (патенты US20060045640A1, EP1609551A1). Это значительно упрощает конструкцию головки, но предъявляет повышенные требования к точности изготовления корпусов головок и твердосплавных пластин. Так, например, по данным фирмы *Botek*, допуск на ширину режущих пластин должен быть равен $\pm 0,005$ мм, а на высоту направляющих пластин – $\pm 0,002$ мм.

Выводы:

1. Сборные сверлильные головки по сравнению с напайными головками имеют следующие преимущества:
 - повышенные стойкость, надежность и прочность твердосплавных режущих и направляющих пластин благодаря отсутствию пайки и переточки;
 - меньшие расходы на эксплуатацию головок;
 - сокращение простоев станков глубокого сверления, связанных с заменой и подналадкой затупившегося инструмента;
 - возможность применения в одной головке режущих пластин с различными размерами стружколомающих уступов, более эффективных марок твердых сплавов для режущих и направляющих пластин в зависимости от обрабатываемого материала и места их расположения;
 - возможность нанесения износостойких покрытий на режущие и направляющие пластины;
 - сокращение потерь остродефицитных и дорогостоящих материалов (вольфрам, тантал, кобальт) благодаря возврату в металлургическую промышленность до 90 % твердого сплава.
2. Сборные головки с нерегулируемыми режущими и направляющими пластинами более технологичны, но требуют применения твердосплавных пластин повышенной точности.

В результате патентного обзора, и на основании выводов, сконструирована сборная нерегулируемая сверлильная головка БТА диаметром 31,2 мм, конструкция которой представлена в приложении Б.

2. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ НЕРЕГУЛИРУЕМОЙ ГОЛОВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 мм

В конструкции сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА гнёзда под режущие и направляющие пластины, а также резьбовые отверстия в гнёздах должны быть изготовлены с высокой точностью в радиальном и угловом направлениях относительно оси центрирующих поясков. Точность изготовления гнёзд под пластины в осевом направлении также должна быть высокой. Торцы направляющих пластин должны быть смещены в сторону хвостовика на расстоянии 0,5 мм относительно режущей кромки периферийной режущей пластины. В противном случае процесс сверления будет невозможен.

Анализ химического состава сверлильных головок БТА производства фирмы *Botek* (Германия) показал, что для изготовления корпуса сборной сверлильной головки можно использовать легированные стали марок 50ХФА, 40ХН2МА, 40Х13 или инструментальные стали Х12, Х12МФ, Х12ВМФ, с твердостью после термообработки *HRC* 42...46 [2].

Руководствуясь тем, что тип производства данных головок - серийный, следует принимать заготовку такой, чтобы она была наиболее близка к уже готовому изделию. Поэтому, в качестве заготовки для изготовления корпуса сборной нерегулируемой головки необходимо использовать круглый прокат.

Для обеспечения высокой точности расположения поверхностей, корпус сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА необходимо использовать многооперационный станок с ЧПУ. Последний должен обладать приводным инструментом для изготовления пазов под режущие и направляющие пластины, которые расположены под разными углами к осям симметрии заготовки. Станком, удовлетворяющим такие требования, является токарный обрабатывающий центр *GLS-1500LY* фирмы *Goodway* (Тайвань) (рис.10), технические характеристики которого представлены в табл. 1.



Рис. 10. Токарный обрабатывающий центр *Goodway GLS1500LY*

Таблица 1. Технические характеристики станка

Параметр	Значение
Максимальный диаметр заготовки, мм	Ø560
Высота центров, мм	230
Максимальный диаметр обработки, мм	Ø430
Максимальная длина обработки, мм	330
Тип патрона	Трёхкулачковый, гидравлический
Диаметр отверстия шпинделя, мм	Ø56
Тип торца шпинделя	A2-5
Диаметр подшипника шпинделя, мм	Ø80
Максимальная скорость вращения, об/мин	6000
Мощность двигателя, кВт	7,5
Максимальная величина перемещения по оси X, мм	230
Максимальная величина перемещения по оси Z, мм	330
Ускоренное перемещение по осям X/Z, м/мин	30
Количество позиций револьверной головки	12
Сечение державки инструмента, мм	25x25
Максимальный диаметр хвостовика осевого инструмента, мм	Ø40
Количество позиций револьверной головки для приводного инструмента	12
Сечение державки инструмента, мм	20x20
Максимальный диаметр хвостовика осевого инструмента, мм	Ø25
Максимальный диаметр хвостовика осевого приводного инструмента, мм	16 ER25
Максимальная скорость вращения осевого приводного инструмента, об/мин	4000
Мощность двигателя приводного инструмента, кВт	2,7
Тип пиноли задней бабки	MT #4
Система ЧПУ	Fanuc Oi-TF
Вместительность бака для СОЖ, л	100
Габариты, длина/ширина/высота	2358/1523/1650
Вес станка, кг	3200

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНОЙ НЕРЕГУЛИРУЕМОЙ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГОЛВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 мм

При анализе конструкции выявлено, что точно выдержать все необходимые размеры, обеспечить требуемое расположение поверхностей, а также необходимые параметры шероховатости можно только с помощью станка с ЧПУ, например, мод. GLS-1500LY.

Было установлено, что в качестве материала заготовки могут быть использованы легированные и инструментальные стали и в частности инструментальная сталь X12MФ, обладающая следующими характеристиками (табл.2, 3):

Таблица 2. Химический состав стали X12MФ

Массовая доля элементов, %				
Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера
1,45-1,65	0,10-0,40	0,15-0,45	до 0,35	до 0,03
Фосфор	Хром	Молибден	Ванадий	Медь
до 0,03	11,00-12,50	0,40-0,60	0,15-0,30	до 0,03

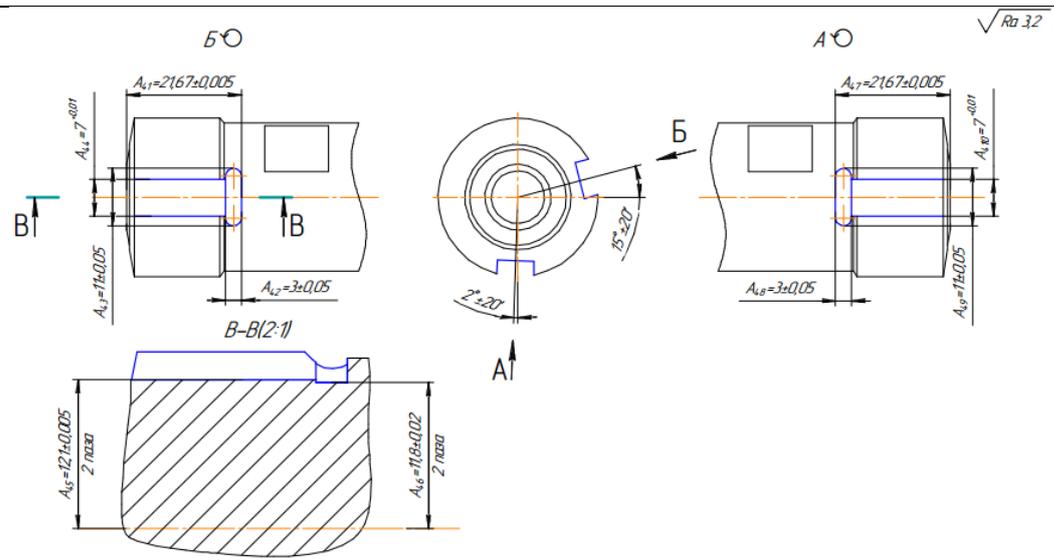
*Таблица 3. Механические свойства стали X12MФ в зависимости от температуры
испытания*

Температура испытания, °С	Временное сопротивление разрыву σ_B, Н/мм² (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ_5, %	Относительное сужение ψ, %
700	140	44	68
800	125	-	58
900	81	46	54
1000	46	-	49
1100	25	48	48
1200	8	3	14

Основные этапы технологии изготовления сборной нерегулируемой сверлильной головки БТА диаметром 31,2 мм представлены в табл. 4:

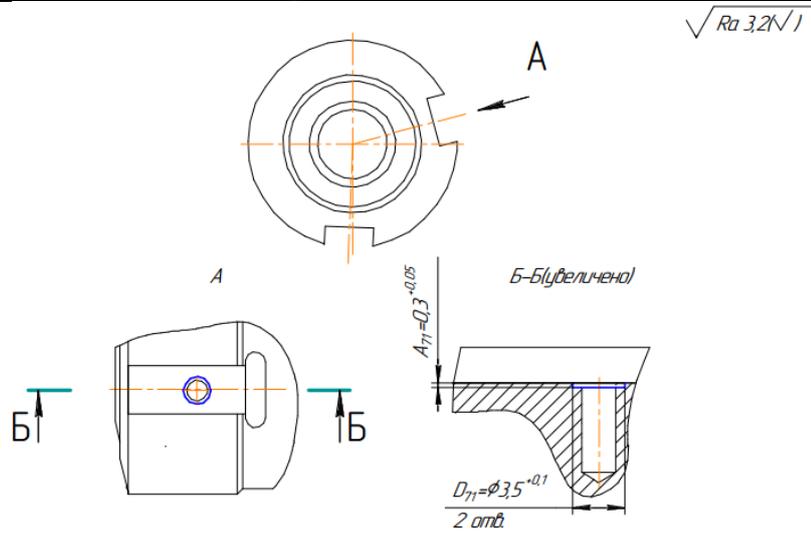
Таблица 4. Маршрутная карта

№ операции	Наименование операции, эскиз, текст переходов
и	<p>1. ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ</p>
	<p style="text-align: center;">1. Точение по программе.</p>
005	<p style="text-align: center;">2. Фрезерование лысок под ключ.</p>

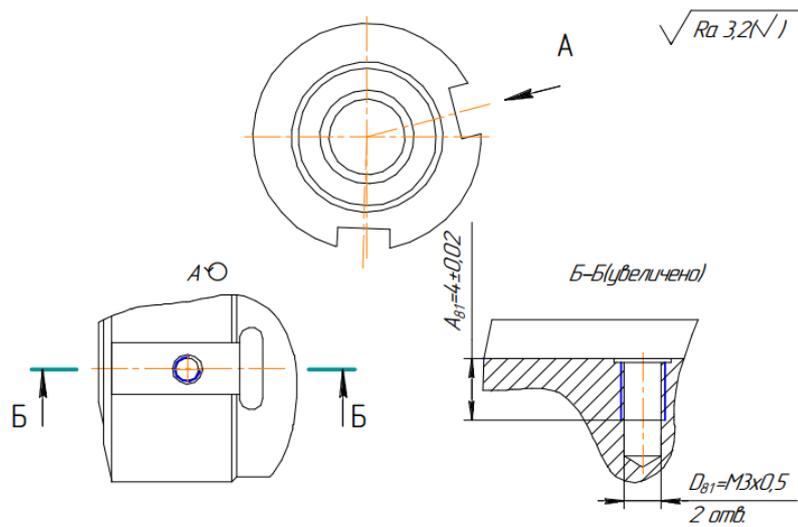


3. Фрезерование пазов под направляющие пластины.

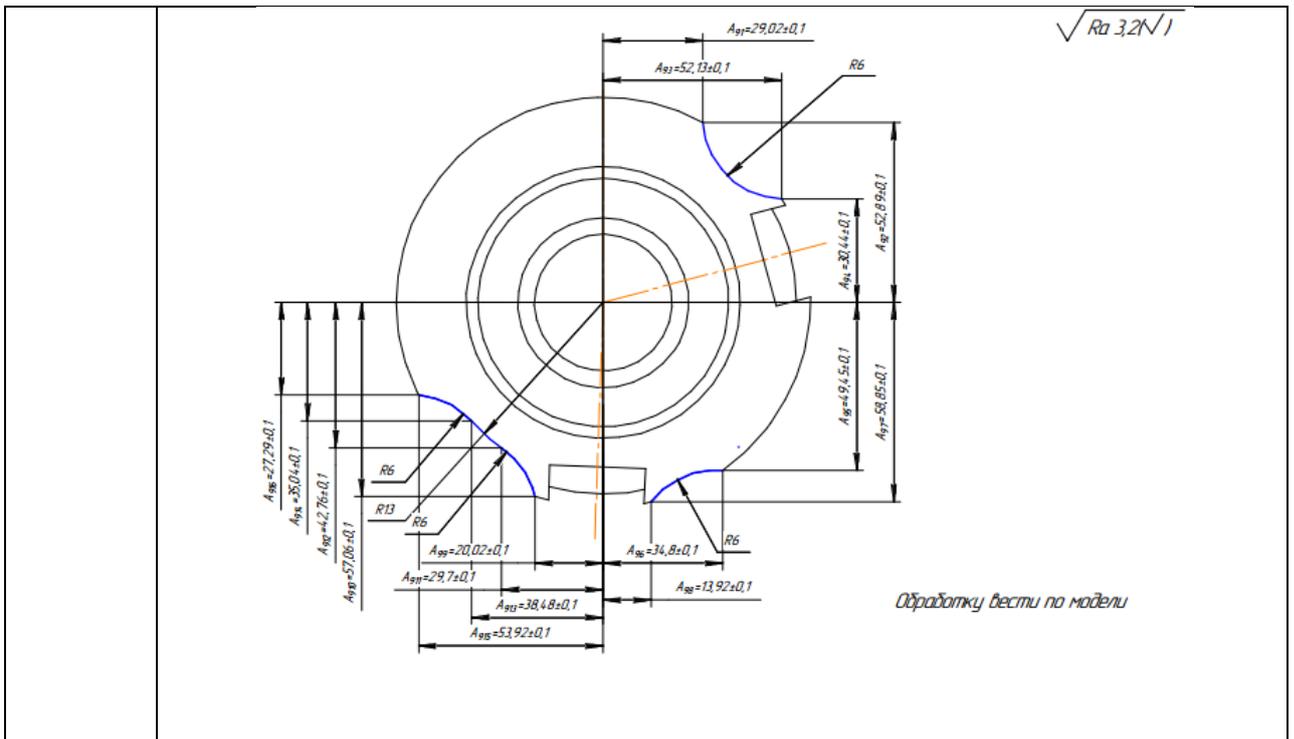
005



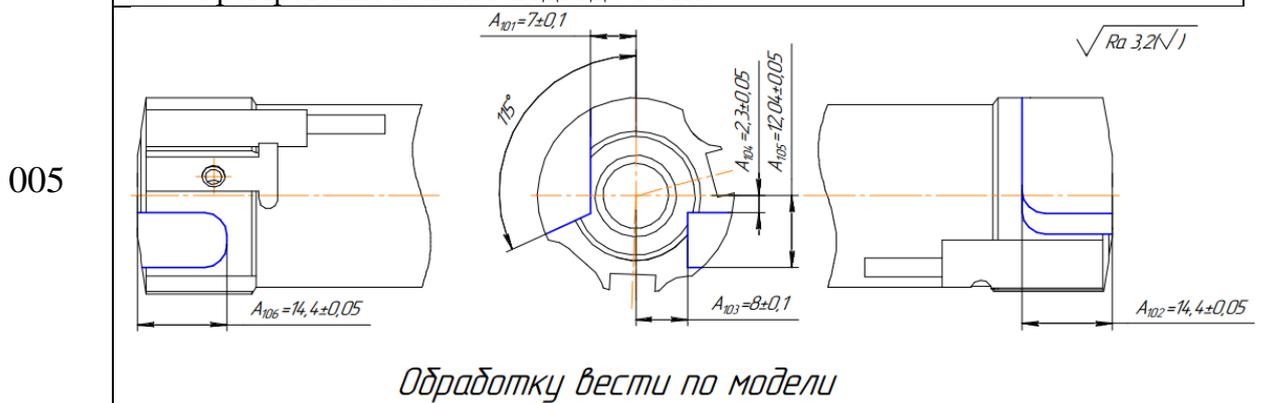
4. Центрование, сверление и цекование отверстий под винты.



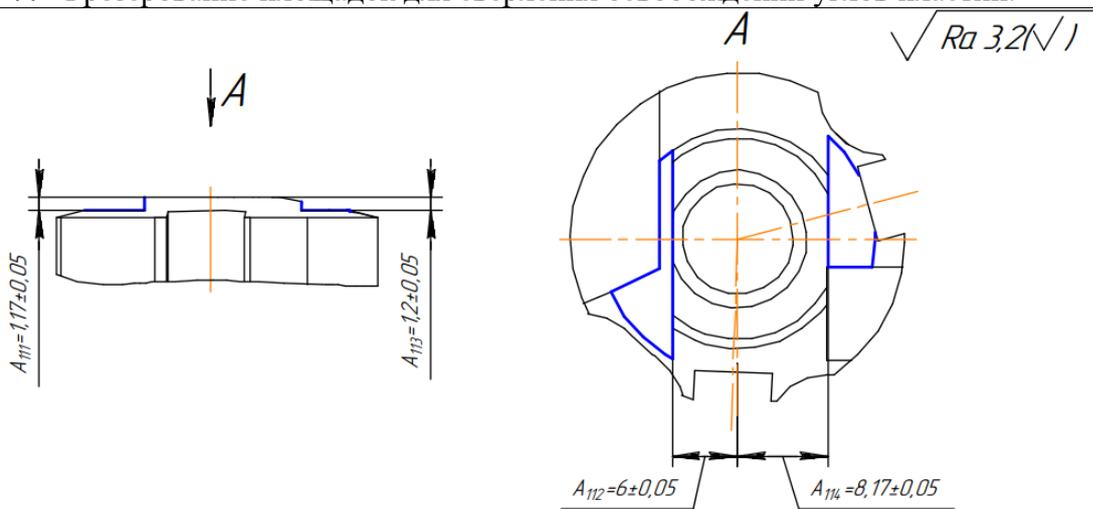
5. Нарезание резьб в отверстиях.



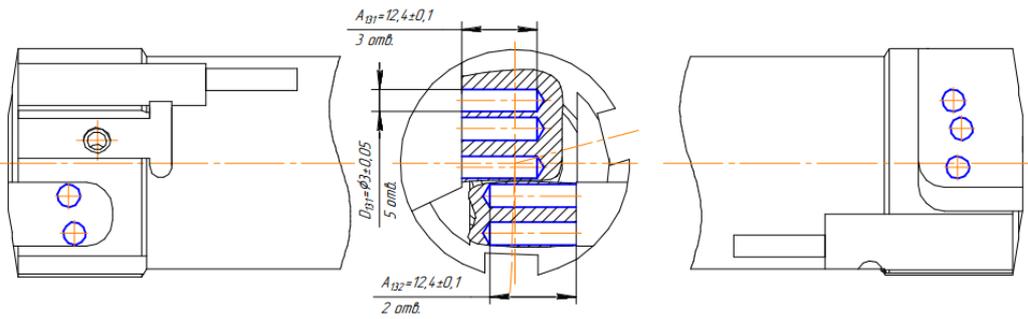
6. Фрезерование каналов подвода СОЖ.



7. Фрезерование площадок для сверления освобождений углов пластин.

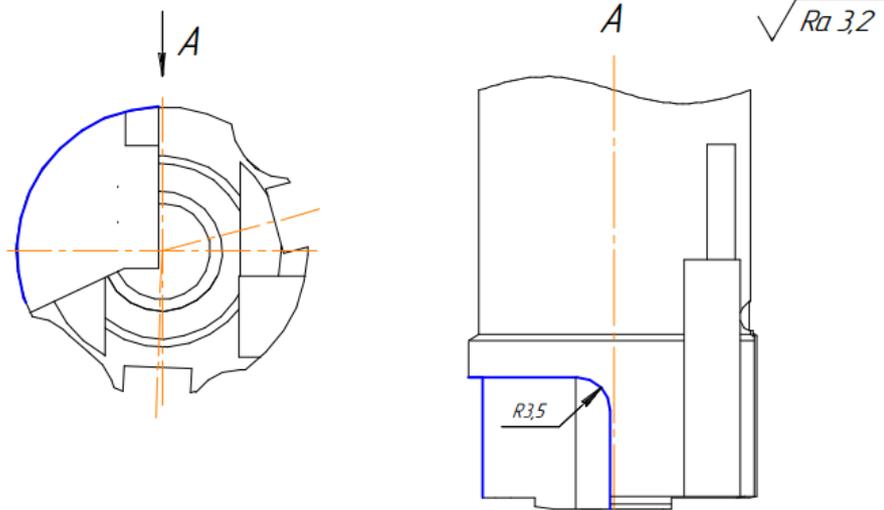


8. Фрезеровать каналов на торце для подвода СОЖ.



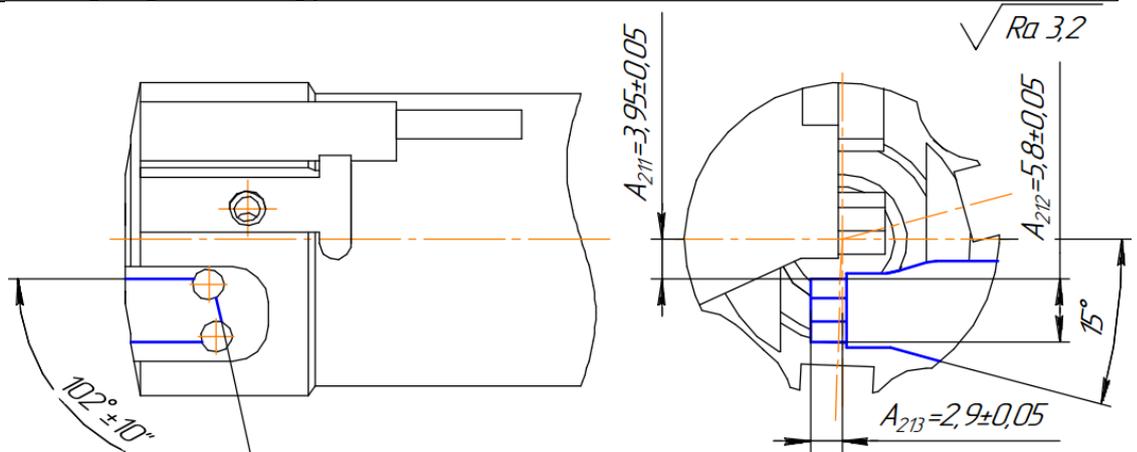
9. Сверление отверстий под освобождения углов гнёзд режущих пластин.

005



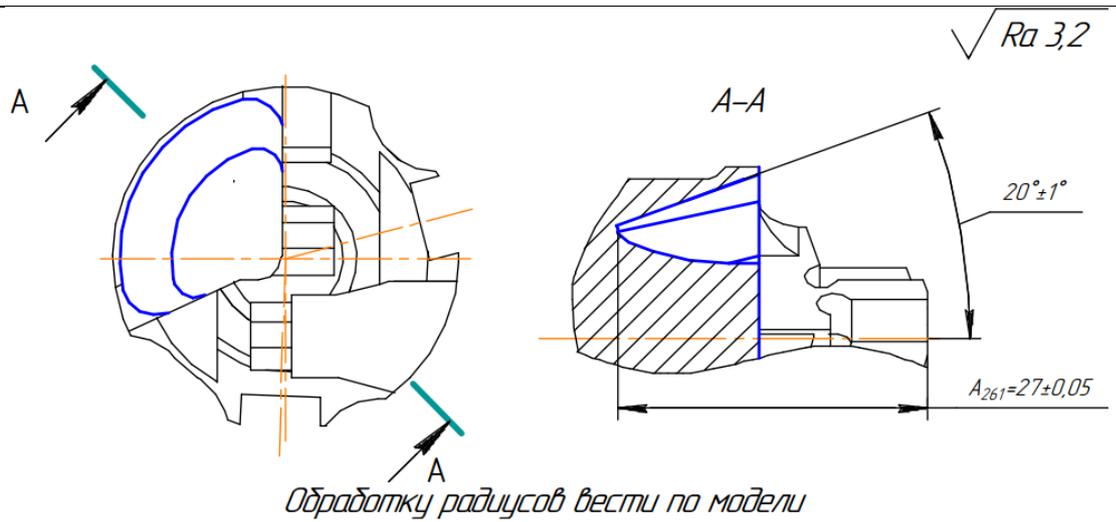
Обработку радиусной поверхности начисто вести по программе

10. Фрезерование скруглений каналов.

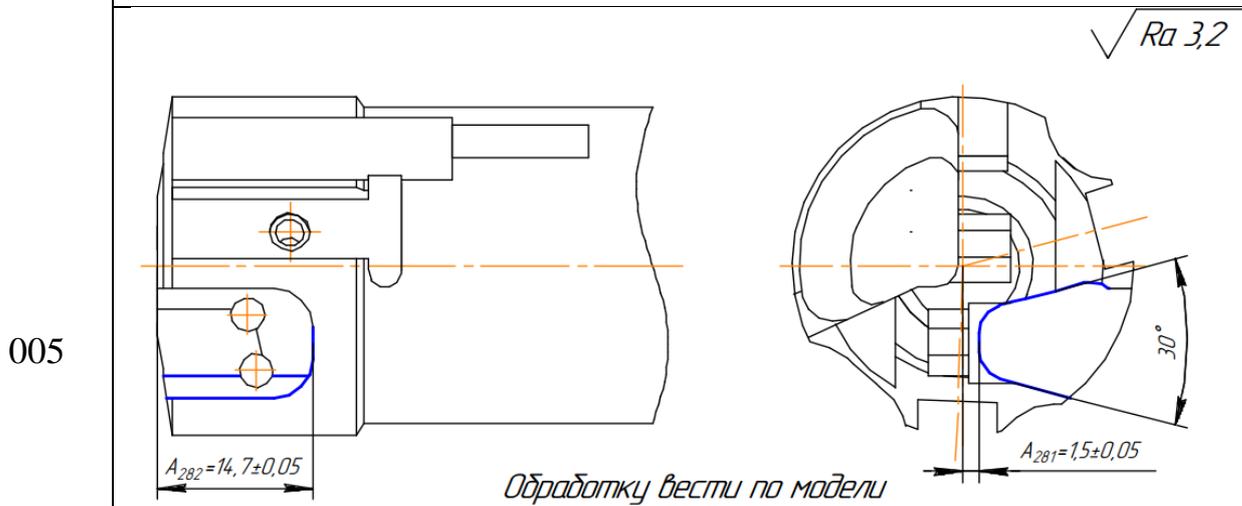


Обработку гнезда вести по модели

11. Черновое фрезерование всех гнёзд под режущие пластины.

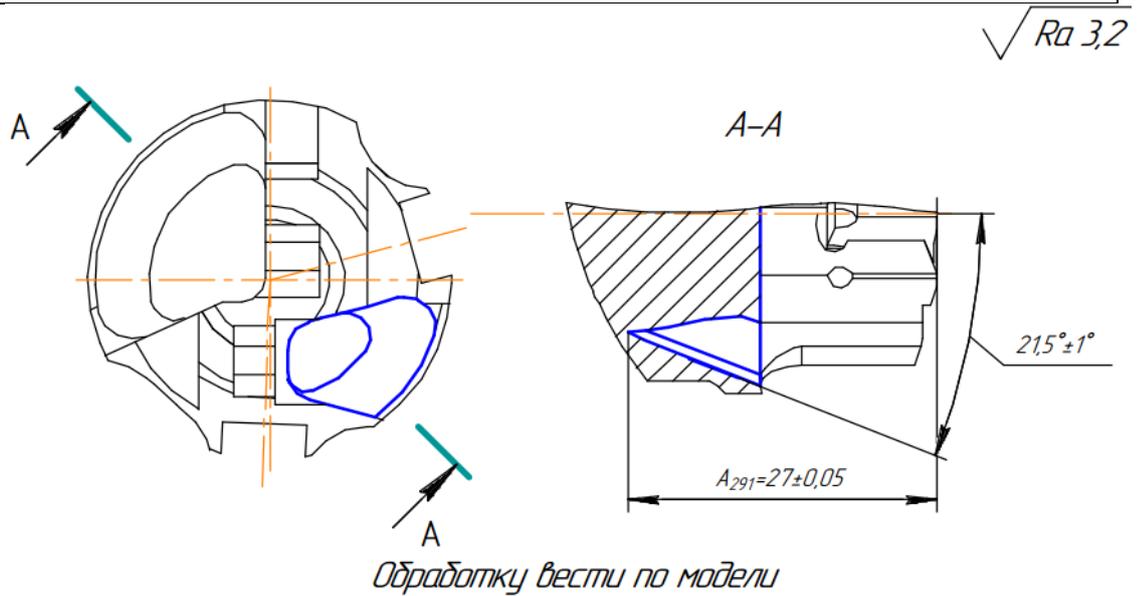


12. Фрезерование уклона в канале вывода СОЖ.

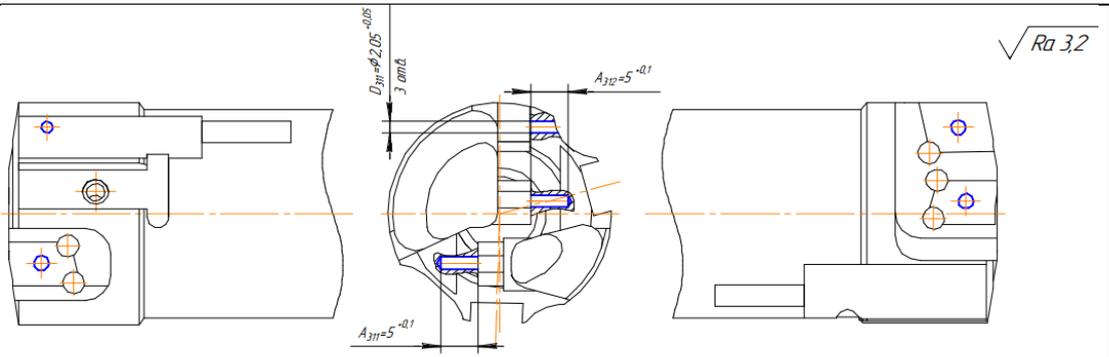


005

13. Фрезерование чистовое в гнезде режущей пластины.



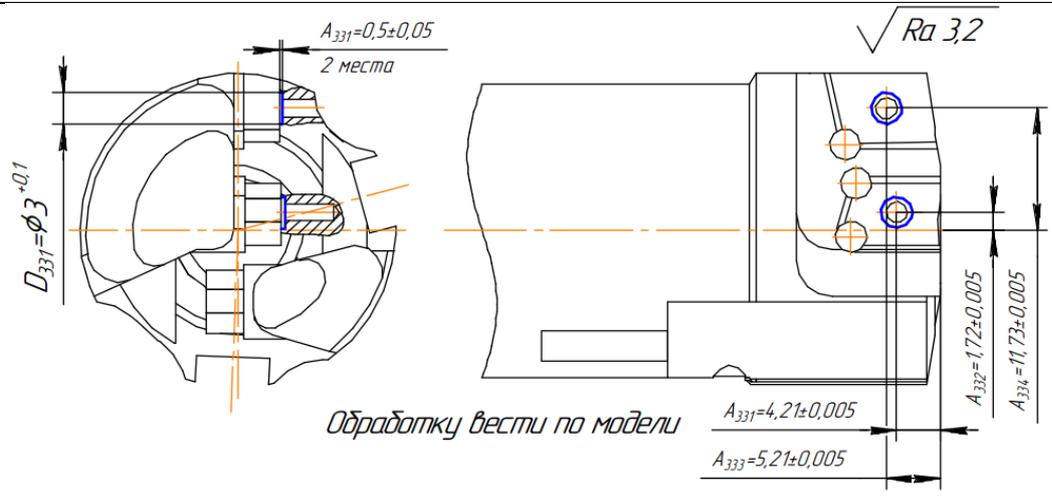
14. Фрезерование уклона в канале вывода СОЖ.



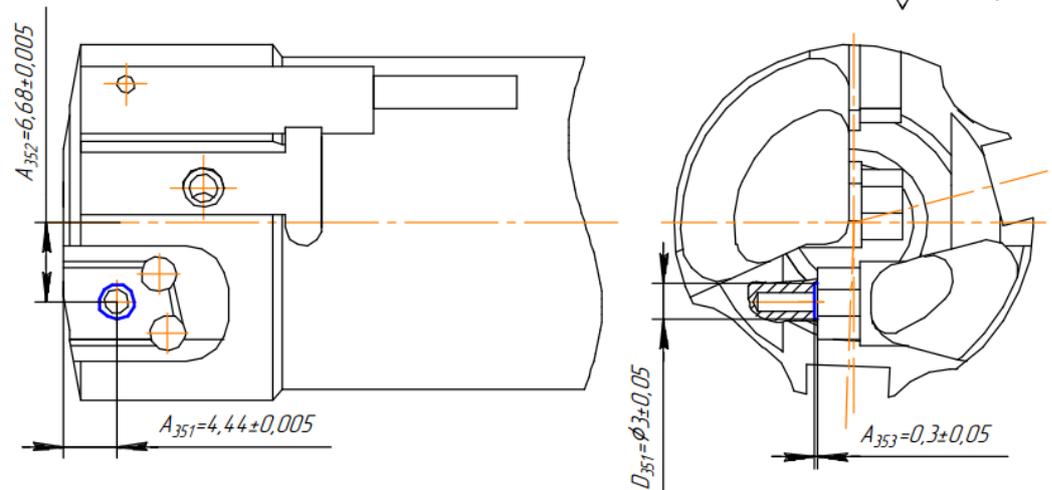
Обработку вести по модели

15. Сверление отверстий под режущие пластины.

005

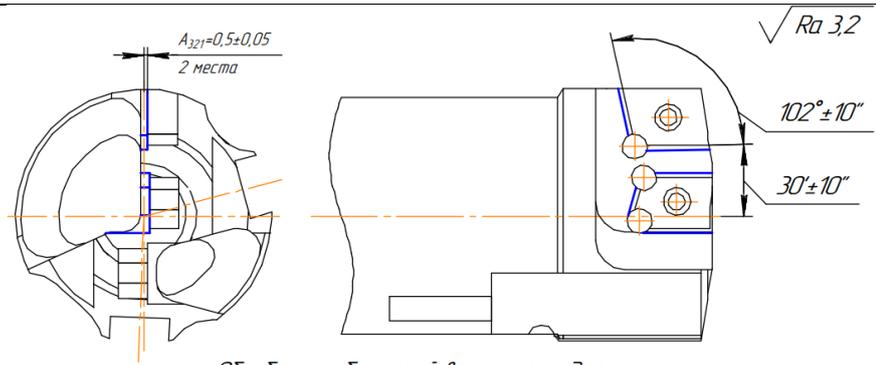


Обработку вести по модели

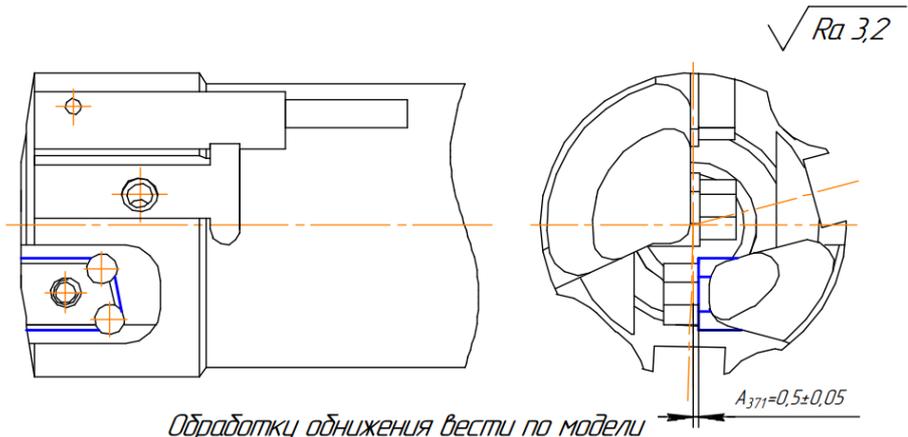


Обработку вести по модели

16. Цекование отверстий под винты режущих пластин.



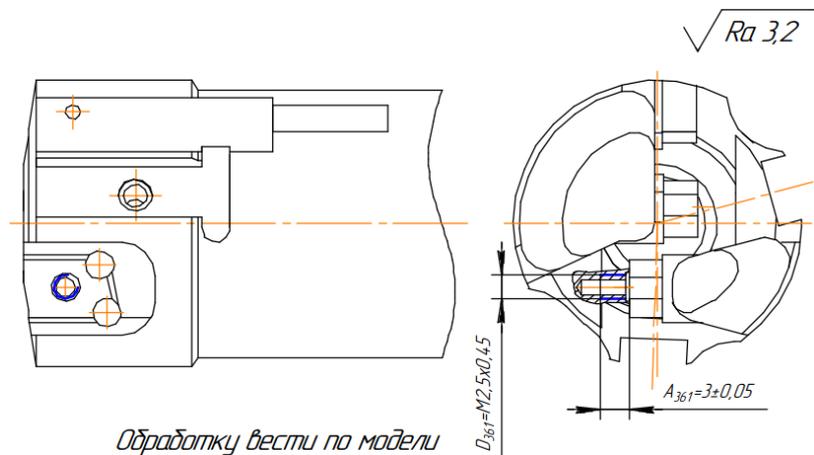
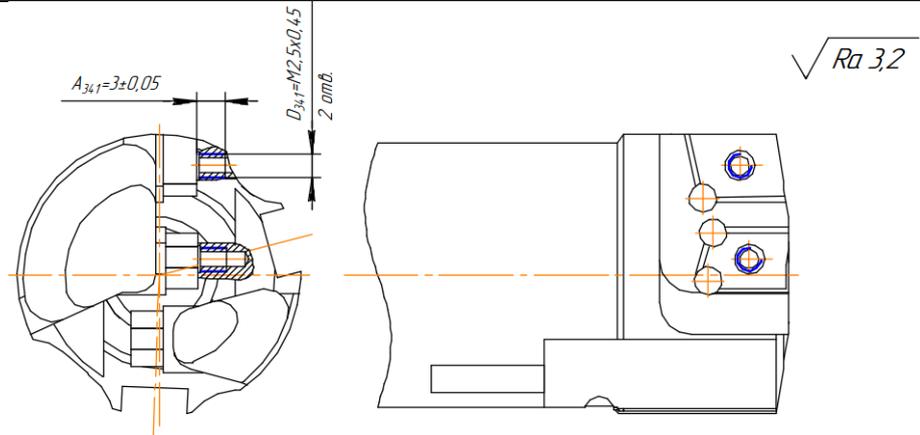
Обработку обнижений весты по модели



Обработку обнижения весты по модели

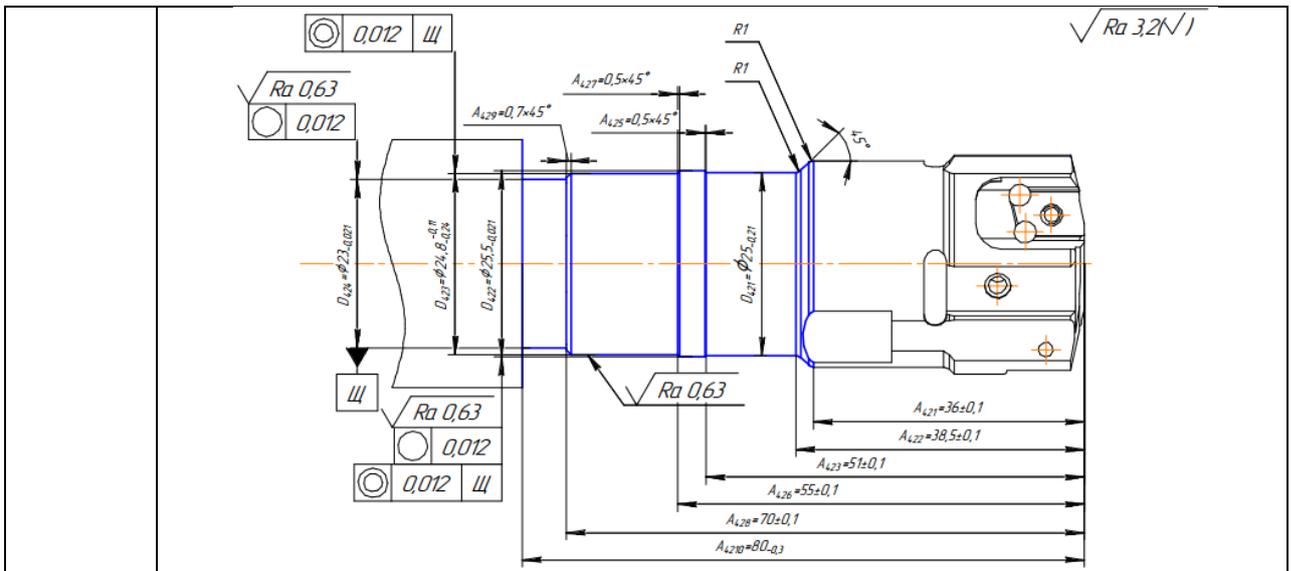
17. Фрезерование обнижений в гнёздах режущих пластин.

005

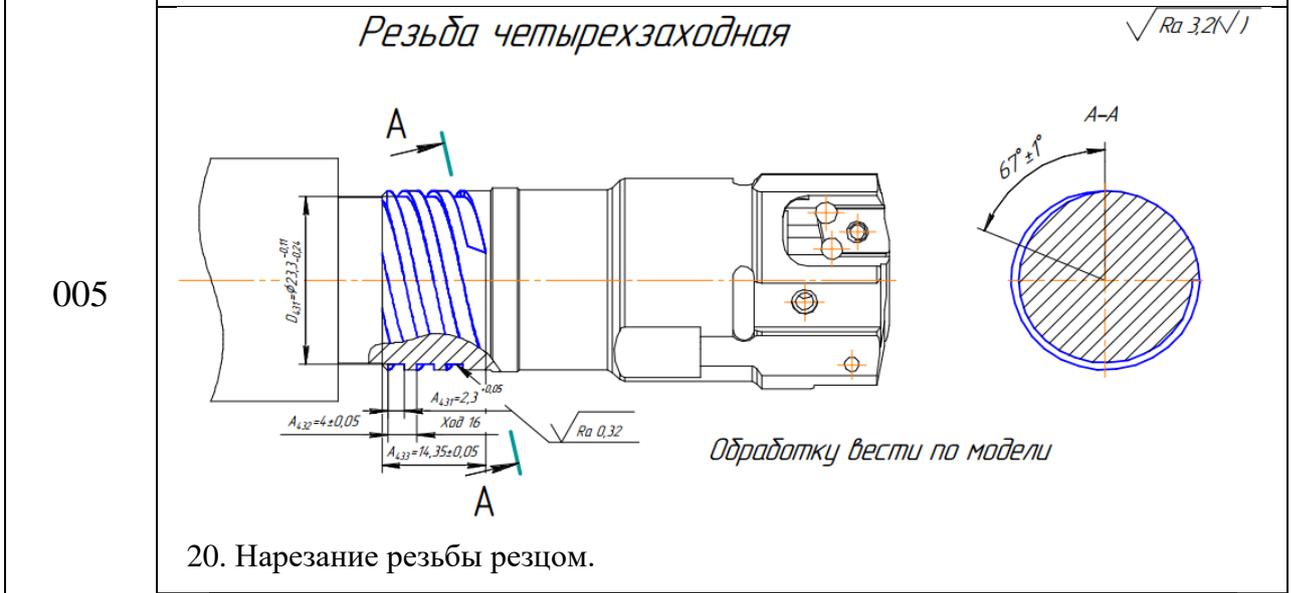


Обработку весты по модели

18. Нарезание резьб в отверстиях.

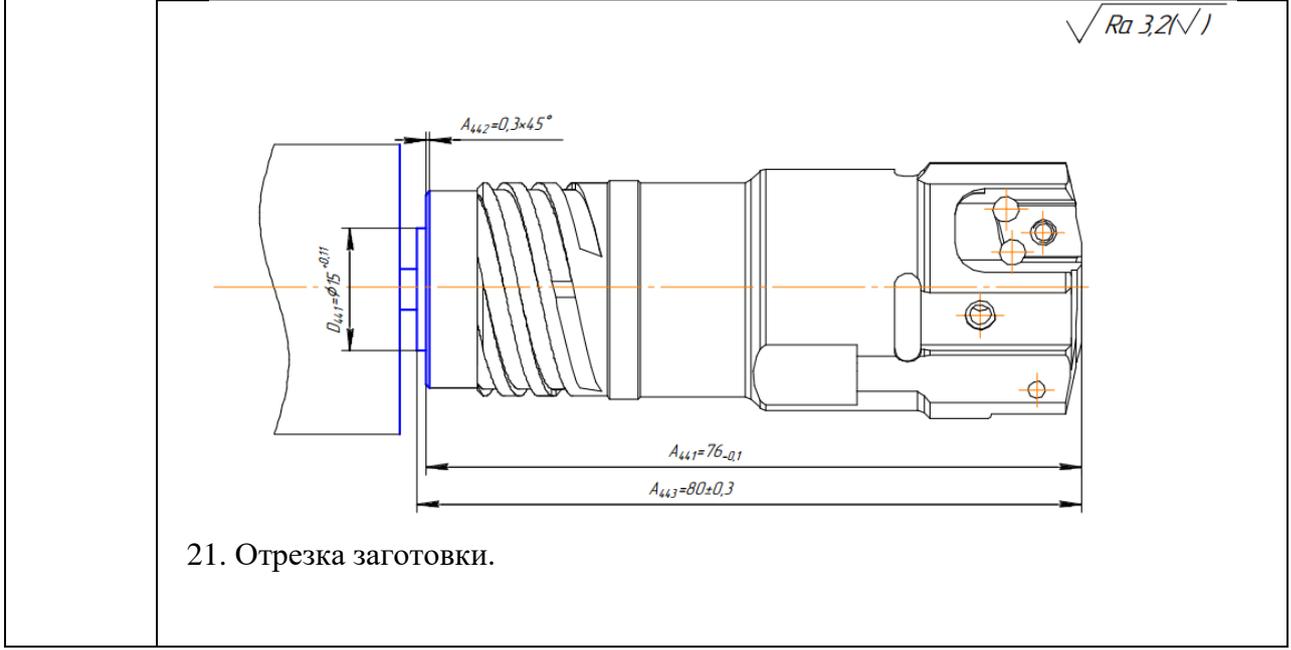


19. Точение по контуру чистовое.



005

20. Нарезание резьбы резцом.



21. Отрезка заготовки.

2. ТОКАРНАЯ С ЧПУ	
010	<p>22. Расточить отверстие, выдерживая размеры, указанные на эскизе.</p>

Режущий инструмент, с помощью которого производились операции обработки, указан в табл.5:

Таблица 5. Режущий инструмент

Режущий инструмент	Обозначение или нормативный документ, определяющий форму	Предназначение
Державка с твердосплавной режущей пластиной с углом 80°	MITSUBISHI CNMG431MS	Точение черновое
Державка с твердосплавной режущей пластиной с углом 35°	MITSUBISHI VNMG331	Точение по контуру чистовое
Резец отрезной	KORLOY SP300 PC9030	Отрезание заготовки
Резец канавочный специальный	-	Нарезание прямоугольной резьбы
Фреза коническая специальная с углом 79°	-	Фрезерование упорных поверхностей пластин
Фреза Ø8 мм	МИОН У610 8-45-89	Фрезерование черновое площадок, уступов, каналов
Фреза Ø5 мм	МИОН У610 5-25-75	Фрезерование пазов черновое, фрезерование пазов чистовое
Фреза Ø3 мм	МИОН У609 3-12-58	Фрезерование пазов чистовое, цекование
Сверло центровочное Ø1,6	ГОСТ 14952-75	Центрование отверстий
Сверло Ø3 А1	ГОСТ 10902-77	Сверление отверстий
Сверло Ø2,5 А1	ГОСТ 10902-77	Сверление отверстий
Сверло Ø2,05 А1	ГОСТ 10902-77	Сверление отверстий
Метчик машинный М3х0,5	DIN 352	Нарезание резьб
Метчик машинный М2,5х0,45	DIN 352	Нарезание резьб

После выбора режущих инструментов, использованных для изготовления головки, были назначены режимы резания. Последние назначаются исходя из обрабатываемого материала, мощности станка и требуемых параметров шероховатости (табл. 6):

Таблица 6. Режимы резания

Операция, переход	Режимы резания	
	Скорость вращения шпинделя N , об/мин	Подача S , (мм/об при точении, мм/мин при фрезеровании и сверлении)
Токарно-фрезерная с ЧПУ		
Точение наружное черновое	2000	0,2
Фрезерование лысок	1800	200
Фрезерование гнёзд под направляющие пластины	4000	200
Центрование	800	20
Сверление отверстий	1000	20
Цекование отверстий	4000	100
Фрезерование каналов для отвода СОЖ	2800	200
Фрезерование площадок для сверления отверстий в углах режущих пластин	2800	300
Сверление отверстий в углах пластин	900	20
Фрезерование уклонов гнёзд пластин	4000	100
Наружное протачивание чистовое	2000	0,2
Нарезание резьбы специальным резцом	150	-
Отрезка в размер	1500	0,05
Токарная с ЧПУ		
Растачивание внутреннее	1500	0,1

Сверлильная головка в сборе должна отвечать следующим требованиям:

1. Иметь осевой зазор между торцом направляющей пластины и режущей кромкой периферийной пластины в пределах 0,4-0,5 мм.

2. Обеспечивать заданный чертежом диаметр.

Пластины в корпусе головки расположены таким образом, что главная режущая кромка периферийной режущей пластины выступает перед торцом направляющей пластины в направлении подачи на некоторую величину. Зная, что самая низкая точка главной режущей кромки периферийной пластины находится на расстоянии $1,150 \pm 0,01$ и то, что направляющая пластина длиной $20 \pm 0,005$ будет упираться в стенку паза длиной $21,670 \pm 0,005$, рассчитаем наибольший и наименьший зазоры между точкой касания стенки отверстия периферийной пластиной и торцом направляющей пластины. Принимая s замыкающим размером, получаем следующую размерную цепь:

$$s = \overline{A_2} - \overleftarrow{A_1} - \overleftarrow{A_3}, \quad (1).$$

Максимальный зазор получим при наибольшем увеличивающем звене и наименьших уменьшающих звеньях:

$$s_{max} = A_{2max} - A_{1min} - A_{3min};$$

$$s_{max} = 21,675 - 1,14 - 19,995 = 0,54 \text{ мм};$$

Минимальный зазор получим при наименьшем увеличивающем звене и наибольших уменьшающих звеньях:

$$s_{min} = A_{2min} - A_{1max} - A_{3max};$$

$$s_{min} = 21,665 - 1,16 - 20,005 = 0,5 \text{ мм};$$

Имеем гарантированный зазор в пределах $s = 0,50 - 0,54$ мм.

Для проверки обеспечения заданного диаметра, составим размерную цепь в сечении $A-A$ (рис. 11)

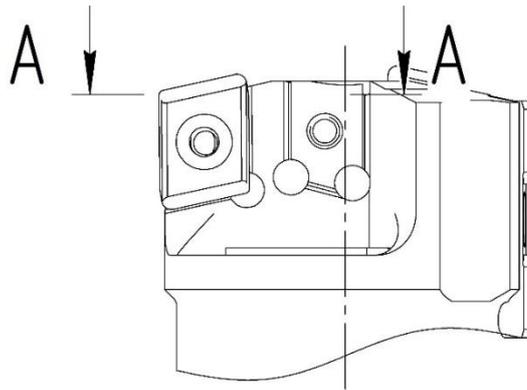


Рис. 11. Сечение $A-A$

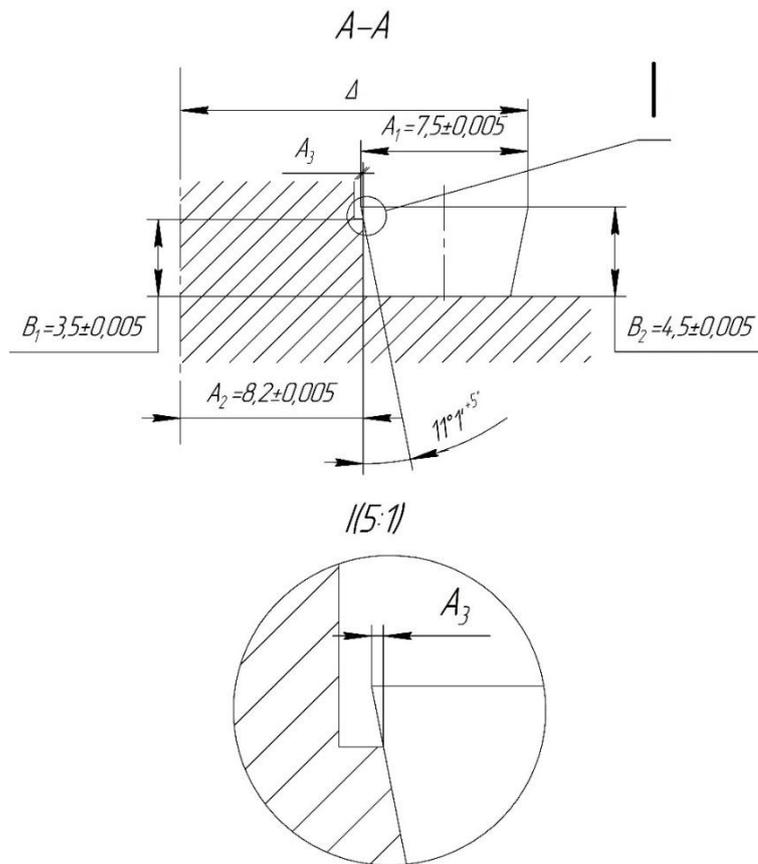


Рис. 12. Схема расчёта замыкающего звена

При расчёте, для нахождения размера замыкающего звена, используем метод максимумов-минимумов. Замыкающее звено рассчитывается по формуле (2):

$$\Delta = \overline{A_1} + \overline{A_2} - \overline{A_3}. \quad (2)$$

Звено A_3 является уменьшающим в данной цепи, и может быть найдено пересчётом из прямоугольного треугольника (рис. 13):

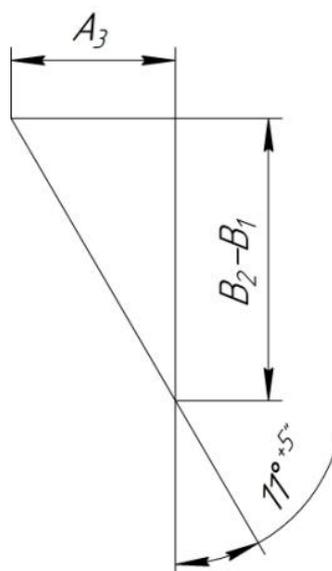


Рис. 13. Схема для расчёта размера A_3

$$A_3 = \operatorname{tg}(11^{\circ}5'')(B_2 - B_1). \quad (3)$$

Максимальное значение замыкающего звена получается при максимальных значениях увеличивающих и минимальном значении уменьшающих звеньев:

$$\Delta_{max} = A_{1max} + A_{2max} - A_{3min} = A_{1max} + A_{2max} - \operatorname{tg}(11^{\circ})(B_{2min} - B_{1max});$$

$$\Delta_{max} = 7,505 + 8,205 - \operatorname{tg}(11^{\circ})(4,025 - 3,505) = 15,6089 \text{ мм}$$

Минимальное значение замыкающего звена получается при минимальных значениях уменьшающих звеньев и максимальном значении увеличивающих звеньев:

$$\Delta_{min} = A_{1min} + A_{2min} - A_{3max} = A_{1min} + A_{2min} - \operatorname{tg}(11^{\circ}5'')(B_{2max} - B_{1min});$$

$$\Delta_{min} = 7,495 + 8,195 - \operatorname{tg}(11^{\circ}5'')(4,055 - 3,495) = 15,5811 \text{ мм}$$

Следует также учесть, что пластина наклонена относительно оси корпуса сверла и имеет угол наклона $30' \pm 2'$. Геометрически получим значения смещения вершины периферийной пластины (рис.14), принимая во внимание, что перемещения малы, и можно пренебречь их наклоном относительно вертикальной оси:

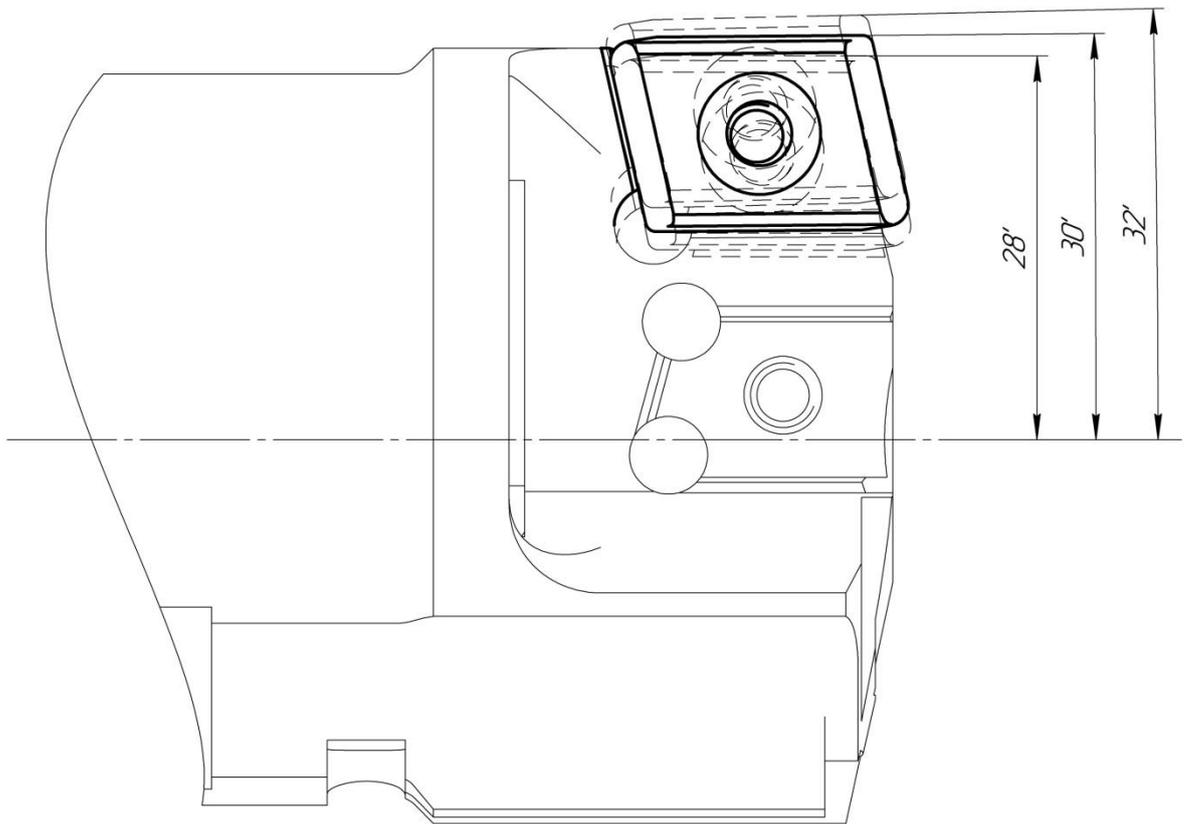


Рис. 14. Влияние отклонения угла наклона паза в сверлильной головке на радиальное смещение периферийной пластины

Размер в радиальном направлении, при изменении угла наклона пластины, колеблется в пределах ~ 8 мкм (0,0039 мкм в каждую из сторон).

Максимальный и минимальный диаметры получаемых отверстий:

$$\Phi_{max} = 2 \cdot (15,6089 + 0,0039) = 31,2256 \sim 31,226 \text{ мм,}$$

$$\Phi_{min} = 2 \cdot (15,5811 - 0,0039) = 31,1544 \sim 31,154 \text{ мм.}$$

Разница между максимальным и минимальным значениями составляет 0,072 мм, что соответствует 10 качеству точности.

Для расчёта максимального и минимального зазоров в радиальном направлении используем посчитанные ранее значения. Максимальный зазор между точкой касания стенок периферийной пластиной и крайней точкой направляющей будет при минимальном значении одного параметра и

максимальном значении другого. Максимальное и минимальное значение точки касания направляющей пластины вычислим как:

$$A_{max} = 12,105 + 3,505 = 15,61 \text{ мм};$$

$$A_{min} = 12,095 + 3,495 = 15,59 \text{ мм};$$

В пересчёте на диаметральные размеры:

$$\varnothing_{A_{max}} = 15,61 \cdot 2 = 31,22 \text{ мм};$$

$$\varnothing_{A_{min}} = 15,59 \cdot 2 = 31,18 \text{ мм}$$

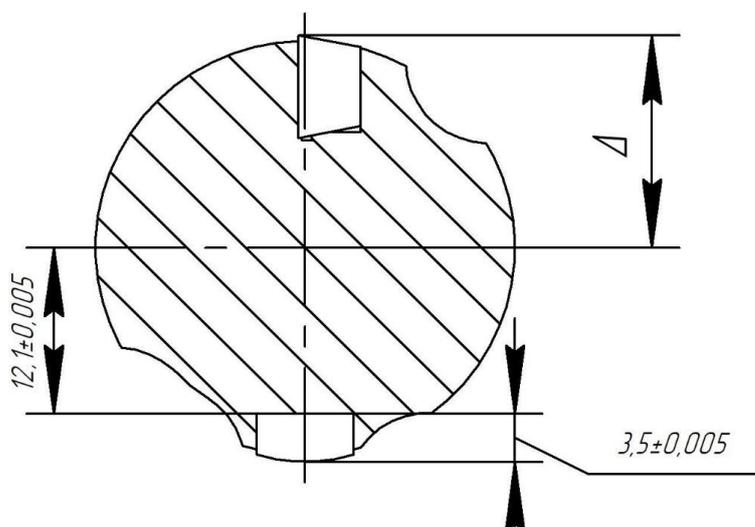


Рис. 15. Схема расчёта радиального зазора между пластинами

Максимальное и минимальное значение размера Δ посчитано ранее. Для удобства сведём данные в таблицу 7.

Таблица 7. Значения диаметральных размеров

	Минимальный размер, мм	Максимальный размер, мм
Размер, получаемый режущей периферийной пластиной	31,154	31,226
Размер, получаемый направляющей пластиной	31,180	31,220

Расстояние между крайними точками пластин:

При минимальном значении режущей пластины и максимальном значении направляющей пластины (рис.16),

$$s = (31,22 - 31,154)/2 = 0,033 \text{ мм.}$$

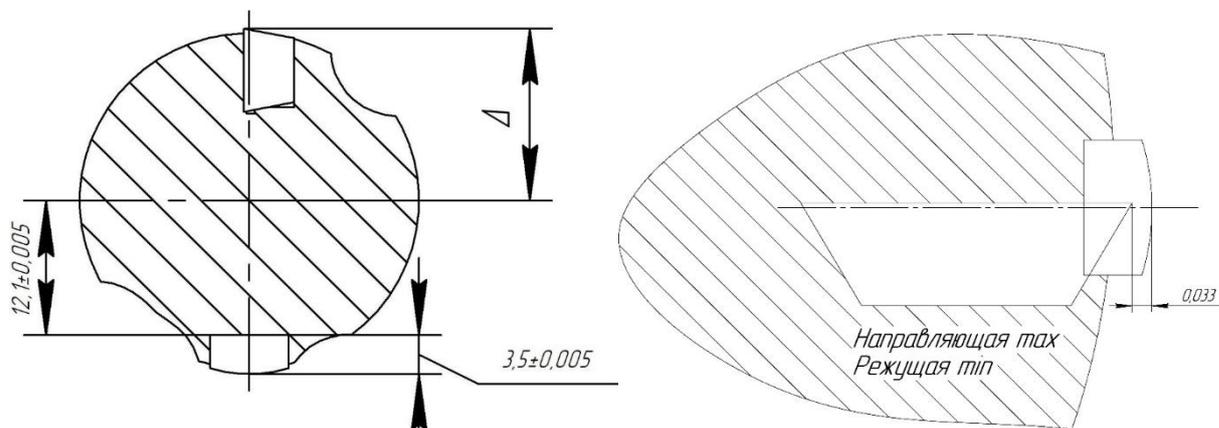


Рис. 16. Величина минимального вылета периферийной режущей пластины относительно направляющей пластины.

При максимальном значении режущей пластины и минимальном значении направляющей пластины (рис.17),

$$s = (31,226 - 31,180)/2 = 0,023 \text{ мм.}$$

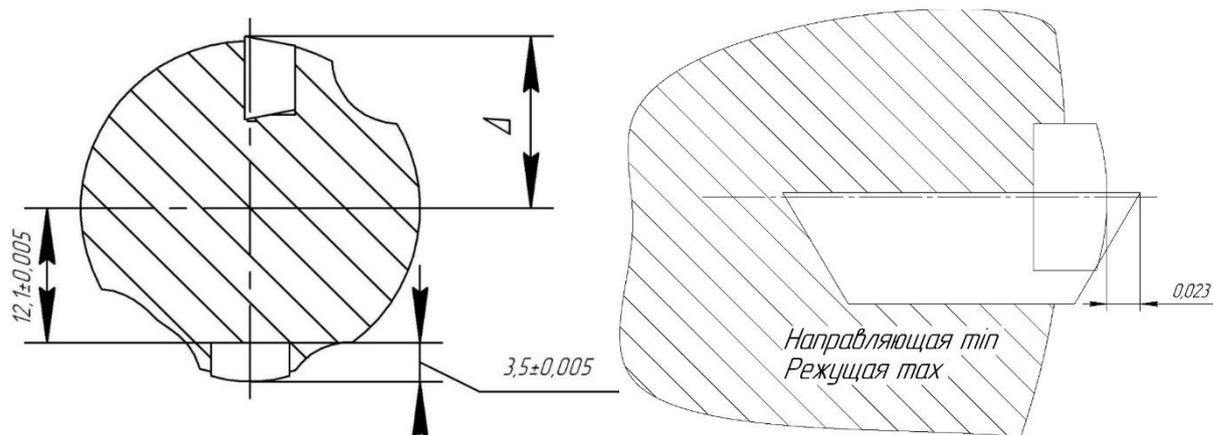


Рис. 17. Величина максимального вылета периферийной режущей пластины относительно направляющей пластины.

Выводы:

1. Выполненный размерный анализ показал, что спроектированная сверлильная головка может обеспечить получение отверстий по 10 качеству точности;

2. Между уголком периферийной режущей пластины и торцами направляющих пластин в осевом направлении имеется гарантированный зазор в пределах $s=0,50-0,54$ мм;

3. Размер пазов под направляющие пластины нуждается в корректировке, т.к. приемлемый выступ направляющей пластины за кромку режущей составляет 0,01 мм, то размер $12,1 \pm 0,005$ заменяется на $12,08_{-0,01}$ (см. рис. 16).

4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СБОРНОЙ НЕРЕГУЛИРУЕМОЙ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГОЛОВКИ БТА

Испытания проводили путём сверления на станке для сверления и растачивания глубоких отверстий модели *Hunger HB 800* (Германия) сборными нерегулируемыми сверлильными головками БТА диаметром $d = 31,2$ мм отверстий длиной 1560 мм.

Материал просверливаемых заготовок – сталь Ст.3 по ГОСТ 380-94. Смазочно-охлаждающая жидкость марки МР-3 по ТУ 0258-082-23763315-201 производства ЗАО НПО «Промэкология». СОЖ подавалась под давлением $P = 2,5$ МПа.

Режимы сверления: скорость резания $V = 49$ и 78 м/мин, скорость подачи $S = 0,14$ мм/об. Схема сверления: заготовка вращается, инструмент не вращается и совершает движение подачи.

Просверленные заготовки разрезали по длине на 6 частей, затем измеряли диаметры отверстий на координатно-измерительной машине модели *EOS Coord 3* (Италия). Сечения, в которых проводились измерения, находились на расстоянии 50 мм от торцов каждой части заготовок.

Увод осей отверстий оценивали путём измерения разностенности каждой части указанных заготовок по формуле:

$$U = (t_{max} - t_{min})/2,$$

где t_{max} – максимальная толщина стенки; t_{min} – минимальная толщина стенки.

Измерения шероховатости поверхности осуществляли на профилографе-профилометре модели *Form Talysurf PGI Bearing* фирмы *Taylor Hobson* (Великобритания).

Первоначально заготовки сверлили на скорости резания $V = 49$ м/мин. Это объясняется тем, что используемый станок предназначен для обработки отверстий больших диаметров и не позволяет при сверлении головками

диаметром $d = 31,2$ мм развивать большую скорость. Однако при сверлении на такой скорости на периферийной режущей пластине головки образуется нарост. Его частицы, срываясь, попадают под твердосплавные направляющие головки и внедряются в поверхность получаемого отверстия. В результате увеличиваются диаметры получаемых отверстий (разбивка), увод осей и шероховатость. При этой процесс сверления сопровождается ростом частоты и амплитуды крутильных колебаний борштанги и повышенным износом инструмента.

В этой связи было принято решение выйти из области наростообразования путём увеличения скорости вращения заготовок. Для этого вращение заготовок осуществлялось с помощью специально-разработанного устройства, установленного на направляющих станка перед передней бабкой. Это позволяло сверлить отверстия диаметром $d = 31,2$ мм со скоростью $V = 78$ м/мин.

Сверление в области отсутствия нароста показало, что разбивка отверстий уменьшилась с 1,42 мм ($V = 49$ м/мин) до 0,02 мм ($V = 78$ м/мин) (рис.18).

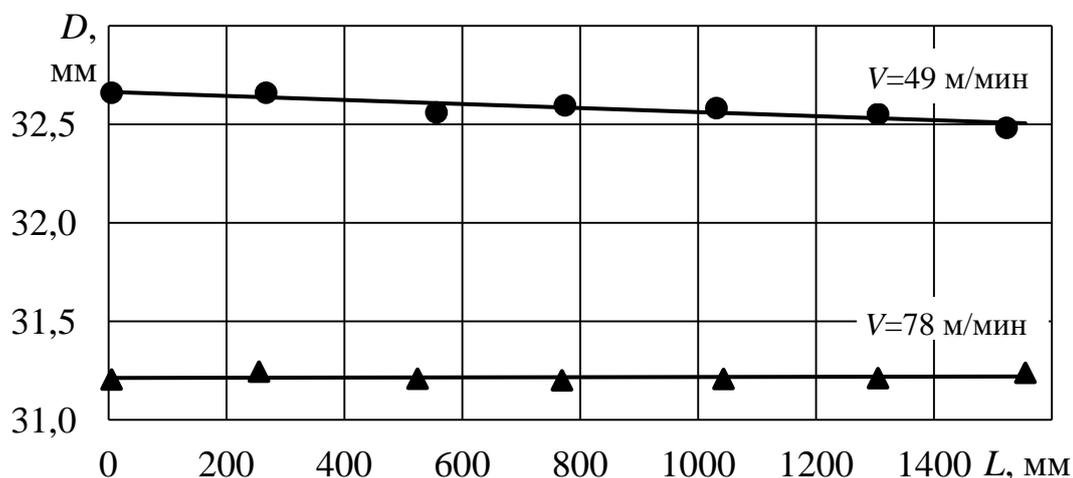


Рис. 18. Влияние скорости резания V и длины L сверления на диаметр D отверстий

Увод осей отверстий уменьшился с 3,1 мм до 0,4 мм (рис. 19); шероховатость уменьшилась с $Rz40$ до $Ra0,4$ мкм.

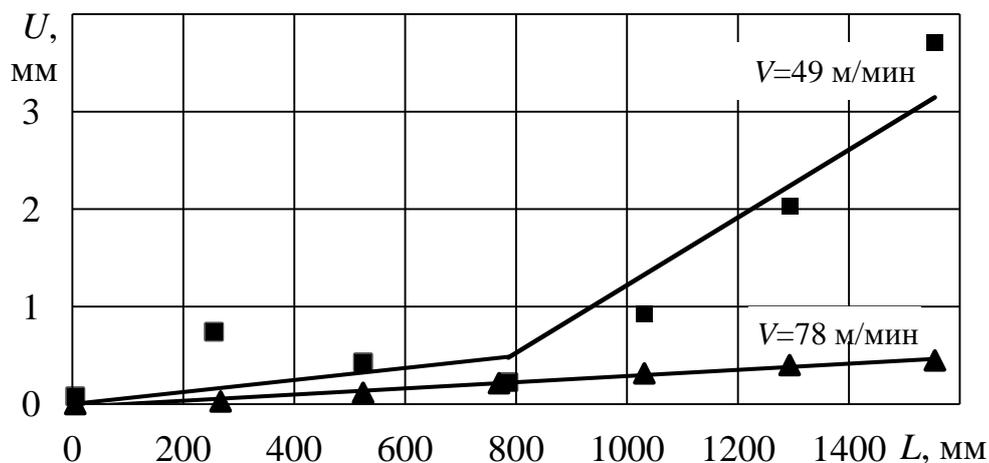


Рис. 19. Влияние скорости резания V и длины L сверления на увод U осей отверстий

Выводы:

1. Выполненные испытания показали хорошую работоспособность сборных нерегулируемых сверлильных головок БТА производства ОАО «СИЗ»
2. При сверлении сборными нерегулируемыми сверлильными головками БТА глубоких отверстий в металлах склонных к наростообразованию, рациональная скорость резания должна находиться в таком диапазоне, который снизу ограничен условием исчезновения нароста на периферийной режущей пластине, а сверху предельной температурой резания
3. Рабочий диапазон скоростей подач весьма узок и характеризуется получением стружки транспортбельной формы.

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 (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. 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.

Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования

Сборная головка БТА используется для получения глубоких отверстий в материалах различной твердости. По справочникам: Сверла БТА используют для сверления отверстий диаметром 6...180 мм, глубиной более 100D с точностью диаметральных размеров IT 7...10, уводом осей отверстия до 0,01...0,03/100 мм и шероховатостью $Ra = 2,5$ мкм.

Существует несколько конструкций сверлильной головки БТА: со сменными режущими и направляющими пластинами, и с напайными пластинами, однако, принцип действия у них одинаков: режущие пластины, чаще всего 3, размещённые по торцу сверлильной головки (для обеспечения плавного съёма материала) и 2 направляющие (предназначены для принятия на себя нагрузки от сил резания и выглаживания обработанной поверхности). Через зазоры между стенками заготовки и внешней стороной корпуса подаётся СОЖ, которая затем вымывается вместе со стружкой через полость

внутри сверлильной головки и далее через борштангу поступает в лоток для приёма стружки.

Можно провести сегментацию рынка для коммерческих организаций по способу получения глубоких отверстий:

		Способ получения глубоких отверстий		
		Сверление свёрлами БТА	Сверление спиральными свёрлами	Растачивание
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рис.20. Карта сегментирования рынка по способу получения глубоких отверстий в материалах

Как видно из рис.20, основными потребителями свёрл БТА являются крупные и средние предприятия. Для мелких предприятий, продукция которых разнообразна и не несёт массовый характер, приобретение дорогостоящего оборудования и инструмента не несёт большой пользы, так как будет редко использоваться.

Основными потребителями данного продукта могут стать предприятия, работа которых связана с изготовлением глубоких отверстий: нефтеперерабатывающая промышленность (изготовление переходников, труб), оборонная промышленность (изготовление стволов оружия), электромеханические компании (производство стволов отбойных молотков) и т.д.

Так как в настоящее время ни одно из российских предприятий, занимающееся выпуском режущего инструмента, не освоило выпуск свёрл БТА любой из указанной выше конструкции, технология изготовления и сам продукт в виде сверлильной головки БТА является актуальной.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В силу простоты конструкции, сверлильная головка БТА с напайными пластинами является основным конкурентом. Данная головка широко

применяется в современном машиностроении в силу своей дешевизны и доступности. Головка представляет стальной корпус с приваренным к нему хвостовиком, с жёстко закрепленными припоем твердосплавными режущими и направляющими пластинами.

Основными достоинствами такой головки является простота изготовления и эксплуатации и дешевизна.

Таблица 8. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда	0,1	5	5	0,5	0,5
Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
Простота в эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
Энергоэкономичность	0,02	3	3	0,06	0,06
Надежность	0,05	5	1	0,25	0,05
Уровень шума	0,15	2	3	0,3	0,45
Безопасность	0,08	4	4	0,32	0,32
Экономические критерии оценки					
Конкурентоспособность	0,1	5	5	0,5	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	3	0,4	0,3
Цена	0,1	5	3	0,5	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	0,5	0,2
ИТОГО	1	45	37	4,03	3,48

Технические критерии головок БТА разных конструкций весьма схожи. Однако, сборная головка сильно выигрывает по надежности, и незначительно проигрывает по удобству в эксплуатации и уровню шума. По экономическим критериям сборная головка оказывается лучше конкурента:

- Длительный срок эксплуатации;
- Низкая цена;
- Сравнимый с конкурентом показатель уровня проникновения на рынок.

Исходя из этого - использование сборной головки БТА более выгодно.

FAST – анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с

созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

В качестве объекта FAST-анализа выступает сборная головка БТА. Описание главной, основных, и вспомогательных функций представлены в табл.9.

Таблица 9. Описание главной, основных, и вспомогательных функций

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранги функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Головка БТА	-	Получение глубоких отверстий	X		
Корпус	1	Посадка пластин согласно назначению		X	
Режущие пластины	3	Резание материала		X	
Направляющие пластины	2	Выглаживание поверхности		X	
Винты	5	Крепление пластин в корпусе		X	
Отвёртки для винтов	2	Смена режущих /направляющих пластин			X

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. Для этого построим матрицу смежности функции (табл.10).

Таблица 10. Матрица смежности функций

	Посадка пластин согласно назначению	Резание материала	Выглаживание поверхности	Крепление пластин в корпусе	Смена режущих /направляющих пластин
Посадка пластин согласно назначению	=	<	<	>	>
Резание материала	>	=	>	>	>
Выглаживание поверхности	>	<	=	>	>
Крепление пластин в корпусе	<	<	<	=	>
Смена режущих /направляющих пластин	<	<	<	<	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций и заносим данные в табл. 11.

Таблица 11. Матрица количественных соотношений функций

	Посадка пластин	Резание материала	Выглаживание поверхности	Крепление пластин в корпусе	Смена режущих/направляющих пластин	Итого
Посадка пластин	1	0,5	0,5	1,5	1,5	5
Резание материала	1,5	1	1,5	1,5	1,5	7
Выглаживание поверхности	1,5	0,5	1	1,5	1,5	6

Крепление пластин в корпусе	0,5	0,5	0,5	1	1,5	4
Смена режущих/направляющих пластин	0,5	0,5	0,5	0,5	1	3
						$\Sigma = 25$

Определяем значимость каждой функции:

- Посадка пластин: $5/25 = 0,2$;
- Резание материала: $7/25 = 0,28$;
- Выглаживание поверхности: $6/25 = 0,24$;
- Крепление пластин в корпусе: $4/25 = 0,16$;
- Смена режущих/направляющих пластин: $3/25 = 0,12$.

Таблица 12. Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Головка БТА	-	Получение глубоких отверстий	-	-	-	-	-
Корпус	1	Посадка пластин согласно назначению	-	2	174	250	424
Режущие пластины	3	Резание материала	-	4	3204	289	3493
Направляющие пластины	2	Сглаживание поверхности	-	2	2634	289	2923

		сти					
Винты	5	Крепление пластин в корпусе	-	0,1	995	150	1145
Отвёртки	2	Смена режущих/направляющих пластин	-	0,1	20	5	25
							$\Sigma = 8010$

Определим относительные затраты на функцию:

Посадка пластин согласно назначению: $424/8010 = 0,053$;

Резание материала: $3493/8010 = 0,436$;

Выглаживание поверхности: $2923/8010 = 0,365$;

Крепление пластин в корпусе: $1145/8010 = 0,143$;

Смена режущих/направляющих пластин: $25/8010 = 0,003$

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (Рис. 21):



Рис.21. Функционально-стоимостная диаграмма

Согласно вышеприведенной диаграмме, видно рассогласование по 2, 3 пунктам. Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов;
- унификации сборочных единиц и деталей;

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 13.

Таблица 13. Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
С1. Высокая жесткость сверлильной головки БТА.	Сл1. Дороговизна производства корпуса головки.
С2. Многоразовое использование корпуса сверлильной головки.	Сл2. Невозможность обработать отверстия малого диаметра.
С3. Выглаживание обработанной поверхности направляющими пластинами.	Сл3. Несвободное резание.
С4. Экономия дорогого твердого сплава за счет использования СМП.	Сл4. Необходимость покупки специального станка и оборудования к нему.
С5. Большая скорость получения глубоких	

отверстий.	
Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
В1. Обработка глубоких отверстий в труднообрабатываемых материалах.	У1. Недостаток финансирования проекта из-за боязни не выйти на рынок.
В2. Улучшение качества обработанной поверхности.	У2. Развитие более универсальных методов получения глубоких отверстий.
В3. Отсутствие сложностей с обучением персонала.	У3. С увеличением производительности будут расти запасы на складах.
В4. Разгрузка станков	

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

*Таблица 14. Интерактивная матрица проекта
«Сильные стороны и возможности».*

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	+	0	-	-
	В2	+	-	+	-	-
	В3	-	+	-	-	-
	В4	-	+	-	-	+

*Таблица 15. Интерактивная матрица проекта
«Слабые стороны и возможности».*

Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	+	-	+	+
	В2	-	-	-	+
	В3	-	-	-	-

	B4	-	-	+	+
--	----	---	---	---	---

Таблица 16. Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы».

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

Таблица 17. Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы».

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	-
	У2	+	+	+	+
	У3	0	-	-	+

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 18.

Таблица 18. Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>C1. Высокая жесткость сверлильной головки БТА.</p> <p>C2. Многоразовое использование корпуса сверлильной головки.</p> <p>C3. Выглаживание обработанной поверхности направляющими</p>	<p>Сл1. Дороговизна производства корпуса головки.</p> <p>Сл2. Невозможность обработать отверстия малого диаметра.</p> <p>Сл3. Несвободное резание.</p> <p>Сл4. Необходимость</p>

	<p>пластинами.</p> <p>С4. Экономия дорогого твердого сплава за счет использования СМП.</p> <p>С5. Большая скорость получения глубоких отверстий.</p>	покупки специального станка и оборудования к нему.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Обработка глубоких отверстий в труднообрабатываемых материалах.</p> <p>В2. Улучшение качества обработанной поверхности.</p> <p>В3. Отсутствие сложностей с обучением персонала.</p> <p>В4. Разгрузка станков</p>	<p>В1С1С2</p> <p>В2С1С3</p> <p>В4С2С5</p>	<p>В1Сл1Сл3Сл4</p> <p>В4Сл3Сл4</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Недостаток финансирования проекта из-за боязни не выйти на рынок.</p> <p>У2. Развитие более универсальных методов получения глубоких отверстий.</p> <p>У3. С увеличением производительности будут расти запасы на складах.</p>	<p>У1С2С3С4С5</p> <p>У3С1С2С5</p>	У2Сл1Сл2Сл3Сл4

Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 19.

*Таблица 19. Бланк оценки степени готовности
научного проекта к коммерциализации*

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определён имеющийся НТ задел	4	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации НТ задела	3	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма НТ задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	4
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы	3	2

	международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок		
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
	ИТОГО БАЛЛОВ:	63	54

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать. Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4)$$

, где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а

знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая. По результатам оценки делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направления ее дальнейшего улучшения, об уровне компетенций недостающих разработчику и возможности привлечения требуемых специалистов в команду проекта.

По полученным данным, можно сказать, что разработка считается перспективной, однако разработчику необходимо повысить свои знания в некоторых аспектах для успешной реализации коммерческого потенциала разработки.

Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах. Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок:

1. Торговля патентными лицензиями
2. Передача ноу-хау
3. Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций
4. Франчайзинг
5. Организация собственного предприятия
6. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия

7. Организация совместного предприятия

8. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение»

Наиболее подходящим в данном случае вариантом являются методы № 2, 3 и 8. Метод №3 может быть использовать, так как разработка конструкции и технологии велась на базе кафедры, где имеется возможность производить сверлильные головки. Исходя из того, что разработка велась по заказу предприятия по договору, придётся действовать и по методу № 2, и раскрыть возможность изготовления сверлильной головки в виде предоставления им конструкторской и технологической документации. Метод № 8 возможно будет использовать, если предприятие, по чьему заказу велось изготовление, согласится выйти на международный рынок.

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.

Цели и результат проекта

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

Таблица 20. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Изготовление сборной головки БТА

В таблице 21 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 21. Цели и результаты проекта.

Цели проекта:	Разработка сборной головки БТА, а также конструкторской и технологической документации к ней
Ожидаемые результаты проекта:	Готовая сборная сверлильная головка БТА
Критерии приемки результата проекта:	Работоспособная сборная сверлильная головка БТА
Требования к результату проекта:	Требование:
	Разработка головки
	Оформленный графический материал (технологическая и конструкторская документации)
	Оформленная магистерская диссертация

Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 22.

Таблица 22. Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Решиков К. С., магистрант отд. материаловедения	Исполнитель	1. Написание технологии изготовления головки БТА. 2. Испытание головки. 3. Подведение промежуточных результатов. 4. Составление отчета.	1500
2	Кирсанов С.В., НИ ТПУ, д.т.н., профессор	Руководитель, эксперт	1. Консультации магистранта 2. Помощь в разработке технологии. 3. Помощь в структурировании экспериментов и в оформлении отчета.	130
ИТОГО:				1630

Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта (табл. 23).

Таблица 23. Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	200000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ОАО «Свердловский инструментальный завод», г. Екатеринбург
3.2. Сроки проекта:	15.10.2017-10.06.2018
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	18.10.2017

План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Календарный график представляется в виде таблицы (табл.24) и плана графика (табл.25).

Таблица 24. Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	5	12.10.17	17.10.17	Кирсанов С.В.
2	Разработка календарного плана	9	18.10.17	27.10.17	Кирсанов С. В. Решиков К. С.
3	Изучение литературы	20	28.10.17	17.11.17	Решиков К. С.
4	Обсуждение литературы и интернет-источников	15	18.11.17	03.12.17	Кирсанов С. В. Решиков К. С.
5	Разработка технологии изготовления	26	04.12.17	30.12.17	Кирсанов С. В. Решиков К. С.

6	Составление технологической документации	17	11.01.18	28.01.18	Решиков К. С.
7	Изготовление опытного образца головки БТА	24	1.02.18	25.02.18	Кирсанов С. В. Решиков К. С.
8	Проведение испытаний головки	16	01.03.18	17.03.18	Кирсанов С. В. Решиков К. С.
9	Внесение коррективов в технологию	4	19.03.18	23.03.18	Решиков К. С.
10	Повторные испытания	7	28.03.18	4.04.18	Решиков К. С. Кирсанов С. В.
11	Анализ результатов испытания	28	5.04.18	3.05.18	Решиков К. С. Кирсанов С. В.
12	Оформление пояснительной записки	17	4.05.18	21.05.18	Решиков К. С.
13	Подведение итогов	9	25.05.18	03.06.18	Кирсанов С. В. Решиков К. С.
Итого:		197			

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

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

Бюджет научного исследования

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

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

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

Таблица 26. Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт. (кг)	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
NPTV 06504R2 IC908 пластина		1	1061	1061
NPTV 06504L2 IC908 пластина		1	1061	1061
NPMT 0804L2 IC908 пластина		1	1082	1082
NPHT C75004RG IC908 пластина		2	1317	2634
SR 11201753-3 винт		3	199	597
SR 11201753-4 винт		2	199	398
Сталь Х12МФ круг	Ø40x90	0,87	200	174
Всего за материалы				7007
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				350,35
Итого по статье С _м				7357,35

- Основная заработная плата

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб},$$

где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. $F_d=1790$ рабочих дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_б * (k_{пр} + k_д) * k_p,$$

где: $Z_б$ – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 27.

Таблица 27. Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33162,87	1,2	1,1	1,3	99156,98	576,11	91	52426,01
Инженер	14874,45	1,2	1,1	1,3	44474,60	258,40	197	50904,80

- Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы). Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}},$$

где: Z_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.; k_{доп} – коэффициент дополнительной зарплаты; Z_{осн} – основная заработная плата, руб.

Таблица 28. Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	52426,01	50904,80
Дополнительная зарплата	5242,6	5090,48
Итого по статье C _{зп}	113663,89	

- Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 113663,89 = 34099,17 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

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

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

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

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 113663,89 = 90931,11 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 29.

Таблица 29. Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	7357,35
Основная заработная плата	103330,81
Дополнительная заработная плата	10333,08
Отчисления на социальные нужды	34099,17
Накладные расходы	90931,11
Итоговая плановая себестоимость:	246050,72

Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 246050,72 рублей, финансирование составило 200000 рублей. Разница составляет:

$$246050,72 - 200000 = 46050,72 \text{ р.}$$

Разница составляет 46050,72 рублей, расходы превышают поступления. Разработка и выполнение проекта велись на базе кафедры ТМСПр, с использованием оборудования и материалов кафедры. Таким образом, недостающая разница в финансировании проекта была покрыта за счет кафедры.

Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности. Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом: Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход. Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 30. Матрица ответственности

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Разработка календарного плана	И	О
3. Изучение литературы	И	О
4. Обсуждение литературы и интернет-источников	И	О
5. Разработка технологии изготовления	И	У
6. Составление технологической документации	И	У
7. Изготовление опытного образца головки БТА	И	О
8. Проведение испытаний головки	И	О
9. Внесение коррективов в технологию	И	У
10. Повторные испытания	И	О
11. Анализ результатов испытания	И	О
12. Оформление пояснительной записки	И	У
13. Подведение итогов	И	У

Оценка экономической эффективности проекта

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

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

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

Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (5)$$

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

Таблица 31. Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та n_i
1. Уровень новизны	0,3
2. Теоретический уровень	0,1
3. Возможность реализации	0,6

Таблица 32. Баллы для оценки уровня новизны

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

Таблица 33. Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 34. Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

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

Таблица 35. Оценка уровня научно-технического эффекта

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

Таблица 36. Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,3	Новая	5	Обобщение и систематизация данных о различных видах головок для глубокого сверления, внесение коррективов в процесс изготовления и саму конструкцию с целью повысить производительность и стойкость.
Теоретический уровень	0,1	Разработка способа	6	Разработка технологии изготовления на станке с ЧПУ с написанием управляющей программы

Возможность реализации	0,6	В течение первых лет	10	Технология опробована на прототипе, после испытания которого внесены изменения в технологию. Сверлильная головка БТА готова к внедрению.
------------------------	-----	----------------------	----	--

Возможность реализации в течение первых лет, несмотря на невысокую теоретическую оснащённость, делает разработку перспективной. Решённые вопросы по изготовлению сверлильной головки БТА путём использования станков с ЧПУ делают изобретение полезным – информации и рекомендаций по изготовлению, с описанием технологии и возможных проблем в процессе, в российской и зарубежной литературы не обнаружено.

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

$$K_{нт\ у} = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 6 + 0,6 \cdot 10 = 8,1$$

Таким образом сверлильная головка БТА имеет высокий уровень научно-технического эффекта.

Реестр риска проектов

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

Таблица 37. Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Внешний (поставщики)	Срыв поставок материала	3	4	Средний	Найти надежных поставщиков	Проблемы с логистикой
2	Внешний (рынок)	Рынок не будет готов принять новое изобретение	2	4	Средний	Провести рекламные акции, поддерживать связь с потребителями	Внедрение новой конкурирующей технологии; Недостаточная информированность заказчика

						продукта	
3	Технический (технология)	Устаревание технологии изготовления	2	2	Низкий	Следить за новыми способами обработки материалов	Незаинтересованность в жизни проекта и реализации продукта
4	Технический (качество)	Снижение качества продукции	2	3	Средний	- Контроль за оператором - Входной контроль материала	Низкая квалификация оператора; Бракованный материал

Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_m - интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i - весовой коэффициент i -го параметра; b_i^a, b_i^p - балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале

оценивания; n – число параметров сравнения. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 38. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	4
Помехоустойчивость	0,05	1	1
Энергосбережение	0,05	1	1
Надежность	0,2	5	3
Материалоемкость	0,15	5	3
ИТОГО	1	21	19

$$I_{\text{Разработка}} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

$$I_{\text{Аналог}} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 = 3,65.$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a},$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ - сравнительная эффективность проекта;

Таблица 39. Сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки I_{ϕ}	1,04	0,85
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_m	3,65	4,6
3	Интегральный показатель эффективности $I_{финр}$	3,51	5,41
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения $\mathcal{E}_{ср}$		1,54

Анализируя полученные результаты можно сказать, что сборная сверлильная головка БТА по сравнению с аналогом (сверлильной головкой БТА с напайными пластинами) выгоднее в 1,54 раза как по стоимости, так и по некоторым другим параметрам (надёжность, удобство эксплуатации).

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора станка с ЧПУ, в процессе производства сверлильной головки БТА, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Сверлильная головка БТА предназначена для получения глубоких отверстий на специально оборудованных для этого станках. Она состоит из корпуса, который выполнен из коррозионно-стойкой жаропрочной стали, и твердосплавных пластин, режущих и направляющих, которые в свою очередь, могут быть как сменными, так и несменными. Отверстия, получаемые после сверления головкой БТА, по сравнению со спиральными свёрлами, имеют меньший увод оси, лучшее качество поверхности стенок отверстия, выполнены по более точному качеству. Сама сверлильная головка – это многолезвийный режущий инструмент, изготавливаемый на станке, поэтому будет рассмотрено влияние процесса её изготовления на окружающую среду.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка с ЧПУ), связанного непосредственно с изготовлением корпуса сверлильной головки.

Производственная безопасность

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

- 1) Токарный обрабатывающий центр Goodway GLS1500LY;
- 2) Координатно-измерительная машина Coord3 модель EOS.

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

Таблица 40. Вредные и опасные факторы

Группы факторов	Виды опасных и вредных факторов
Физические	Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха
	Повышенный уровень шума

	Повышенный уровень вибраций
	Недостаточная освещенность рабочей зоны
	Отлетающие кусочки металла, абразивного материала
	Электрический ток
	Движущиеся машины и механизмы, передвижающиеся изделия, заготовки и материалы;
Психофизические	Эмоциональные нагрузки
	Большой объем информации обрабатываемой в единицу времени

Анализ выявленных вредных факторов:

Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажность и подвижность воздуха.

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

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

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

Таким образом оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата составят:

Табл. 41 - оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата

Таблица 41. Оптимальные значения микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140 - 174)	21 - 23	60 - 40	0,1
Теплый	Iб (140 - 174)	22 - 24	60 - 40	0,1

Допустимые величины микроклимата на рабочем месте

-Изменение температуры воздуха по высоте должно быть не более 3°С;

- Изменение температуры воздуха по горизонтали и изменение в течении смены не должно быть более 4 °С для категории работ «Iб».

При температуре воздуха на рабочих местах более 25 °С , допустимые величины относительной влажности воздуха не должны превышать пределы (20-80)% относительной влажности.

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

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

Повышенный уровень шума

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

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является токарный обрабатывающий центр, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Повышенный уровень шума на рабочем месте вызывает у человека головную боль, головокружение, может привести к заболеванию нервной и

сердечно-сосудистой системы, к развитию тугоухости, нарушению функций желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме. В условиях постоянного шума повышается утомляемость, замедляется скорость психических реакций, ухудшается память. Нарушается компенсация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что ведет к увеличению травматизма.

Нормируемыми параметрами шума служат уровни в децибелах (дБ) среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых на линейной характеристике шумомера (или шкале С) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шума разрешается измерять его общий уровень по шкале А шумомера в дБА. Допустимые нормы шума в лабораторных помещениях не более 80 дБА (согласно ГОСТ 12.1.003–83).

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

Таблица 42. Предельно допустимые уровни звука

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

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

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

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

По степени жесткости звукопоглощающие материалы бывают: твердые, мягкие, полужесткие.

- Твердые материалы производятся на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты; материалы, в состав которых входят пористые наполнители такие как пемза, вспученный перлит, вермикулит. Коэффициент звукопоглощения: 0,5. Объемная масса: 300-400 кг/м³.
- Мягкие звукопоглощающие материалы изготавливаются на основе минеральной ваты или стекловолнока; а также ваты, войлока и пр. Коэффициент звукопоглощения: от 0,7 до 0,95. Объемная масса: до 70 кг/м³.
- Полужесткие материалы - это минераловатные или стекловолнокастые плиты, материалы с ячеистым строением - пенополиуретан и т. п. Коэффициент звукопоглощения: от 0,5 до 0,75. Объемная масса: от 80 до 130 кг/м³.

- архитектурно-планировочные (создание шумозащищенных зон, рациональное размещение оборудования рабочих мест, рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов и др.).

- организационно-технические (применение малошумных технологических процессов и машин, оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля, использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях и др.).

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

Повышенный уровень вибраций

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

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

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

Коллективная виброзащита включает в себя простые и составные средства виброизоляции и виброгашения: установку вибрирующего оборудования на массивный фундамент, при котором фундамент должен удовлетворять требованиям расчета по прочности и по пригодности к нормальной эксплуатации, а для фундаментов с расположенными на них рабочими местами - также требованиям стандартов безопасности труда в части допустимых уровней вибраций. Колебания фундаментов не должны оказывать вредного влияния на технологические процессы, оборудование и приборы,

расположенные на фундаменте или вне его, а также на находящиеся вблизи конструкции зданий и сооружений. При проектировании фундаментов машин с динамическими нагрузками следует учитывать требования СП 22.13330, СП 24.13330, СП 63.13330, СП 16.13330 и пр. Фундаменты машин с динамическими нагрузками проектируются бетонными или железобетонными монолитными, сборно-монолитными и сборными или металлическими. Для применения металлических фундаментов требуется технико-экономическое сравнение различных вариантов. Использование в конструкциях фундаментов машин бывших в употреблении металлоконструкций не допускается. Класс бетона по прочности на сжатие для монолитных и сборно-монолитных фундаментов должен быть не ниже В12,5, а для сборных - не ниже В15. Для неармированных фундаментов станков допускается применять бетон класса В7,5. В случае одновременного воздействия на фундамент динамической нагрузки и повышенных технологических температур класс бетона должен быть не ниже В15. Фундаменты машин допускается проектировать отдельными под каждую машину (агрегат) или общими под несколько машин (агрегатов). Также допустимыми материалами для фундаментов являются:

- Железобетон (заливка в опалубку)
- Железобетонные блоки (сборки с перевязкой)
- Металл (сборка свайной конструкции с рамным ростверком)
- Железобетон и металл (бетонные сваи, блоки и металлический ростверк)

Фундаменты станков значительно отличаются от фундаментов промышленных и жилых помещений. Суть фундаментов для станков - повысить жёсткость системы «фундамент-станок» для повышения точности обработки, снижения вибраций и гашения динамических нагрузок.

Если нет возможность установить станок на фундамент для устранения негативного воздействия вибрации, которое выражается в сбоях оборудования, ухудшения его работы, снижения точности и даже в разрушении производственных помещений и зданий, применяются виброопоры (например ОВ-31, ОВ-70).

В большинстве случаев виброопоры ОВ-70 применяются для виброизоляции станков средних размеров с жесткими станинами различной степени точности и другого оборудования и приборов (электроцит распределительный, высокоточное оборудование и т.д.). Виброопоры выполняют следующие функции:

- гашение разрушающих сил вибрации, распространяемых каким-либо оборудованием (активная виброизоляция);
- защита станков, агрегатов, приборов или их отдельных модулей от воздействия вибрации извне (пассивная виброизоляция);
- устранение или снижение воздействия случайных или стационарных колебаний.
- обеспечение регулирования высоты при установке станков по уровню;
- позволяют осуществлять бесфундаментное размещение оборудования на виброопорах, что повышает мобильность станочного парка и улучшает шумоизоляцию, что в конечном итоге приводит к улучшениям темпов производства.

При установке технологического оборудования следует учитывать, что диапазон рабочих нагрузок на одну опору должен располагаться в диапазоне от 50 кг до 500 кг. При изготовлении виброизолирующих опор используются следующие материалы:

- корпус выполнен из углеродистой конструкционной стали не ниже Ст. 3 по ГОСТ 380-88;
- резинометаллический элемент выполнен из смеси резиновой вальцованной Ш-2А-12Х или Ш-2В-12Х по ТУ2512-046-00152081-2003

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

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение должно обеспечивать в помещении освещенность, позволяющую выполнять операции, наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма, возникающих по причине недостаточной освещенности. Недостаточная освещенность является вредным фактором при выполнении исследовательских работ, требующих особую точность. При работе в таких условиях сначала происходит перенапряжение глаз, которое впоследствии может вызвать ухудшение зрения. В этом случае требуется привлечение дополнительных источников света, в частности настольных ламп.

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения.

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливаются в зависимости от характеристики зрительной работы.

Таблица 43. Нормы освещенности

Разряды работы	Характер работ, выполняемых в помещении		Нормы к.е.о. в %	
	виды работ, по степени точности	Размер объекта <i>мм</i>	при верхнем и комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5
I	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
II	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
III	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5
IV	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
V	Грубые работы	Более 10	2	0,5
VI	Работы, требующие общего наблюдения за ходом	-	1	0,25

Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, рабочее место должно быть оборудовано дополнительным источником света. В вечернее время в лабораториях обязательно общее искусственное рабочее освещение, причем расположение светильников должно быть равномерным. Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Световой поток создаваемый каждой из ламп рассчитывается по формуле (2)

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (6)$$

где F – световой поток одной лампы, лк;

E – минимальная освещенность, лк, $E = 150$ лк;

S – площадь помещения, м², $S = 48$ м²;

z – поправочный коэффициент, $z = 1,1$;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

η – коэффициент использования осветителей, %;

n – число светильников в помещении.

Коэффициент k для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

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

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

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения (i), рассчитанный по выражению (3)

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (7)$$

где A – длина помещения, м, $A = 6$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 8$ м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, оклеенными светлыми обоями, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50\%$ и потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$.

По формуле (4) определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (8)$$

где h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0,8$ м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 0,1$ м;

H – высота потолка в помещении, м, $H = 3,5$ м.

Из расчетов следует, что $h = 2,6$ м, тогда согласно выражению (3)

$$i = \frac{6 \cdot 8}{2,6 \cdot (6 + 8)} = 1,32 \quad (9)$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и $\rho_{\text{п}}$ примем $\eta = 47\%$.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность

по СНиП 23-05, рассчитаем количество лампочек в помещении, выразив отношение из формулы (2).

$$n = \frac{150 \cdot 48 \cdot 1.1 \cdot 1.5}{2300 \cdot 0.47} \approx 10 \quad (10)$$

Общее число светильников: $n = 5$.

Размещаем светильники в 3 ряда.

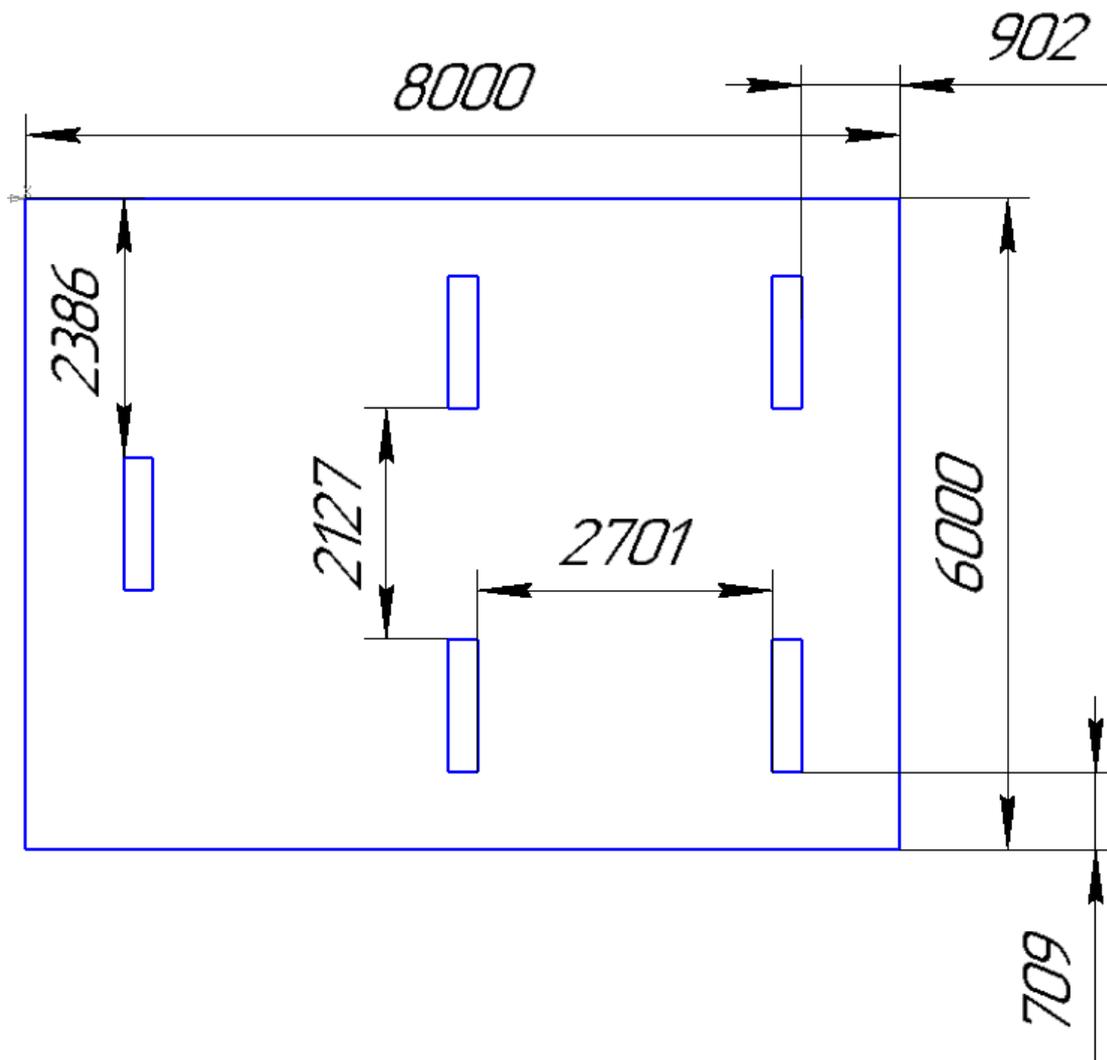


Рис. 22. План размещения светильников в помещении.

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

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 3 \cdot 265 = 8000$$

$$L_1 = 2701$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 \cdot 1227 = 6000$$

$$L_2 = 2127$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,47} = 2527$$

Проверяем выполнение условия:

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

$$\frac{2300 - 2527}{2300} \cdot 100 \approx -9,8\%$$

$-10\% \leq -9,8\% \leq 20\% \sim$ Условие выполнено.

Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степень ответственности за результат собственной деятельности;
- степень риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д., а не гигиенистами, как это было сделано при разработке гигиенических критериев.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

По данному показателю оценивается ответственность работника за качество элементов заданий вспомогательных работ, основной работы или конечной продукции. Например, для оператора станка с ЧПУ конечной продукцией являются изготовленные им детали, для мастера токарного участка - все детали, изготовленные на этом участке, а для начальника механического цеха - работа всего цеха.

Степенью риска для собственной жизни и ответственностью за безопасность других лиц в случае с оператором станка с ЧПУ можно пренебречь, так как станки подобного рода жёстко ограничены в функциональности при наличии неисправности станка. Обработка деталей не начнётся до тех пор, пока не будет закрыта защитная дверь, которая и будет являться гарантом собственной безопасности и безопасности окружающих.

Анализ выявленных опасных факторов:

К опасным производственным факторам, для оператора станка с ЧПУ, относятся, как уже было указано:

- Нагрев обрабатываемых поверхностей;
- Электрический ток;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур,

которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежания получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что обработанных деталей, а так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

Электробезопасность

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

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

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Защитное заземление или зануление должно обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к

металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. $R_{\text{заз.}} < 4 \text{ Ом}$. А так же должно быть соблюдено безопасное напряжение и безопасная величина тока для человека. $U=36 \text{ В}$, $I=0.1 \text{ А}$.

Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

Пожарная безопасность

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

Таблица 44. Категории помещений

Категория помещения	Хар-ка веществ и материалов, находящихся в помещении
А — повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б — взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрыво-опасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 — В4 — пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и

	трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.
Г — умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д — пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д: негорючие вещества и материалы находятся в холодном состоянии.

Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;

- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В зависимости от своего прямого назначения и предполагаемого класса пожара все огнетушители условно можно разделить на пять видов:

1. Жидкостные, или водные виды огнетушителей представляют собой противопожарные средства, предназначенные для тушения пожаров класса А (возгорание твердых веществ) и Б (горение жидких веществ). Они имеют вид баллонов с маркировкой «ОВ» и содержат воду или раствор на водной основе, в состав которой входят химически активные вещества.
2. Порошковые устройства - это универсальные виды применяемых огнетушителей, которые можно смело использовать при тушении почти всех классов пожаров: А, Б, В (возгорание газообразных веществ) Они имеют установленную маркировку «ОП»
3. Газовые или углекислотные приспособления – это большая группа устройств, имеющих одну общую маркировку «ОУ». К ней относятся следующие виды огнетушителей:
 - аэрозольные;
 - углекислотно-бромэтиловые.
4. Огнетушители типа ОВП – это приборы, которые используются для подавления очагов возгорания материалов, склонных к длительному тлению, например, бумаги, угля, дерева и пластмассы. Кроме того, с помощью таких огнетушителей можно потушить пламя, возникшее на жидкостях, имеющих масляную основу, к примеру, нефть, масла и краски.
5. Огнетушители типа ОВЭ – устройства, созданные для тушения пожаров классов А, Б и В. Их принцип действия основан на энергии сжатого воздуха, применяемый при подаче огнетушащей эмульсии на пламя. С помощью таких огнетушителей нельзя потушить возгорания, связанные с газообразными веществами (пропаном, аммиаком, бытовым газом), щелочноземельными металлами и горением хлопка и пироксилина.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

На рисунке 23 представлен план эвакуации аудитории 103, где проводилось изготовление образца сверлильной головки БТА для ВКР.

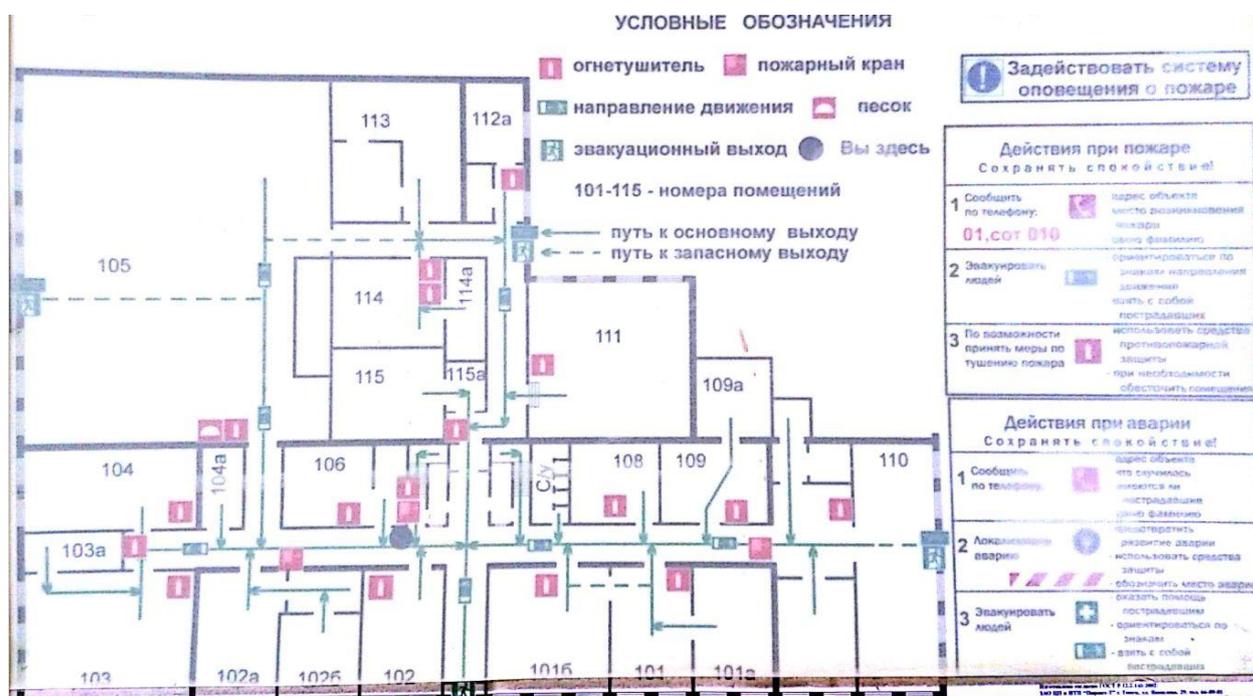


Рис. 23. План эвакуации из аудитории 103

Охрана окружающей среды

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

ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён окружающей среде, увеличивается, поэтому задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

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

- Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;
- Очищать СОЖ для повторного использования, с вторичным использованием отфильтрованной взвеси абразивной пыли и мелкой стружки (неответственные конструкции).

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

Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

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

Так как г.Томск расположен в Сибири, где температура зимой опускается для опасных для человека морозов, существует риск чрезвычайной ситуации природного характера. Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате источника чрезвычайной ситуации, которая может повлечь или повлекла за собой

человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того, чтобы устранить полностью или снизить ущерб от различных возможных чрезвычайных ситуаций, проводятся профилактические мероприятия, поэтому при аварии на:

- Водоканале: следует обеспечить подвоз питьевой и технической воды рабочим, если нет возможности прервать технологический цикл изготовления деталей. Также в цеху рекомендуется иметь запас питьевой воды из расчёта 2 л/чел. в смену.

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

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

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

- 2) замена воздушных линий на кабельные подземные;

- Transporte: предприятие, зная механизм образования зимней скользкости, обязано не только ликвидировать ее при обнаружении в установленные сроки, но и проводить профилактические мероприятия при наличии прогноза погодных условий, являющихся причиной образования зимней скользкости на дорогах, в том числе применять меры реагирования по ее устранению после окончания выпадения осадков, не дожидаясь сообщений со стороны третьих лиц.

Другой вариант чрезвычайной ситуации – это возможная диверсия. Так как сверлильная головка БТА не типовое изделие, то технология её изготовления представляет большую ценность. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать

системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположений помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда

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

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

- переход от ручной работы к механизированной;

- безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;

- знание и соблюдение техники безопасности;

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

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

- регулярные медицинские осмотры;

- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;

- соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;

- доступ к системе водоснабжения, сан.узлу;

- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;

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

- доступ к питьевой воде.

Деятельность рабочего и используемого им оборудования, а также окружающей его рабочей среды должна регламентироваться требованиями нормативно-правовых документов:

- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

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

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

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

- ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.

- СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха.

- СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

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

- ТОИ Р-15-050-97. Типовая инструкция по охране труда для станочников металлообрабатывающих станков (токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, шлифовальные, заточные станки).

- ГОСТ 7599-82. Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия.

Приложение А

A PATENT REVIEW OF MODERN CONSTRUCTIONS OF BTA DRILL HEADS

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Решиков Константин Сергеевич		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С. В.	д.т.н., профессор		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова И. Л.			

A PATENT REVIEW OF MODERN CONSTRUCTIONS OF BTA DRILL HEADS

BTA drill heads are used for drilling holes with a diameter in range from 6 to 180 mm, and with depth of hole more than 100 diameters with an accuracy of diametrical sizes IT 7 ... 9 and with displacement of the hole from 0.01 to 0.03 mm on each 100 mm. Surface finish is about $Ra = 2,5$ microns [1].

The BTA drill consists of a drill head 1 and a stem 2 with circular cross-section, to which a head is attached by means of an external or internal rectangular step thread or quadruple thread (Fig. 1). An adjustment 3 is used to deliver coolant to cutting area.

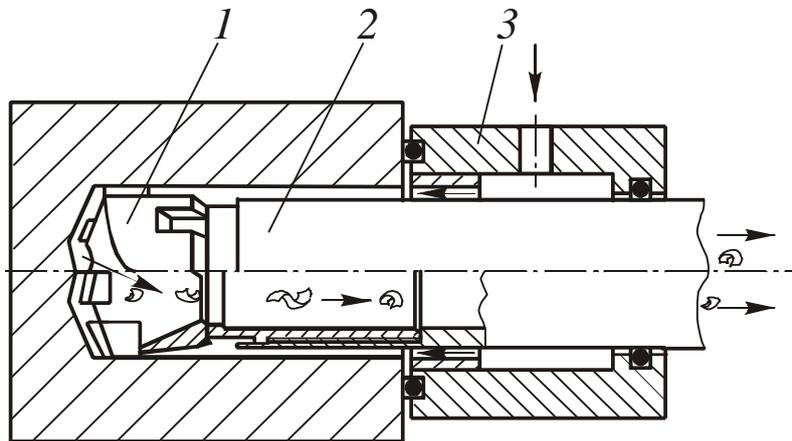


Fig. 1. Deep hole drilling scheme with BTA drill head. 1 – BTA drill head, 2 – stalk, 3 – oil receiver.

Positioning of the BTA head in the stem is carried out with the help of two precision surfaces, located inside the stem and on the shank of BTA drill head for H7/f7 fit. During drilling process coolant from the oil receiver 3 is fed in the cutting zone under pressure into the gap between the treated hole and the stem, and the chip is removed from the cutting zone through the channels inside the BTA drill head and further through stem into chip tank.

BTA drills have higher stiffness than gun drills, thus their feed rate is 2 ... 4 times higher, and metal chip, because of its transportation inside the stem, does not scratch the treated surface. A significant thing which is worth paying attention to is

that the chip can get stuck inside channels of the BTA drill head and stem, which makes the drilling process stop until all inside blockage are removed. So the BTA drill heads are made with a diameter 6 mm or more to prevent this. Since it is possible to block the internal channels of the BTA drill head there are high demands to carbide inserts and support pads. Chip control is achieved by sharpening or pressing and subsequent sintering the pads and inserts or by creating shoulders on the top surface of the carbide inserts.

The constructions of the BTA drill heads are quite diverse. To understand what the main differences between all of them are the patent review has been carried out.

The search for patents revive involved the detail study of different BTA drill head's designs equipped with indexable carbide inserts and carbide support pads, a study of their technical level and development trends. This direction of search was chosen due to the fact that in Master' thesis, which was the main cause of patents search and review, it is planned to develop a design of BTA drill head equipped with indexable carbide inserts and support pads.

2 patents from the Russian Federation, 14 patents from EU countries, 6 patents from China, 4 patents from Japan and 8 US patents were selected for further analysis.

BTA drill heads are not manufactured in the Russian Federation, so imported heads are used at Russian factories and shops. Mainly there are BTA drill heads by three worldwide known companies: Sandvik Coromant (Sweden), Botek (Germany), Iscar (Israel). Grooves and slots, where indexable carbide inserts and support pads are set, in that BTA drill heads are provided with high accuracy. In these heads the peripheral indexable carbide inserts can be both adjustable and non- adjustable in the radial direction. Central and intermediate indexable carbide inserts are set radially or tangentially. The last possible way of setting of the inserts increases their stiffness, and consequently, the productivity of the drilling process.

The analysis of the selected patent documentation shows that the major numbers of patents have been obtained for the improvement of the support pads of the BTA drill heads.

In patents US3751177 [4], SE347450B, FR2072230, JP4946837B1, GB1323607A, DE2057512A1 it is proposed to use self-adjustable support pads that can slide around it's longitudinal and transverse axes (Fig. 2, Fig. 3).

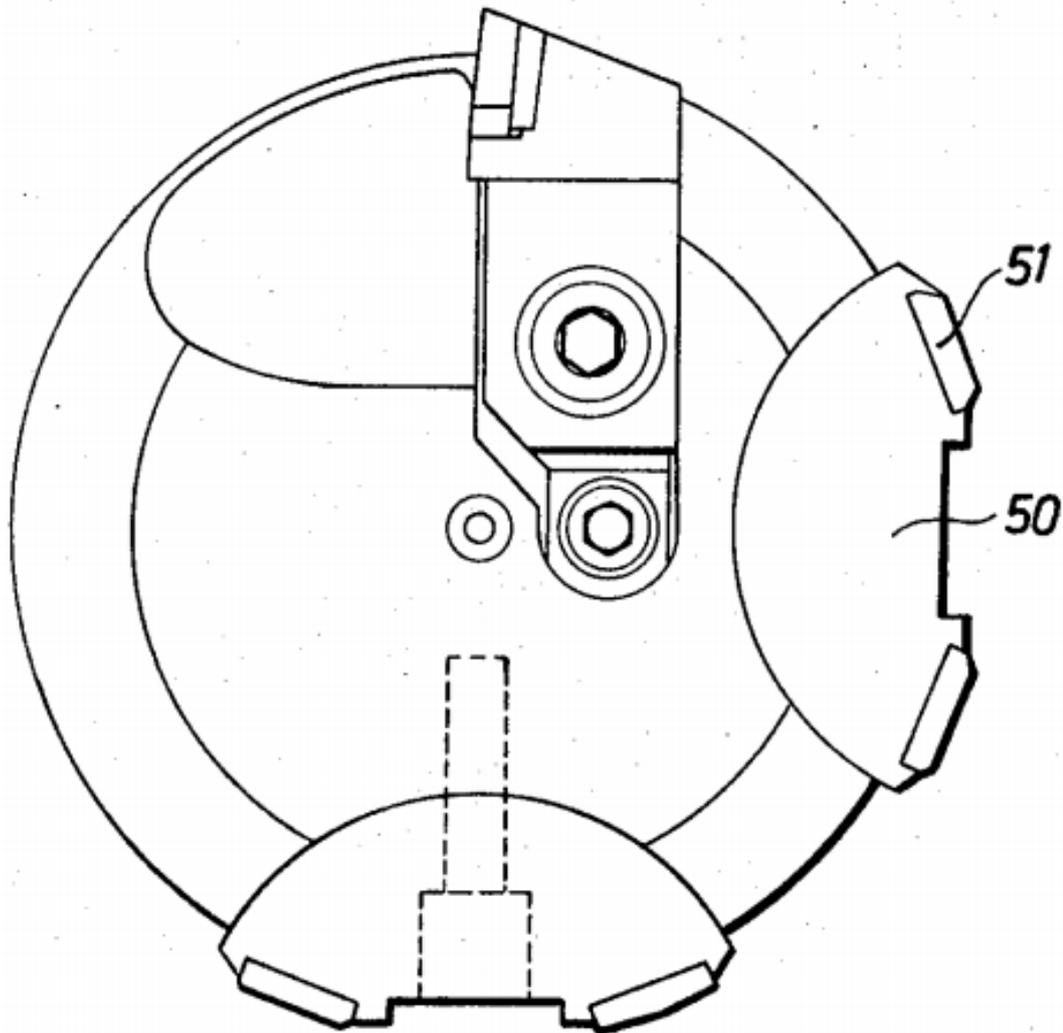


Fig. 2. Slide support pad (patent US3751177)

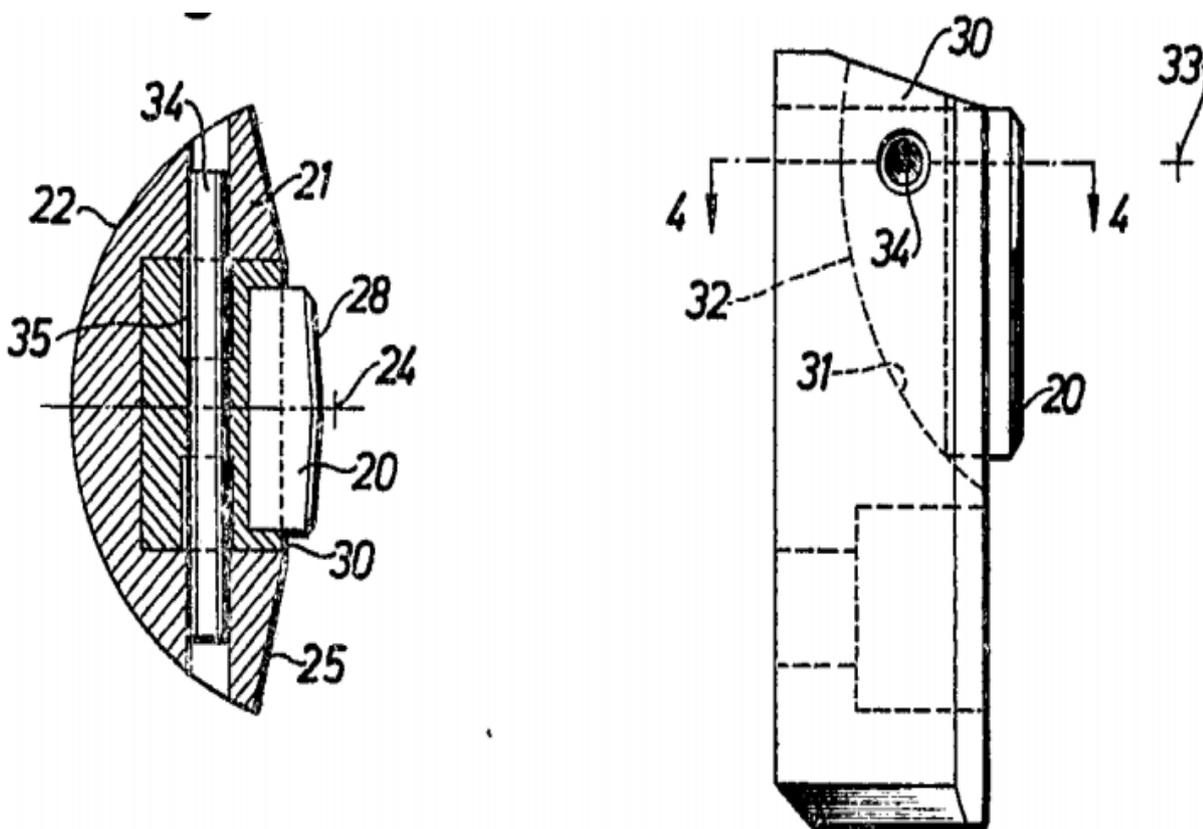


Fig. 3. Slide pads (patent US3751177)

This construction allows more complex and full contact of the support pads with the surface of the treated hole to be provided, since partial contact leads to increased friction between surfaces of the pad and metal being manufacturing, and increased wear of the support pads. Such a technological solution however, requires great demands of the accuracy of manufacturing the slide platform.

Usually the support pads are made of hard alloys with different content of carbides WC, TiC, TaC, NbC. Frequently wear-resistant coatings such as TiN, TiAlN are provided, which anyway wear out quickly in the process of drilling heat-resistant steels.

In the patents EP1609551A1, US20060045640A1 [5], CN1712162A, JP2006007414A, SE527809C2 (Fig. 5.) it is proposed to use support pads made of ceramics based on Al₂O₃ and / or ZrO₂ oxides, as well as silicon nitride (Si₃N₄) doped with yttrium oxides, for drilling holes in heat-resistant steels, zirconium, aluminum, etc. Ceramic pads are obtained by hot pressing.

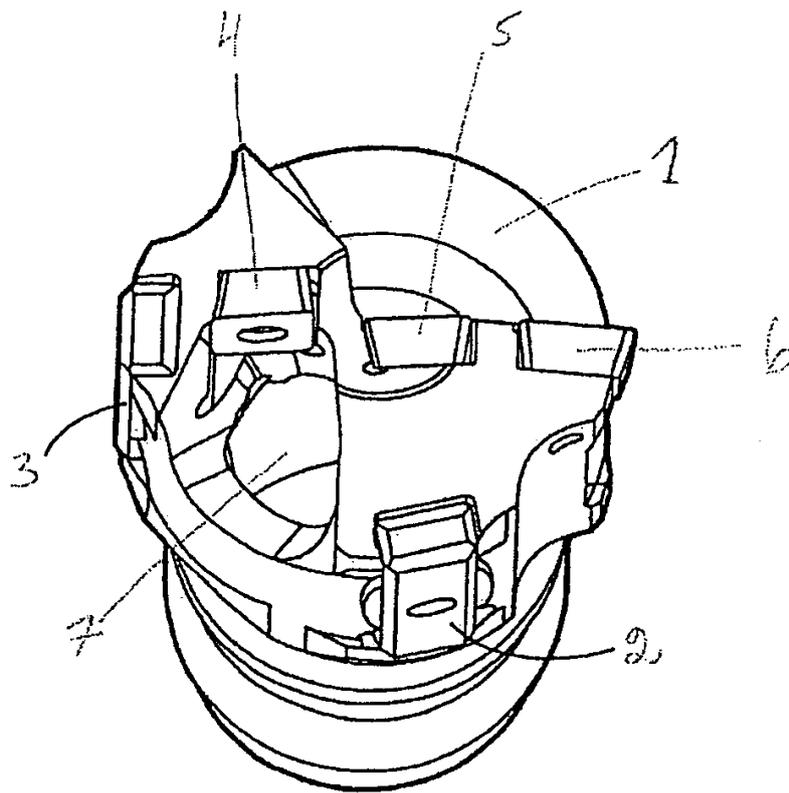


Fig. 4. Drill with indexable carbide inserts

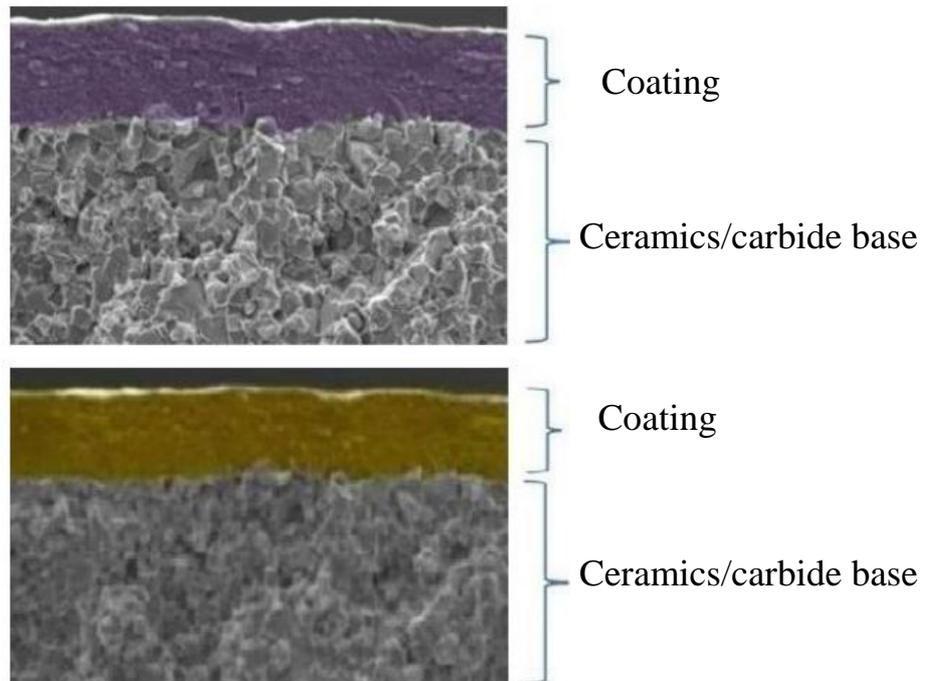


Fig. 5. Possible way of wear-resistant coating disposition

In the utility model RU57171U1 [6] it is proposed to grind microroughness on the support pads at an angle to the axis of the BTA drill head not equal to 90° . Such

pads in comparison with another support pads, where microroughnesses are perpendicular to the axis of the tool, due to the optimal topology have gained up to 20% to wear resistance index.

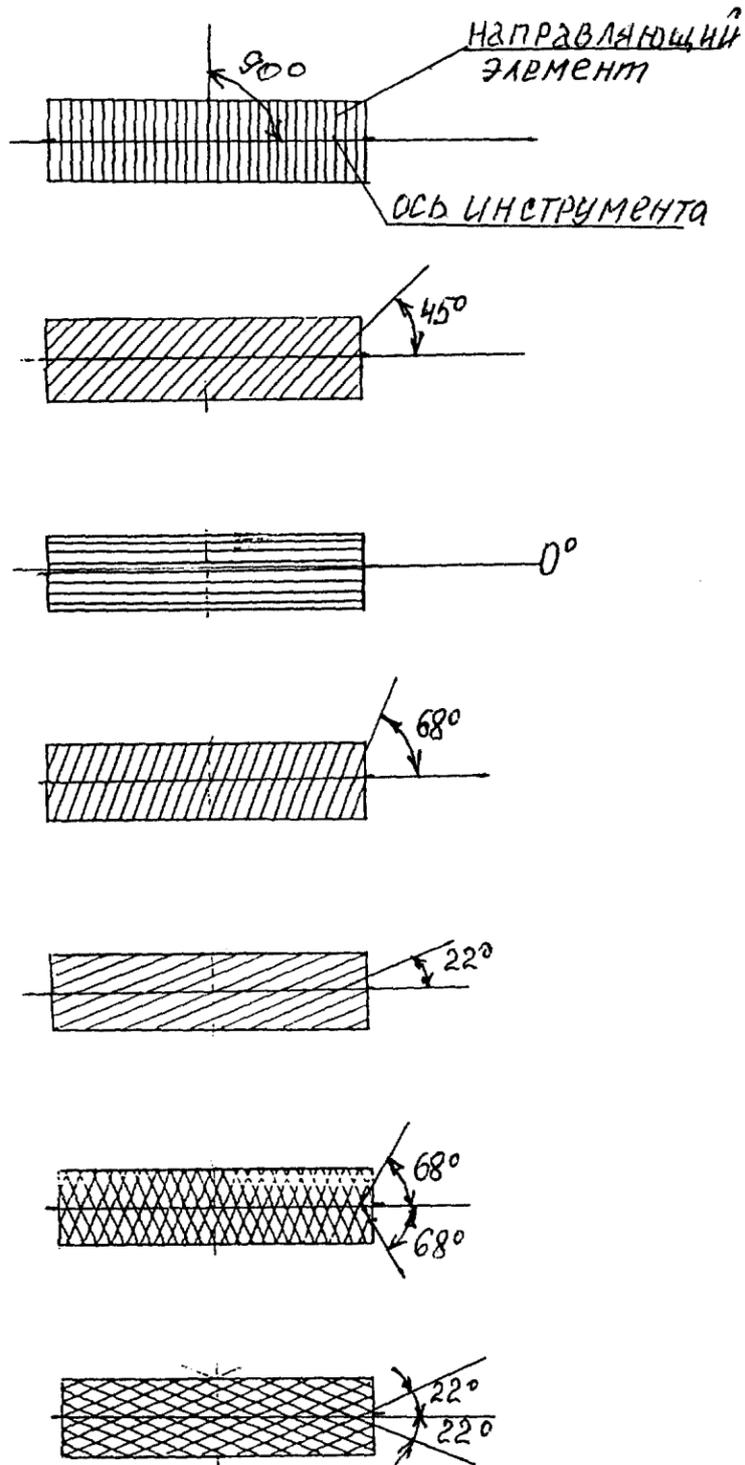


Fig. 6. Microroughness disposition - perpendicular to the axis of rotation of the BTA drill head (first) and not perpendicular to the axis of rotation of the BTA drill head (other).

In patents US5697737 [7], RU2136450C1, EP0781183B1, CN1066370C, JP3700860B2 it is proposed to produce support pads with two wing-shape projections on the longitudinal sides of the pads. Because of this, the support pads in their slots in the BTA drill head are more clearly fixed. Their stiffness which was weakened by the fastening hole located in the center of the plates is raised. The wing-shape boss length $l = (0.25 \dots 0.5) L$, where L is the length of the support pad.

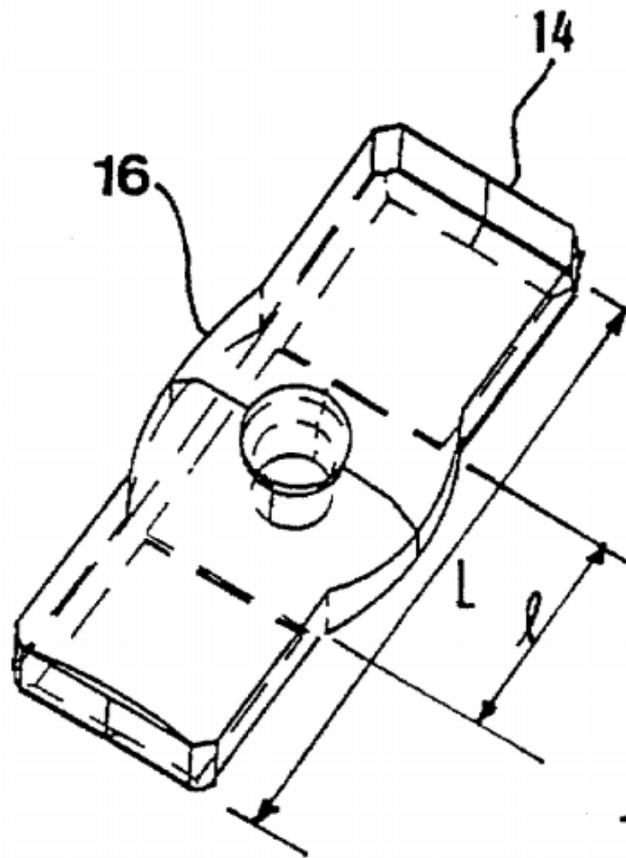


Fig 7. Support pad with wing-shape bosses

To increase the volume of coolant delivered to the cutting zone, patents US6682275B1 [8], SE517361C2, JP2003502163A, EP1204503B1, CN1356933A, CN1140369C recommend that additional grooves to be provided at the work end of the BTA drill head and cylindrical surfaces of the head external surface. Because of these elements BTA drill heads have increased tool life.

In the proposed design of the non-adjustable BTA drill head, which is further used as the basis for manufacturing technology, slots in front of the support pads are also provided. This disposition of the grooves allows more coolant to flow to the support pads, which significantly increases their life.

The above constructive elements can be seen in Figure 8.

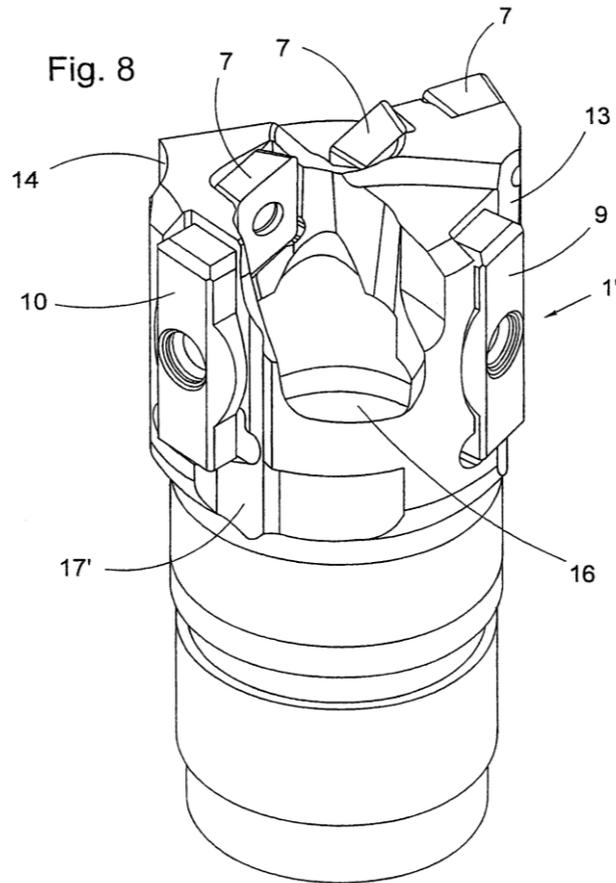


Fig. 8. Grooves for coolant (#13, #14, #17)

The first BTA drill heads equipped with replaceable indexable carbide inserts were invented in the 70s of the last century. Fastening of indexable carbide inserts was carried out from above, that provided difficulties to the chip movement along the front surfaces of the inserts. Therefore, in subsequent designs of the BTA drill heads fastening of the indexable carbide inserts was carried out "in flush" with Torx type screws (Fig. 9).

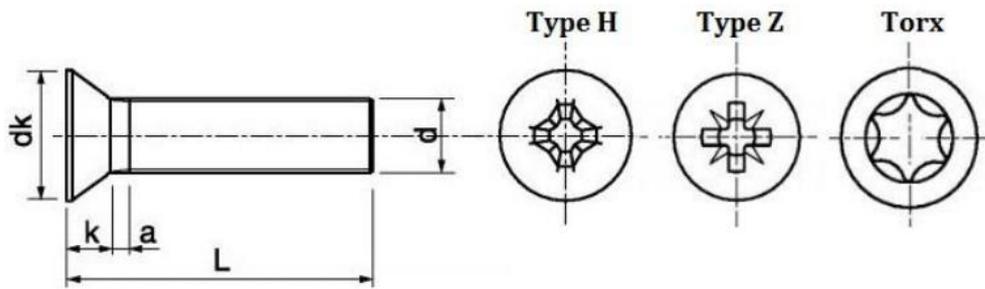


Fig. 9. Types of screws.

In patents US5820318A [9], RU2147265C1, SE504332C2, EP0781184B1, CN1067617C an adjustable BTA drill head was proposed. It was one-sided arrangement of two tightly connected indexable carbide inserts. However, this arrangement of the carbide inserts increases the load on the support pads, which is worn out quickly.

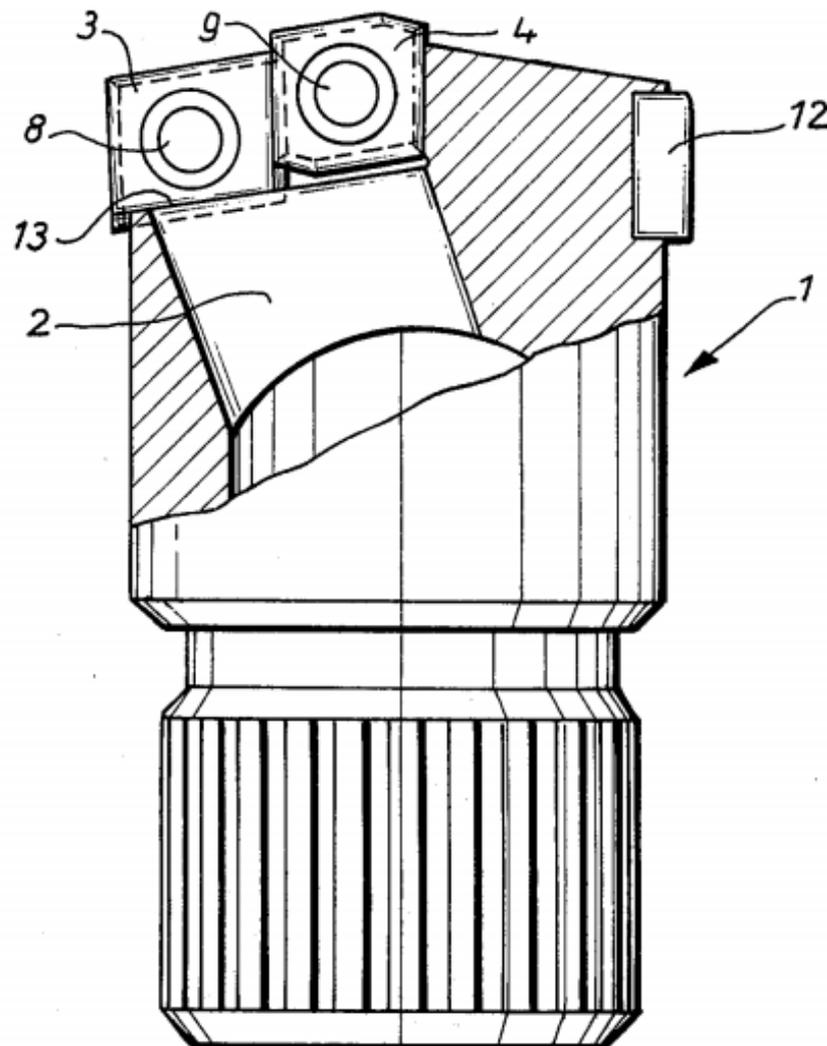


Fig. 10. BTA drill head designed according to patent US5820318A

To reduce the load on the support pads in patents US4293252A [8], EP0014423B1 adjustable BTA drill heads with a double-sided arrangement of indexable carbide inserts were proposed.

As the technology of manufacturing of hard-alloy inserts and the emergence of high-precision multi-operation machines improve, it becomes possible to manufacture BTA drill heads with non-adjustable, rigidly fixed indexable carbide inserts and support pads (US20060045640A1, EP1609551A1). This simplifies the design of the BTA drill head, but it requires high demands of the accuracy during the manufacturing process of the BTA drill head and indexable carbide inserts and support pads. For example, according to Botek, the tolerance for the width of the indexable carbide cutting inserts should be ± 0.005 mm, and the height of the support pads ± 0.002 mm.

Conclusion:

1. Non-adjustable BTA drill heads have the following advantages in comparison with BTA solder heads:

- Increased life, reliability and durability of indexable carbide cutting inserts and support pads due to the absence of soldering and regrinding;
- Lower maintenance costs for non-adjustable BTA drill heads;
- Downtime reduction of deep drilling machines which was caused by the replacement and rebalancing of blunt tools;
- Possibility of using indexable carbide cutting inserts with different sizes of chip breaking shoulder, more effective hard alloys types for indexable carbide cutting inserts and support pads in one head, depending on the material being manufactured and location of the carbide inserts;
- Possibility of applying wear-resistant coatings on indexable carbide cutting inserts and support pads;

- Reduction of losses of expensive materials (tungsten, tantalum, cobalt) due to the return to the metallurgical industry up to 90% of the hard alloy which is used on the BTA drill head.

2. Non-adjustable BTA drill heads are more technologically advanced, but require to use hard-alloy indexable carbide cutting inserts and support pads with high accuracy parameter.

As a result of the patent review, and based on the conclusions, a non-adjustable BTA drill head which appearance is shown in Fig. 11 has been designed. The drawings of the indexable carbide cutting inserts and support pads used in the BTA drill head are shown in the annexes.

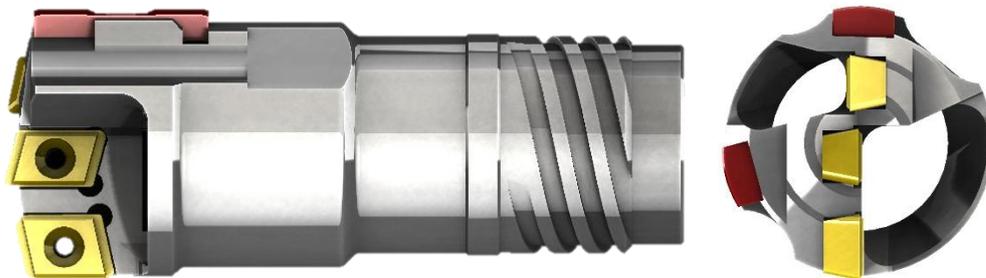


Fig. 11. Proposed design of non-adjustable BTA drill head for Master's thesis

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирсанов С. В., Гречишников В. А., Григорьев С. Н., Схиртладзе А. Г. Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник/ под общ. ред. С. В. Кирсанова. М.: Машиностроение, 2010. – 344 с.: ил.
2. Кирсанов С. В., Арляпов А. Ю., Ким А. Б., Оголь И. И. Технология изготовления корпуса сборной сверлильной головки БТА. Справочник. Инженерный журнал. 2017, с. 3-8.
3. Каталоги конструкций головок БТА фирм Brotek, Ingersoll, Iscar, Sandvik Coromant, БТА Heller, Unitac
4. Guide pad mounting on a drill bit. Patent US3751177A; filled 20.11.1970; application 07.08.1973. - 6 p.
5. Support pads for drill heads. Patent US20060045640A1; filled 21.06.2005; application 03.02.2006. – 4 p.
6. A tool for deep hole machining. Patent RU57171U1; filled 28.03.2005; application 10.10.2006. – 3 p.
7. Support pad for drill. Patent US5697737A; filled 11.09.1995; application 16.12.1997. – 6 p.
8. Deep hole drill. Patent US6682275B1; filled 13.06.2000; application 27.01.2004. – 9 p.
9. Drilling tool. Patent US5820318A; filled 09.11.1995; application 13.10.1998. – 6 p.
10. Drill bit. Patent US4293252A; filled 29.01.1980; application 06.10.1981. – 4 p.