

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

---

Школа \_\_ ИШНПТ  
Направление подготовки \_\_ 150401/Машиностроение  
Отделение школы (НОЦ) \_\_ Материаловедение

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка конструкции сборной головки БТА</b>

УДК 621.88.091.001.66.621.952

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Савченко Дмитрий 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 программе

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

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

---

Школа \_\_ ИШНПТ  
Направление подготовки \_\_ 150401/Машиностроение  
Отделение школы (НОЦ) \_\_ Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(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	Савченко Дмитрию Сергеевичу

Тема работы:

Разработка конструкции сборной головки БТА	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Проспекты фирм-производителей головок БТА, специальных станков и смазочно-охлаждающих жидкости.</li><li>2. Литература по технологии обработки глубоких отверстий.</li><li>3. Программа КОМПАС 3D для разработки конструкторской документации.</li><li>4. Напайный головки БТА фирмы <i>Botek</i> диаметром 31,2 мм.</li></ol>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ современных конструкций головок БТА.</li> <li>2. Разработка конструкторской документации на корпус сборной нерегулируемой головки БТА диаметром 31,2 мм.</li> <li>3. Исследование стойкости сконструированной головки.</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);</li> <li>2. Чертеж корпуса головки БТА диаметром 31,2 мм – 1 лист формата А0;</li> <li>3. Чертежи режущих и направляющих пластин – 4 листа формата А4, А3.</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Исследовательский	Кирсанов Сергей Васильевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Исследовательский (на англ. яз.)	Пичугова Инна Леонидовна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Обзор литературы

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

**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	Савченко Дмитрий Сергеевич		

Выпускная квалификационная работа 134 с., 61 рис., 36 табл., 34 источников, 2 прил.

Ключевые слова: глубокое сверление, БТА, конструкция, сборные режущие инструменты, стойкость.

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

Цель работы - разработка конструкции 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 АО «Свердловский инструментальный завод» была изготовлена опытная партия сборных нерегулируемых сверлильных головок БТА диаметром 31,2 мм 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.

## Оглавление

Введение.....	7
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ .....	8
1.1 Современные конструкции инструментов для сверления глубоких отверстий.....	8
1.2 Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при сверлении глубоких отверстий.....	23
1.3 Станки для сверления глубоких отверстий .....	28
1.4 Проблема дробления стружки при сверлении глубоких отверстий....	37
1.5 Современные конструкции сборных головок БТА.....	38
2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГОЛОВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 ММ .....	43
3 СТОЙКОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ ГОЛОВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 ММ .....	52
3.1 Методика испытаний.....	52
3.2 Стойкостные испытания .....	54
3.3 Выводы .....	67
Заключение .....	68
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	69
4.1 Пред проектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования .....	71
4.2 Сборная головка БТА для сверления глубоких отверстий .....	72
4.3 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	72
4.4 FAST – анализ .....	73
4.5 SWOT-анализ .....	78
4.6 Инициация проекта .....	81
4.7 Цели и результат проекта .....	81
4.8 Организационная структура проекта.....	82
4.9 Ограничения и допущения проекта.....	83

4.10	План проекта .....	84
4.11	Бюджет научного исследования .....	86
4.12	Накладные расходы .....	89
4.13	Общие итоги финансирования и расходов .....	90
4.14	Матрица ответственности.....	90
4.15	Оценка экономической эффективности проекта.....	91
4.16	Оценка научно-технического уровня НИР .....	92
4.17	Реестр риска проектов.....	95
4.18	Оценка сравнительной эффективности исследования .....	96
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	100
5.1	Анализ опасных и вредных факторов .....	102
5.2	Микроклимат .....	103
5.3	Вредные вещества .....	104
5.4	Производственный шум.....	105
5.5	Освещение .....	106
5.6	Электробезопасность.....	109
5.7	Пожаровзрывобезопасность .....	110
5.8	Экологичность .....	111
5.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	112
5.10	Законодательные акты .....	114
5.11	Графические материалы .....	114
	Список литературы .....	115
	Приложение А .....	119
	Приложение Б.....	122
	Приложение В.....	123

## Введение

Для сверления отверстий диаметром  $D = 20 \dots 60$  мм и более глубиной до  $150D$  применяют сверла БТА, состоящие из сверлильной головки и борштанги. Анализ современных конструкций сверлильных головок БТА показывает, что наибольшее применение, в последнее время, все больше находят сборные головки, оснащенные сменными режущими и направляющими пластинами. Такие инструменты в настоящее время выпускают фирмы *Sandvik Coromant* (Швеция), *Botek* (Германия), *Ingersoll* (США), *Iskar* (Израиль) и др. Однако в нашей стране такие инструменты не выпускаются, хотя широко используются в оборонной промышленности, авиастроении, судостроении, станкостроении и т.д. В этой связи руководством ОАО «Свердловский инструментальный завод» было принято решение освоить выпуск таких инструментов. Для решения этой проблемы был привлечен Томский политехнический университет, которому потребовалось решить следующие задачи: выполнить анализ современных конструкций сверлильных головок БТА и предложить свою оригинальную конструкцию, защищенную патентами; разработать технологию изготовления таких головок и провести их производственные испытания.

В предлагаемой работе вся документация разработана на примере нерегулируемой сборной сверлильной головки БТА диаметром 31,2 мм.



# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

## 1.1 Современные конструкции инструментов для сверления глубоких отверстий

К глубоким и точным относят отверстия, длина которых в 5...10 раз превышает их диаметр ( $l/d \geq 5 \dots 10$ ), точность IT 6...8, увод осей отверстий 0,01...0,03 мм/100 мм. Получают такие отверстия следующими инструментами:

**Ружейные сверла** применяют для сверления отверстий диаметром 0,5 ... 30 мм, глубиной до 250D с точностью диаметральных размеров IT 7...9, уводом осей отверстий 0,01...0,02/100 мм и шероховатостью  $Ra = 0,32 \dots 1,25$  мкм.

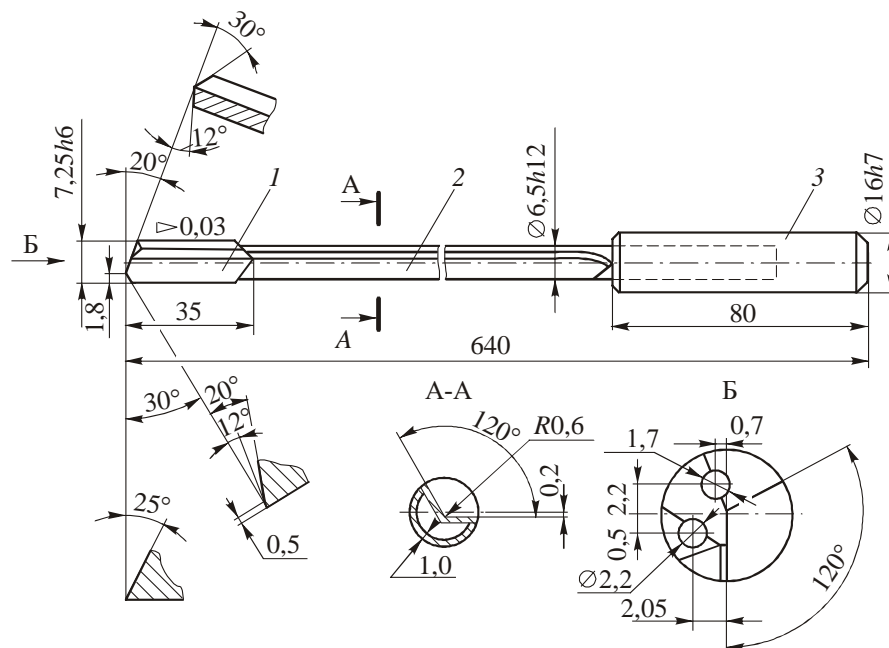


Рис. 1.1 Ружейное сверло: 1 – наконечник, 2 – стемель, 3 – хвостовик

Стандартное ружейное сверло состоит из твердосплавного наконечника, называемой рабочей частью 1, стального трубчатого стемеля с V-образной наружной канавкой 2 и хвостовика 3. В процессе работы СОЖ

под давлением подается в зону резания через отверстия в стебле. Стружка отводится по V-образной канавке в стружкоприемник 3 и далее в стружкосборник станка (рис 1.2).

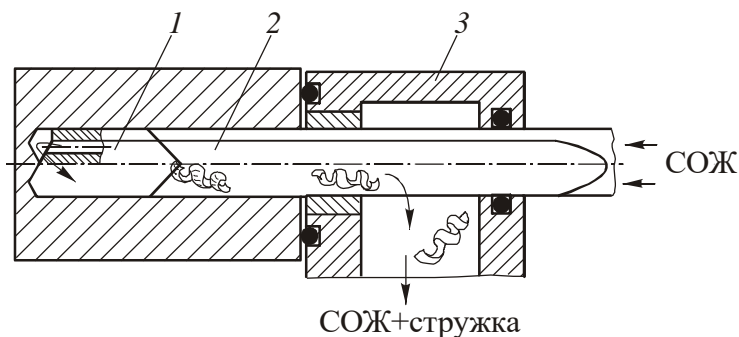


Рис. 1.2 Схема обработки глубокого отверстия ружейным сверлом:

1 – наконечник; 2 – стебель; 3 – стружкоприемник

Наконечники ружейных сверл изготавливают цельными твердосплавными и сборными из стали 30ХГСА, которые оснащаются сменными или напайными твердосплавными режущими и направляющими пластинами (рис 1.3). Материалами наконечников являются однокарбидные твердые сплавы марок ВК8, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ с размером зерен карбидной фазы 1,3...0,5 мкм.

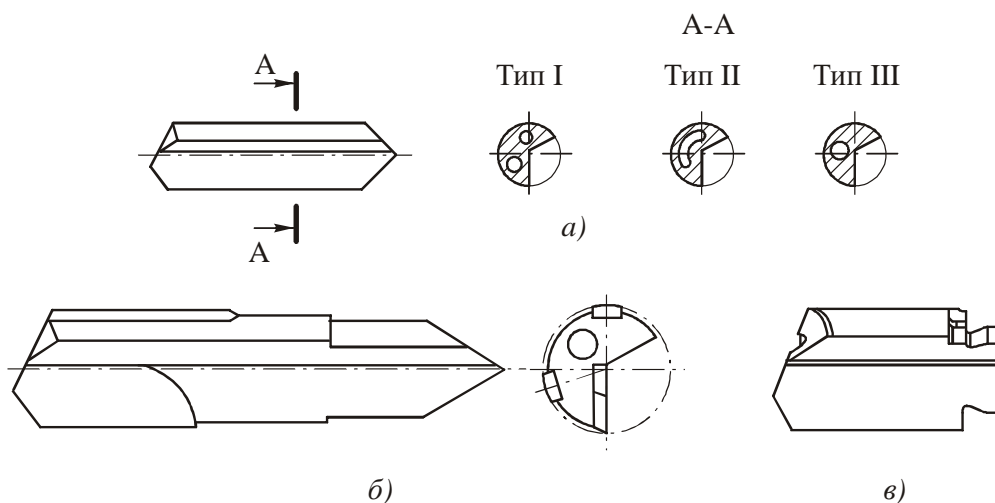


Рис. 1.3 Типы наконечников ружейных сверл:

а – цельный твердосплавный; б – сборный, оснащенный напайными твердосплавными пластинами; в – сменный твердосплавный фирмы «Iscar» (Израиль)

Твердосплавные наконечники соединяют со стеблем пайкой припоем ПСрМНц-49 по ТУ 48-1-326-73 или ПСр40 по ГОСТ 19739-74 с применением флюса 284 по ТУ 48-02-62-71 [24] а сборные наконечники соединяются со стеблем аргонодуговой сваркой.

Наконечники ружейных сверл имеют круглые или серпообразные отверстия и наружные V-образные канавки с углом  $120^\circ$ . Длина твердосплавных наконечников равна  $(2...4,5)d$ .

Стебли ружейных сверл, так же, как и наконечники, имеют V-образную наружную канавку с углом профиля  $120^\circ$ . Изготавливают стебли из сталей марок 15ХМ, 20ХМ [26], 30ХГСА, 40ХН2МА [24], с последующей закалкой до твердости 35...40 HRC. После закалки стебли многократно рихтуют для обеспечения их прямолинейности.

Стебель ружейного сверла впаивается припоями ПрМНМц 68-4-2 по ТУ 48-08-476-71 в цилиндрический хвостовик, который изготавливается из сталей 45, 50 по ГОСТ 1051-73 или сталей 40Х, 45Х по ГОСТ 4543-71 [24].

**Сверла 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 1.4).

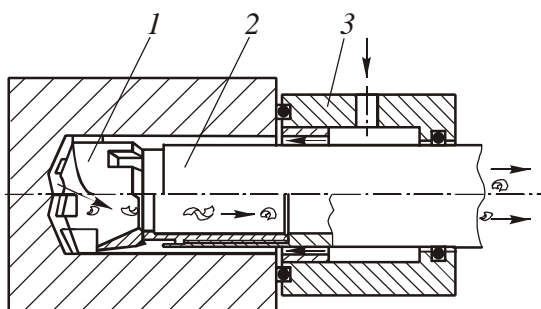


Рис. 1.4 Схема обработки глубокого отверстия сверлом БТА: 1 – сверлильной головкой, 2 – стембель, 3 – маслоприемник

Центрирование головки в стембле осуществляется по двум поясам, находящимся в стембле 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 стемблем, а стружка отводится из зоны резания через каналы внутри стембля.

Сверла БТА имеют более высокую жесткость, чем ружейные сверла, поэтому их подача в 2...4 раза выше [31], при этом стружка, так как отводится внутри стембля, не царапает обработанную поверхность. При этом, из-за внутреннего отвода, стружка может закупоривать входные каналы головки и стембля, что делает процесс сверления невозможным, в следствии 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 сверл БТА достаточно разнообразны. На рис. 1.5 изображено сверло БТА малого диаметра фирмы Gebruder Heller (Германия) [29].

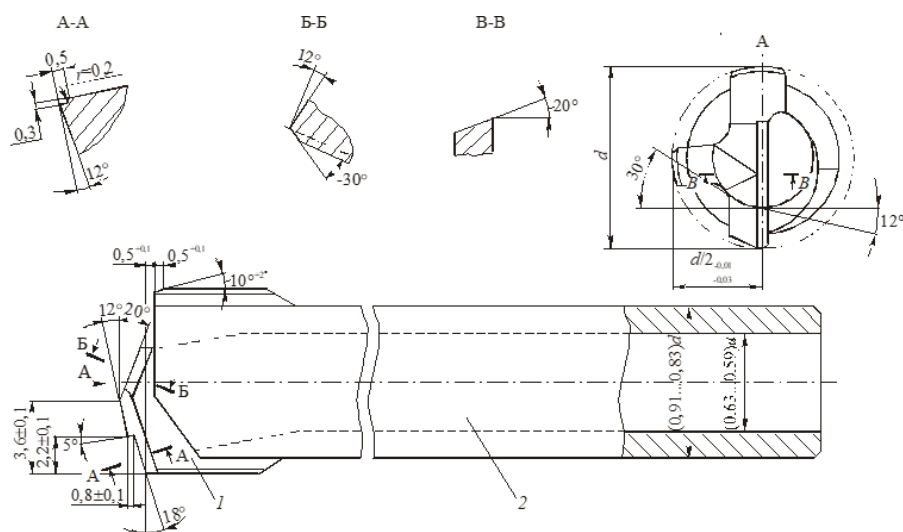


Рис. 1.5 Сверло БТА диаметром 8,51...9,25 мм фирмы «Gebrüder Heller» (ФРГ):

1 – твердосплавный наконечник; 2 - стебель

Оно представляет собой наконечник, изготовленный из твердого сплава Т-образной формы, который припаян к стеблю. Дробление стружки данной головкой по ширине осуществляется при помощи торцевого уступа, а по длине при помощи стружкодробящего порожка. Заточка таких сверл достаточно сложна и трудоемка, а конструкция сверла требует большого расхода стеблей, поэтому сверла диаметром 8 мм и более изготавливают чаще сборными, навинчивающимися на стебель. Такие головки бывают однолезвийными и многолезвийными, перетачиваемыми и неперетачиваемыми, с напайными или сменными режущими и направляющими пластинами.

Перетачиваемые головки БТА диаметром 8...15 мм выпускают фирмы American Heller (США), Iscar (Израиль) и др. (рис 1.6).

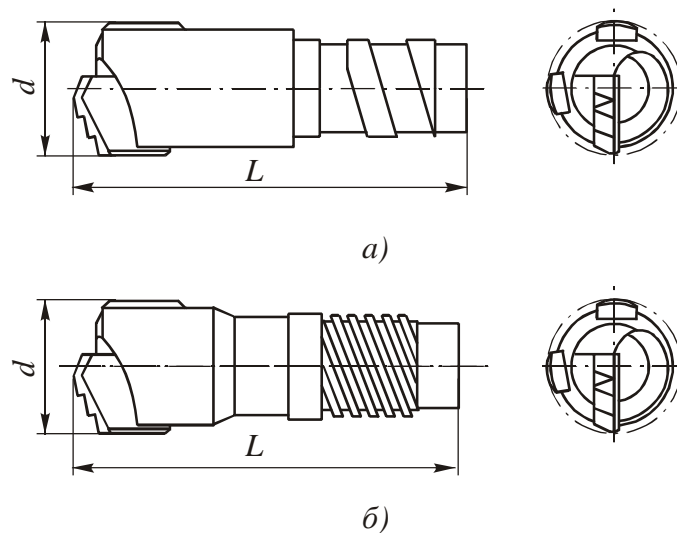


Рис. 1.6 Сверлильные головки БТА фирмы «American Heller» (США):

$a - d = 8...15$  мм,  $L = 35$  мм;  $b - d = 12,6...20$  мм,  $L = 43$  мм

Корпус перетачиваемой головки БТА диаметром 8...15 мм отливают методом литья по выплавляемым моделям из стали 40Х, 35ХГС и др., а затем к нему припаивают одну режущую и две направляющие пластины из твердого сплава. Дробление стружки осуществляется с помощью торцевых уступов и стружкодробящего порожка. Головка крепится к стеблю при помощи наружной прямоугольной однозаходной или четырехзаходной резьбы.

Напайные однолезвийные перетачиваемые (выдерживают 4...6 переточек) сверлильные головки БТА диаметром 20...70 мм VEB «Smalcalda» (ГДР) представлены на рис 1.7.

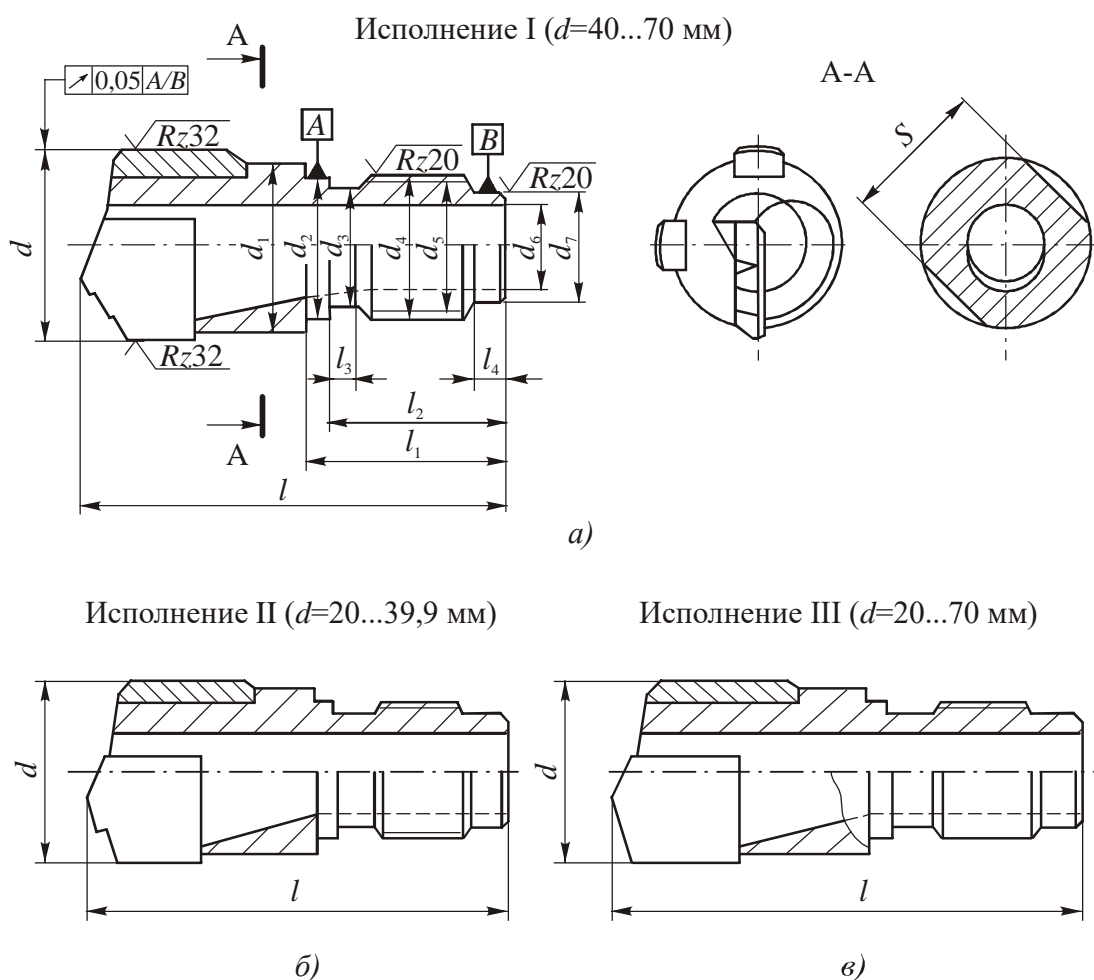


Рис. 1.7 Однолезвийные напайные сверлильные головки БТА VEB Smalcalda (Германия)

Многолезвийные сверлильные головки БТА диаметром 15,6...65 мм изготавливают сварными и состоят из литой фасонной рабочей части, приваренной к хвостовику аргонодуговой сваркой. На головку напайваются три или пять режущих твердосплавных пластин и две направляющие твердосплавные пластины. Режущие пластины расположены с обеих сторон относительно оси головки, что дает минимальную нагрузку на направляющие инструмента, что ведет к меньшему износу направляющих и дроблению стружки по ширине. По длине стружка дробится при помощи стружкодробящих порожков.

Технология изготовления многолезвийных головок БТА состоит из следующих операций [8, 17]:

1. Отливка фасонной части головки;
2. Изготовление хвостовика;
3. Сварка фасонной части и хвостовика;
4. Изготовление заготовок режущих и направляющих пластин;
5. Пайка заготовок режущих и направляющих пластин;
6. Заточка головок.

Фасонную часть головок БТА изготавливают из сталей 40ХФЛ, 40ХН2МА и других методом литья по выплавляемым моделям. Для отливки восковой модели фасонной части головки в зависимости от типа производства применяют одногнездовые или многогнездовые пресс-формы [8]. Твердость фасонной части головок находится в пределах 35...40 НРС.

Хвостовики изготавливают из сталей 40Х или 30ХГСА с наружной или внутренней прямоугольной резьбой. Твердость хвостовиков находится в пределах 26...30 НРС.

Заготовки твердосплавных режущих и направляющих пластин получают прессованием в специальных пресс-формах с последующим спеканием. В качестве материалов пластин используют твердые сплавы марок Т14К8, Т15К6, Т15К10, ВК8 и др.

Пайку режущих и направляющих пластин осуществляют на индукционных установках токами высокой частоты припоями ТМСр47М, МСр-40 или ПрМНМц 68-4-2 с использованием флюсов марок Ф100, ПВ284Х или ПВ209Х [20].

Заточку головок осуществляют на универсально-заточных станках алмазными кругами типа 12А2 и 1А1. Точность заточки порошков  $\pm 0,02$  мм.

Стебли сверл БТА изготавливают из трубы по ГОСТ 8731-75 из стали 30ХГСА. Твердость стеблей на длине 130 мм от торца хвостовой части должна быть 40...45 НРС, а на остальной части длины – 26...30 НРС.



Фирма Sandvik Coromant (Швеция), Bortec (Германия) выпускают усовершенствованный вариант напайных многолезвийных сверлильных головок БТА диаметром 15,6...65 мм (рис 1.8).

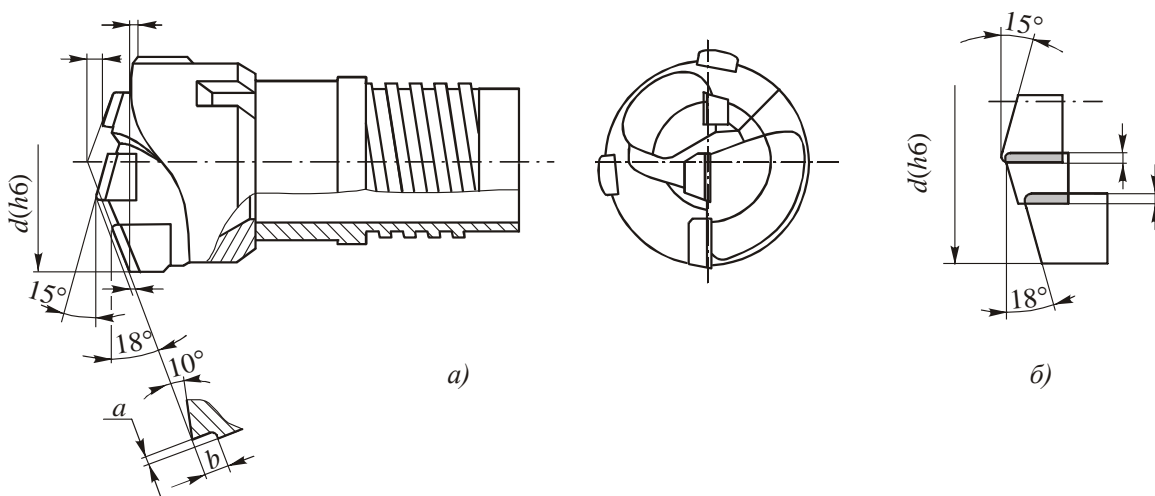


Рис. 1.8 Усовершенствованная напайная многолезвийная сверлильная головка БТА фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция):  
*a* – общий вид; *б* – схемы перекрытия режущих пластин

Эти головки не требуют заточки, так как они оснащены напайными твердосплавными пластинами, которые имеют необходимые размеры и форму стружкодробящих порожков, полученных в процессе прессования и последующего спекания пластин. Благодаря применению данной технологии режущая кромка центральной пластины выполнена прямой, а ее передняя поверхность имеет положительный передний угол, что облегчает процесс стружкообразования вблизи оси инструмента. Так же режущие пластины в корпусе расположены таким образом, что их режущие кромки образуют ступенчатую линию, что исключает уменьшение в два раза толщины стружки в зонах перекрытия между пластинами.

Стружкодробящие порожки усовершенствованных головок имеют более совершенную форму, что позволяет обрабатывать материалы с подачами 0,15...0,3 мм/об.

Изготовление таких головок требует высокоточных отливок и режущих пластин, а при пайке – обеспечение высокой точности их взаимного расположения.

В последнее время в большее применение находят сборные сверлильные головки БТА. В корпусах этих головок с высокой точностью выполнены пазы, в которые установлены либо пластины, либо вставки, оснащенные сменными режущими и направляющими твердосплавными пластинами.

Сборные головки БТА диаметром 18...112 мм выпускает фирма Botek (Германия) и др. (рис 1.9).

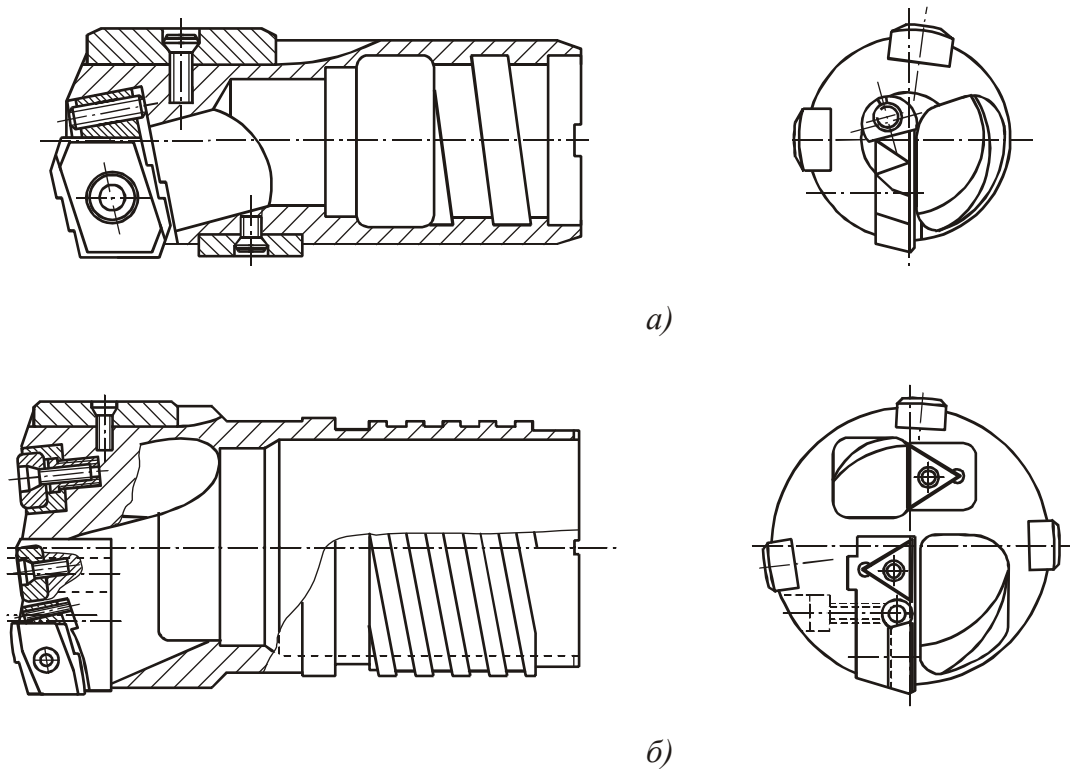


Рис. 1.9 Сборные сверлильные головки БТА фирмы «Botek» (ФРГ):

$a - d = 18...37$  мм;  $b - d = 80...112$  мм

В этих головках периферийные сменных режущие пластины, регулируемые в радиальном направлении, имеют калибрующие ленточки. В сверлильных головках с большим диаметром центральные и промежуточные

режущие пластины имеют треугольную форму и в державках установлены тангенциально. Такое размещение способствует повышению жесткости.

Головки фирмы Botek (Германия) оснащены двумя или тремя жестко закрепленными двухсторонними цельнотвердосплавными направляющими пластинами.

Фирма Sandvik Coromant (Швеция) выпускает сборные головки CoroDrill 800 диаметром 30...65 мм (рис 1.10, а). На торцах и цилиндрических поверхностях корпусов этих головок выполнены дополнительные канавки, обеспечивающие подвод СОЖ к режущим кромкам в больше объеме, благодаря чему эти головки обладают улучшенным стружкоотводом и повышенной стойкостью.

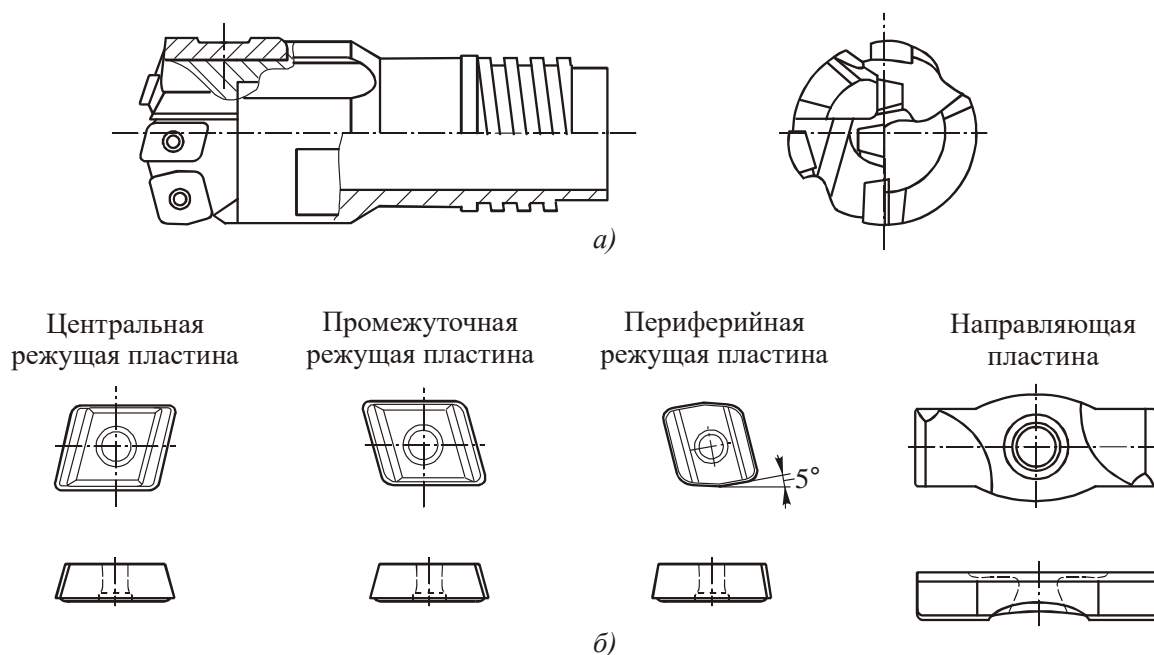


Рис. 1.10 Сборная сверлильная головка БТА CoroDrill 800  
фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция):

а – общий вид головки; б – твердосплавные сменные режущие  
и направляющие пластины

Центральная и промежуточная режущие пластины головок CoroDrill 800 имеют форму параллелограмма, а периферийная режущая пластина имеет калибрующие ленточки (рис 1.10, б). Направляющие пластины

выполнены двухсторонними, цельнотвердосплавными, имеют сложную форму, которая обеспечивает более обильный подвод СОЖ к направляющим пластинам. Гнезда под твердосплавные режущие и направляющие пластины выполнены в закаленных корпусах с высокой точностью, и поэтому пластины не нуждаются в регулировке на диаметральный размер. Пластины крепятся «впотай» винтами с конической головкой, что способствует беспрепятственному проходу стружки по передним поверхностям пластин.

**Эжекторные сверла** применяются для сверления отверстий диаметром 18...200 мм, глубиной до  $100D$  с точностью диаметральных размеров IT 9...10 и шероховатостью  $Ra = 2 \dots 3$  мкм.

Эжекторное сверло состоит из сверлильной головки 1, стебля 2 и тонкостенной трубы 3 (рис. 1.11). В зону резания СОЖ подается по кольцевому зазору между толстостенной (стеблем) и тонкостенной трубами. Одновременно часть этого потока проходит в обратном направлении через щелевые сопла, выполненные на тонкостенной трубе, и создает в ней пониженное давление. Под действием атмосферного давления поток СОЖ (примерно  $2/3$  общего объема), омывающий головку, вместе со стружкой направляется в зону пониженного давления, и далее поступает в стружкосборник станка. В результате отпадает необходимость уплотнять зазор между торцом заготовки, стеблем и кондукторной втулкой. Поэтому при эжекторном сверлении не требуется маслоприемник, что значительно упрощает наладку операции глубокого сверления и позволяет осуществлять ее не только на специальных станках, но и на большинстве моделей универсальных металлорежущих станков после их относительно небольшой модернизации.

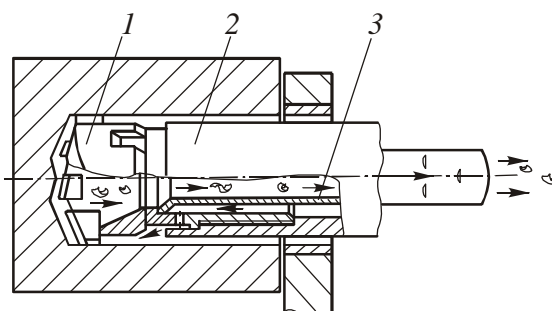


Рис. 1.11 Схема обработки глубоких отверстий эжекторным сверлом:

1 – сверлильная головка, 2 – стембель, 3 – тонкостенная труба

Сверлильные головки эжекторных сверл, так же, как и сверл БТА, изготавливают напайными  $d = 18,4 \dots 65$  мм или сборными  $d = 30 \dots 184$  мм.

Их геометрические параметры подобны. Однако конструкции хвостовиков головок отличаются, что вызвано различием способов подвода СОЖ и отвода стружки: хвостовики головок эжекторных сверл имеют шесть радиальных отверстий, через которые СОЖ попадает в зону резания, а внутри хвостовиков выполнен уступ, в который упирается тонкостенная труба. Режимы резания эжекторных сверл примерно такие же, как и сверл БТА, а режимы подачи СОЖ в зону резания иные.

Стебель эжекторных сверл состоит из двух труб: наружной толстостенной и внутренней тонкостенной. Толстостенная труба (стембель) является несущим элементом сверла, передающим крутящий момент и осевую составляющую силы резания. Таким образом, тонкостенная и толстостенная трубы образуют компактный эжектор – струйный насос. В последнем происходит смешивание двух потоков СОЖ: рабочего с напором  $H_1$  и расходом  $Q_1$  и эжекторного с  $H_2$ ,  $Q_2$  с образованием смешанного потока  $H_3$ ,  $Q_3$ .

**Кольцевые сверла БТА** применяют для сверления отверстий диаметром  $50 \dots 500$  мм и более, глубиной до  $150D$  с точностью диаметральных размеров JT 10 и шероховатостью  $Ra = 3$  мкм.

Кольцевые сверла БТА состоят из сверлильной головки 1 и стебля 2, соединенных между собой прямоугольной четырехзаходной резьбой (рис 1.12). В процессе сверления СОЖ в зону резания подается под давлением через маслоприемник 3 в кольцевой зазор между стеблем и обрабатываемым отверстием, а стружка отводится внутри стебля.

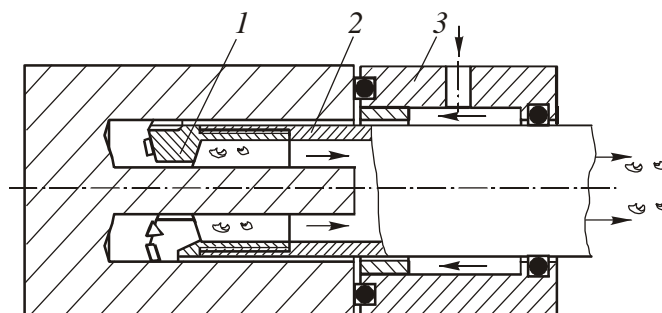


Рис. 1.12 Схема обработки глубоких отверстий кольцевым сверлом БТА:

1 – сверлильная головка, 2 – стержень, 3 – маслоприемник

При кольцевом сверлении (трепанации) в стружку переводится только кольцевая полость площадью примерно 55...65% от площади обрабатываемого отверстия, а в центре отверстия образуется сердечник (кern) диаметром  $d_c = (0,592 \dots 0,671)d$ .

По сравнению со сверлением по целому при кольцевом сверлении уменьшается потребляемая мощность, объем образующей стружки, количество выделенной теплоты, а следовательно, и расход СОЖ. При этом полученный сердечник можно использовать как заготовку для изготовления каких-либо деталей или для испытания металла.

Головки для кольцевого сверления чаще всего изготавливают сборными. Головка состоит из корпуса, которому винтами крепятся сменные режущий нож и две твердосплавные направляющие (рис 1.13). Последние по мере износа можно перетачивать, меняя положение концов.

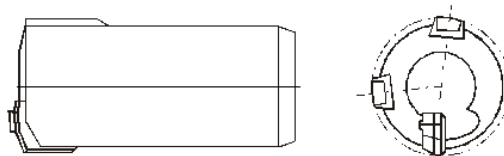


Рис. 1.13 Однолезвийная кольцевая сверлильная головка БТА фирмы «Gebrüder Heller»

Кольцевая сверлильная головка имеет центральное отверстие для размещения образующегося в процессе сверления сердечника и боковое отверстие для внутреннего отвода стружки. С помощью внутренней прямоугольной резьбы с большим шагом головка крепится к стеблю, имеющему наружный диаметр  $d_{ст} = (0,83 \dots 0,91)d$ , где  $d$  – диаметр сверлильной головки кольцевого сверла.

Внутренний диаметр стебля определяется диаметром сердечника, образующегося при сверлении, и принятой величиной кольцевого зазора между сердечником и внутренним диаметром стебля.

Режущий нож сверлильной головки (патент ФРГ №914.573) состоит из стального корпуса, к которому припаяна твердосплавная пластина. Режущая кромка ножа заточена таким образом, что образует ломаную линию с выступающим «носиком». Благодаря такой заточке срезаемый слой делится по ширине на три стружки одинаковой ширины. Дробление этих стружек по длине осуществляется с помощью стружкодробящего порожка.

В корпусе сверлильной головки имеется гнездо под режущий нож, в котором одна стенка наклонена к оси головки под углом  $2^\circ$ . Это позволяет производить регулировку диаметра головки после переточки ножа. Для этого в корпус завинчен специальный винт, упирающийся в торец ножа, а фиксация ножа осуществляется другим винтом, головка которого находится в верхней части ножа. Такие головки можно перетачивать 5...6 раз.

## **1.2 Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при сверлении глубоких отверстий**

Сверление глубоких отверстий инструментами БТА невозможна без применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). В качестве последних чаще всего используются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), которые должны выполнять следующие функции:

- а) отвод теплоты из зоны резания
- б) получение стружки транспортабельной формы и ее надежный отвод
- в) смазка контактных поверхностей инструмента
- г) обеспечение высокого качества поверхностного слоя отверстий

На выбор марки СОЖ и способы ее подвода большое влияние оказывает конструкция режущего инструмента и, как следствие, уровень силовых и температурных нагрузок, действующих на инструмент в процессе резания. Например, при обработке отверстия сверлом БТА 65% потребляемой мощности уходит на резание, а 35% на трение направляющих [30]. При этом температура в зоне контакта достигает 700...800 °С, что оказывает негативное влияние на стойкость инструмента и качество поверхностного слоя отверстий [25]. Поэтому при обработке глубоких отверстий с целью уменьшения потерь на трение применяют в основном масляные СОЖ (табл. А.1 (Приложение А)). Однако в ряде случаев из-за несоответствия свойствам обрабатываемого материала масляные СОЖ применять нельзя. Например, при обработке серого чугуна и алюминия используют водные СОЖ, а при обработке графита – сжатый воздух. Иногда масляные СОЖ нельзя применять и по эксплуатационным причинам, например на обрабатывающих центрах, для которых характерна единая система подачи СОЖ для всех операций. В этом случае обычно используют специальные марки водных СОЖ, рискуя снижением стойкости инструмента и качества обработанной поверхности.



Водные СОЖ изготавливают из концентратов – эмульсолов, состоящих из базовой масляной основы, эмульгатора, противоизносных, противозадирных и антифрикционных присадок, а также специальных добавок – ингибиторов, стабилизаторов, антипенных присадок и др.

В отличие от водных СОЖ, масляные жидкости состоят из базового минерального масла и присадок различного функционального назначения: антифрикционных, антиокислительных, антипенных, моющих и др. Эти СОЖ оказывают хорошее смазочное и относительно низкое охлаждающее действия, имеют высокую стоимость и характеризуются повышенной пожароопасностью.

Минеральное масло представляет собой смесь парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов. Для СОЖ используются масла с высоким содержанием парафиновых углеводородов и низким содержанием ароматических углеводородов. Последние обладают лучшей стойкостью к окислению, менее токсичны, так как ароматическая фракция в масле, некоторые компоненты которой канцерогенны, очень мала. Ароматические углеводороды не разрушают резиновые уплотнения станков и оснастки, они прозрачны, что позволяет визуально контролировать в потоке СОЖ форму стружки.

Введение в минеральное масло химически активных противоизносных и противозадирных присадок (S, Cl, P) улучшает ее смазочное действие и сопротивление высоким давлению и температуре. По своему строению эти присадки существенно отличаются от присадок поверхностно-активных веществ (ПАВ) – растительных и животных жиров, а также жиров, содержащих глицериды высших жирных кислот (пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и др.). Механизм действия химически активных присадок складывается из трех процессов: 1) адсорбция (хемосорбция) молекул присадок на поверхности трения; 2) химические превращения (или разложение) присадок при повышенных температурах в местах контакта; 3)

химическое взаимодействие наиболее активных продуктов превращения (или разложения) присадок с металлом поверхностей трения – химическое модифицирование поверхностей трения [1, 21].

На химическое взаимодействие присадок с металлическими поверхностями трения определяющее влияние оказывают повышенная температура и каталитическое воздействие ювениальной (не покрытой какой-либо пленкой) поверхности металла. Последняя образуется в результате схватывания (заедания) металла и разрыва металлических связей и является весьма реакционноспособной.

Образующиеся модифицированные слои представляют собой твердые смазочные пленки, которые эффективно защищают поверхности контакта от схватывания (заедания). Являясь солями железа, они выдерживают, не разрушаясь, высокие температуры (хлоридные – 400 °С, сульфидные – 800 °С, фосфидные – 1000 °С) [34]. Эти пленки обладают анизотропией – неодинаковостью механических свойств в разных направлениях: выдерживают высокие нормальные нагрузки и оказывают малое сопротивление действию касательных нагрузок, что способствует снижению сил трения.

Важным свойством масляных СОЖ является вязкость, которая сильно зависит от температуры жидкости: при повышении температуры вязкость уменьшается, а при понижении- увеличивается. Отсюда появляется необходимость выбора оптимальной вязкости СОЖ.

Опыт показывает, что кинематическая вязкость масляных СОЖ при температурах 20 и 50 °С должна быть равной соответственно 20...40 и 6...20 мм<sup>2</sup>/с [27, 31, 34]. При этом оптимальный диапазон вязкости СОЖ должен находиться в пределах рабочих температур 30...40 °С. Это объясняется тем, что при температуре ниже 20 °С повышается вязкость СОЖ и ухудшаются ее моющие и охлаждающие действия. При температуре более 40...50 °С

жидкость начинает терять свои эксплуатационные свойства из-за окисления, повышенного испарения, старение и истощение присадок. Причиной нагрева СОЖ при обработке глубоких отверстий является, в основном, теплота, выделяемая в процессе резания и, в меньшей степени, в результате работы насоса гидростанции станка.

Большое влияние на температуру СОЖ оказывают так же объем бака насосной станции и размеры заготовки. Считается, что для эффективного охлаждения СОЖ полезный объем бака должен быть равным десятиминутной производительности насоса. Если температура СОЖ в баке превышает 50 °С, то в насосной станции необходимо устанавливать теплообменники. Поскольку водяные теплообменники требуют подвода к баку водопровода и канализации, а также большого расхода воды и не исключают ее попадания в СОЖ, чаще всего используют воздушные теплообменники.

Для выявления потребности в теплообменниках нужно знать время, необходимое для нагрева СОЖ в диапазоне температур от 20 до 50 °С. Фирма Sandvik Coromant (Швеция) рекомендует использовать формулу для расчета:

$$t_H = kV_6P_H,$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий тип СОЖ,  $k = 14,25$  – масляные СОЖ,  $k = 33,8$  – водные СОЖ;  $V_6$  – объем бака, м<sup>3</sup>;  $P_H$  – мощность нагрева СОЖ, кВт.

Большое значение при обработке глубоких отверстий инструментами с внутренним подводом СОЖ придается ее очистке от механических примесей. Это объясняется негативным воздействием последних на стойкость инструментов и шероховатость поверхностного слоя обработанных отверстий. Загрязнение СОЖ частицами стружки и пыли может привести к закупорке подводящих каналов инструмента, а также к

абразивному воздействию на инструмент и поверхность отверстия частиц стружки в случае их попадания на режущие и направляющие пластины. Поэтому системы очистки станков для сверления глубоких отверстий должны удалять из СОЖ твердые частицы размеров 10...50 мкм и более [27, 34].

Очистка СОЖ предотвращает появление у станочников кожных заболеваний, так как частицы стружки часто повреждают кожу и способствуют попаданию в организм человека различных бактерий и микроорганизмов. В результате загрязнения СОЖ и поражения ее бактериями и микроорганизмами изменяются физико-химические свойства жидкости. Поэтому очень важно соблюдать графики замены СОЖ и очистки трубопроводов, а также систем ее подачи в станках. Например, фирма Tiefbohrtechnik (Германия) рекомендует заменять масляные СОЖ через каждые 3000 часов работы станка для обработки глубоких отверстий. В нашей стране масляные СОЖ рекомендуется заменять через 6 месяцев, а водные СОЖ – через 3 месяца [19, 23].

В процессе обработки глубоких отверстий объем СОЖ в системе охлаждения инструмента постоянно уменьшается, так как часть жидкости уносится стружкой и деталями, а часть испаряется и разбрызгивается, что требует периодического долива недостающей части жидкости.

Объем СОЖ, уносимый стружкой, зависит от веса стружки; ее типа, определяемого, в основном, конструкцией инструмента и обрабатываемым материалом; вязкости жидкости и других факторов. По данным фирмы Tiefbohrtechnik (Германия), унос масляной СОЖ стружкой, получаемой при сверлении отверстий сверлами БТА и эжекторными сверлами – 0,01...0,1 л/кг стружки.

В станках для сверления глубоких отверстий СОЖ от стружки отделяют с помощью различных фильтров и центрифуг. В последнем случае возврат

СОЖ составляет 80...90%. Для сравнения: возврат СОЖ при ее стекании со стружки при гравитационном способе очистки – около 10% за 100 мин.

### 1.3 Станки для сверления глубоких отверстий

Станки для сверления и растачивания глубоких отверстий сверлами БТА предназначены для обработки отверстий диаметром 6...180 мм (сверление), до 500 мм (кольцевое сверление), до 500 мм (растачивание) и глубиной до 12000 мм.

При обработке на этих станках инструмент и заготовка либо вращаются, либо неподвижны. Движение подачи совершает сверло. Непрерывный отвод стружки осуществляется с помощью СОЖ, подаваемой в зону резания через маслоприемник (рис 1.14), установленный в направляющей стойке станка.

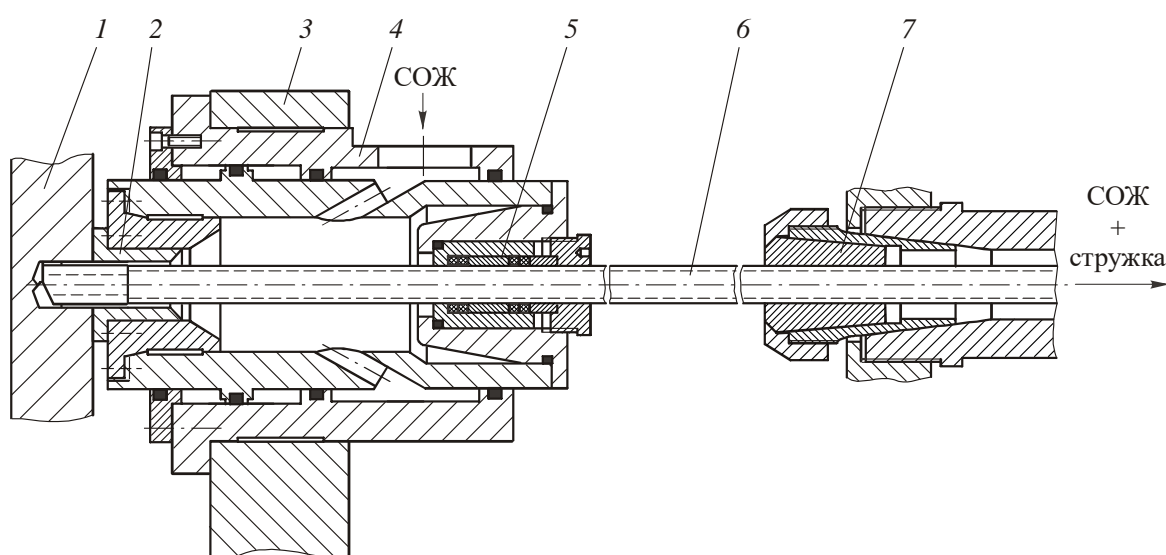


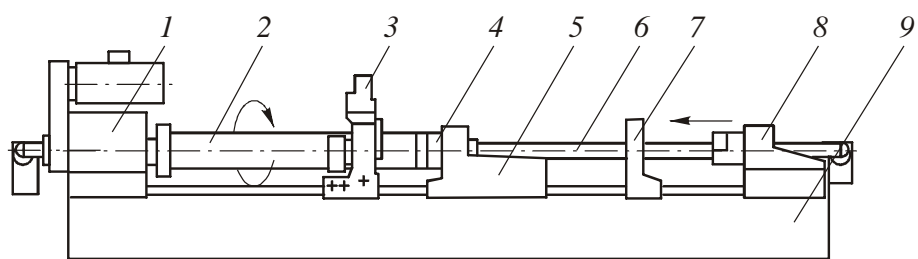
Рис. 1.14 Схема сверления глубоких отверстий сверлом БТА:

1 – заготовка, 2 – кондукторная втулка, 3 – направляющая стойка;  
4 – маслоприемник, 5 – система уплотнений, 6 – сверло БТА, 7 – цанговый зажим

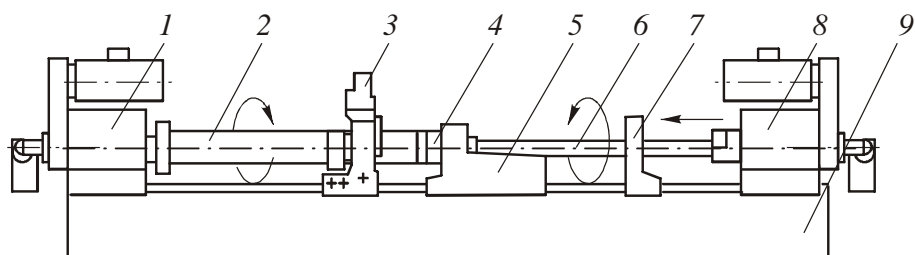
В конструкциях станков для сверления (растачивания) глубоких отверстий сверлами БТА, как и в станках для сверления глубоких отверстий ружейными сверлами, используется принцип агрегатирования. Например,

фирма Tiefbohrtechnik (Германия) выпускает базовые конструкции станков следующих типов (1.15):

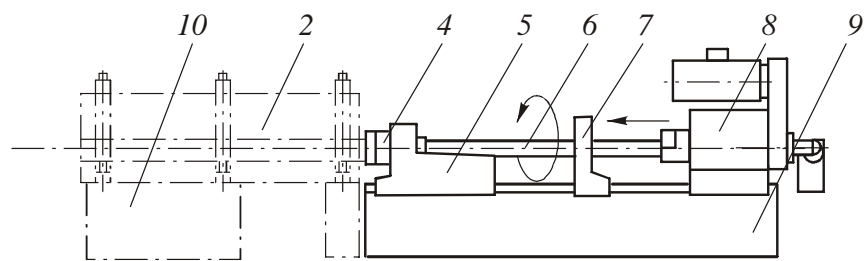
- тип  $N$  – заготовка вращается, инструмент не вращается и совершает движение подачи;
- тип  $B$  – заготовка вращается, инструмент либо вращается, либо не вращается и совершает движение подачи;
- тип  $P1$  – заготовка (базируется на отдельном столе) не вращается, инструмент вращается и совершает движение подачи;
- тип  $P2$  – заготовка (базируется на столе, установленном на станине станка) не вращается, инструмент вращается и совершает движение подачи.



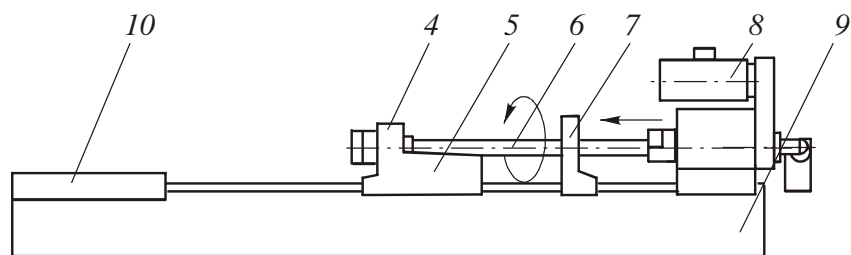
Тип N



Тип B



Тип P1



Тип P2

Рис. 1.15 Базовые модели станков фирмы «Tiefbohrtechnik» (ФРГ) для сверления глубоких отверстий сверлами БТА: 1 – бабка изделия, 2 – заготовка, 3 – люнет, 4 – маслоприемник, 5 – направляющая стойка, 6 – сверло БТА, 7 – стеблевой люнет, 8 – бабка инструмента, 9 – станина, 10 – стол

В ОАО «Рязанский станкостроительный завод» базовые конструкции станков несколько иные (рис. 1.16). Компоновки станков 1 и 2 соответствуют

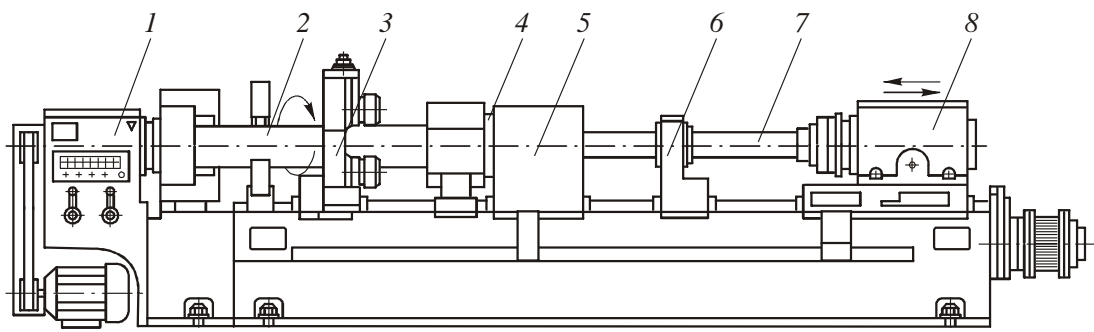
компоновкам станков типа *N* и *B* фирмы Tiefbohrtechnik. Станки типов *P1 P2* для обработки корпусных деталей эта организация не выпускает вообще, но зато выпускает вертлюжные станки типов *3* и *4*. Последние в отличие от станков типов *1* и *2* допускают установку заготовки внутри полого шпинделя бабки изделия – вертлюга. По сравнению со шпинделями станков типов *1* и *2* вертлюги имеют большие поперечные размеры. При использовании вертлюжных станков упрощается выверка правого конца заготовки, повышается жесткость заготовки за счет ее закрепления ближе к средней части или в нескольких сечениях. Появляется возможность растачивания «на растяжение», а при доработке станка можно производить одновременную обработку отверстия с двух сторон [4].

Станки ОАО «Рязанский станкостроительный завод» состоят из следующих нормализованных узлов [4, 15]:

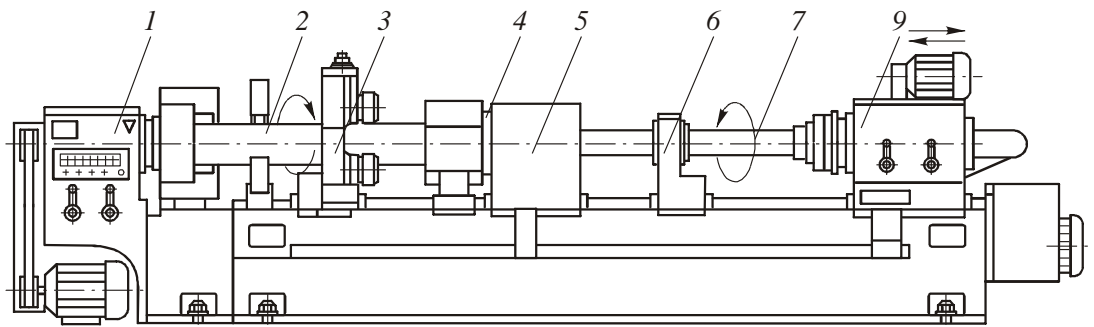
а) станина – собирается из секций длиной 3...6 м. При сборке соседние секции фиксируют шпонками и стягивают болтами. Станина имеет две прямоугольные закаленные направляющие. Секции станин отливают из серого чугуна марок СЧ15 и СЧ20, но могут изготавливать и сварными из листовой стали марок Ст 3 или Ст 4.

б) направляющая стойка – имеет базовое отверстие, соосное с осью шпинделя бабки изделия, которое служит посадочным местом для установки маслоприемника или стружкоприемника, если применяются ружейные сверла, либо разрезных втулок для направления стебля. Стойка имеет крышку с плоскостью разъема, совпадающей с осью базового отверстия. Для ускорения перемещения стойки по станине, поджима маслоприемника к правому торцу заготовки и закрепления стойки на станине имеются отдельные приводы.

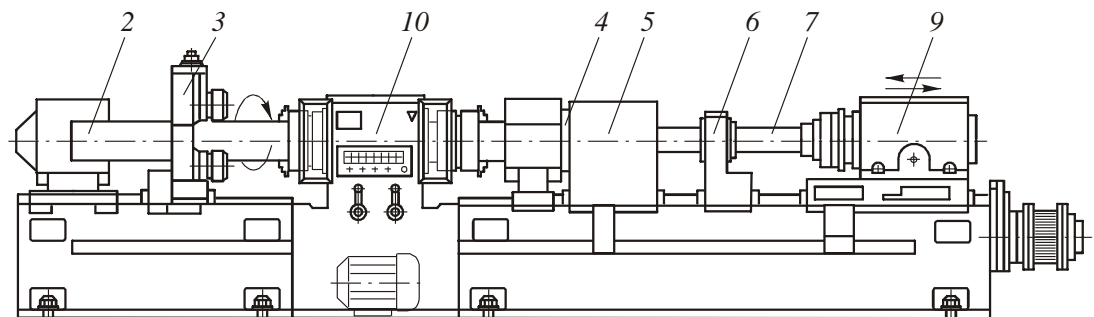




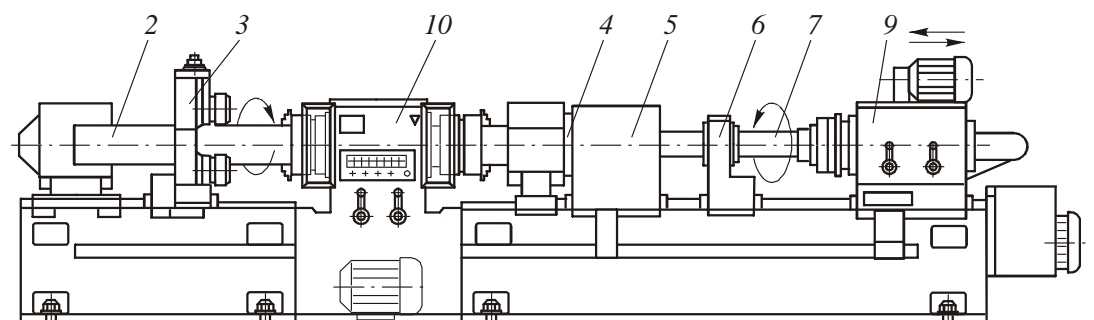
Тип 1



Тип 2



Тип 3



Тип 4

Рис. 1.16 Базовые модели станков ОАО «Рязанский станкостроительный завод» для обработки глубоких отверстий инструментами БТА:

1 – бабка изделия, 2 – заготовка, 3 – люнет, 4 – маслоприемник,

5 – направляющая стойка, 6 – стеблевой люнет, 7 – инструмент БТА,

8 – подающая каретка, 9 – бабка инструмента, 10 – вертлюжная бабка

в) маслоприемник – предназначен для подвода СОЖ в зону резания, уплотнения мест сопряжения маслоприемника с правым торцом заготовки и стеблем сверла, установки кондукторной втулки, демпфирования колебаний стебля сверла, поджима и центрирования правого конца заготовки (если маслоприемник имеет зажимной конус), компенсации теплового расширения заготовок. На рис 1.17 представлена одна из конструкций маслоприемника ОАО «Рязанский станкостроительный завод».

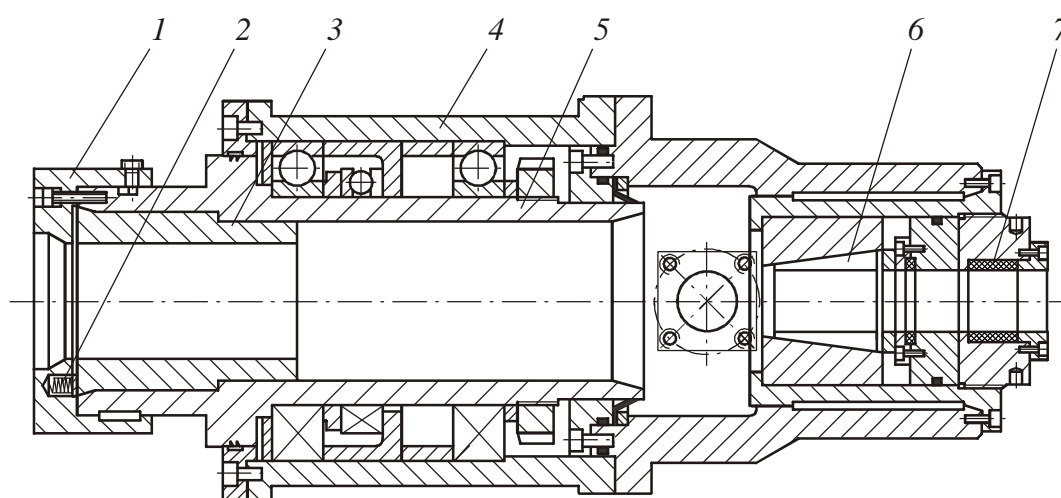


Рис. 1.17 Маслоприемник конструкции ОАО «Рязанский станкостроительный завод»: 1 – зажимной конус, 2 – пружина,

3 – кондукторная втулка, 4 – корпус, 5 – шпиндель, 6 – демпфер, 7 – уплотнение

Маслоприемник фирмы Tiefbohrtechnik (Германия) состоит из корпуса 6, вращающейся кондукторной втулки 3, зажимного конуса 2 и шпинделя 4, который базируется на трех шарикоподшипниках – двух радиальных и одном упорном (шпиндель маслоприемника может быть и не вращающимся) (рис. 1.18) Движение зажима заготовки осуществляется направляющей стойкой. При этом кондукторная втулка поджимается к торцу заготовки пружиной 5. В правой части маслоприемника расположена система уплотнений 7 места сопряжения стебля и маслоприемника, а левой части – защитный кожух 1, предохраняющий станочника от брызг СОЖ;

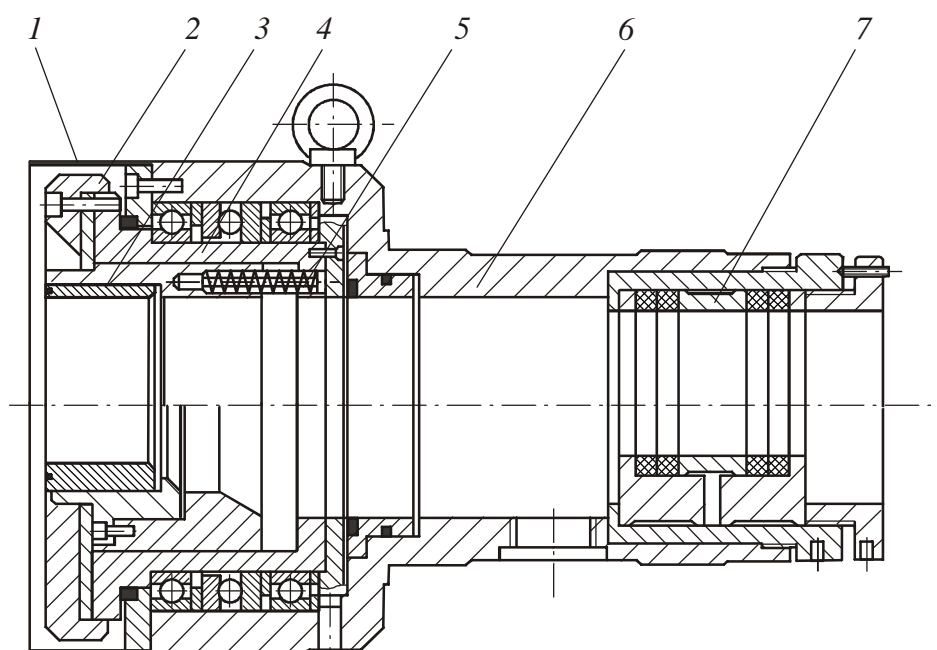


Рис. 1.18 Маслоприемник фирмы «Tiefbohrtechnik» (ФРГ):

1 – защитный кожух, 2 – зажимной конус, 3 – кондукторная втулка,  
4 – шпindelь; 5 – пружина, 6 – корпус, 7 – система уплотнения

г) промежуточные стойки (стеблевые люнеты) – являются опорами для длинных стеблей. Как и направляющие стойки, они имеют крышки и соосные с осью шпинделя бабки изделия базовое отверстие. При работе с вращающимся стеблем в отверстие промежуточной стойки устанавливают демпфер, подобный изображенному на рис 1.19. Последний состоит из корпуса 2, упорного кольца 1, подшипников 3 и 4, разрезной втулки 5, регулировочного кольца 6 и гайки 7. При затяжке гайки 7 втулка 5 смещается влево в коническом отверстии, обжимая стебель. Меняя затяжку стебля, можно регулировать частоту его собственных колебаний. При полной затяжке стебля в демпфере стойка будет двигаться вдоль станины вместе со стеблем инструмента, а при освобождении – останется стоять на месте;

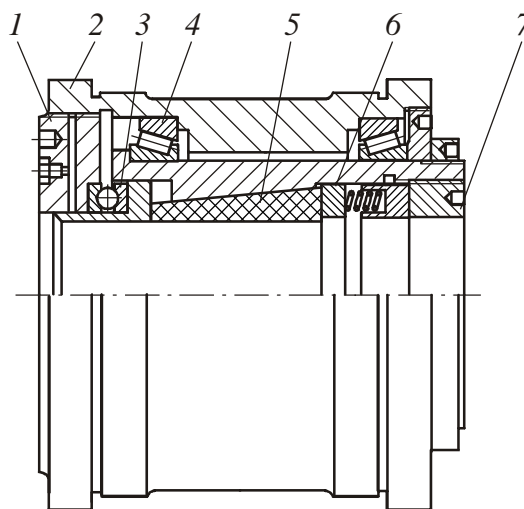


Рис. 1.19 Стеблевой демпфер фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция):

1 – упорное кольцо, 2 – корпус, 3 – упорный подшипник, 4 – конический подшипник, 5 – разрезная втулка, 6 – регулировочное кольцо, 7 – гайка

- д) подающая каретка – служит для закрепления не вращающегося инструмента и сообщения ему рабочей и ускоренной подачи;
- е) бабка изделия – используется для вращения заготовки и может быть токарного и вертлюжного типов;
- ж) бабка инструмента – служит для закрепления вращающегося инструмента и сообщения ему рабочей и ускоренной подач;
- з) насосная станция – осуществляет сбор стружки и фильтрацию СОЖ. При сверлении СОЖ из бака насосной станции под давлением подается в маслоприемник, а затем через кольцевой зазор между стеблем и обработанным отверстием – в зону резания (рис. 1.20). Оттуда вместе со стружкой внутри стебля сверла поступает в тележку, которая движется за бабкой инструмента (подающей кареткой) вдоль станины станка. В тележке СЖ отделяется от стружки и через лоток поступает в бак насосной станции. Здесь она фильтруется с помощью магнитных сепараторов, магнитных и пластинчатых фильтров до тонкости очистки 20 мкм и снова поступает в маслоприемник.

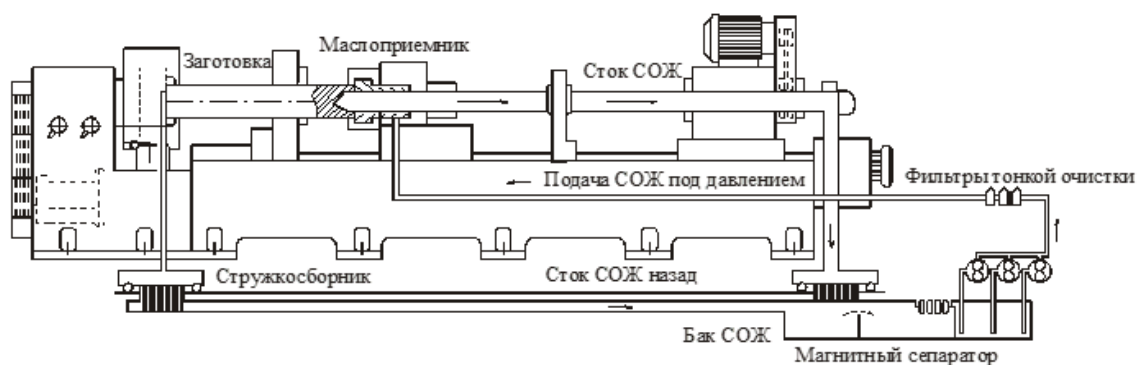


Рис. 1.20 Схема циркуляции СОЖ при сверлении (а) и растачивании (б) глубоких отверстий инструментами БТА на станках ОАО «Рязанский станкостроительный завод»

На станках, выпускаемых ОАО «Рязанский станкостроительный завод», можно обрабатывать отверстия диаметром 40...125 мм (сверление) и до 500 мм (кольцевое сверление и растачивание). На этой основе разработана гамма станков с ЧПУ, обеспечивающая более широкий диапазон диаметров обрабатываемых отверстий – 7...125 мм (сверление) и до 500 мм (кольцевое сверление и растачивание).

За рубежом станки такого класса выпускает, например, фирма Loch (Германия). На этих станках возможно использование всех типов инструментов с определенностью базирования: сверл ружейных, БТА, расточного инструмента БТА, кольцевых и эжекторных сверл. Для этого необходимо в направляющую стойку станка установить либо маслоприемник (сверла БТА, в том числе кольцевые и расточные головки БТА), либо стружкоприемник (сверла ружейные и эжекторные).

Станки изготавливают с горизонтальным расположением шпинделей. Они оснащены гидравлическими приводами подачи шпиндельных головок и столами различного типа. Устройства управления выполнены на базе программируемых контроллеров и частично в сочетании с ЧПУ. Диагностика отказов фиксируется на экране пульта управления в виде текста или

графически. Высокочувствительные предохранительные устройства отключают процесс сверления при перегрузках.

#### **1.4 Проблема дробления стружки при сверлении глубоких отверстий**

Одним из основных факторов, определяющих возможность осуществления процесса обработки глубоких отверстий лезвийными инструментами с высокими производительностью, точностью и качеством поверхностного слоя, является форма образующейся стружки. Для получения наиболее благоприятной формы стружки в виде небольших кусочков ее необходимо раздробить по ширине и длине. В зависимости от конструкции инструмента это делается по-разному.

Для большинства конструкций инструментов с определенностью базирования оптимальная форма стружки по данным фирмы Gebruder Heller (ФРГ) должна представлять собой короткие завитые кусочки, по форме близкие к цифре «6» длиной  $(0,1 \dots 0,2)d$ , где  $d$  – диаметр сверла.

Однолезвийные головки сверл БТА дробят стружку по ширине с помощью двух или трех (в зависимости от диаметра головки) торцевых уступов. Многолезвийные головки сверл БТА и эжекторных сверл делят стружку по ширине за счет расположения режущих пластин по обе стороны оси головки.

Дробление стружки по длин одно- и многолезвийными головками сверл БТА и эжекторных сверл осуществляется с помощью стружкодробящих порожков, расположенных на передних поверхностях режущих пластин и получаемых заточкой или прессованием с последующим спеканием. В этой связи появляется необходимость определения следующих параметров порожков, обеспечивающих получение стружки транспортабельной формы: высота  $h$ , длина  $l$ , радиус закругления  $r$  ( $r = h$ )  
рис.

На практике эта задача часто решается подбором параметров порошка или путем построения диаграммы дробления стружки в зависимости от диаметра инструмента, режимов резания, обрабатываемого материала, параметров порошка и применяемой СОЖ.

## 1.5 Современные конструкции сборных головок БТА

Выполненный выше обзор современных конструкций сверл глубокого сверления позволяет их классифицировать по следующим признакам (рис. 1.21).

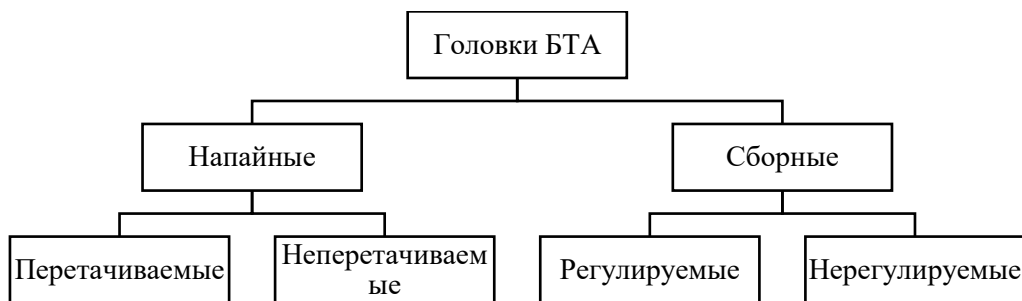
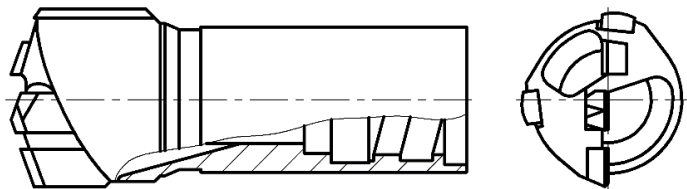
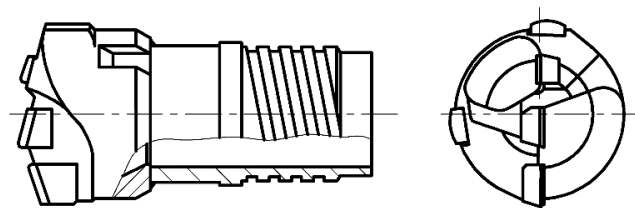


Рис. 1.21 Классификация головок БТА

Напайные головки БТА состоят из фасонной рабочей части, получаемой методом литья по выплавляемым моделям, и хвостовика, приваренного аргонодуговой сваркой. Режущие и направляющие пластины припаяны к корпусу головки серебряным припоем.



а)



б)

Рис. 1.22 Напайные головки БТА:

*а* – перетачиваемая; *б* – неперетачиваемая

Перетачиваемые напайные головки имеют удлиненные режущие и направляющие пластины, допускающие до 6-7 переточек и требуют наличия высококвалифицированных заточников.

Неперетачиваемые напайные головки (разового пользования) имеют укороченные режущие и направляющие пластины, не допускающие их переточки, и поэтому снимаются из эксплуатации сразу же по достижении предельного износа пластин. В связи с тем, что неперетачиваемые головки не требуют переточки и дешевле, чем перетачиваемые, они получили наибольшее применение в промышленности.

В последнее время все больший интерес вызывают сборные головки БТА. Это объясняется следующими их достоинствами по сравнению с напайными головками:

- 1) многократное использование корпусов головок;
- 2) повышенные стойкость, надежность и прочность твердосплавных режущих и направляющих пластин благодаря отсутствию пайки и переточки;
- 3) меньшие расходы на эксплуатацию головок;
- 4) сокращение простоев станков глубокого сверления, связанных с заменой и подналадкой затупившегося инструмента;
- 5) 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;
- 6) возможность нанесения износостойких покрытий на режущие и направляющие пластины;



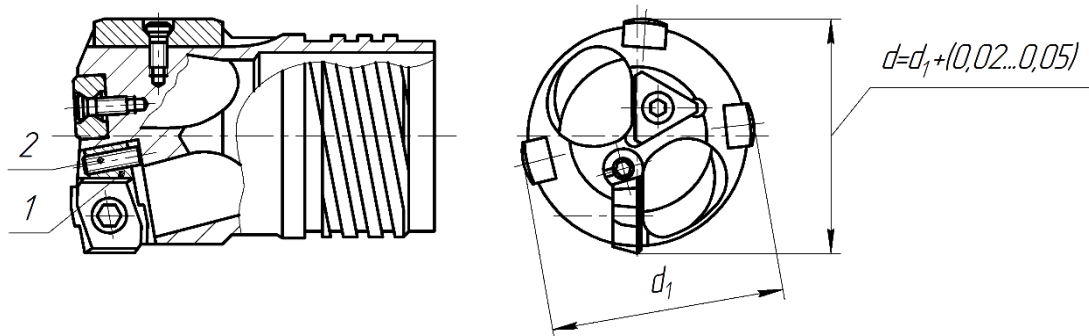
- 7) сокращение потерь остродефицитных и дорогостоящих материалов (вольфрам, тантал, кобальт) благодаря возврату в металлургическую промышленность до 90 % твердого сплава.

В зависимости от условий эксплуатации сборные головки БТА бывают регулируемые и нерегулируемые. Корпуса таких головок изготавливают на станках с ЧПУ из стали и закалывают до твердости HRC 42-45.

Наличие механизма регулирования режущих пластин значительно усложняет конструкцию сверлильных головок и, следовательно, ее изготовление.

Например, в головках фирмы *Botek* (Германия) механизм регулирования, состоящий из клина 1 и регулировочного винта 2, позволяет осуществлять тонкую регулировку радиального вылета наружной режущей пластины с точностью до 0,01 мм (рис. 1.23, а). При этом процесс регулирования осуществляется с использованием специального приспособления в следующей последовательности: 1) ослабляют регулировочный винт; 2) отжимают клин; 3) отжимают режущую пластину; 4) ослабляют винт крепления режущей пластины и снимают пластину; 5) устанавливают новую пластину; 6) регулируют вылет пластины, выдержав допуск на диаметр головки в пределах  $d_{+0,01}^{+0,02}$ .

Регулирование радиального вылета направляющих пластин этих головок осуществляется с помощью набора тонких стальных прокладок.



a)

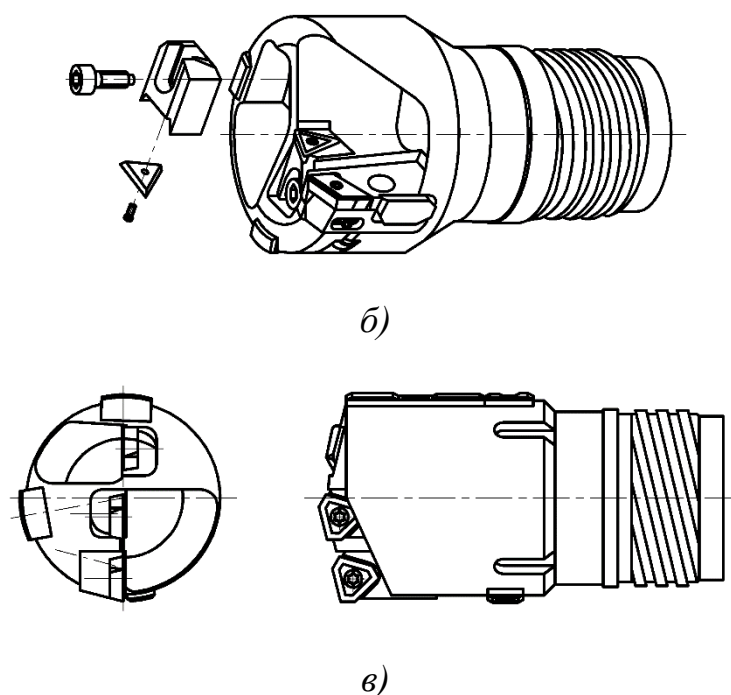


Рис. 1.23 Регулируемые головки БТА:

*a* – фирмы *Botek*; *б* – фирм *Iscar* и *BTA Heller*; *в* – фирмы *Ingersoll*

Регулируемые головки, например, фирм *Iscar* (Израиль) и *BTA Heller* (США) еще более сложны в изготовлении т.к. имеют два механизма регулирования режущих пластин (рис. 1.23, б).

Регулируемые головки фирмы *Ingersoll* (США) также имеют два механизма регулирования режущих пластин весьма оригинальной формы (рис. 1.23, в).

Наиболее просты конструкции нерегулируемых сверлильных головок, например, фирмы *Ingersoll* (рис. 1.24). Аналогичные конструкции головок выпускают фирмы *Iscar*, *Sandvik Coromant* (Швеция) и *Unitac* (Япония).

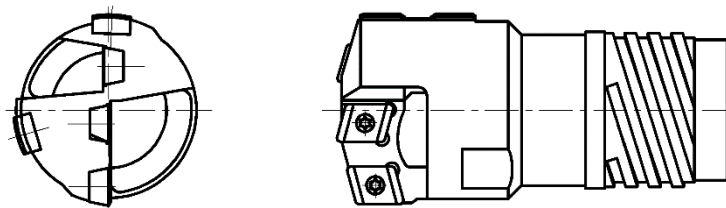


Рис. 1.24 Нерегулируемая головка БТА фирмы *Ingersoll*

Однако, отсутствие механизма регулирования режущих пластин требует высокой точности изготовления посадочных мест под режущие и направляющие пластины, а также высокой точности самих пластин. Так, например, фирма *Botek* рекомендует выдерживать следующие допуски: на ширину режущих пластин –  $\pm 0,005$  мм; на высоту направляющих пластин –  $\pm 0,002$  мм. Точность отверстий, получаемых нерегулируемыми головками на один квалитет хуже, чем регулируемые головками. Однако, вследствие высокой технологичности нерегулируемые головки являются наиболее перспективными инструментами.

## 2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГОЛОВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 ММ

При разработке конструкции сборной сверлильной головки Ø31,2 мм (рис. Б.1 (Приложение Б)) в качестве твердосплавных режущих и направляющих пластин были взяты пластины производства фирмы Tungaloy (Япония) (рис. 2.1...2.4).

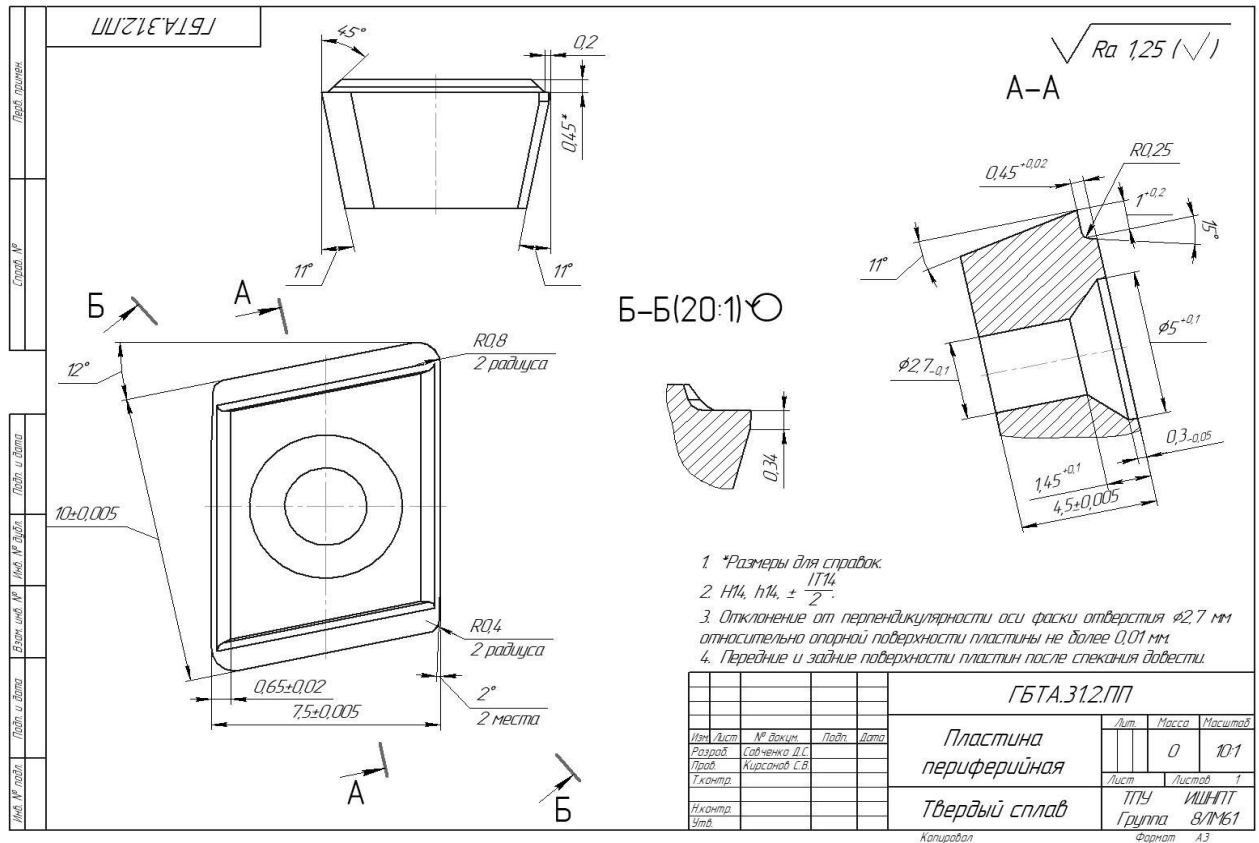


Рис. 2.1 Чертеж периферийной пластины

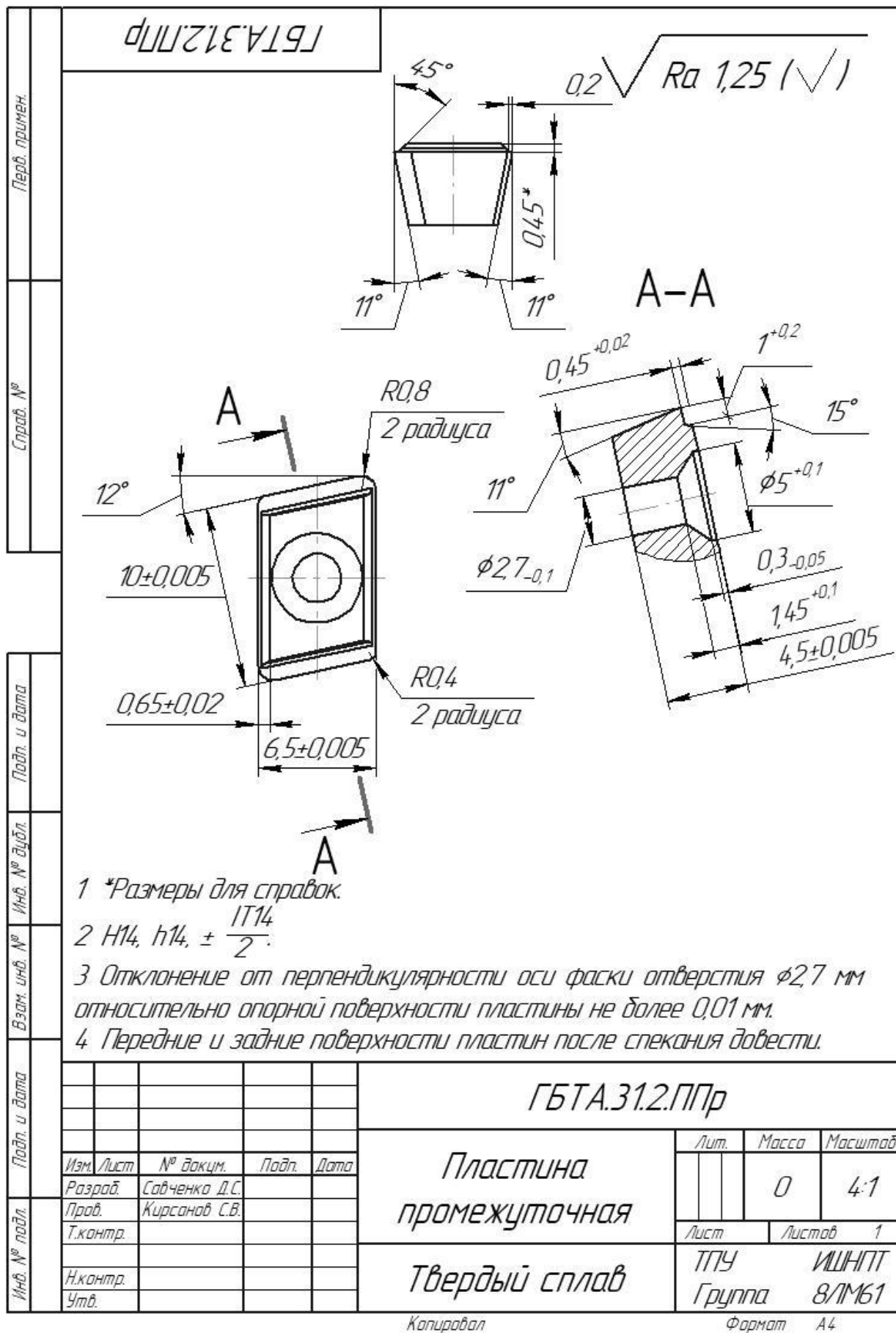


Рис. 2.2 Чертеж промежуточной пластины

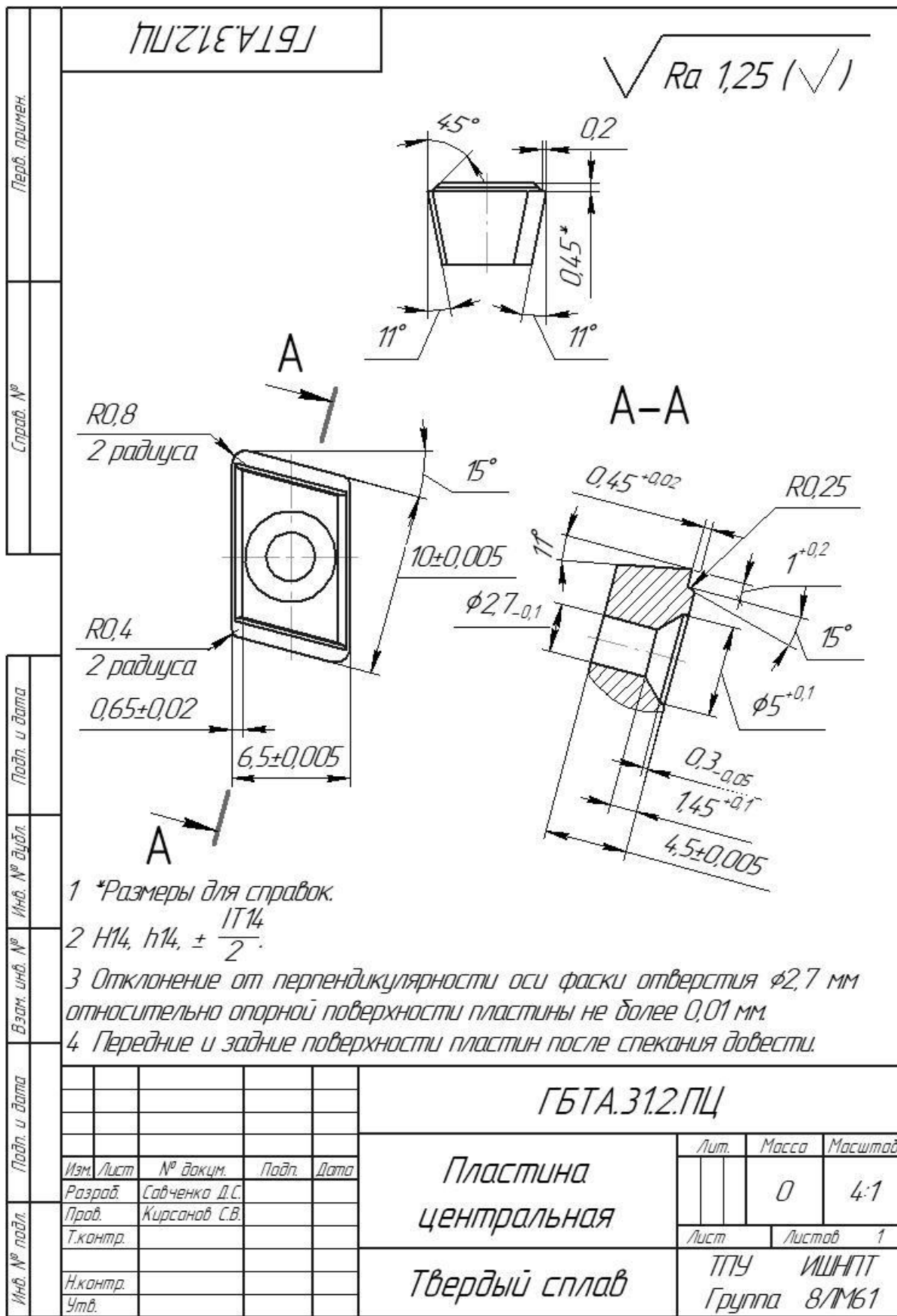


Рис. 2.3 Чертеж центральной пластины

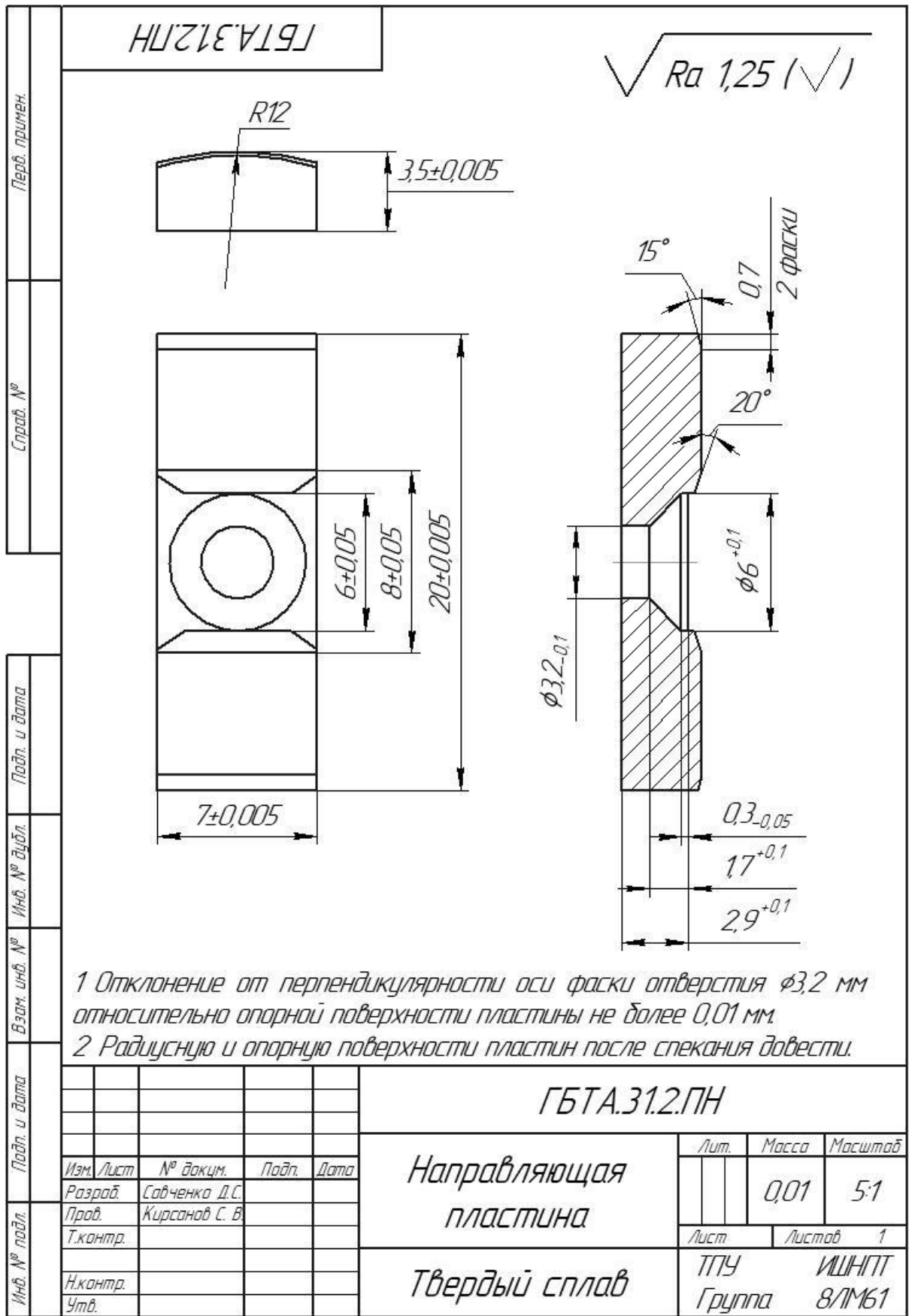


Рис. 2.4 Чертеж направляющей пластины

Крепление твердосплавных пластин осуществляли при помощи винтов по ГОСТ Р ИСО 14584-2012 – Винты с полупотайной головкой и звездообразным углублением под ключ (рис 2.5). Основные размеры данных винтов представлены в таблице 2.1.

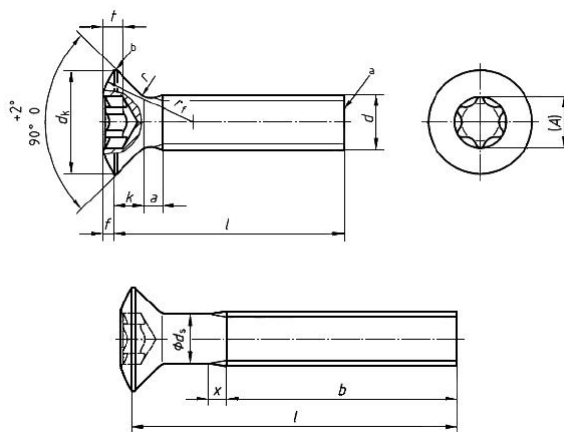


Рис.2.5 Винты с полупотайной головкой и звездообразным углублением под ключ

Для крепления направляющих пластин использовались винты М3, а для крепления режущих пластин винты М2,5.



Таблица 2.1 Винты с полупотайной головкой и звездообразным углублением под ключ по ГОСТ Р ИСО 14584-2012

Резьба d		M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10	
P		0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	
a	Не более	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	
b	Не менее	25	25	25	38	38	38	38	38	38	
d <sub>k</sub>	Теор.	Не более	4,4	5,65	6,3	8,2	9,4	10,4	12,6	17,3	20,00
	Действ.	Номин.=не более	3,8	4,7	5,5	7,30	8,40	9,30	11,30	15,80	18,30
		Не менее	3,5	4,4	5,2	6,94	8,04	8,94	10,87	15,37	17,78
f	≈	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	2,0	2,3	
k	Номин.=не более	1,60	2,10	2,40	2,60	3,10	3,70	4,6	6,0	7,50	
r	Не более	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	
r <sub>f</sub>	≈	4	5	6	8,5	9,5	9,5	12	16,5	19,5	
x	Не более	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,2	3,8	
Звездообразное углубление	Углубление №		6	8	10	15	20	25	30	45	50
	A	Справ.	1,75	2,4	2,8	3,35	3,95	4,5	5,6	7,95	8,95
	t	Не более	0,77	1,04	1,15	1,53	1,80	2,03	2,42	3,31	3,81
		Не менее	0,63	0,91	0,88	1,27	1,42	1,65	2,02	2,92	3,42

Для крепления головки к стеблю использовали четырехзаходную резьбу по ТУ2–035–859–81 (рис.2.6) с шагом 4 мм и ходом 16 мм, что обеспечивает легкую свинчиваемость со стеблем.

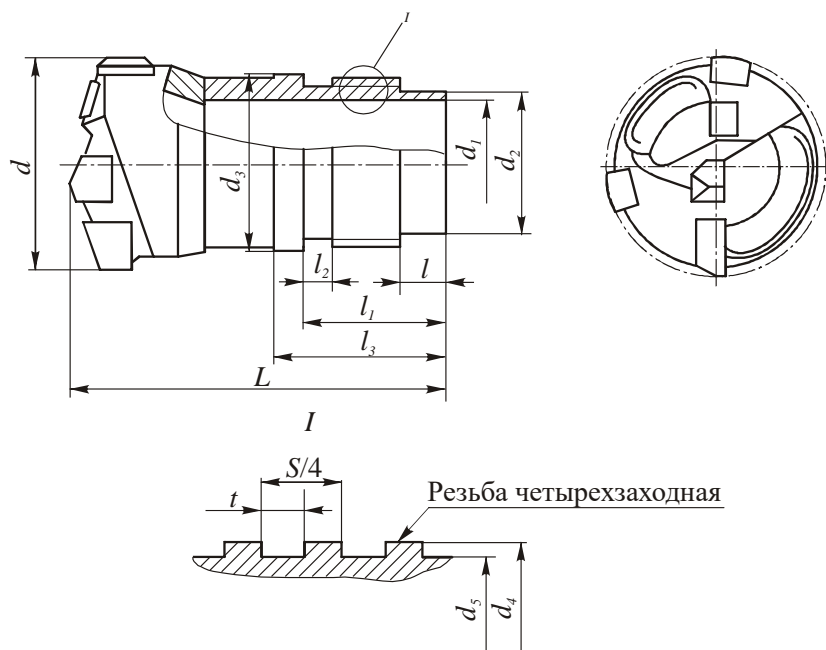


Рис. 2.6 Сверлильные головки типа БГА (ТУ2–035–859–81)

$d$	$L$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$l$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$S$	$t$
От 20,0 до 21,8	53	13	15,0	17,0	16,4	15,2	6,0	18,0	3	22,0	12	1,8
Свыше 21,8 до 24,1		14	16,0	18,0	17,4	16,2						
Свыше 24,1 до 26,4	15	17,5	19,5	18,9	17,7							
Свыше 26,4 до 28,7	54	16	19,0	21,0	20,3	19,2		21,5	4	25,0	16	2,3
Свыше 28,7 до 31,0	18	21,0	23,5	22,8	21,2							
Свыше 31,0 до 33,3	20	23,0	25,5	24,8	23,2							
Свыше 33,3 до 36,2	59	22	25,5	28,0	27,3	25,7	7,0	26,0	5	30,5	20	2,8
Свыше 36,2 до 39,6	24	27,0	30,0	29,3	27,3							
Свыше 39,6 до 43,0	69	26	30,0	33,0	32,3	30,3						
Свыше 43,0 до 47,0	76	29	33,0	36,0	35,3	33,3	7,5	30,5	6	34,5	24	3,3
Свыше 47,0 до 51,7	32	36,0	39,6	38,3	36,3							
Свыше 51,7 до 56,2	79	35	39,5	43,0	32,3	39,8						
Свыше 56,2 до 60,2	81	39	43,5	48,0	47,3	43,8						

Для обеспечения центрирования оси головки относительно оси стебля на хвостовике предусмотрены центрирующие пояски диаметрами  $\text{Ø}23\text{h}7$  и  $\text{Ø}25,5\text{h}7$  мм.

Для свинчивания головки на корпусе последней предусмотрена лыска под ключ  $S = 26$  мм.

Режущие и направляющие пластины устанавливаются в соответствующие пазы корпуса головки. Последние расположены так, что каждая пластина снимала одинаковый по ширине слой материала. При этом паз под центральную пластину, с целью исключения нулевой скорости, выполнен с занижением относительно оси головки на  $0,17$  мм.

Пазы для направляющих пластин изготавливаются на внешней части корпуса с обратной конусностью  $0,01/100$  мм и расположены в радиальном сечении таким образом, чтобы при резании каждая пластина воспринимала равную нагрузку и изнашивалась равномерно. Для крепления направляющих пластин в корпусе головки предусмотрены отверстия с резьбой М3, а для режущих пластин - резьба М2,5. Оси отверстий в корпусе головки имеют смещения относительно осей отверстий в режущих пластинах на величину  $0,17$  мм. Благодаря этому режущие пластины надежно прижимаются к базовым поверхностям пазов.

Для подвода СОЖ к направляющим и режущим пластинам на внешней части головки предусмотрены каналы. Благодаря этому в процессе сверления к режущим пластинам подводится значительно больший (30%) объем СОЖ, что приводит к лучшему смазыванию и охлаждения пластин. Для отвода стружки и СОЖ из зоны резания в корпусе головки предусмотрены два окна.

Материал корпуса головки – инструментальная штамповая сталь марки Х12МФ по ГОСТ 5950-73, которая обладает хорошей теплостойкостью и прочностью, а также высокой прокаливаемостью,

закаливаемостью и износостойкостью. Кроме того, эта сталь технологична, хорошо обрабатывается резанием и давлением, удовлетворительно шлифуется. Химический состав стали представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Химический состав в % стали X12МФ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu	Fe
1,45- 1,65	0,1- 0,4	0,15- 0,45	до 0,35	до 0,3	до 0,3	11- 12,5	0,4- 0,6	0,15- 0,3	До 0,3	~84

Для обеспечения прочности и твердости корпусов головок в пределах HRC 42 ... 45, последние после механической обработки подвергали термической обработке – закалке в вакуумной печи модели СЭВ 3.3/11.5. Закалка производилась при температуре 1020 °С с последующим охлаждением на воздухе.

### 3 СТОЙКОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ ГОЛОВКИ БТА ДИАМЕТРОМ 31,2 ММ

#### 3.1 Методика испытаний

С 12 августа по 24 августа 2016 г. и с 7 июня по 28 июня 2017 г. в ООО «Томаш» (г. Томск) в цехе механообработки проводились испытания стойкости напайных сверлильных головок БТА.

Испытания проводились на модернизированном токарно-револьверном станке модели 1П365 (Россия) (рис.3.1) в два этапа:

1. Сверление напайными головками БТА производства фирмы *Botek* в заготовках стволов отбойных молотков из стали 20Х по ГОСТ 4543-71 отверстий диаметром 31,2 мм длиной 323 мм. Режим сверления - скорость резания  $V = 81,3$  м/мин ( $n=830$  мин<sup>-1</sup>), подача  $S_M = 116$  мм/мин ( $S_o = 0,14$  мм/об),
2. Сверление сборными нерегулируемыми головками БТА разработанной конструкции в заготовках стволов отбойных молотков из стали 20Х по ГОСТ 4543-71 отверстий диаметром 31,2 мм длиной 323 мм. Режим сверления - скорость резания  $V = 81,3$  м/мин ( $n=830$  мин<sup>-1</sup>), подача  $S_M = 166$  мм/мин ( $S_o = 0,2$  мм/об). Увеличение подачи инструмента при сверлении сборными головками было вызвано стремлением улучшить дробление стружки.



а)



б)

Рис. 3.1 Модернизированный для сверления глубоких отверстий диаметром 31,2 мм токарно-револьверный станок модели 1ПЗ65: а – общий вид станка; б – зона сверления

В обоих этапах сверление осуществлялось с использованием масляной СОЖ марки МР-7 по ТУ 0253-016-70351853-2008, подаваемой в зону резания под давлением  $p = 2,0 \dots 2,5$  МПа.

Схема сверления – заготовка неподвижна, совершает движение подачи, инструмент вращается.

### 3.2 Стойкостные испытания

На первом этапе напайные головки БТА фирмы «*Botek*» (рис. 3.2) испытывались до полного разрушения и отмечалось количество просверленных заготовок каждой головкой.



Рис. 3.2 Головка БТА с напайными твердосплавными пластинами производства фирмы *Botek*

Результаты стойкостных испытаний представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Результаты стойкостных испытаний

№ головки БТА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество заготовок, шт	54	51	38	79	74	28	103	91	91	94

Средняя стойкость напайных головок БТА производства фирмы *Botek* – 70,3 заготовки.

На втором этапе головка БТА была оснащена следующими твердосплавными пластинами: периферийные (10 шт.), промежуточные (10 шт.), центральные (10 шт.), направляющие (10 шт.).

В процессе испытаний сборной головкой БТА было просверлено 563 заготовок (суммарной длиной 186 м) и израсходовано: наружных режущих

пластин – 3 шт.; промежуточных режущих пластин – 4 шт.; центральных режущих пластин – 2 шт.; направляющих пластин – 10 шт.

Фотографии износа режущих и направляющих пластин представлены на рис 3.3...3.6.

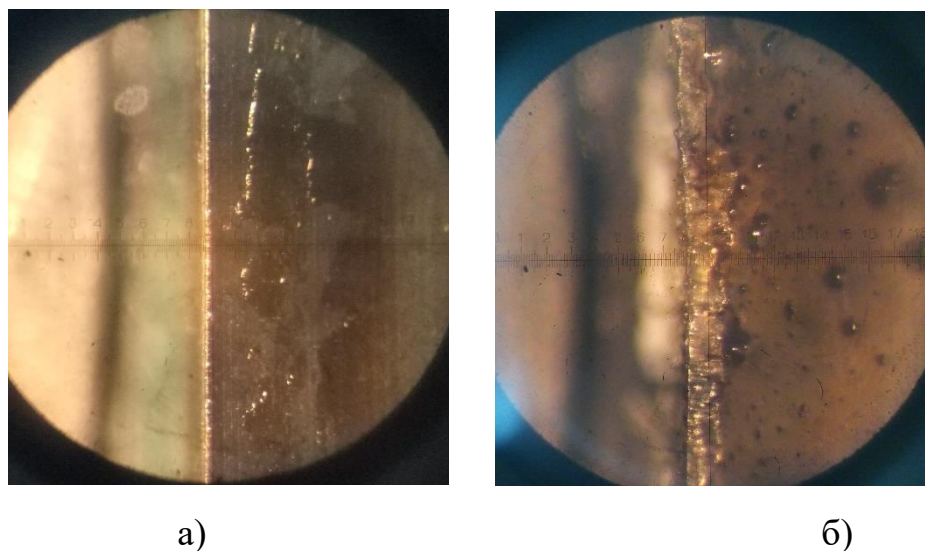


Рис. 3.3 Износ режущих кромок периферийной пластины:  
а – после сверления 10 заготовок; б – после сверления 43 заготовок

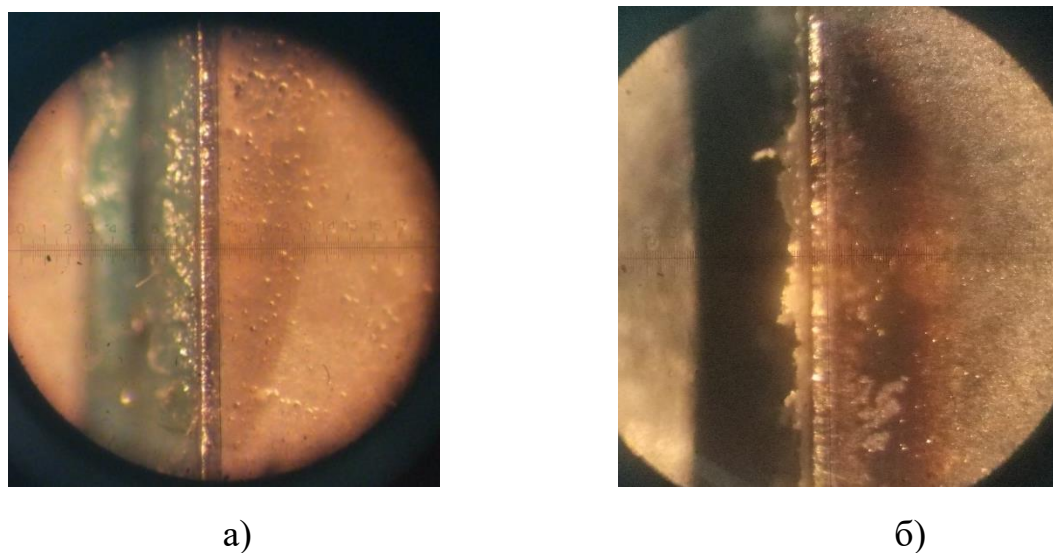
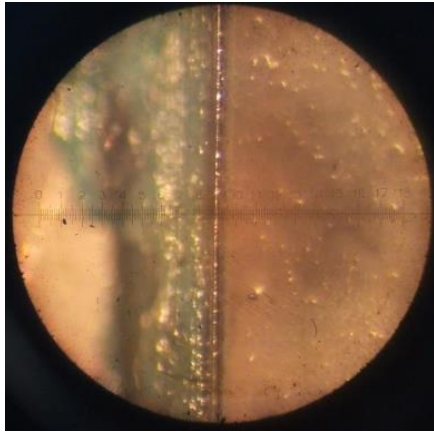
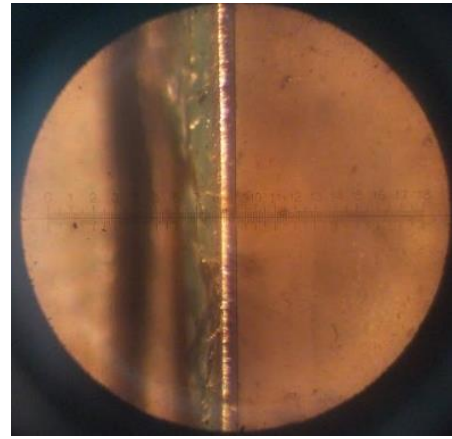


Рис. 3.4 Износ режущих кромок промежуточной пластины:  
а – после сверления 10 заготовок; б – после сверления 43 заготовок





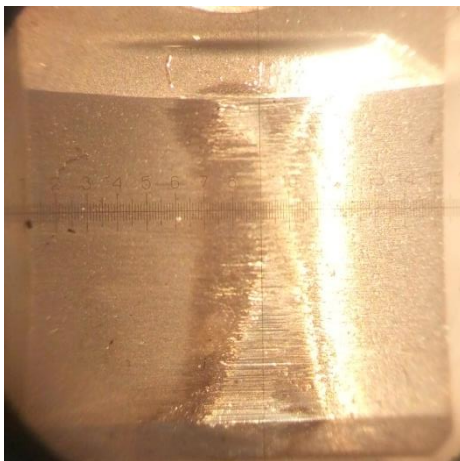
а)



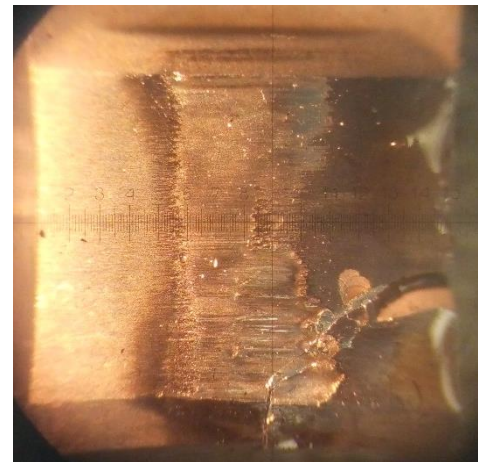
б)

Рис 3.5 Износ режущих кромок центральной пластины:

а – после сверления 10 заготовок; б – после сверления 128 заготовок



а)



б)

Рис. 3.6 Износ опорных направляющих пластин:

а – после сверления 10 заготовок; б – после сверления 60 заготовок

После окончания испытаний измеряли диаметры просверленных отверстий и вычисляли их разбивку  $\Delta r$ . Для этого отбиралась каждая тридцатая заготовка, которая затем разрезалась на кольца. Измерения проводились на приборе УД-0 (рис.3.7). Результаты вычислений разбивки представлены на рис. 3.8 – 3.27.



Рис 3.7 Внешний вид прибора УД-0

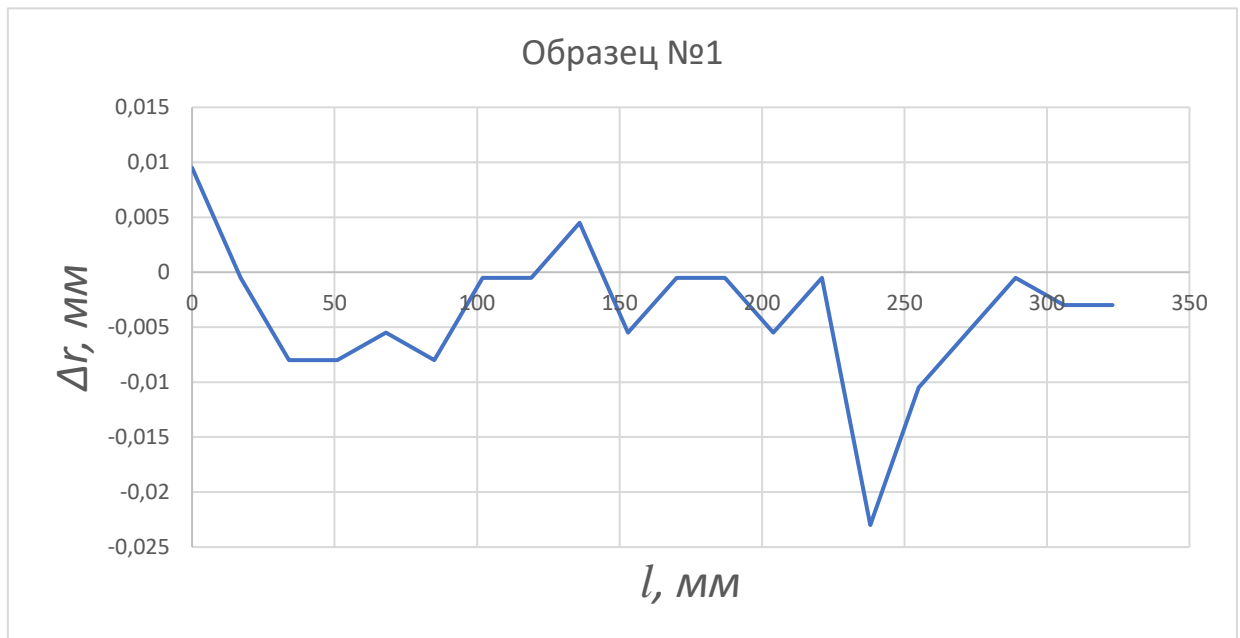


Рис 3.8 Разбивка отверстия в заготовке №1

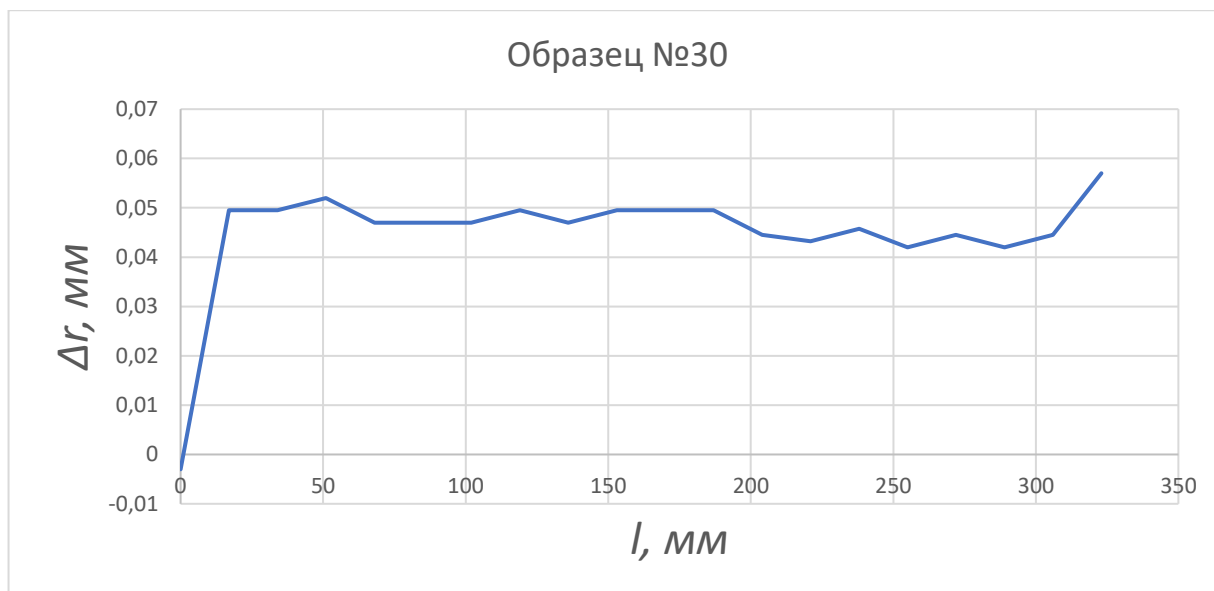


Рис 3.9 Разбивка отверстия в заготовке №30

Заготовка №43 – сменили режущие кромки периферийной и промежуточной пластин.

Заготовка №60 – откололся уголок опорной направляющей пластины, заменили на новую.



Рис 3.10 Разбивка отверстия в заготовке №60

Заготовка №66 – рабочий забыл включить СОЖ перед началом сверления, разрушились головка и кондукторная втулка.

Заготовка №67 – станке установили новую кондукторную втулку и новую головку производства Iscar (Израиль)



Рис 3.11 Разбивка отверстия в заготовке №90

Заготовка №118 – скол режущей кромки на промежуточной пластине, сменили режущую кромку; изнашивалась опорная направляющая пластина – развернули неизношенной стороной пластины.

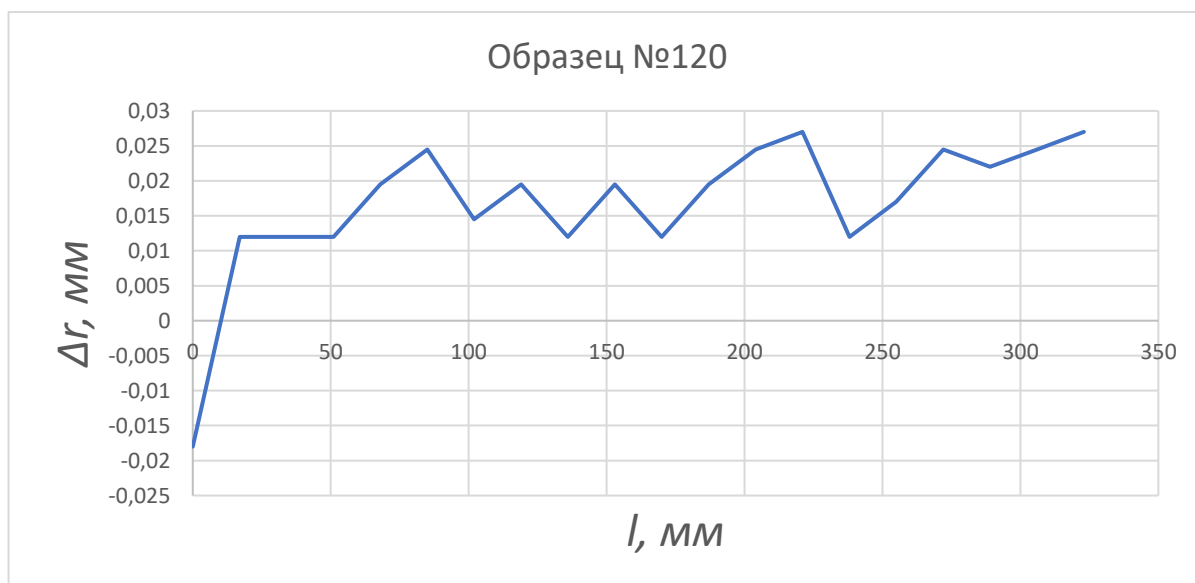


Рис 3.12 Разбивка отверстия в заготовке №120

Заготовка №128 – скол режущих кромок периферийной и центральной пластин, сменили режущие кромки.

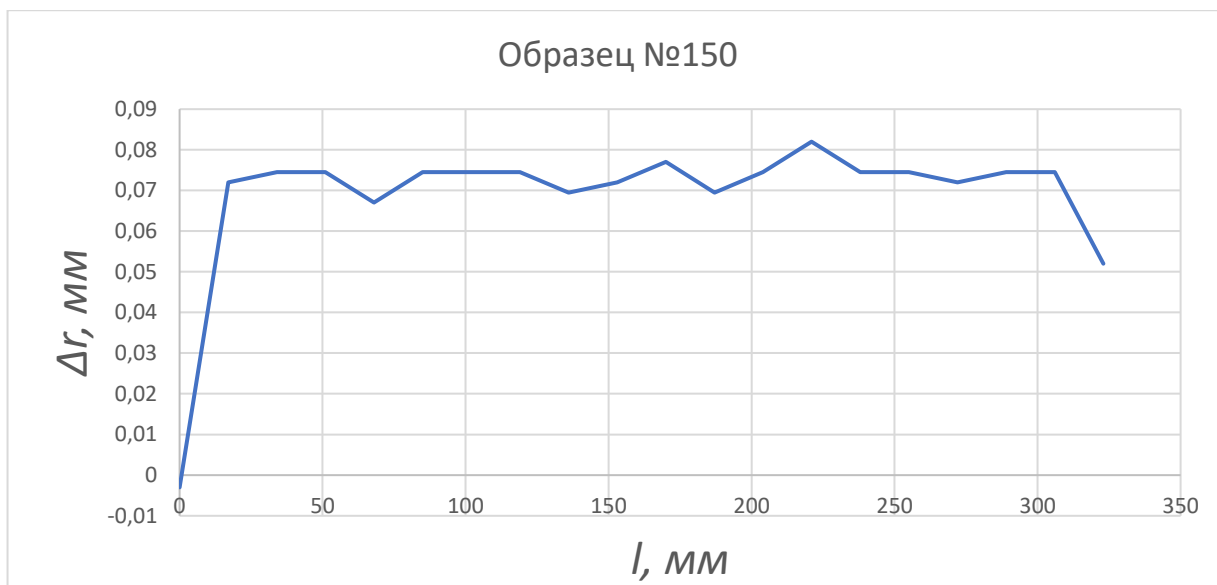


Рис 3.13 Разбивка отверстия в заготовке №150

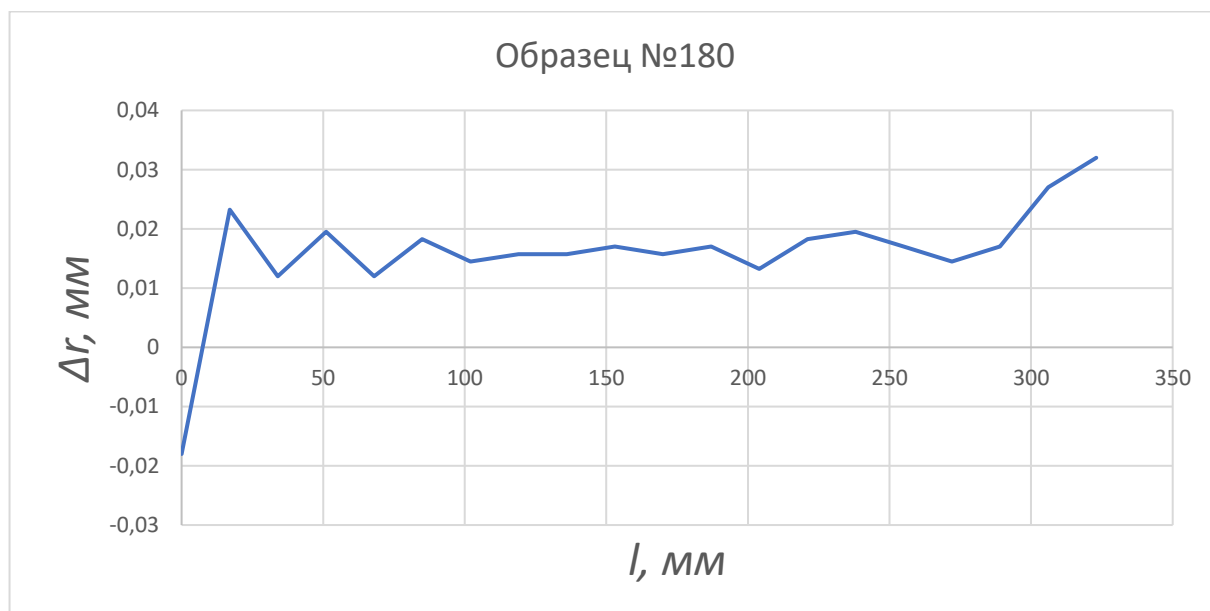


Рис 3.14 Разбивка отверстия в заготовке №180

Заготовка №186 – сменили все режущие пластины.

Заготовка №204 – скололась опорная направляющая пластина, сменили на новую.

Заготовка № 207 – износ режущей кромки промежуточной пластины, сменили режущую кромку, стружка сливная.

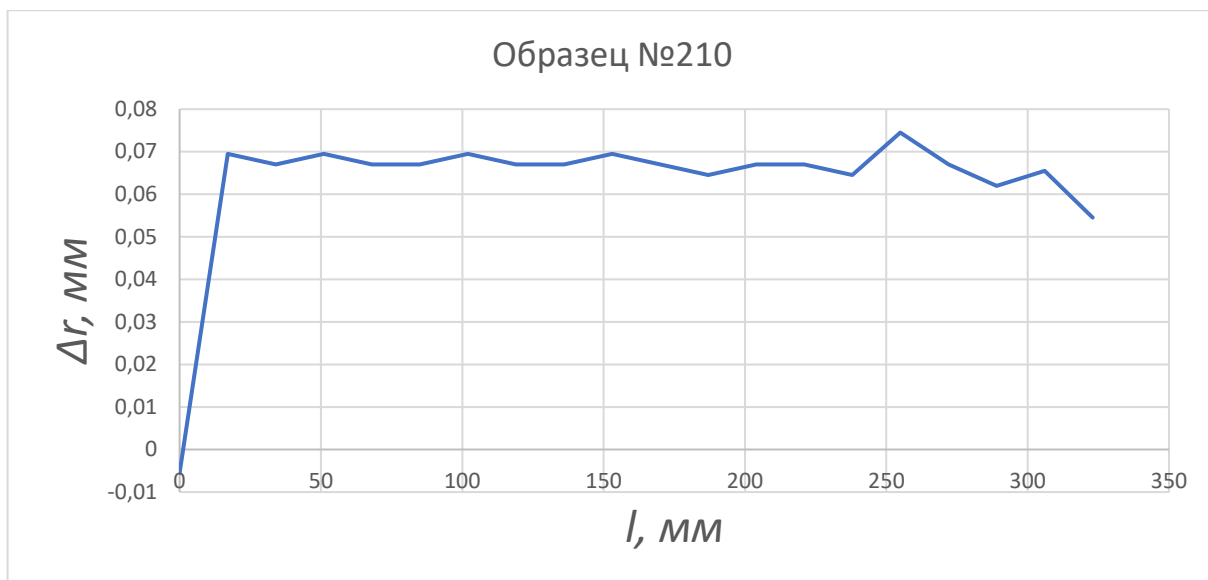


Рис 3.15 Разбивка отверстия в заготовке №210

Заготовка №221 – износ режущих кромок всех пластин, сменили режущие кромки центральной и периферийной пластин, заменили промежуточную пластину на новую.

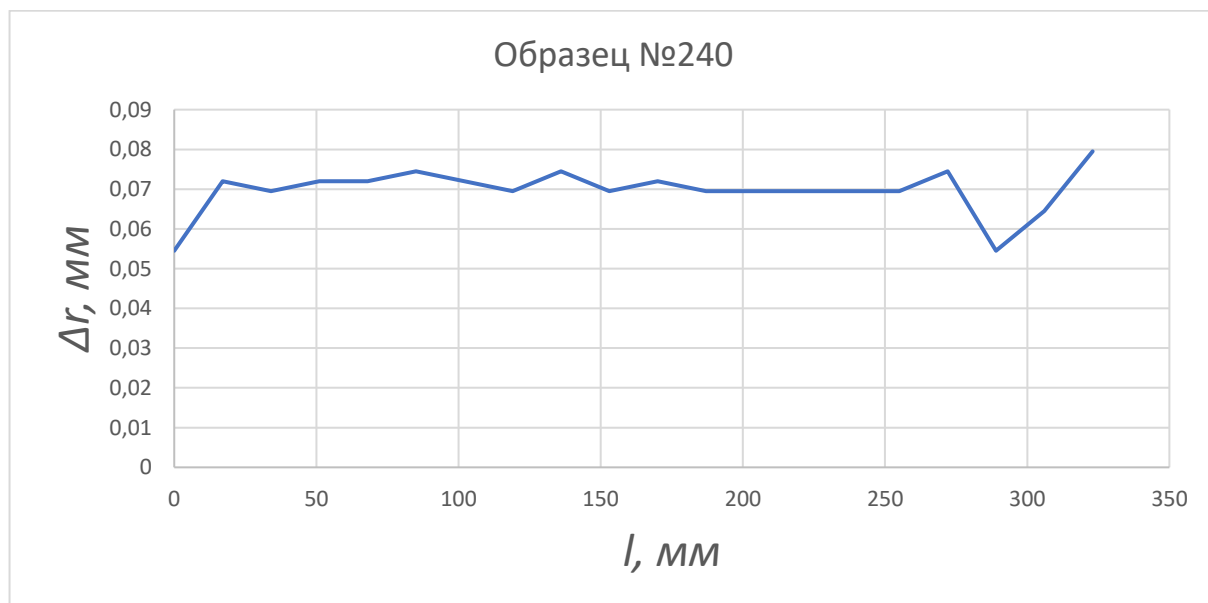


Рис 3.16 Разбивка отверстия в заготовке №240

Заготовка №241 – износ упорной направляющей пластины, развернули неизношенной стороной.

Заготовка №246 – сильные вибрации, плохо дробится стружка центральной пластиной.

Заготовка №265 – скол режущей кромки промежуточной пластины, сменили режущую кромку.

Заготовка № 269 – скол режущей кромки периферийной пластины, сменили режущую кромку.

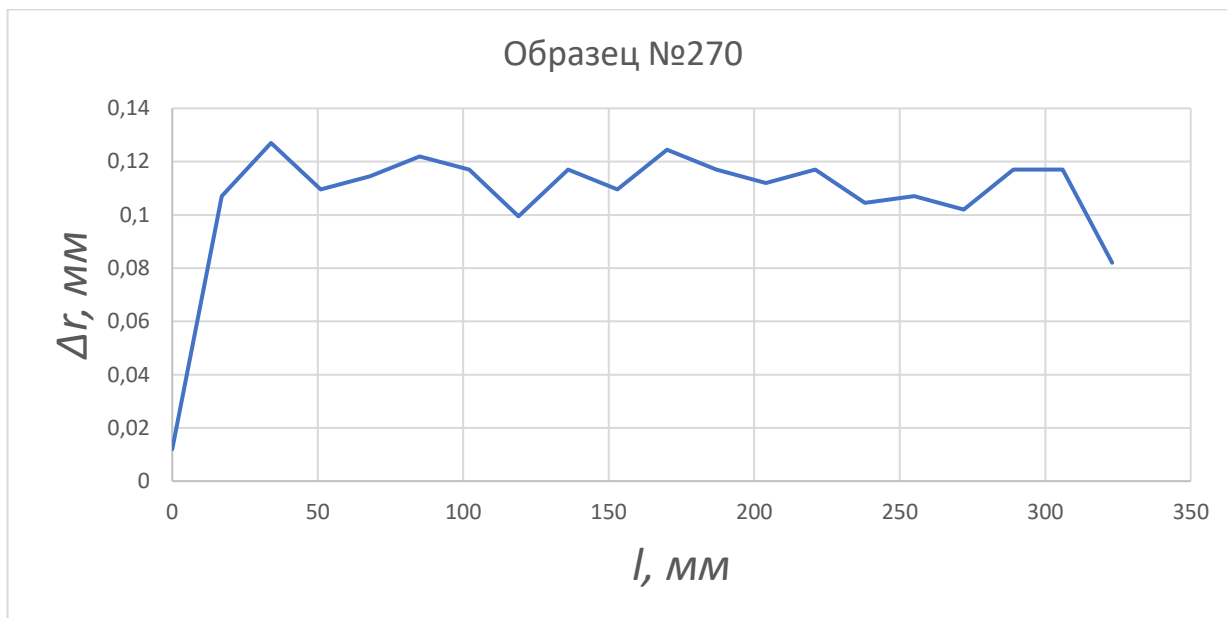


Рис 3.17 Разбивка отверстия в заготовке №270

Заготовка №271 – скол режущей кромки периферийной пластины, заменили пластину на новую.

Заготовка №276 – износ опорной направляющей пластины, развернули неизношенной стороной.

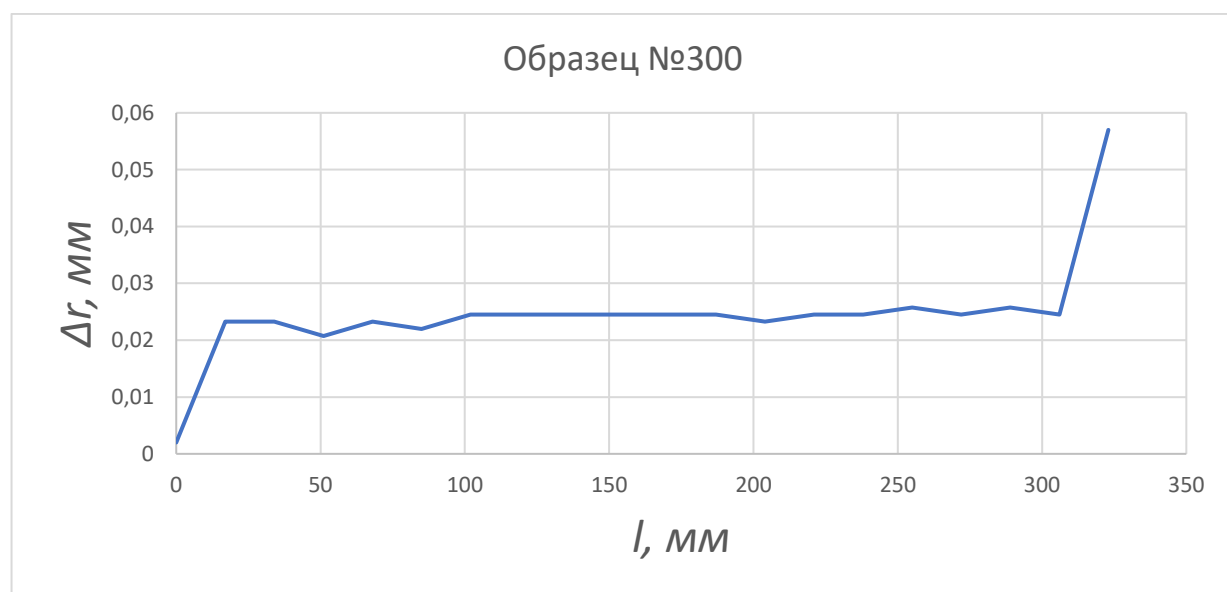


Рис 3.18 Разбивка отверстия в заготовке №300

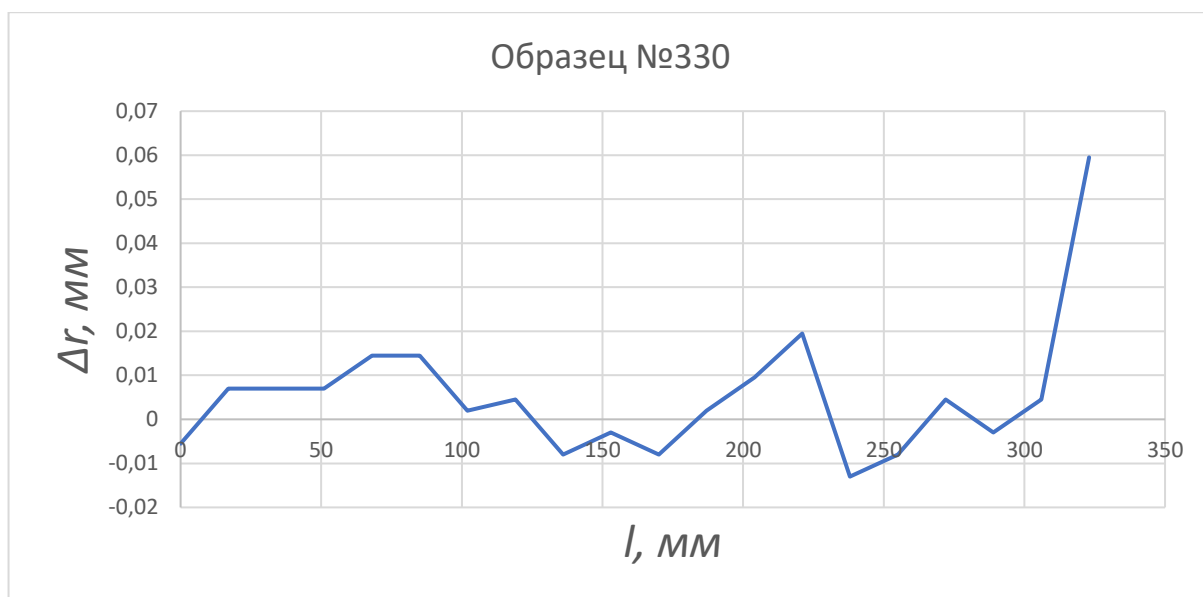


Рис 3.19 Разбивка отверстия в заготовке №330

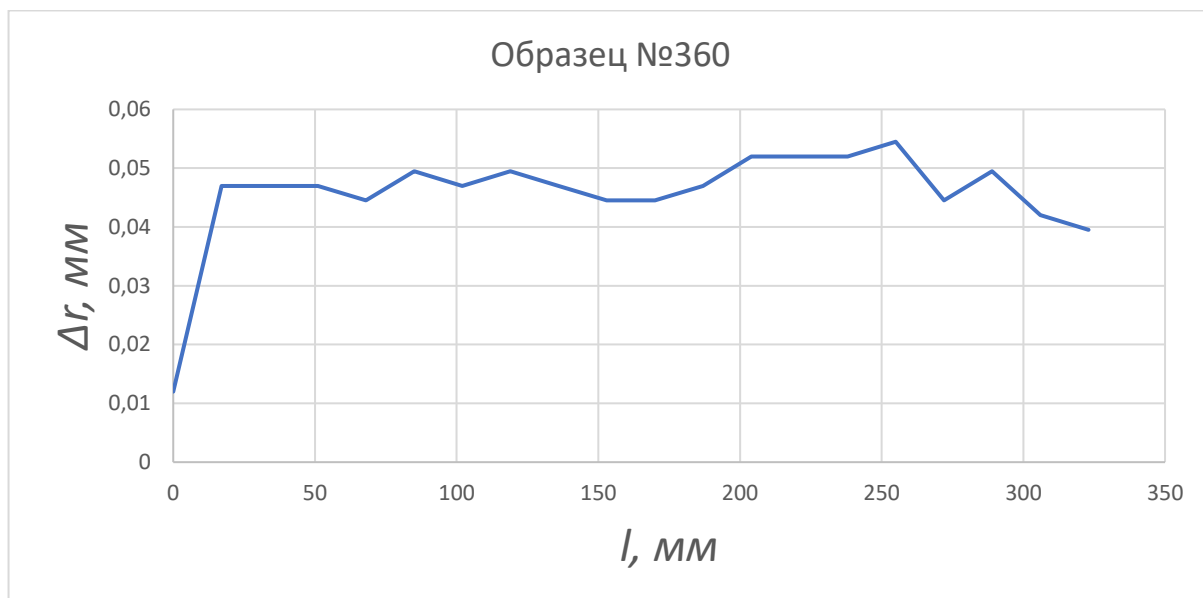


Рис 3.20 Разбивка отверстия в заготовке №360

Заготовка №362 – скол режущих кромок периферийной и промежуточной пластин, сменили режущие кромки, плохо дробится стружка.



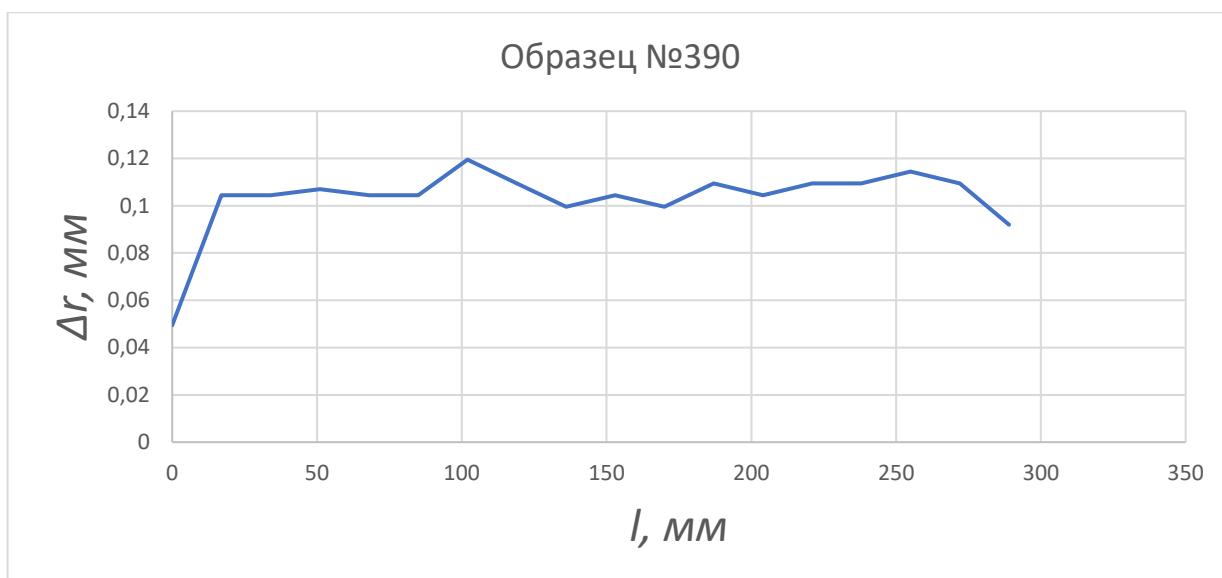


Рис 3.21 Разбивка отверстия в заготовке №390

Заготовка №418 - скол режущей кромки промежуточной пластины, заменили пластину на новую, износ опорной направляющей пластины, развернули неизношенной стороной, плохо дробится стружка.

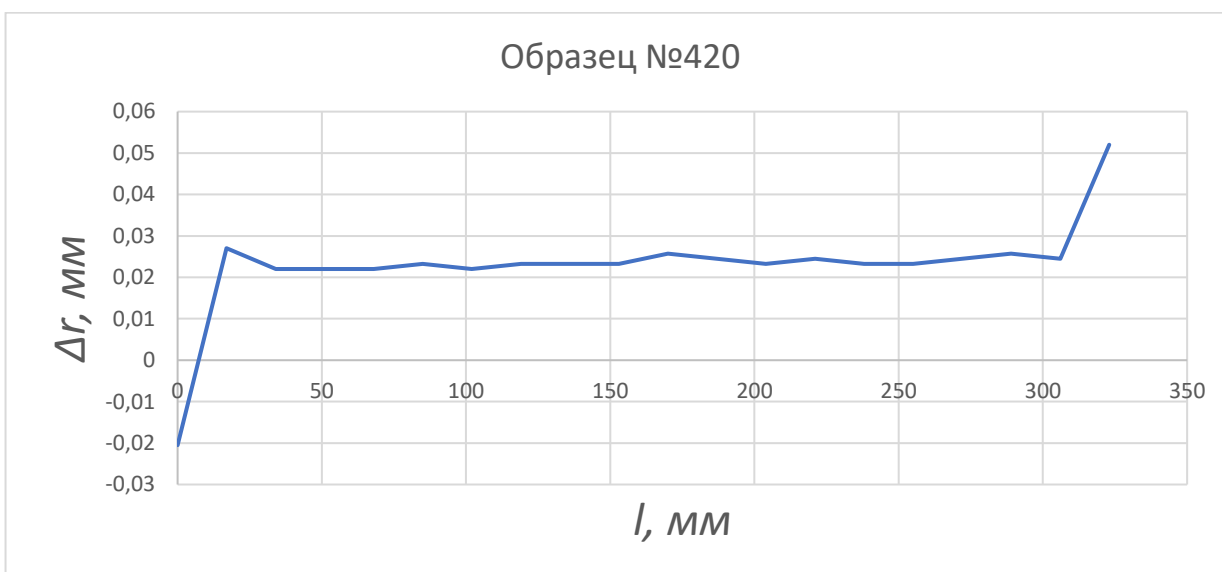


Рис 3.22 Разбивка отверстия в заготовке №420

Заготовка №431 - скол режущей кромки периферийной пластины, заменили пластину на новую, износ опорной направляющей пластины, развернули неизношенной стороной, стружка дробится плохо.

Заготовка №449 - скол режущей кромки промежуточной пластины, сменили режущую кромку, плохо дробится стружка.

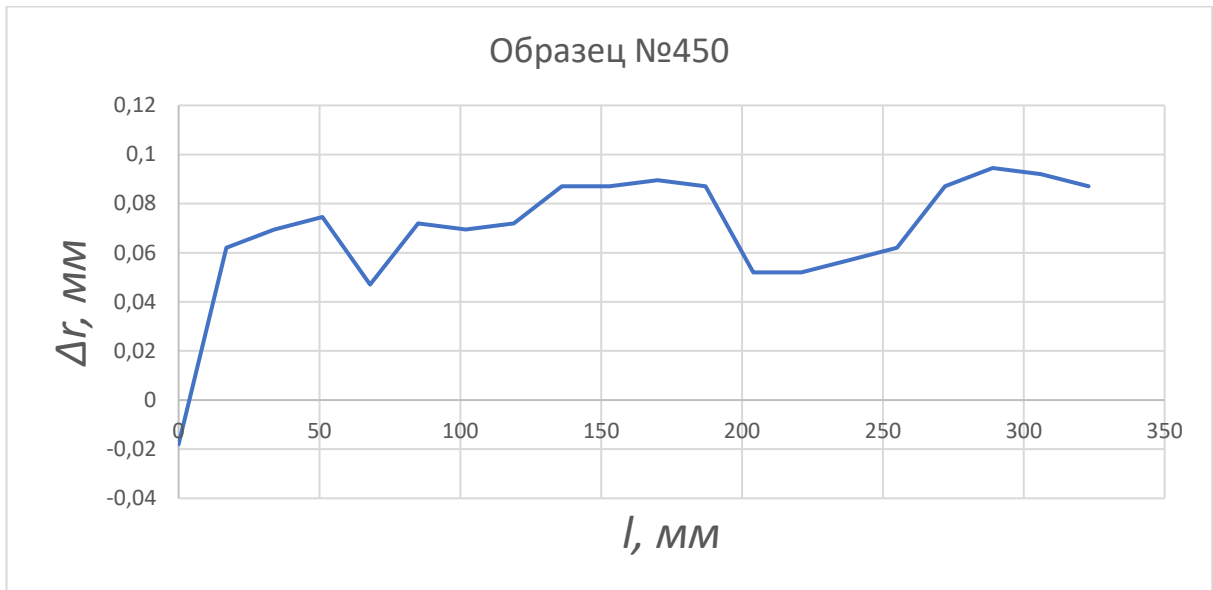


Рис 3.23 Разбивка отверстия в заготовке №450

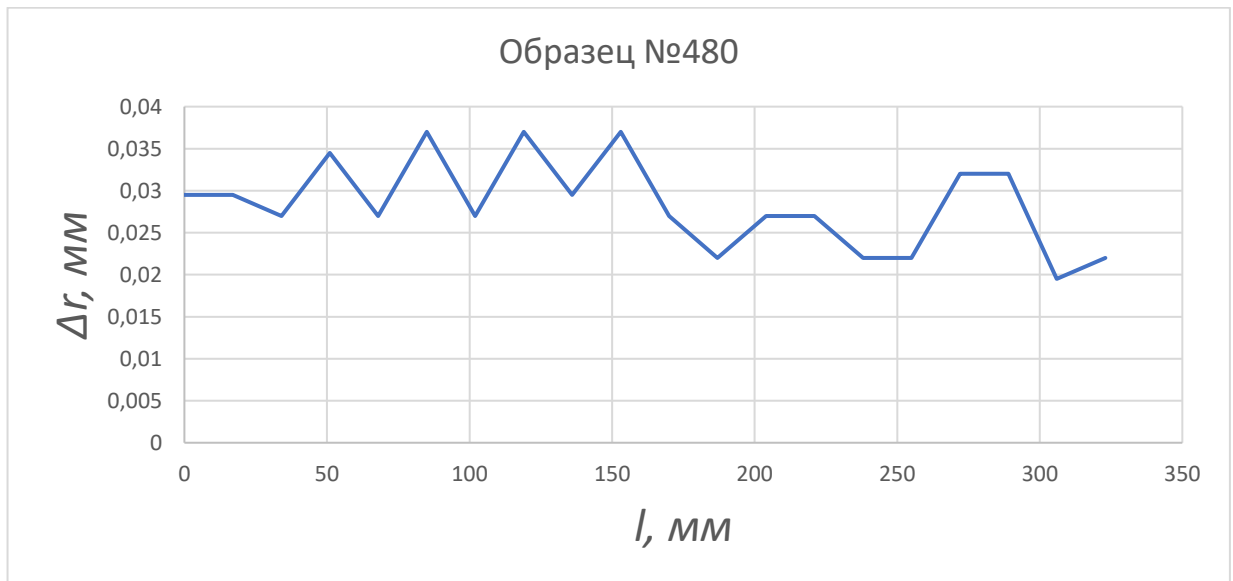


Рис 3.24 Разбивка отверстия в заготовке №480

Заготовка №486 - скололась опорная направляющая пластина, сменили на новую.

Заготовка №496 - скол режущей кромки промежуточной пластины, сменили режущую кромку.

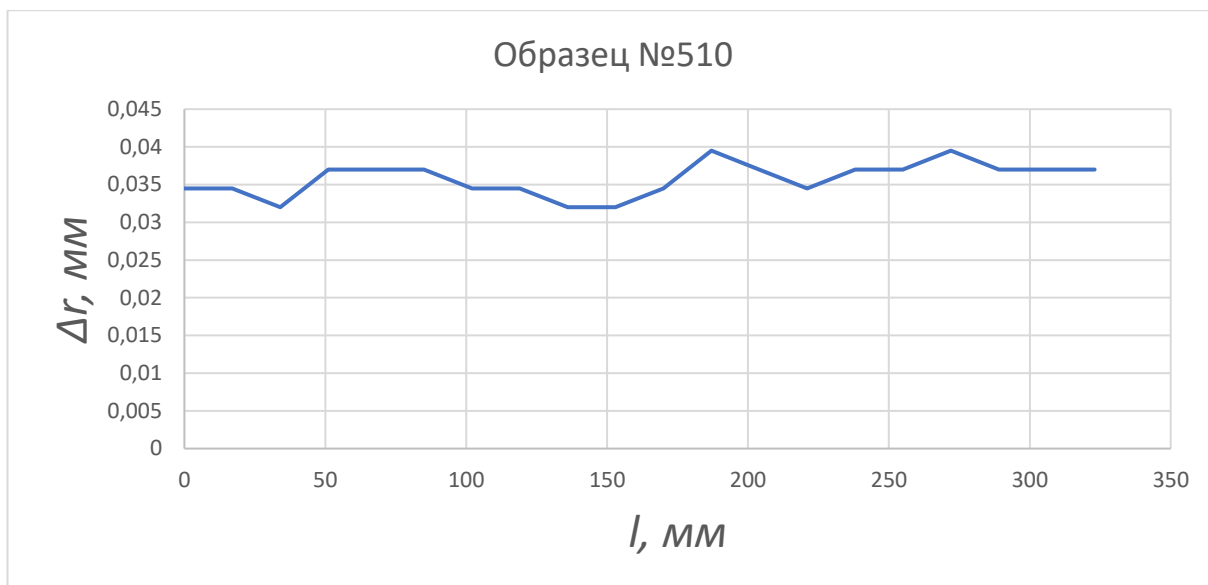


Рис 3.25 Разбивка отверстия в заготовке №510

Заготовка №522 - скол режущей кромки периферийной пластины, сменили режущую кромку.

Заготовка №540 - скол режущей кромки центральной пластины, сменили режущую кромку.

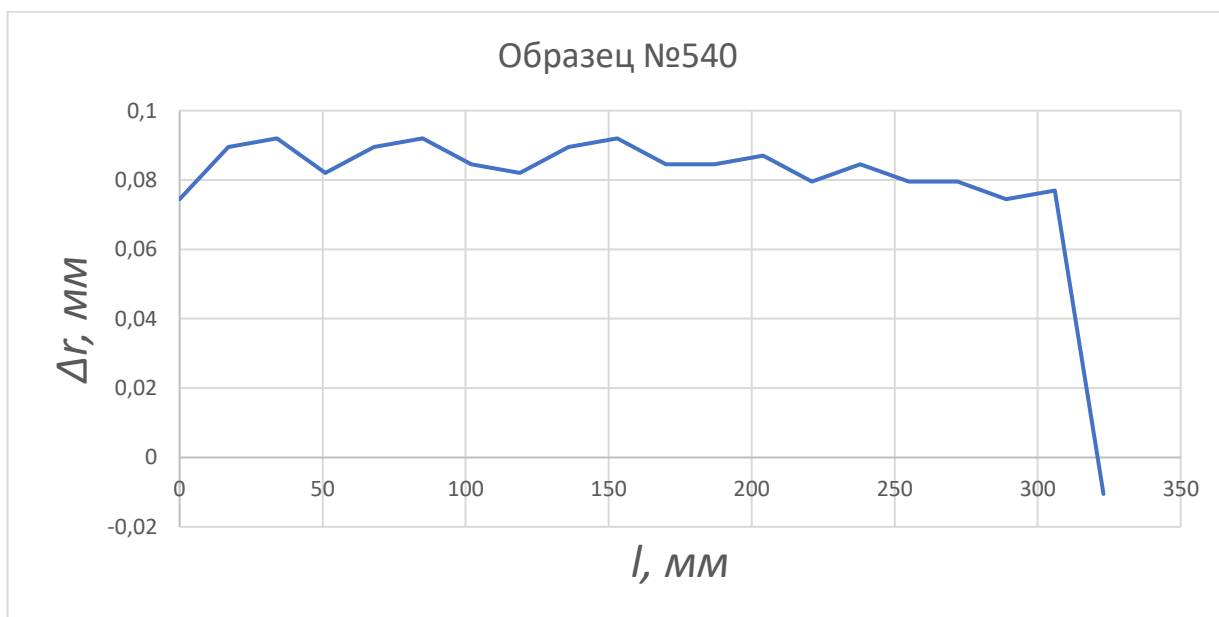


Рис 3.26 Разбивка отверстия в заготовке №540

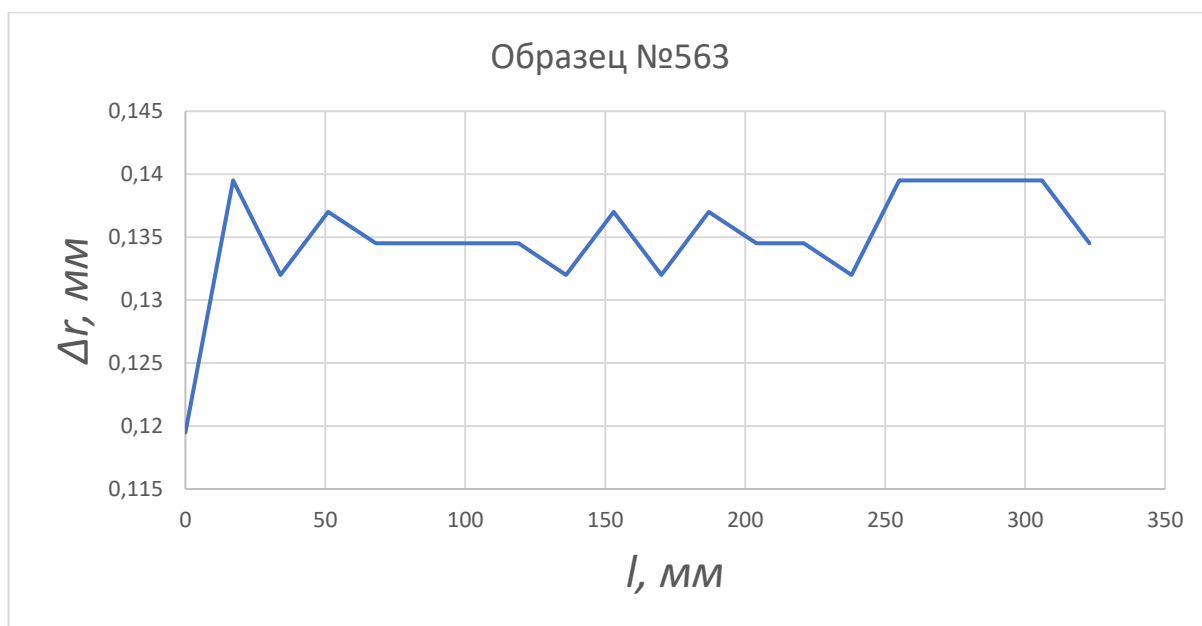


Рис 3.27 Разбивка отверстия в заготовке №563

### 3.3 Выводы

1. Десятью напайными головками БТА диаметром 31,2 мм производства фирмы *Botek* было просверлено 703 заготовки (227 м), т.е. их средняя стойкость составила 70,3 заготовки (22,7 м).
2. Сборной нерегулируемой головкой БТА разработанной конструкции диаметром 31,2 мм было просверлено 563 заготовки (182 м). При этом было израсходовано: периферийных режущих пластин – 4 шт.; промежуточных режущих пластин – 7 шт.; центральных режущих пластин – 2 шт.; направляющих пластин – 9 шт., в том числе опорных – 7 шт., упорных – 2 шт. Корпус головки не был поврежден и мог эксплуатироваться дальше.
3. Исходя из результатов стойкостных испытаний рекомендуется следующая комплектация твердосплавных режущих и направляющих пластин - периферийные режущие пластины – 10 шт.; промежуточные режущие пластины – 7 шт.; центральные режущие пластины – 3 шт.; направляющие пластины – 20 шт.
4. Стойкостные испытания показали хорошую работоспособность головок разработанной конструкции.

## Заключение

При выполнении магистерской диссертации был проведен анализ современных конструкций сверлильных головок БТА различных производителей. Основными направлениями развития головок стали разработки головок с напайными режущими пластинами и сборные. При этом было выявлено, что на данный момент больший интерес вызывают сборные головки БТА, так как они обладают некоторыми достоинствами: многократно используемый корпус; повышенная стойкость пластин за счет отсутствия пайки; меньшие расходы на эксплуатацию головок и др. Это позволило сделать выбор в пользу разработки сборной головки БТА.

В ходе работы была разработана конструкторская документация на корпус сборной нерегулируемой головки БТА для сверления отверстий диаметром 31,2 мм. Отличительной особенностью данной головки является улучшенный подвод СОЖ в зону резания за счет каналов, выполненных на внешней части корпуса. На основе разработанной конструкторской документации была изготовлена опытная партия головок для проведения стойкостных испытаний.

На предприятии ООО «Томаш» (г. Томск) были произведены стойкостные испытания разработанной сборной нерегулируемой головки БТА диаметром 31,2 мм. Испытания показали хорошую работоспособность головки. Данная головка просверлила 563 заготовки (182 м), при этом корпус не имел повреждений и мог эксплуатироваться дальше. Также были даны рекомендации по комплектации такой головки режущими и направляющими пластинами.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛМ61	Савченко Дмитрий Сергеевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедение</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

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

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

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

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

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

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Хаперская Елена Васильевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЛМ61	Савченко Дмитрий Сергеевич		

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

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

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

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

Также машиностроение относится к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

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

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

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

Проектируемая сборная головка БТА для сверления глубоких отверстий востребована в серийном и массовом машиностроительном производстве.



Головка может быть использована для удешевления и ускорения процесса получения глубокого сверления.

## **4.2 Сборная головка БТА для сверления глубоких отверстий**

Сверла 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.

Головка представляет из себя корпус, в который, посредством винтов, крепятся 3 режущие и 2 направляющие пластины. Благодаря оптимальному распределению режущих пластин достигается равномерный съем материала каждой платиной. Направляющие пластины, в свою очередь, стабилизируют головку в отверстии, равномерно воспринимают нагрузку резания, выглаживают обработанную поверхность и делают процесс резания наиболее стабильным.

Преимуществом сборной головки БТА являются наличие многоразового корпуса, изготовленного из цельного прутка посредством фрезерования и точения. Такой корпус является наиболее жестким по сравнению с сварными корпусами, также корпус имеет больший срок службы. Использование сменных пластин позволяет сократить простой станка при выходе головки из строя за счет смены лишь пластин, а не всей головки, а предприятию экономить дорогой твердый сплав. Так же головка имеет ту же схему установки в станок, что и ее конкуренты, поэтому затраты на переналадку будут отсутствовать.

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

Основным конкурентом является головка БТА для сверления глубоких отверстий с напайными пластинами. Данная головка широко

применяется в современном машиностроении в силу своей простоты и доступности. Головка представляет собой стальной сварной корпус с жестко закрепленными припоем твердосплавными пластинами.

Основными достоинствами такой головки является простота и дешевизна.

Таблица 4.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности труда	0,1	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
<b>Экономические критерии оценки</b>					
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
<b>ИТОГО</b>	1	45	37	4,03	3,48

Как видно из таблицы, по техническим критериям обе головки имеют достаточно равные параметры. При этом сборная головка сильно выигрывает по надежности, и незначительно проигрывает по удобству в эксплуатации и уровню шума. Однако, по экономическим критериям сборная головка оказывается лучше конкурента. У нее более длительный срок эксплуатации, ниже цена и незначительно ниже уровень проникновения на рынок.

Из всего этого можно сделать вывод, что сборная головка является более дешевой, ее использование на предприятии экономически более оправдано.

#### 4.4 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 таблице 4.2.

Таблица 4.2 Описание главной, основных, и вспомогательных функций

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранги функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Головка БТА	-	Сверление глубоких отверстий	X		
Корпус	1	Основа для пластин		X	
Режущие пластины	3	Съем материала		X	
Направляющие пластины	2	Выглаживание поверхности		X	
Винты	5	Служит для крепления пластин в корпусе			X

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Строим матрицу смежности функции таблица 4.3.

Таблица 4.3 Матрица смежности функций

	Основа для пластин	Съем материала	Выглаживание поверхности	Служит для крепления пластин в корпусе
Основа для пластин	=	<	<	>
Съем материала	>	=	>	>
Выглаживание поверхности	>	<	=	>
Служит для крепления пластин в корпусе	<	<	<	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Таблица 4.4 Матрица количественных соотношений функций

	Основа для пластин	Съем материала	Выглаживание поверхности	Служит для крепления пластин в корпусе	Итог
Основа для пластин	1	0,5	0,5	1,5	7
Съем материала	1,5	1	1,5	1,5	9
Выглаживание поверхности	1,5	0,5	1	1,5	7
Служит для крепления пластин в корпусе	0,5	0,5	0,5	1	4

					$\Sigma = 27$
--	--	--	--	--	---------------

Определяем значимость каждой функции:

Основа для пластин:  $7/27 = 0,26$ ;

Съем материала:  $9/27 = 0,33$ ;

Выглаживание поверхности:  $7/27 = 0,26$ ;

Служит для крепления пластин в корпусе:  $4/27 = 0,15$ ;

Таблица 4.5 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 БГА	-	Сверление глубоких отверстий	-	-	-	-	-
Корпус	1	Основа для пластин	-	2	174	250	424
Режущие пластины	3	Съем материала	-	4	3204	289	3493
Направляющие пластины	2	Выглаживание поверхности	-	2	2634	289	2923
Винты	5	Служит для крепления пластин в корпусе	-	0,1	995	150	1145
							$\Sigma = 7985$

Определим относительные затраты на функцию:

Основа для пластин:  $424/7985 = 0,05$ ;

Съем материала:  $3493/7985 = 0,44$ ;

Выглаживание поверхности:  $2923/7985 = 0,37$ ;

Служит для крепления пластин в корпусе:  $1145/7985 = 0,14$ ;

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (рис. 4.1):



Рис.4.1 Функционально-стоимостная диаграмма

Согласно вышеприведенной диаграмме, видно рассогласование по 1, 2, 3 пунктам. Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

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

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.

#### 4.5 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Матрица SWOT

<p><b>Strengths (сильные стороны)</b></p> <p>С1. Использование многоразового корпуса.</p> <p>С2. Высокая жесткость.</p> <p>С3. Выглаживание поверхностного слоя направляющими пластинами.</p> <p>С4. Экономия дорогого твердого сплава за счет использования СМП.</p>	<p><b>Weaknesses (слабые стороны)</b></p> <p>Сл1. Дороговизна производства корпуса головки.</p> <p>Сл2. Невозможность обработать отверстия малого диаметра.</p> <p>Сл3. Внутренний отвод стружки и СОЖ.</p>
<p><b>Opportunities (возможности)</b></p> <p>В1. Обработка глубоких отверстий в труднообрабатываемых материалах.</p>	<p><b>Threats (угрозы)</b></p> <p>У1. Введение санкций на ввоз дорогого твердого сплава из-за рубежа.</p>

В2. Улучшение качества обработанной поверхности. В3. Быстрое внедрение в производство.	У2. Развитие более универсальных методов может привести к потере конкурентного преимущества. У3. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.
---	--

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

Таблица 4.7 Интерактивная матрица проекта Сильные стороны и возможности

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

Таблица 4. Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

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



Таблица 4.9 Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 4.10 Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.11.

Таблица 4.11 Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Использование многоразового корпуса.</p> <p>С2. Высокая жесткость.</p> <p>С3. Выглаживание поверхностного слоя направляющими пластинами.</p> <p>С4. Экономия дорогого твердого сплава за счет использования СМП.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Дороговизна производства корпуса головки.</p> <p>Сл2. Невозможность обработать отверстия малого диаметра.</p> <p>Сл3. Внутренний отвод стружки и СОЖ.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Обработка глубоких отверстий в</p>	<p>В1С1С2С3</p> <p>В2С2С3</p> <p>В3С1</p>	<p>В1Сл1Сл2</p> <p>В2Сл2</p>

<p>труднообрабатываемых материалах.</p> <p>В2. Улучшение качества обработанной поверхности.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Введение санкций на ввоз дорогого твердого сплава из-за рубежа.</p> <p>У2. Развитие более универсальных методов может привести к потере конкурентного преимущества.</p> <p>У3. При переходе на данную технологию у предприятия появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.</p>	<p>У1С3С4</p> <p>У2С1</p>	<p>У2Сл1Сл2Сл3</p>

## 4.6 Инициация проекта

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

## 4.7 Цели и результат проекта

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

Таблица 4.12 Заинтересованные стороны проекта

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

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

Таблица 4.13 Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка сборной головки БТА
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение сборной головки БТА
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Эффективная и работоспособная сборная головка БТА
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Разработка головки
	Оформленный графический материал
	Оформленная магистерская диссертация

## 4.8 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 4.14.

Таблица 4.14 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Савченко Д.С., магистрант отд. Материаловедения	Исполнитель	1. Конструирование головки. 2. Испытание головки. 3. Составление отчета.	1500
2	Кирсанов С.В., НИ ТПУ, д.т.н., профессор	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в разработке документации и изготовлении головки. 3. Помощь в проведении анализа испытания и оформлении отчета.	130
ИТОГО:				1630

## 4.9 Ограничения и допущения проекта

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

Таблица 4.15 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
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

















## 4.10 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный график представляется в виде таблицы 4.16.

Таблица 4.16 Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	3	15.10.17	18.10.17	Кирсанов С.В.
2	Изучение литературы	20	25.10.17	14.11.17	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
3	Разработка календарного плана	4	16.11.17	20.11.17	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
4	Обсуждение литературы	23	23.11.17	16.12.17	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
5	Разработка конструкции	12	17.12.17	29.12.17	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
6	Составление конструкторской документации	12	11.01.18	23.01.18	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
7	Изготовление головки	54	1.02.18	26.03.18	Кирсанов С.В. Савченко Д.С..
8	Проведение испытания головки	5	28.03.18	2.04.18	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
9	Анализ результатов испытания	40	4.04.18	14.05.18	Савченко Д.С.
10	Оформление пояснительной записки	5	16.05.18	21.05.18	Савченко Д.С.
11	Подведение итогов	18	23.05.18	10.06.18	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.
Итого:		196			

Таблица 4.17 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				окт.	нояб.	дек.	январ.	фев.	март	апр.	май	июнь			
1	Постановка целей и задач	Кирсанов С.В.	3												
2	Изучение литературы	Савченко Д.С.	20												
3	Разработка календарного плана	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.	4 4		 										
4	Обсуждение литературы	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.	23 23			 									
5	Разработка конструкции	Савченко Д.С.	12												
6	Составление конструкторской документации	Савченко Д.С.	12												
7	Изготовление головки	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.	30 54					 							
8	Проведение испытания головки	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.	5 5								 				
9	Анализ результатов испытания	Савченко Д.С.	40												
10	Оформление пояснительной записки	Савченко Д.С.	5												
11	Подведение итогов	Кирсанов С.В. Савченко Д.С.	8 18										 		

 - руководитель

 - инженер

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

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

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

#### 4.11 Бюджет научного исследования

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

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

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

Таблица 4.18 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 X12МФ круг	∅40x90	0,87	200	174
Всего за материалы				7007
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				280.28
Итого по статье $C_m$				7287.28

## 2. Основная заработная плата

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

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



$$Z_m = Z_b * (k_{пр} + k_d) * k_p$$

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.19.

Таблица 4.19 Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33163	1,2	1,1	1,3	99157,28	576,11	70	40327,7
Инженер	14874	1,2	1,1	1,3	44473,26	258,4	193	49871,2

### 3. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

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

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

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

Таблица 4.20 Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	40327,7	49871,2
Дополнительная зарплата	4032,77	4987,12
Итого по статье $C_{зп}$	99218,79	

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 99218,79 = 29765,37 \text{ руб.}$$

### 4.12 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.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 99218,79 = 79375,03 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 4.21.

Таблица 4.21 Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	7287,28
Основная заработная плата	90198,9
Дополнительная заработная плата	9019,89
Отчисления на социальные нужды	29765,37
Накладные расходы	79375,03
Итоговая плановая себестоимость	215646,47

#### 4.13 Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 215646,5 рублей, финансирование составило 50000 рублей. Посчитаем разницу:

$$215646,5 - 200000 = 15646,5 \text{ р.}$$

Разница составляет 15646,47 рублей, расходы превышают поступления. Разработка и выполнение проекта велись на базе кафедры ТМСИР, с использованием оборудования и материалов кафедры. Таким образом, недостающая разница в финансировании проекта была покрыта за счет кафедры.

#### 4.14 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 4.22 Матрица ответственности

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

#### 4.15 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.

#### 4.16 Оценка научно-технического уровня НИР

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

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

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

где:  $R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 4.23 Весовые коэффициенты признаков НТУ

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

Таблица 4.24 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 4.25 Баллы значимости теоретических уровней

<b>Теоретический уровень полученных результатов</b>	<b>Баллы</b>
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 4.26 Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

<b>Время реализации</b>	<b>Баллы</b>
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 4.27 Оценка уровня научно-технического эффекта

<b>Уровень НТЭ</b>	<b>Показатель НТЭ</b>
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 4.2 Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	3	Обобщение и систематизация данных о различных видах головок для глубокого сверления, формирование рекомендаций по выбору параметров конструкции головок, определение зависимостей, способствующих улучшению процесса сверления.
Теоретический уровень	0,1	Элементарный анализ связей между фактами	5	Разработка головки для обработки глубоких отверстий с лучшим параметрами охлаждения, увода оси сверления и стойкости пластин
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Сконструированная головка готова к внедрению в производство.

Из сводной таблицы оценки научно-технического уровня НИР можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, анализ функциональных элементов ранее применявшихся головок дает возможность определить наиболее эффективные конструкции. Использование этой информации позволило спроектировать головку, позволяющую производить обработку отверстий с минимальным уводом оси, лучшими параметрами охлаждения. Ранее эти вопросы были в недостаточной степени решены.

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

$$K_{\text{нту}} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 1,2 + 0,5 + 5 = 6,7.$$

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

#### 4.17 Реестр риска проектов

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

Таблица 4.29 Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставок материала	3	3	Средний	Найти надежных поставщиков	Истечение срока договора
2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Найти материалы по низкой цене	Экономический кризис



3	Технический	Изменение технологии обработки	2	2	Низкий	Применение более универсального оборудования	Изменение параметров корпуса
---	-------------	--------------------------------	---	---	--------	--	------------------------------

#### 4.18 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  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  - стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{max}$  - 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  $I^a$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;  $b_i^a, b_i^p$  – бальная 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 4.30.

Таблица 4.30 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	5	5
Помехоустойчивость	0,05	1	1
Энергосбережение	0,05	1	1
Надежность	0,2	4	5
Материалоемкость	0,25	5	3
ИТОГО	1	21	19

$$I_{\text{ТП}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,4;$$

$$I_{\text{Аналог}} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 = 3,85.$$

**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:

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

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 4.31 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,02	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,85	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	3,77	5,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,4	

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах, т.к. значение меньше единицы, но больше нуля.

При сравнение значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным решением является разработка головки БГА с 3-мя режущими пластинами.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Савченко Дмитрий Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

**Тема дипломной работы: «Разработка конструкции сборной головки БГА».**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является участок цеха находящаяся в 16 корпусе, в котором производится обработка детали, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ выявленных <b>вредных</b> факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Микроклимат</li> <li>• Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>• Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенный уровень вибрации;</li> <li>• Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> </ul> </li> <li>2. Анализ выявленных <b>опасных</b> факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>• механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>• термические опасности (источники, средства защиты)</li> <li>• электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);</li> <li>• пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);</li> </ul> </li> </ol>
<b>2. Экологическая безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита селитебной и других зон окружающей среды;</li> <li>• Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы: абразивная пыль);</li> <li>• Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы: СОЖ);</li> <li>• Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы: стружка, бумага);</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Перечень возможных ЧС на объекте: сильные морозы, диверсия;</li> <li>• Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>• Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• Разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>• Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>• Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• План эвакуации</li> <li>• План размещения светильников на потолке рабочего помещения</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	26.02.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Савченко Дмитрий Сергеевич		

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Основной целью данного раздела является выявление опасных факторов промышленного производства, разработка норм для улучшения условий труда, обеспечения безопасности человека на производстве, сохранения и поддержания работоспособности в процессе осуществления деятельности, а также для охраны окружающей среды.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются на основе проектирования, изготовления и испытаний головки БГА. Данная головка используется для сверления глубоких отверстий в цилиндрических заготовках, у которых соотношение длины сверления к диаметру отверстия больше 5. Проектирование конструкции оправки велось с использованием ЭВМ. Испытания проводились на модернизированном токарно-револьверном станке мод 1Е365БП. Изготовление головки происходило с применением универсального металлорежущего оборудования и станков с числовым программным управлением. Основным местом проведения работы является 110 аудитория 16 корпуса НИ ТПУ.

### **5.1 Анализ опасных и вредных факторов**

На участке глубокого сверления, где происходили испытания головки, использовались металлорежущие станки. При работе на данном участке имеет место возникновение вредных и опасных производственных факторов. К вредным производственным факторам, имеющим место на данном участке, относятся:

- Повышенный уровень вибрации;
- Повышенный уровень шума;
- Повышенный уровень статического электричества;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.

- Абразивная пыль, мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости;

Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Получение травм, при работах на модернизированном токарно-револьверном станке мод 1Е365БП;
- Поражение электрическим током, при работе оборудования;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы.

Для борьбы с производственным травматизмом на производстве необходимо, чтобы работник четко знал и соблюдал требования правил техники безопасности труда.

## 5.2 Микроклимат

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88.

Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

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

Метеорологические условия могут меняться в широких пределах, но при этом для человека необходимым условием жизнедеятельности является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду.

Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.



Очень важным фактором, влияющим на отдачу тепла организмом в помещении, является движение воздуха. При этом, в жарком помещении движение воздуха увеличивает отдачу тепла организмом, тем самым улучшая состояние человека, а в холодный период движение воздуха оказывает неблагоприятное влияние на организм.

По тяжести работ оператор относится к категории 2б. Параметры микроклимата не должны выходить за рамки допустимых значений, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	24	18-27	62	65	0,15	0,2
Холодный	2б	19	17-23	55	<75	0,1	0,2

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

### 5.3 Вредные вещества

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

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

Таблица 5.2 Результаты замеров вредных выделений

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

## 5.4 Производственный шум

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

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на

рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 92 дБА.

Так как на участке наблюдается повышенный уровень шума, необходимо использование СКЗ и СИЗ.

#### СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения (пенобетон; базальтовая, минеральная, хлопковая вата; шумопоглощающие экраны из фанеры, древесноволокнистые плиты, звуконепроницаемые ткани);
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

#### СИЗ

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

## 5.5 Освещение

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

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

различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 17$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1$  м.

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

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

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

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

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

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{17 * 6}{2 * (17 + 6)} = 2,2$$

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

Потребные группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$n = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{\Phi_{II} * \eta} = \frac{150 * 17 * 6 * 1,5 * 1,1}{2300 * 0,56} \approx 20$$

Общее число светильников:  $n = 10$ .

Размещаем светильники в 2 ряда по 5 светильника.

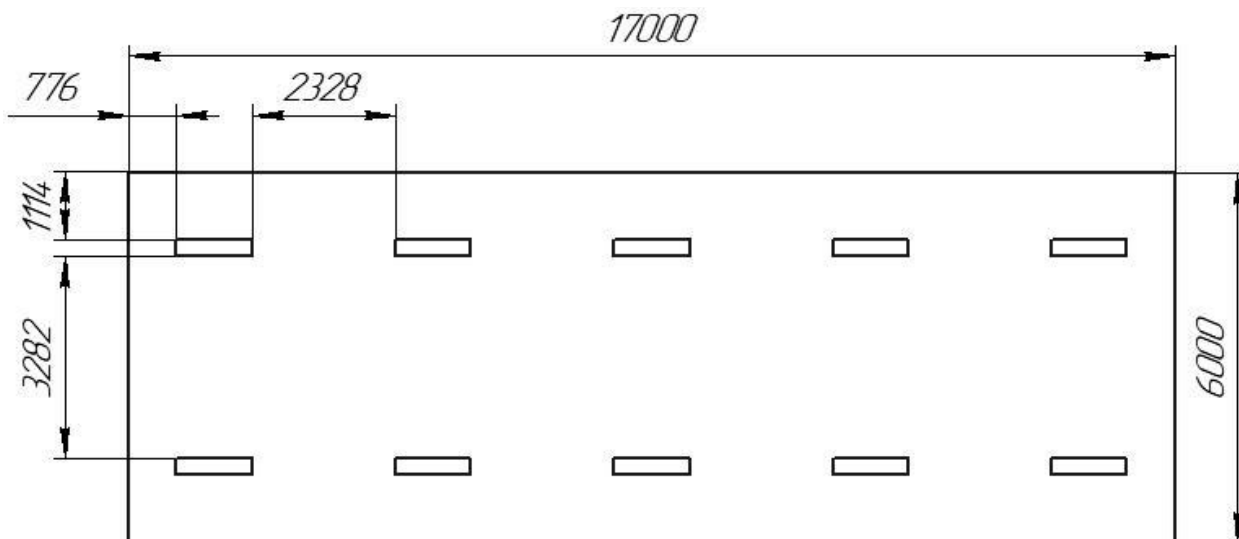


Рисунок 5.1 План размещения светильников в помещении

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

$$\frac{2}{3}L_1 + 4L_1 + 5 * 1227 = 17000$$

$$L_1 = 2328$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 * 265 = 6000$$

$$L_2 = 3282$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{n * \eta} = \frac{150 * 17 * 6 * 1,5 * 1,1}{20 * 0,56} = 2254.$$

Проверяем выполнение условия:

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

$$\frac{2300 - 2254}{2300} * 100 \approx 2\%$$

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

## 5.6 Электробезопасность

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

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

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

## 5.7 Пожаровзрывобезопасность

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

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

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

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

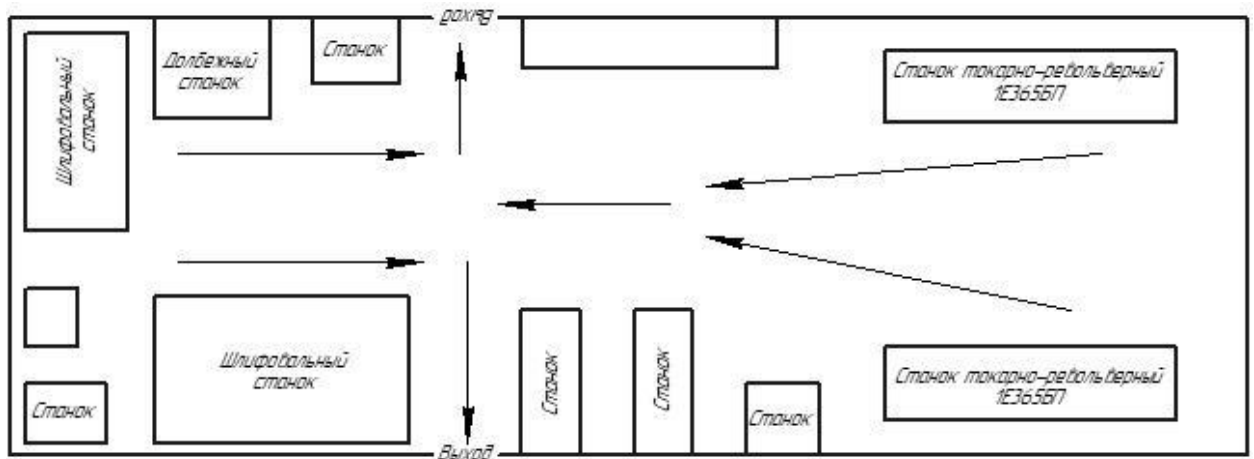


Рисунок 5.2 План эвакуации аудитории 110

## 5.8 Экологичность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма ее решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрана природы — комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов. Окружающий человека воздух непрерывно подвергается загрязнению. Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов. Удаляемый из помещений вентиляционный воздух может стать причиной загрязнения воздуха промышленных площадок и населенных мест. Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе среды обитания человека не выше ПДК. В тех случаях, когда реальные выбросы выше этого уровня, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Данная магистерская работа не представляет опасности для экологической обстановки, поскольку отсутствует использование токсичных материалов. Все операции являются сугубо механическими, без выделения



вредных газов и веществ, однако, в процессе металлообработки снимается слой металлической стружки, которая должна правильно утилизироваться для переработки (переплавки). Стружку необходимо разделить на цветной и черный лом, спрессовать, упаковать и отправить на переплавку. Ртутные лампы сдать в соответствующую фирму на утилизацию. Смазочно-охлаждающую жидкость фильтровать и вернуть в цикл, взвеси собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

## **5.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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

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

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

ЧС, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными, однако, работы в данном

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

## **5.10 Законодательные акты**

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение."

## **5.11 Графические материалы**

1. План размещения светильников в помещении
2. План эвакуации аудитории 110

## Список литературы

1. Буяновский И.А. К оценке нижних температурных пределов действия химически активных присадок // Трение и износ, 1981. Т.2, № 4. С. 703–707.
2. Вахнова Л.И. Прошивка отверстий в твердосплавных рабочих частях сверл одностороннего резания // Экспресс – информация «Обработка резанием (технология, оборудование, инструмент)». –М.: НИИМАШ, 1983. Вып. 1. С.23–24.
3. Водопьянов А.В. Расчет размеров стружколомающих порошков у сверл для глубокого сверления // Известия Томского политехнического института, 1968. Т.158. С. 114–116.
4. Губергриц Л.И., Дроздов Ф.М. Станки для сверления и растачивания глубоких отверстий // Станки и инструмент, № 4, 1989, с. 2–4.
5. Калмыков В.И., Петровская Т.М., Бадаева А.С., Мещеряков А.И. Разработка и исследование схемы прошивки ультразвуком глубоких отверстий в твердосплавных рабочих частях сверл одностороннего резания / Сб. трудов ВНИИ «Прогрессивные инструменты для обработки отверстий (конструкция, технология изготовления, эксплуатация). –М.: ВНИИ ОНТИ, 1979. С. 35–46.
6. Кириллин Б.Н. Вибрационное сверление ружейными сверлами // Станки и инструмент, 1968, № 5. С. 22–24.
7. Кирсанов С.В. Исследование процесса глубокого сверления стали эжекторными сверлами: Дис. на соискание степени канд. техн. наук. – Томск: ТПИ, 1980. 117 с.
8. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Схиртладзе А.Г., Кокарев В.И. Инструменты для обработки точных отверстий. –М.: Машиностроение, 2005. -336 с.
9. Кононенко С.Г. Обработка глубоких отверстий. – М.: Машиностроение,

1964. – 41 с.
10. Кремень З.И., Стратиевский И.Х. Хонингование и суперфиниширование деталей / Под ред. Л.Н. Филимонова. –Л.: Машиностроение, 1988. - 137с.
  11. Литвинов Л.П. Вибросверление глубоких отверстий // Вестник машиностроения, № 5, 1990. С. 22–24.
  12. Малиновский Г.Т. Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием. Свойства и применение. –М.: Химия, 1993. -160 с.
  13. Мальцев О.С., Коган М.Л., Петухов В.К. и др. Сверла глубокого сверления  $\varnothing 1-14$  мм, оснащенные цельными твердосплавными наконечниками // Твердые сплавы и тугоплавкие материалы. Сб. трудов ВНИИТС. № 14. –М.: Металлургия, 1973. С. 110–114.
  14. Минков М.А. Технология обработки глубоких точных отверстий. –М.-Л.: Машиностроение, 1965. -176 с.
  15. Обработка глубоких отверстий / Н.Ф. Уткин, Ю.И. Кижняев, С.К. Плужников и др.; Под общ. ред. Н.Ф. Уткина. –Л.: Машиностроение, 1988. -269 с.
  16. Окубо Т. Прецизионная обработка глубоких отверстий по методу БТА // Кикай то когу, 1966, т.10, № 10, с.8–18.
  17. Перескоков А.И. Изготовление сверлильных головок типа БТА // Машиностроитель, 1981, № 7. С. 28–29.
  18. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. –М.: Машиностроение, 1970. -350 с.
  19. Поручкий Г.В. Периодичность очистки систем СОЖ металлорежущих станков // Станки и инструмент, 1982, № 2. С. 19–20.
  20. Применение способа глубокого сверления с эжекторным отводом стружки на специальном и универсальном модернизированном оборудовании. Методические рекомендации. –М.: НИИМАШ, 1984. 53 с.
  21. Санин П.И. Химические аспекты граничной смазки (химическое

- модифицирование поверхностей трения) // Трение и износ, 1980. Т.1, № 1, с. 45–57.
22. Скиженок В.Ф., Лемешонок В.Д., Цегельник В.П. Высокопроизводительное протягивание. –М.: Машиностроение, 1990. - 240 с.
23. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булыжев и др. / Под общ. ред. Л.В. Худобина. –М.: Машиностроение, 2006. -544 с.
24. Твердосплавные сверла одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ. Методические рекомендации по конструированию, технологии изготовления и эксплуатации. –М.: ВНИИ, 1981. –68 с.
25. Buse B., Fuß H., Bolle D. Prozeßbegleitende Temperaturmessungen an den Stützleisten von BTA – Tiefbohrwerkzeugen // Industrie – Anzeiger, 1987. V. 109, № 53. S. 42–43.
26. Eichler R. Prozeßsicherheit beim Enlippenbohren mit kleinsten Durchmessern. Diss. –Stuttgart.:Institut für Werkzeugmaschinen, 1996. – 156 s.
27. Fienkelburg H. Tiefbohren // Oberflächentechnik, 1978. V. 55, № 7...8. S. 242. 244–248.
28. Knobloch H. Kühlschmierstoffreinigung beim Tiefbohren und Honen // Technische Zentralblatt für praktische Metallbearbeitung, 1974. V. 68, № 11. S. 409–412.
29. Schmidt H. Das Tiefbohren – ein hochproduktives Fertigungsverfahren // Technica, 1962, Bd. 11, № 19. S. 1405–1409.
30. Stockert R., Weber U. Untersuchung der Energie – Verhältnisse beim Tiefbohren mit einschneidigen BTA – Vollbohrköpfen // Industrie – Anzeiger, 1977. V. 99, № 26. S. 39–40.

31. Streicher P. Tiefbohren der Metalle. Verfahrenstechnische und Konstruktive Probleme. – Würzburg: Vogel-Verlag, 1975. – 128 s.
32. Zielasko W., Thamke D. Einlippentiefbohren mit Druckluft und minimalen Kühlschmierstoffmengen // Maschinenmarkt, 1997, 103, 29. S. 20–25.
33. Zimmermann D. Kühlschmierstoffe chlorfrei // Fertigungstechnik, 1987, V. 14, № 5. S. 68, 70.
34. Zwingmann G. Kühlschmierstoffe für das Tiefbohren // Industrie – Anzeiger, 1974. V. 96, № 107–108. S. 2388–2391.

## Приложение А

Таблица А.1 – Маслянные СОЖ, применяемые для глубокого сверления

Марка СОЖ	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с 50°С <hr/> 20/40/100°С	Плотность, кг/м <sup>3</sup> 20°С <hr/> 15°С	Температура вспышки в открытом тигле, °С	Обрабатываемый материал	Изготовитель
МР-3	<u>5 ... 17</u> —	<u>850 ... 1100</u> —	≥ 125	Конструкционные, легированные, коррозионно-стойкие стали ( $d < 30$ мм)	ВПО «Волгохим-нефть» (Россия) и др.
МР-7	<u>23 ... 30</u> —	<u>880 ... 930</u> —	180	Углеродистые, легированные, коррозионно-стойкие и жаропрочные стали ( $d > 30$ мм)	
МР-2003	<u>18 ... 30</u> —		190	Высокопрочные стали, коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы	
Волгол-111	<u>9,5 ... 11</u> —		160	Углеродистые, легированные стали, чугуны, алюминий и его сплавы	
МР-4	<u>5,0 ... 10</u> —	-	120	Труднообрабатываемые стали, алюминий	ПФ «Олеокам» (Россия)
Присадка (20%) ЛЗ-23М	<u>10,5 ... 59,2</u> —	<u>950</u> —	156	Стали	ЗАО «Невская смазочная компания» (Россия)
ГСВ-1	<u>10 ... 18</u> —	-	-	Конструкционные, легированные, коррозионно-стойкие стали	ОАО «Ивхим-пром» (Россия)

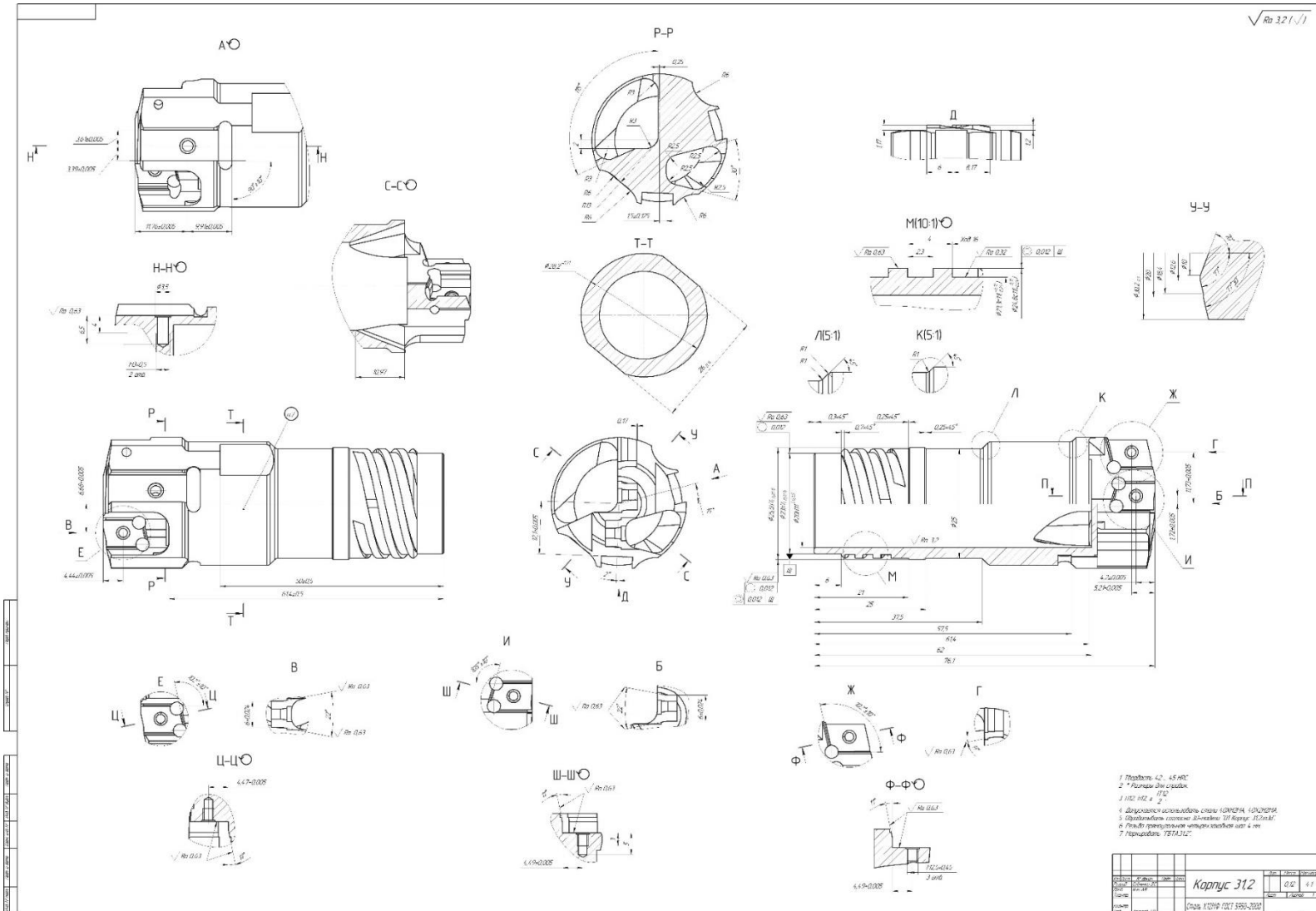


Shell Garia 402 F-15	$\frac{-}{23/11/2,9}$	$\frac{-}{860}$	160	Чугуны и легированные стали	Shell Lubricants (Великобритания- Голландия)
Shell Garia 404 M-10	$\frac{-}{22/10/2,6}$	$\frac{-}{881}$	148	Чугуны и стали	
Shell Garia 601 M-12	$\frac{-}{25/12/3,1}$	$\frac{-}{882}$	160	Коррозионно-стойкие, кислотостойкие, аустенитные, жаропрочные, низкоуглеродистые стали	
Shell Garia 601 M-22	$\frac{-}{55/22/4,6}$		190	Высоколегированные, коррозионно- стойкие, кислотостойкие, аустенитные, низкоуглеродистые стали	
Shell Garia 603 S-15	$\frac{-}{31,6/15,8/4,3}$		128	коррозионно-стойкие, кислотостойкие, аустенитные стали, нимоники, инконели, титан	
Castrol Honilo 971	$\frac{-}{-/8,8/-}$	$\frac{-}{854}$	138	Все металлы, за исключением медных сплавов	Deutsche Castrol Industrieol (ФРГ)
Castrol Honilo 983	$\frac{-}{-/8,5/-}$	$\frac{-}{850}$	130		
Castrol Variocut C334	$\frac{-}{-/11/-}$		140		
Castrol Variocut D734	$\frac{-}{-/13,7/-}$	$\frac{-}{873}$	150		
Castrol Variocut G485	$\frac{-}{-/10/-}$	$\frac{-}{858}$	146		

Castrol Variocut C462	$\frac{-}{-/22,5/-}$	$\frac{-}{882}$	182	Медные сплавы и стали	
-----------------------------	----------------------	-----------------	-----	-----------------------	--

# Приложение Б

## Рисунок Б.1 – Чертеж корпуса сборной нерегулируемой головки БТА



## Приложение В

Раздел на иностранном языке

“Deep Hole Machining”

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Савченко Дмитрий Сергеевич		

Консультант школы отделения ИШНПТ

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

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

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

## 1.1 Introduction

The standard method of precision hole producing requires as many as four or five operations: drilling, boring, rough and finish reaming, and finally honing. The sequence starts with the drilling employing the conventional tool known as the twist drill. Though the tool has proven successful in the great majority of every-day applications, the problem still remains with the production of deep holes. For high length to diameter ratios, where hole depth exceeds flute length, the twist drill has to be repeatedly withdrawn from the bore for lubrication and chip removal. This results in production losses and poor surface finish. Moreover, being weak in cross-section, for higher lengths the drill becomes more susceptible to any imbalance of forces acting on the drill tip. Practice has shown that the occurrence of unbalanced forces is inevitable, because of small resharpener errors and different wear rate of two cutting lips. Thus, a new concept which would bring some form of control near the point of cutting had to be developed.

The origin of gun-type tools can be found in “D”-bit and the spade drill, introducing the idea of supporting the cutter head and using a high-pressure cutting fluid flow to flush the swarf back and out of the hole. Soon after the tungsten carbide was developed, around 1935, a German engineer Beisner came to the idea to fully enclose the old type D-bit in a tube and to incorporate rubbing pads, made of carbide, on the outside of the tube. The first change in the design increased the rigidity and the strength, thus allowing 5-6 times greater cutting speeds in order to make an efficient use of the new carbide material. The second change ingeniously ensured balancing of the cutter while simultaneously providing for a unique additional machining operation today known as burnishing. The fact that the pads bear against the bore wall right behind the cutting edge effectively means that the cutting head machines its own bushing. The concept of self-guidance (or self-piloting), meaning the tool guiding or steering itself along the bore, has been recognized as the main underlying principle of the design. The terms “gun-type tools” and “deep hole tools” have been used occasionally for historical reasons, though they do not convey the

idea of the concept. Therefore, the term “self-piloting tools” has been found more appropriate and, in this work, it will be insisted upon.

Not only does the self-piloting design make it possible to machine deep holes but it provides rather stable conditions at the tool tip. Moreover, owing to the high cutting speed, even the use of light feeds assures very high penetration rates thus bringing about an increase in productivity. This is especially true for the tools used in short to medium depth applications since the short tools can be run at extremely high speeds.

## 1.2 Deep Hole Machining Processes

There are several hole machining processes employing self-piloting (SP) tools:

(1) SP Drilling – implies a manufacture of a hole from the solid by cutting across the whole diameter of the tool where all the material removed is converted into swarf (Fig. 1.2.a).

(2) Trepanning – means a manufacture of a hole from the solid by cutting only along the outer segment of the tool diameter, thus producing an annular groove and leaving a turned core of solid material known as the slug (Fig.1.2.b). The operation extends the application of self-piloting tools to larger diameters i.e. above 2 *ins*. The core-/or pin-cutting tools, of less than 2 *ins* in diameter, are usually considered as falling in the drilling rather than in the trepanning category.

(3) SP Boring – means boring out the existing holes with the aim of enlarging and possibly correcting them. The operation produces a hole considerably larger than the pre-drilled hole (Fig.1.2.c). Special gunbores that cut to the center may be used to form a specific shape in the bottom of the hole or between two holes.

(4) SP Reaming – employs self-piloting tools for sizing the existing holes to a close tolerance while producing high surface finish.

It is beyond the scope of this work to elaborate on each of these hole-making operations and the related tools; the work will rather deal with a particular kind of

self-piloting tool i.e. a drill. However, the other tools will be cross-referenced whenever a finding implies differences in its application to those classes.

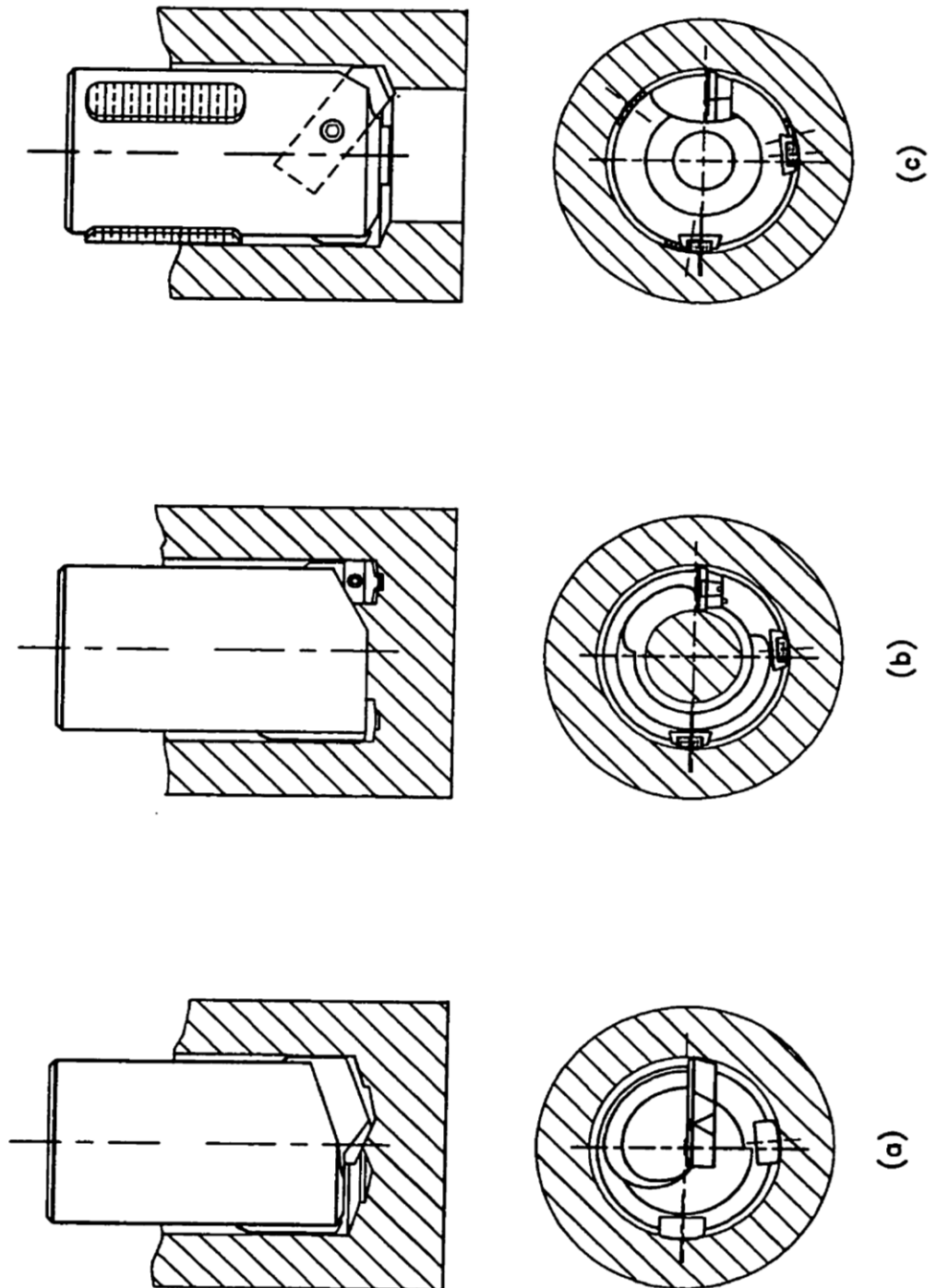


Fig. 1.2 The principle of (a) Gundrilling, (b) BTA Drilling and (c) Ejector Drilling

### 1.3 Self-Piloting Drill Classification

Up to date, a whole variety of self-piloting tools have been developed, each of them to suite a particular application. The place of each tool among the related designs can be recognized based on the similarities it shares with some of them and the ways it differs from others. However, no simple classification can be established. Here, only a rough and the most often used classification of self-piloting drills will be presented, together with a short discussion of the problems associated with each of the distinguished types.

Self-piloting tools are designed to produce holes of any reasonable depth in one continuous pass. This means that the chips have to be removed as fast as they are *cut*. To achieve this, a high-pressure type, light viscosity oil is to be introduced into the machining zone and taken out mixed with swarf at a sufficiently high speed. The way a particular design addresses the fluid circulation problem *cm* be used to distinguish three basic types of self-piloting drills:

1. Gundrill – the fluid is pumped in through a single, kidney-shaped and V-fluted shank and forced out down the flute in the external chip removal system (Fig. 1.3.a),

2. B.T.A. Drill -- the fluid is forced in passed the outside of a single, tubular shank and pumped out down the inside of the tube in the internal chip removal system employing a single tube (Fig. 1.3.b),

3. Ejector Drill – the fluid is pumped in through the annular opening in between two concentric tubular shanks and sucked out down the interior of the inner tube in the internal chip removal system employing a double-wall tube (Fig. 1.3.c).



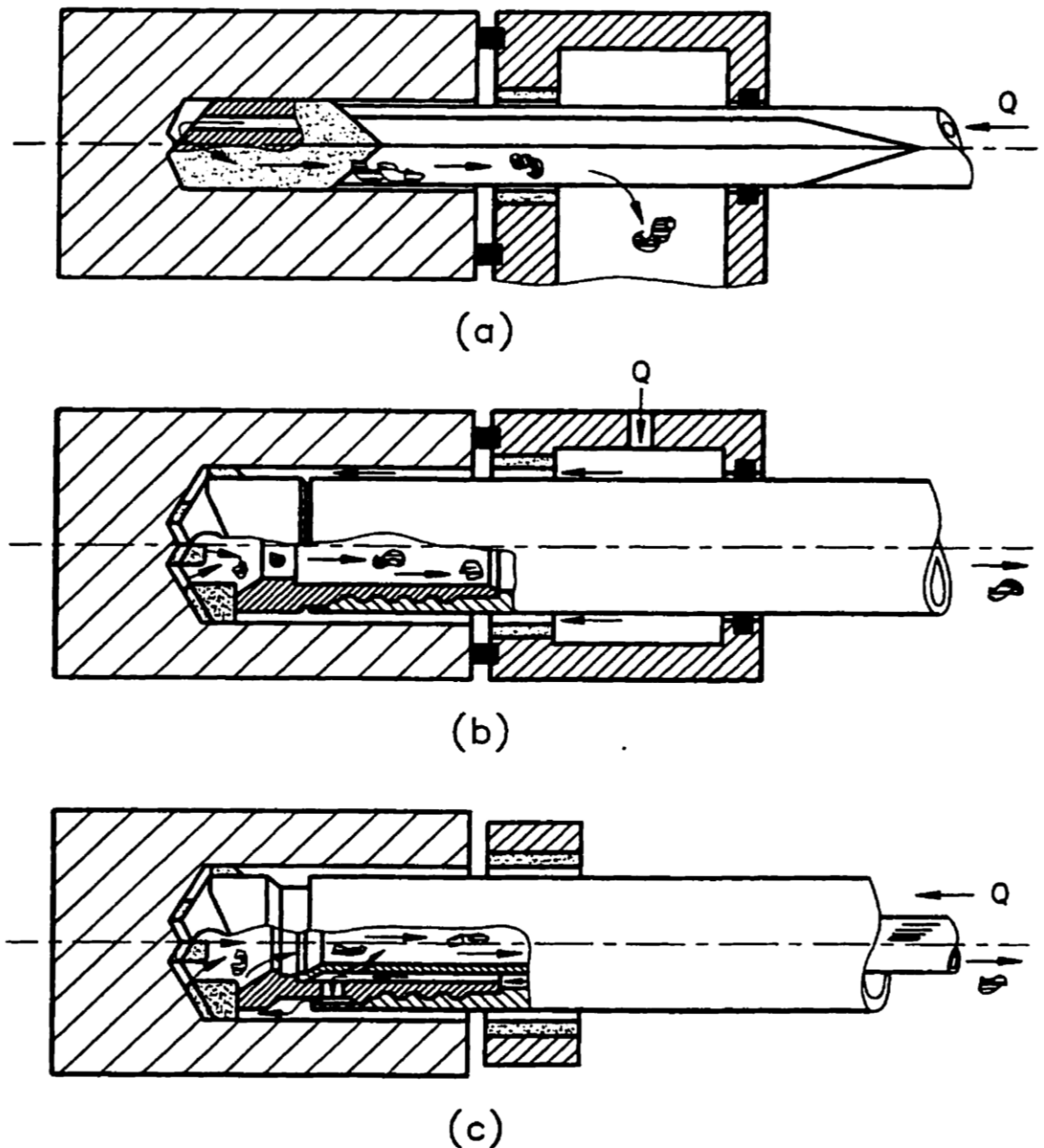


Fig. 1.3. The principle of (a) Gundrilling, (b) BTA Drilling and (c) Ejector Drilling

Gundrills offer the advantage of relatively simple oil sealing at the workpiece/drill bushing interface, since the oil at this point is not much above atmospheric pressure. Indeed, a knife edge seal integral with the drill bushing has proven successful, especially where a large number of holes are to be drilled under numerical control. BTA machining creates much more severe problems in oil sealing. Oil must first be introduced into a pressure head which contains a drill

bushing and a chamfered reception plate facing the workpiece. Here, sealing at the workpiece/drill bushing interface is critical, since the seal is subjected to the full pump pressure. Moreover, the unfavorable annular section of the inlet channel presents a high hydraulic resistance thus necessitating pump pressures higher than those usually employed for gundrilling.

Ejector drills, introduced in the '60s by Sandvik Coromant Co., have eliminated the need for both the pressure head and the seal between the drill bushing and the workpiece. In this system, about one-third of the inlet flow bypasses the machining zone through the annular nozzle right into the outlet channel moving at a sufficient velocity to set up a partial vacuum within the two chip mouths. The remaining fluid passes through a number of holes around the tool head to provide cooling and lubrication for the cutting elements and to pick up the swarf. The system relies on the sucking effect of the chip mouths to draw the fluid back into the inner tube and carry the chips away. In case of a chip jam, the oil will take the alternate way out through the gap between the workpiece and the outer tube thus causing a leak. The system allows the retrofitting of standard machines for deep hole machining operations. Recommended fluid pressures for gundrills and ejector drills vary with the length of the shank to be used, but do not depend on the hole depth. Contrary to the ejector drills, the BTA-type tools need a considerable increase in fluid pressure as the hole depth increases. In case the chips get the outlet channel plugged, BTA systems will react favorably by raising the pressure on the obstruction thus increasing the chances of its removal.

The drill designs somewhat differ in the way they address the problem of chip control. Gundrills, owing to the ample room provided by the V-flute, favor flexible, curly chips that can be easily flushed out. The fluted shank cross-section is weak and can stand only a limited torque what imposes the upper Limit on diameter and depth of holes to be gundrilled. With BTA and ejector systems to enter the boring bar interior, chips have to pass through a comparably narrow chip mouth in the tool head which can handle only small-size or powder chips. Thus, chip size must be closely controlled to permit free evacuation from the cutting area. However, the round

boring bar has less torque windup and can resist heavier feeds. This allows for an increase in feed per revolution to make the chips more rigid and the chip-brakers associated with this type of tool effective.

The carbide tips in gundrills can be easily resharpened as long as there is enough left for support i.e. almost back to the shank. Since resharpening BTA heads is much more complicated, when they have brazed cutting elements, these are considered to be of disposable type. Therefore, for small diameters resharpening costs and service life favor external chip removal drills. However, internal chip removal drills can cut 3-4 times faster thus requiring fewer machine spindles. As the applicable ranges for different tools somewhat overlap, for some diameters and hole depths the tools can be meaningfully compared.

### **1.4 BTA-Type Drill**

Internal chip removal drill of BTA type consists of a hollow steel body with a single carbide edge and two carbide support pads (Fig. 1.4). These can be either brazed to the body or detachable, the former ones being used in disposable drills and the latter ones in indexable drills. The cutting element may be one-piece or partitioned. The tool is designed to balance the resultant cutting force by the counter-acting reactions on the two support pads. These have been located so as to meet two following conditions: (1) to ensure leaning against the bore at both support pads in order to achieve stability and self-guidance (2) to provide an optimal ratio of forces on two support pads that will lead to a high-quality surface after burnishing.

A number of studies only confirmed that the initial design by Heller (Bremen) has been right on the point. The design has the pads located at 178 and 276 degrees measured from the cutting edge as shown in Fig. 1.4 (a)(b). The pads are usually termed the leading/or supporting pad and the trailing/or measuring pad respectively. While the leading pad provides the main support for the tool head by counteracting the major part of the resultant cutting force, the main function of the trailing pad is to control the hole diameter. The ratio of the two normal reactions averages 3 in

favor of the leading pad. The edges of the pads are relieved to specific angles to form the ramps and the leading chamfer both of which play the major role in burnishing. The pads are usually made of carbide of a different grade than that used for the cutting element. The drills with partitioned cutting edge offer the advantage of using different carbide grades at various radial distances. The tool point is slightly offset from the axis of the tool head to avoid zero velocity and to ease extrusion conditions on the inner cutting element.

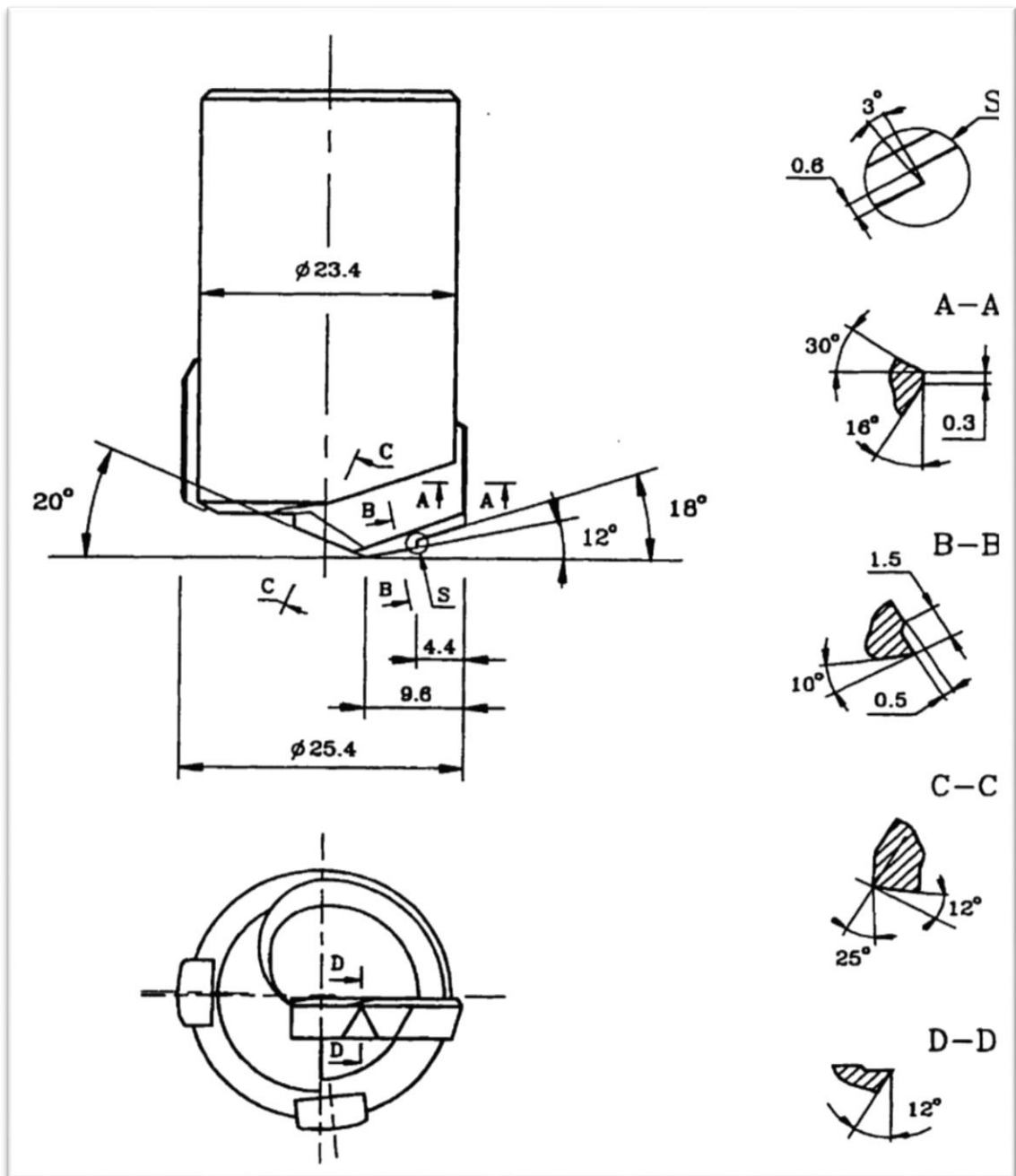


Fig. 1.4.a. BTA-Type Drill of Heller Design (Cutting Geometry)

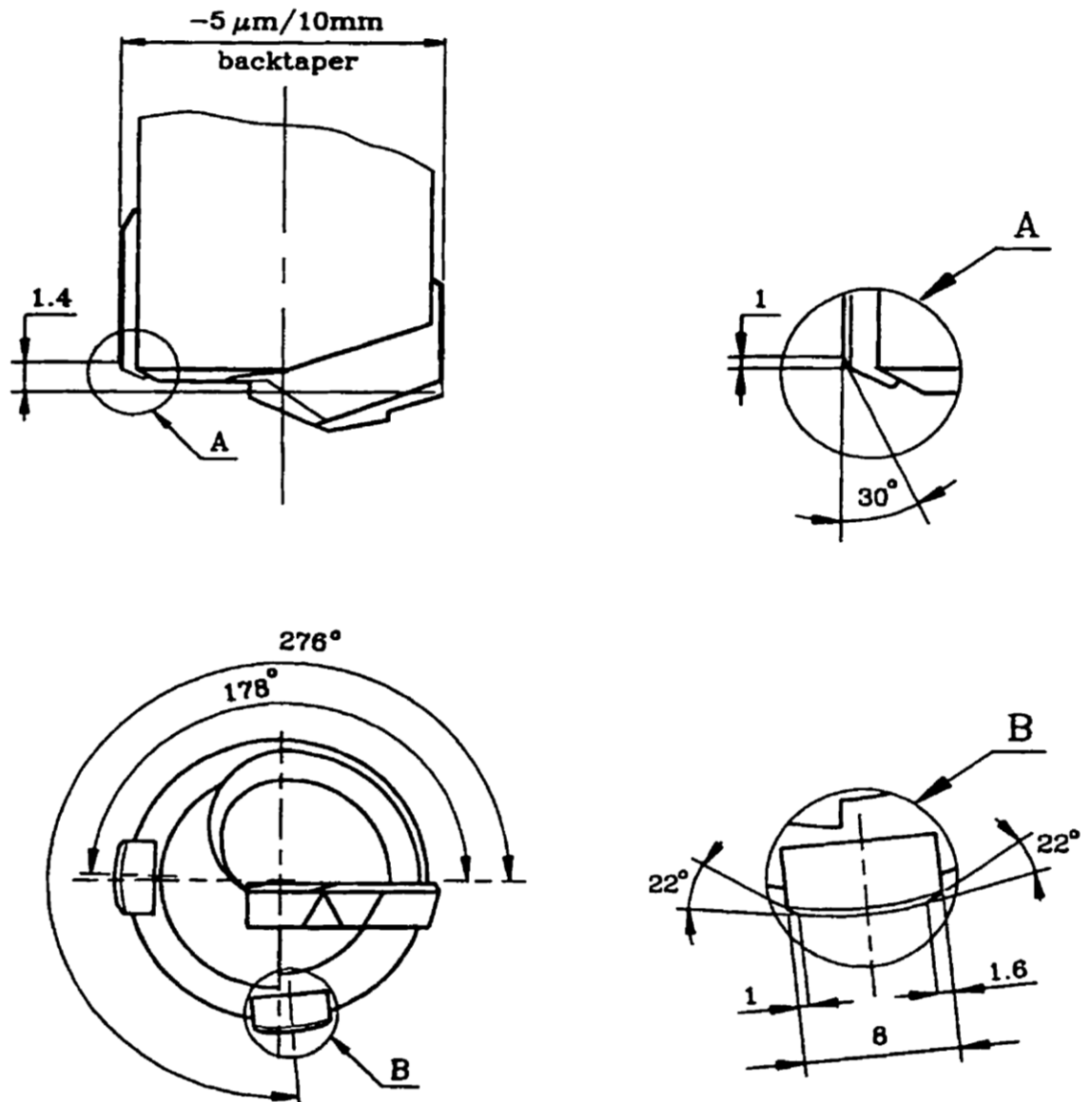


Fig. 1.4.b. BTA-Type Drill of Heller Design (Burnish Geometry)

Nevertheless, to prevent its failure, the inner edge has to be strengthened by introducing a negative rake angle. To obtain chips of a manageable size, chip separators are employed dividing a one-piece cutting edge into steps. The number of steps is two or three depending on the tool diameter. To facilitate forming of favorable C-shape chips, chip breakers have to be used together with a sufficiently high feed per revolution. The smaller the tool, the more significant the tool geometry becomes, because of the diminished space available for chip ejection.

The inner and the outer cutting angle intersect at the nose tip which is located about 1/4 of the drill diameter away from the margin. At the nose tip, the chips sheared by the two angles impinge on each other to help themselves break the compression produced as the two chips meet results in a heavy backbone especially if the included angle is not large enough.

The flank side is relieved twice to form a small primary clearance followed by a larger secondary clearance. The primary clearance serves to strengthen the cutting edge. The secondary clearance provides the access for the cutting fluid to lubricate and cool the cutting edge. High-pressures exerted on the Banks make the use of a cutting fluid with excellent lubricating properties imperative for drilling a ductile material. The flank geometry plays the major role in preventing heeling as a cause of premature tool wear and failure. For optimal tool performance, the angles and lengths have to be varied depending upon the material to be drilled.

The tool connects to the boring bar by means of a flat internal thread and two shoulders. The shoulders serve to assure centering of the tool with respect to the shank. The face of the smaller shoulder transmits the thrust force while the thread is to transmit the torque only. Once the drilling forces start acting on the tool, the connection becomes very rigid and the tool behaves as a solid extension to the boring bar.

## **1.5 Conclusion**

Deep hole processing is a time-consuming process, involving a large expenditure of resources and time. To reduce costs, four processing processes were developed: SP Drilling; Trepanning; SP Boring; SP Reaming. The most popular is SP Drilling, because it does not require a previously obtained hole, is more productive and simple of the methods. To obtain deep holes using this method, the following types of tools are used: gun drill, BTA drill and ejector drill. Due to the continuous removal of chips from the cutting zone, they all benefit from the drill, making the drilling process continuous. The BTA drill is the most promising tool due to its

high rigidity. The holes after processing with this tool have a low roughness and do not require subsequent processing.