

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

## **БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. АЛЬБОМ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области машиностроительного оборудования и технологий  
в качестве пособия для студентов специальностей  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2022

УДК 621.91.02(075.8)  
ББК 34.63-1я73  
П58

Одобрено и рекомендовано к изданию  
советом механико-технологического факультета (протокол № 10 от 30.06.2021 г.)

Кафедра технологии и оборудования машиностроительного производства

**АВТОРЫ:**

Н. Н. ПОПОК, В. А. ТЕРЕНТЬЕВ, Г. И. ГВОЗДЬ, С. А. ПОРТЯНКО

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

проф., канд. техн. наук, зав. каф. технологии и оборудования машиностроительного  
производства Витебского государственного технологического университета

В. И. ОЛЬШАНСКИЙ;

проф., д-р техн. наук, проф. каф. технологического оборудования

Белорусского национального технического университета

В. А. ДАНИЛОВ

**Блочно-модульные режущие инструменты. Альбом : учеб. пособие /**  
П58 Н. Н. Попок [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2022. – 176 с.

ISBN 978-985-531-785-3.

Рассмотрены общие положения и принципы проектирования блочно-модульных режущих инструментов, конструктивные схемы основных их типов, блоков резцовых, модулей закреплений, регулировки и настройки, система расточных режущих инструментов и технологические схемы сборки, приведены эскизы конструкций различных режущих инструментов, технологические маршруты изготовления деталей и узлов, экспериментальные и опытные образцы блочно-модульных режущих инструментов.

Предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов и специалистов в области машиностроения.

**УДК 621.91.02(075.8)**

**ББК 34.63-1я73**

**ISBN 978-985-531-785-3**

© Полоцкий государственный университет, 2022

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Формирование и развитие научного и образовательного направлений по механической обработке материалов в Полоцком государственном университете происходило в несколько этапов [1].

В 1975–1978 гг. (научный руководитель, доцент, к.т.н. Юрий Агафьевич Новоселов) были начаты исследования механической обработки поверхностей деталей вращающимися (ротационными) режущими инструментами. Новым для Республики Беларусь было исследование процесса фрезеточения, использующего преимущества фрезерования при точении. Координировал это научное направление академик НАН Беларуси Петр Иванович Ящерицин. По результатам исследований в 1983 г. Н.Н. Попок была защищена кандидатская диссертация «Исследование процесса ротационного резания принудительно вращающимися инструментами». Опубликовано более 50 статей и получено около 20 патентов, осуществлено внедрение разработок на заводах гг. Витебска (Беларусь), Ступино, Вязьмы (Россия) и др. при обработке труднообрабатываемых сталей и чугунов, титановых сплавов и углеграфитовых изделий.

В связи с перестройкой в промышленности с 1990 г. проводились исследования в области автоматизации подготовки производств на основе унификации конструктивных элементов деталей и режущих инструментов, а также процесса резания режущими инструментами с тонкопленочными покрытиями. По результатам исследований в 1997 г. была опубликована монография Н.Н. Попок «Комплексное моделирование и оптимизация обработки материалов в гибком автоматизированном производстве».

В 1998 г. сформулирована концепция в области мобильной реорганизации и развития машиностроительного многономенклатурного производства. Практическая реализация концепции осуществлялась в разработках блочно-модульных режущих инструментов и ионно-лучевой обработки материалов. Был организован коллектив исследователей и инженеров, активно и эффективно работающих в этих направлениях, создан ряд опытных производств. По результатам исследований в 2002 г. Попок Н.Н. была защищена докторская диссертация на тему «Теоретические и технологические основы мобильного многономенклатурного производства с интенсификацией механической обработки поверхностей деталей типа тел вращения». Опубликовано: в 2001 г. монография «Мобильная реорганизация машиностроительного производства», в 2014 г. монография «Конструирование и оснащение технологических комплексов», около 200 статей, и получено более 10 патентов на изобретения.

В 2010 г. Н.В. Беляковым защищена кандидатская диссертация на тему «Методы принятия технологических решений при автоматизированном проектировании процессов механической обработки заготовок корпусных деталей», в 2018 г. Р.С. Хмельницким – кандидатская диссертация на тему «Технология скоростной обработки неполных сферических поверхностей деталей машин вращающимся лезвийным инструментом». В период с 2000 г. по 2020 гг. защищено порядка 30 магистерских диссертаций по конструированию блочно-модульных режущих инструментов, нанесению износостойких покрытий ионно-плазменным методом, 3D-макетированию с использованием аддитивных технологий и исследованию процесса резания при различных видах обработки. Одновременно совершенствовался образовательный процесс.

В развитие специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» I ступени образования были открыты такие специальности, как «Технология машиностроения», «Технология и оборудование машиностроительного производства», «Технология и оборудование высокоэффективных процессов обработки материалов», «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения», «Производство изделий на основе трехмерных технологий», «Оборудование и технология сварочного производства»,

«Техническая эксплуатация автомобилей», «Автосервис». Осуществляется подготовка магистров II ступени образования по специальностям «Машиностроение и машиноведение», «Обработка конструкционных материалов в машиностроении», «Инновационные технологии в машиностроении», функционирует аспирантура по специальностям «Технология машиностроения», «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки», «Материаловедение (Машиностроение)».

В 2019 г. переиздано учебное пособие с грифом Министерства образования Республики Беларусь «Теория резания» (автор Н.Н. Попок). В 2020 г. издано учебное пособие с грифом Министерства образования Республики Беларусь «Основы технологии машиностроения» (авторы Н.Н. Попок, В.И. Абрамов). В 2021 г. – учебно-методическое пособие с грифом УМО по образованию в области машиностроительного оборудования и технологий «Теория резания: практикум» (авторы Н.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий, Г.И. Гвоздь) и «Основы технологии машиностроения: практикум» (авторы Н.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий, Е.В. Бритик), а также учебно-методическое пособие с грифом УМО высших учебных заведений по химико-технологическому оборудованию в области химических технологий «Технология производства машиностроительных изделий на основе послойного синтеза с использованием 3D-принтера: практикум» (авторы Н.Н. Попок, С.А. Портянко).

В предлагаемом альбоме представлены обобщенные результаты многолетнего опыта работы авторов в области конструирования и исследования сборных режущих инструментов и применения их при обработке резанием поверхностей деталей. Альбом представляет интерес и может быть полезен студентам, магистрантам, аспирантам и специалистам, занимающимся субтрактивными и аддитивными технологиями.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с диверсификацией производства машиностроительные предприятия постоянно расширяют номенклатуру продукции, что, в свою очередь, требует применения быстроперенастраиваемых многоцелевых станков с ЧПУ и технологической оснастки, в частности режущих инструментов. Опыт ведущих инструментальных фирм, таких как Sandvik Coromant (Швеция), Iscar (Израиль), Hertel (Германия), Kennametal (США), Seko и Mitsubishi (Япония), TaeguTec (Корея) и др. показывает, что наиболее эффективно применение модульной технологической оснастки, которая за счет сокращения времени на переналадку и смену инструмента на станке, обслуживание и настройку инструмента вне станка обеспечивает увеличение производительности на 25%. При этом используются емкие инструментальные магазины станков, разнообразные типы режущих инструментов, имеющих различные присоединительные размеры модулей и отличающихся стойкостью режущих лезвий, что затрудняет выбор (проектирование) различных конструкций режущих инструментов для конкретных технологий, исключает одновременную смену всех режущих инструментов в магазине и увеличивает простой станка.

Выполненные исследования ведущими учеными И.А. Ординарцевым, В.А. Гречишниковым, О.В. Таратыновым, В.И. Аверченковым, О.И. Аверьяновым, В.И. Баранчиковым, Г.В. Филипповым, Г.Г. Иноземцевым, Г.А. Хаеом, Е.Э. Фельдштейном, М.И. Михайловым и др. и изданные учебники и учебные пособия в области инструментального обеспечения машиностроительных производств развивают теоретические подходы к проектированию режущих инструментов, созданию новых конструкций повышенной надежности и точности [2–7]. Однако в современных условиях развития машиностроения требуется дальнейшая систематизация сборных режущих инструментов модульных конструкций, сокращение типоразмеров режущих инструментов на основе унификации входящих в их конструкции модулей, обеспечение сопоставимой надежности и точности различных типов режущих инструментов в инструментальном магазине станка с ЧПУ.

Поэтому предлагаемый в данном учебном пособии научно-методический подход к разработке и проектированию системы (гаммы) модульных режущих инструментов на основе унифицированного блока резцового, позволяющий сократить время на конструкторскую и технологическую подготовку производства и повысить производительность обработки на одном рабочем месте, является актуальным.

# 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Развитие современных инструментальных систем осуществляется в направлении разработки сборных конструкций, включающих быстросменные модули, картриджи, вставки, блоки [2; 3; 4]. Это обеспечивает увеличение производительности обработки и снижение затрат производства.

В учреждении образования «Полоцкий государственный университет» разработана гамма блочно-модульных режущих инструментов, включающая токарные проходные, подрезные и расточные резцы, торцовые, концевые и дисковые фрезы, расточные головки, микробо­ры и патроны. На рисунке 1.1 представлены возможные схемы обработки конструктивных элементов и поверхностей деталей блочно-модульным режущим инструментом (БМРИ).

Блоки резовые позволяют обточить и подрезать торцы у цилиндрических деталей (рисунок 1.1, а), расточить отверстие (рисунок 1.1, б), зенкеровать как цилиндрические, так и плоские поверхности отверстия (рисунок 1.1, в), фрезеровать плоские (рисунок 1.1, г), пазовые (рисунок 1.1, д), сферические выпуклые (рисунок 1.1, е) и вогнутые (рисунок 1.1, ж) поверхности, нарезать зубья (рисунок 1.1, з), растачивать на точный размер диаметр отверстия «микробо­рами» (рисунок 1.1, и), расточными головками (рисунок 1.1, к), «программируемым» инструментом со встроенным механизмом перемещения лезвия (рисунок 1.1, л), расточными патронами (рисунок 1.1, м). В основе всех конструкций БМРИ лежит регулируемый резцовый блок (рисунок 1.1, н) с надежным закреплением пластины режущей (ПР). Инструмент совершает главное движение резания  $D_2$  и движения подачи  $D_3$ , а также установочное движение  $D_1$ .

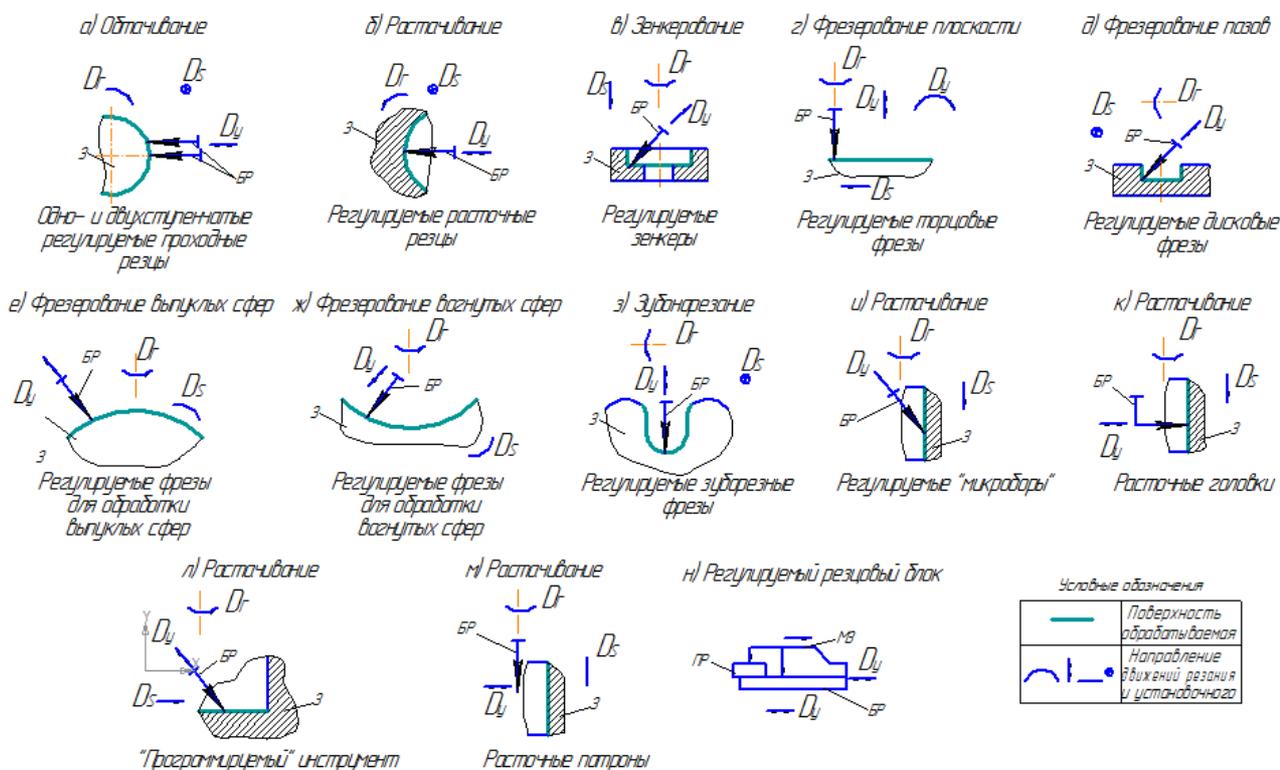


Рисунок 1.1. – Схемы видов обработки блочно-модульными режущими инструментами

В основе разработанной гаммы БМРИ находятся следующие положения [5; 6]:

1. Конструктивная схема инструмента строится по блочно-модульному принципу. Согласно этому принципу инструмент состоит из блоков и модулей – конструктивно и функционально законченных единиц. Ограниченная номенклатура блоков должна обеспечивать множество компоновочных схем инструмента одного типа. Присоединительные элементы блоков и модулей выполняются унифицированными.

2. Инструментальные блоки и модули должны обеспечить возможность построения конструктивных схем различных типов инструментов, т.е. обладать достаточной для этого степенью универсальности.

3. Блоки и модули инструментов должны быть конструктивно просты и технологичны в изготовлении.

4. Конструктивная схема инструмента должна предоставлять возможность быстрой перенастройка с целью изменения схемы резания, т.е. обладать необходимой степенью гибкости.

5. Блочно-модульная конструкция инструмента должна обеспечивать снижение затрат на изготовление и эксплуатацию при различных типах производства по сравнению с традиционным инструментом, т.е. обладать необходимой степенью мобильности.

Таким образом, основными принципами разработки конструкции блочно-модульных режущих инструментов являются модульность, унифицируемость, универсальность, гибкость, технологичность и мобильность.

Формирование БМРИ включает (рисунок 1.2):

- выбор типа пластины режущей исходя из обрабатываемого материала, конфигурации конструктивного элемента и поверхности детали;
- выбор блока резцового с механизмом зажима пластины режущей;
- выбор модуля корпусного исходя из выбранной схемы обработки (см. рисунок 1.1);
- выбор БМРИ с механизмом зажима блока резцового и согласованного с посадочными элементами станочного приспособления.

Формирование БМРИ может быть представлено в виде графа, включающего следующие основные модели.

Конструктивная модель детали:

$$D_i = \{K(KЭ_i^n), КП(KЭ_i^n), СКП(KЭ_i^n), C(KЭ_i^n) | i^n = 1, \dots, I^n; n = 1, \dots, N\}$$

где  $D_i$  – рассматриваемая  $i$ -ая деталь;

$K(KЭ_i^n)$  – код конструктивного элемента;

$КП(KЭ_i^n)$  – комплект параметров  $KЭ_i^n$ ;

$СКП(KЭ_i^n)$  – структура комплектов параметров  $KЭ_i^n$ ;

$C(KЭ_i^n)$  – структура связи  $KЭ_i^n$ ;

$KЭ_i^n$  –  $i$ -й конструктивный элемент, принадлежащий уровню  $n$ ;

$N$  – количество уровней.

Модель обработки резанием:

$$OP = \{K(OP_i^n), КП(OP_i^n), СКП(OP_i^n), C(OP_i^n) | i^n = 1, \dots, I^n; n = 1, \dots, N\}$$

где  $K(OP_i^n)$  – код обработки резанием;

$КП(OP_i^n)$  – комплект параметров обработки резанием;

$СКП(OP_i^n)$  – структура комплектов параметров обработки резанием;

$C(OP_i^n)$  – структура связи объектов и параметров обработки резанием.

Модель режущего инструмента:

$$PI = \{K(PI_i^n), КП(PI_i^n), СКП(PI_i^n), C(PI_i^n) | i^n = 1 \dots, I^n; n = 1 \dots, N\},$$

где  $K(PI_i^n)$  – код режущего инструмента;

$КП(PI_i^n)$  – комплект параметров режущего инструмента;

$СКП(PI_i^n)$  – структура комплектов параметров режущего инструмента;

$C(PI_i^n)$  – структура связи параметров режущего инструмента.

Модель металлорежущего станка:

$$MPC = \{K(MPC_i^n), КП(MPC_i^n), СКП(MPC_i^n), C(MPC_i^n) | i^n = 1 \dots, I^n; n = 1 \dots, N\},$$

где  $K(MPC_i^n)$  – код металлорежущего станка;

$КП(MPC_i^n)$  – комплект параметров металлорежущего станка;

$СКП(MPC_i^n)$  – структура комплектов параметров металлорежущего станка;

$C(MPC_i^n)$  – структура связи параметров металлорежущего станка.

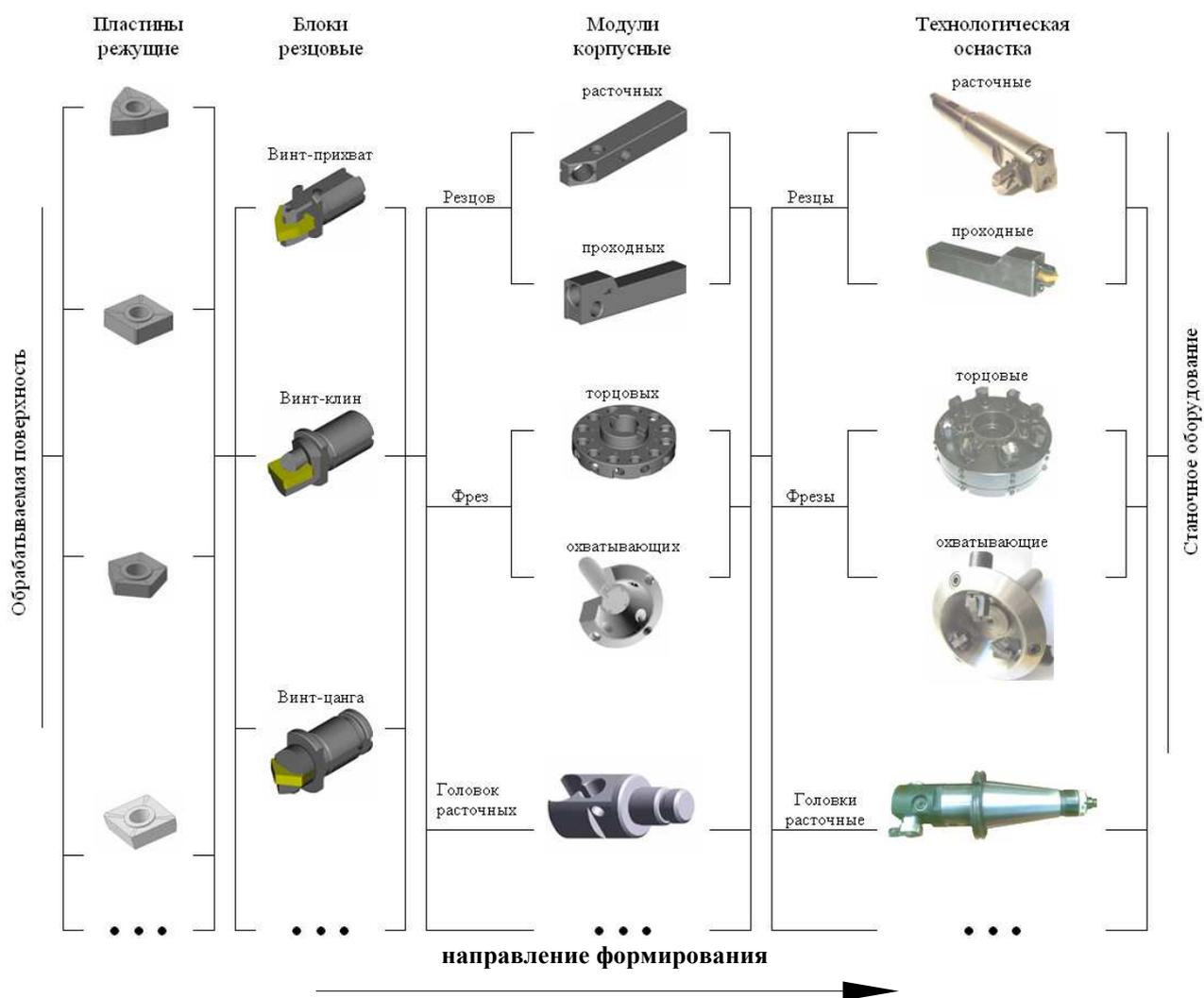


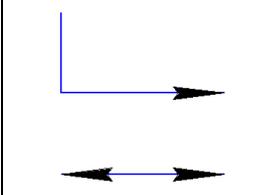
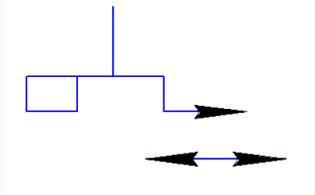
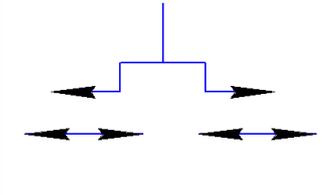
Рисунок 1.2– Схема формирования блочно-модульного режущего инструмента

Отбор наилучших вариантов по критериям применяемости и организационной устойчивости осуществляется путем постепенного накопления базы данных по элементам технологической системы, статистической их обработки и унификации.

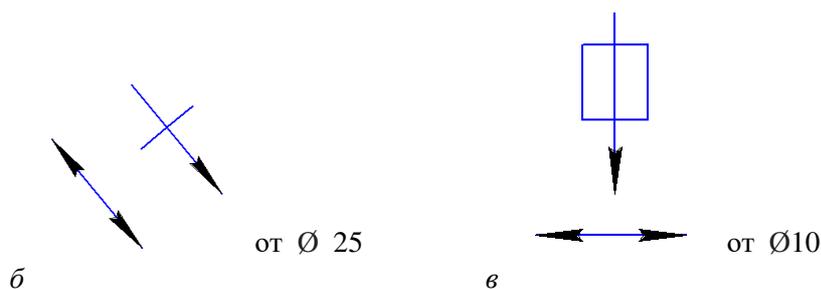
Предлагается система блочно-модульных расточных режущих инструментов (БМРРИ) с микрометрической настройкой лезвий для растачивания, прорезания канавок, подрезания торцов в диапазоне диаметров отверстий от 10 до 360 мм.

Система включает:

- расточные головки для обработки отверстий диаметром 63–360 мм (рисунок 1.3, *а*);
- резцовые блоки (микроборы) для отверстий диаметром от 25 до 100 мм (рисунок 1.3, *б*);
- расточные патроны со вставными блоками для обработки отверстий от 10 до 63 мм (рисунок 1.3, *в*).

от Ø63	до Ø180	до Ø180–360	Примечание
			 направление микрометрического регулирования с точностью 0,005 мм

*а*



*б*

*в*

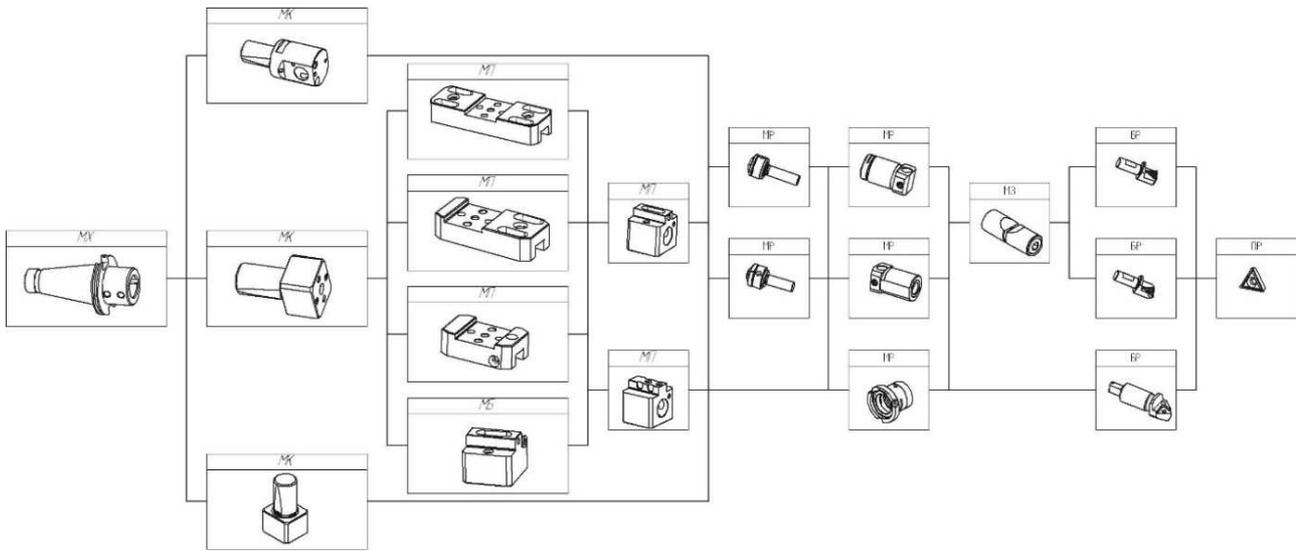
**Рисунок 1.3. – Схемы и диапазоны регулирования блочно-модульных расточных режущих инструментов**

В состав БМРРИ входят (рисунок 1.4):

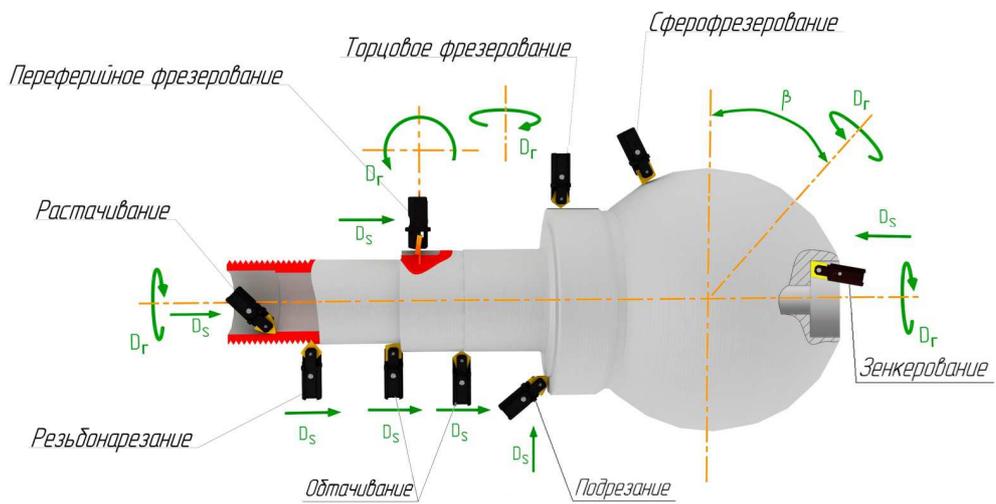
- модуль хвостовой МХ;
- модуль корпусной МК;
- модуль зажимной МЗ;
- модуль балансировочный МБ;
- модуль регулировочный МР;
- модуль переходной МП;
- блок резцовый БР;
- пластина режущая ПР.

Многофункциональность предлагаемой технологической оснастки иллюстрируется рисунком 1.5, на котором представлены виды обработки различных поверхностей комплексных деталей.

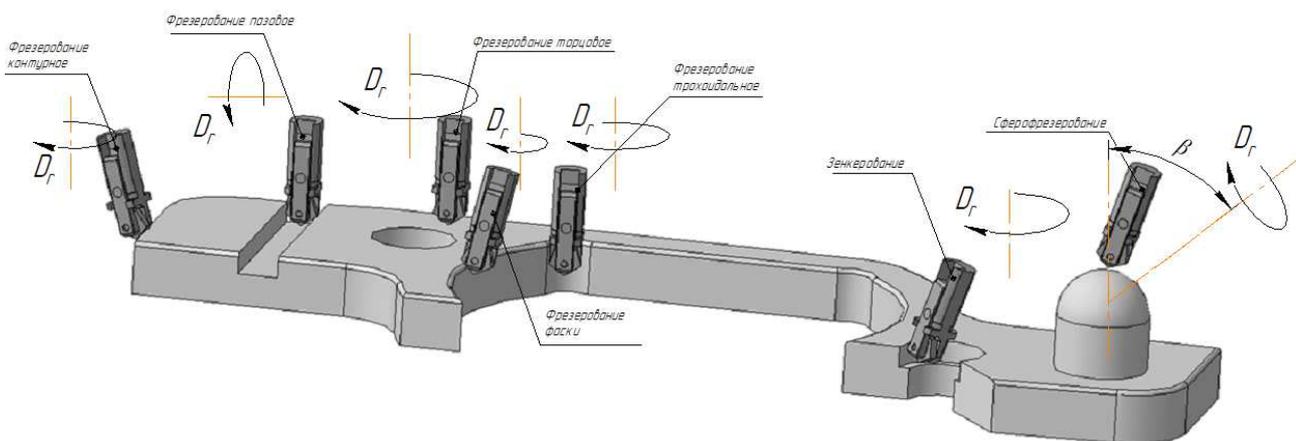
В зависимости от расположения унифицированного блока резцового в модуле корпусном БМРИ и сообщаемых движениях заготовке и инструменту реализуется та или иная схема резания и обеспечивается обработка заданного конструктивного элемента и поверхности детали. БМРИ может быть установлен с помощью присоединительного модуля в инструментальные магазины токарного (рисунок 1.5, *а*) и фрезерного (рисунок 1.5, *б*) станков с ЧПУ.



**Рисунок 1.4. – Система блочно-модульных расточных режущих инструментов**



*a*



*b*

**Рисунок 1.5. – Схемы обработки различных поверхностей деталей с использованием многофункциональной технологической оснастки на токарном (а) и фрезерном (б) станках с ЧПУ**

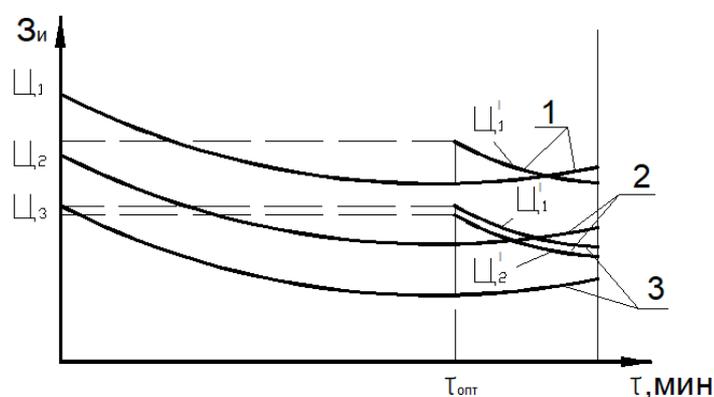
Отличительными особенностями БМРИ и БМРРИ являются [7–12]:

- использование унифицированных составных модулей, в частности резцового блока с надежным креплением режущей пластины механизмом зажима, близким по конструкции к типу D по ИСО;
- применение стандартных режущих пластин различных типов с возможностью регулировки (установки) резцовых блоков, в т.ч. микрометрической в расточных головках;
- широкий диапазон размеров фрезеруемых поверхностей и растачиваемых отверстий (диаметр отверстий от 10 до 360 мм).

Использование в разных типах режущих инструментов одного и того же взаимозаменяемого резцового блока обеспечивает экономию финансовых средств как на этапе серийного изготовления режущих инструментов, так и на этапе эксплуатации.

Экономичность режущего инструмента, построенного на основе модульных конструкций, достигается за счет следующих основных составляющих. Во-первых, при отказе модульного инструмента в период эксплуатации производится замена только резцового блока, а не всего инструмента. Резцовый блок дешевле цельного, составного и стандартного сборного инструмента. Во-вторых, более дорогой модульный инструмент при отказе резцового блока, его замене и повторного введения в эксплуатацию становится дешевле вновь применяемых стандартных сборных инструментов. В-третьих, межтиповая унификация резцовых блоков при широкой номенклатуре режущих инструментов (резцов, сверл, фрез, расточных и зуборезных головок и т.д.) позволяет ограничить количество корпусных модулей и сократить затраты на них. В-четвертых, повторное (после реновации) использование модульного инструмента при производстве изделий снижает себестоимость последних в пределах 5%, что также повышает экономичность инструмента.

Типовой график, отражающий результаты анализа применения БМРИ, приводится на рисунке 1.6.



1 – модульный зарубежный; 2 – БМРИ; 3 – стандартный сборный;  
 $C_1, C_2, C_3$  – цена инструмента 1, 2, 3;  $C_1', C_2', C_3'$  – цена заменяемого модуля (инструмента)

**Рисунок 1.6. – Зависимость затрат на инструмент  $Z_{и}$  в стоимости механообработки от времени эксплуатации  $\tau$  режущего инструмента**

Как видно из графика, при относительно высокой начальной цене блочно-модульного режущего инструмента повторное его введение в производство после отказа резцового блока и его замене приводит к снижению цены в пределах 30%.

Таким образом, разработанные основные положения и принципы проектирования систем БМРИ и БМРРИ на основе унифицированного резцового блока обеспечивают обработку разнообразных конструктивных элементов и поверхностей деталей значительную экономию финансовых затрат как при изготовлении, так и при эксплуатации режущих инструментов.

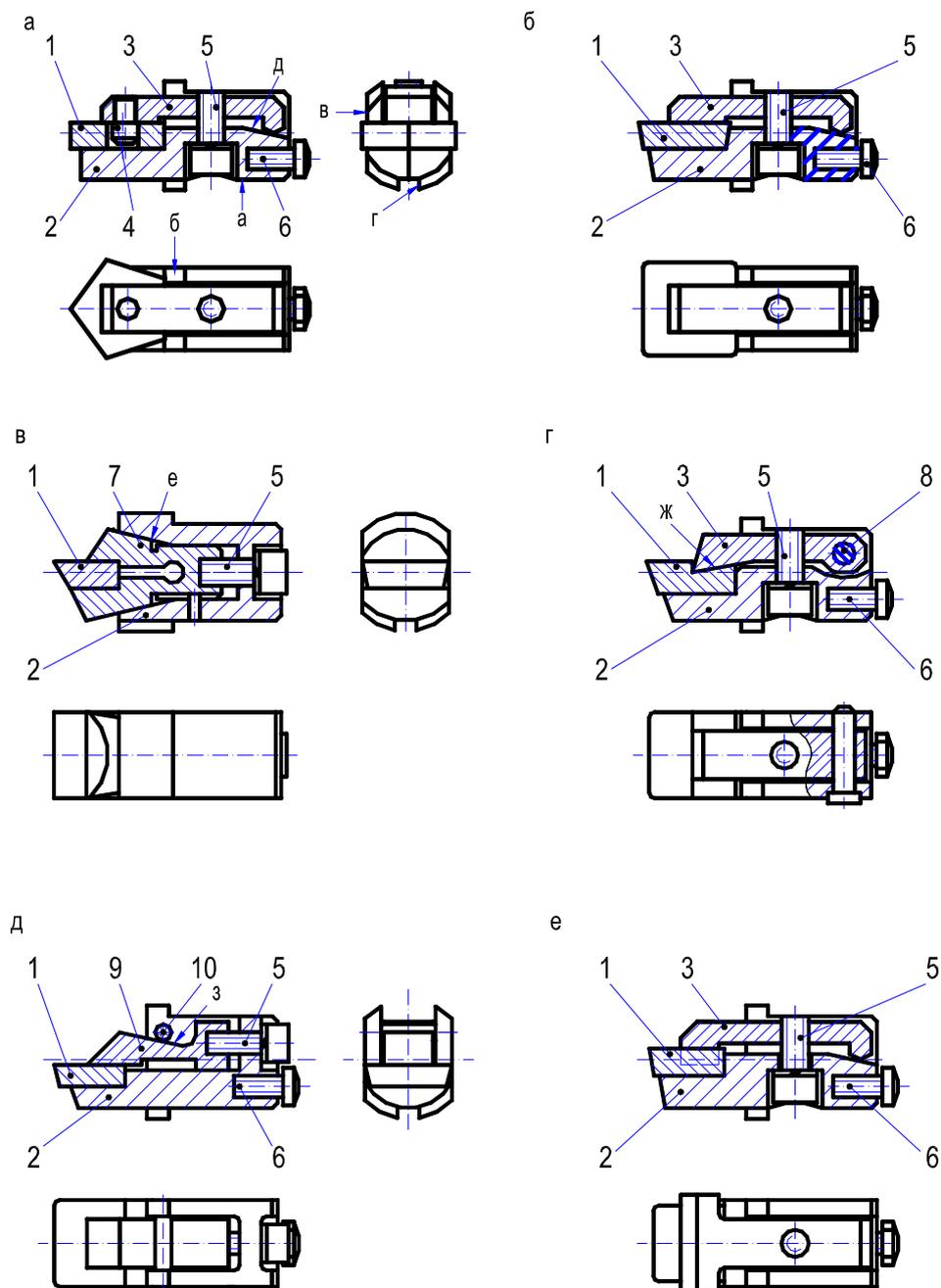
## Контрольные вопросы

1. Что такое блочно-модульный режущий инструмент?
2. Опишите возможные схемы обработки конструктивных элементов и поверхностей деталей блочно-модульным режущим инструментом.
3. Какие основные принципы учитываются при конструировании блочно-модульных режущих инструментов?
4. Что такое инструментальные системы?
5. Что такое модуль?
6. Что такое унификация и почему данный принцип конструирования учитывается при конструировании БМРИ?
7. Какие элементы включает в себя комплект параметров обработки резанием?
8. Какие элементы включает в себя комплект параметров режущего инструмента?
9. Опишите последовательность формирования БМРИ.
10. Что такое комплексная деталь?
11. За счет какого технического решения достигается экономическая эффективность БМРИ по сравнению с другим сборным режущим инструментом?
12. Постройте график изменения себестоимости БМРИ и сборного режущего инструмента от времени обработки.

## 2 КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

### 2.1 Блоки резцовые

В блоке на рисунке 2.1, *а* режущая пятигранная пластина 1 с отверстием устанавливается в сквозном пазу корпуса 2 [7; 8]. Зажим пластины по ее передней поверхности осуществляется прихватом 3 посредством винта 5. Одновременно штифтом 4, запрессованным в отверстие прихвата 3, пластина базируется и поджимается по цилиндрической поверхности ее отверстия. Для обеспечения смещения прихвата и поджима пластины к базирующим поверхностям паза корпуса в последнем выполнен скос *Д*. Блок резцовый, для точной установки его вылета в корпусе инструмента, снабжается регулирующим элементом – винтом 6.



*а, б, е* – с «тянущим» прихватом; *в, д* – с цанговым и полуцанговым зажимом пластины; *з* – с прихватом

Рисунок 2.1. – Конструктивные схемы резцовых блоков

В резцовом блоке (см. рисунок 2.1, б) используется четырехгранная режущая пластина 1 без отверстия. Аналогично предыдущей конструкции зажим пластины осуществляется по ее передней поверхности при помощи прихвата 3 посредством винта 5. Пластина базируется в сквозном пазу корпуса 2. Такая конструкция может быть использована для относительно небольших силовых нагрузок. Регулировка резцового блока на размер осуществляется винтом 6.

Конструкция блока на рисунке 2.1, в содержит цанговый (клиновой) зажим. Режущая пластина 1 устанавливается в пазу цанги 7. Цанга базируется в конусном отверстии е корпуса 2. Смещение цанги 7 с одновременным зажимом пластины осуществляется посредством винта 5. Такая схема зажима твердосплавной пластины без отверстия более надежна и выдерживает большие силовые нагрузки по сравнению с конструкцией на рисунке 1, б.

На рисунке 2.1, г представлена конструкция резцового блока, в которой используются пластины 1 с выемкой Ж на ее передней поверхности. Зажим пластины в данной конструкции осуществляется прижимом 3 по поверхности «выемки». Прижим 3 выполнен «качающимся» на оси (штифте) 8, закрепленной в корпусе 2 блока. Перемещение (поворот) прижима осуществляется посредством винта 5.

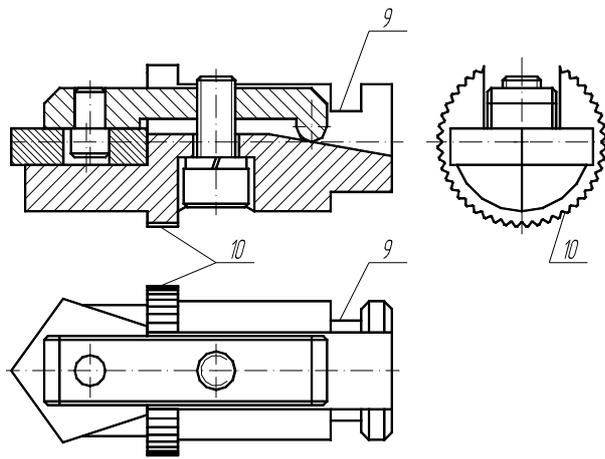
В блоке (см. рисунок 2.1, д) крепление пластины 1 в сквозном пазу корпуса 2 осуществляется поступательно перемещающимся пружинным зажимом 9 типа полуцанги (клина). Зажим перемещается в пазу корпуса посредством винта 5. При своем горизонтальном перемещении зажим наклонной плоскостью 3 контактирует с цилиндрической поверхностью штифта 10, запрессованного в корпусе 2. В результате этого контакта возникает вертикальная составляющая силы, развиваемой винтом, которая приводит к вертикальному смещению консольной части зажима и закреплению режущей пластины.

Конструкция резцового блока на рисунке 2.1, е аналогична конструкции блока на рисунке 2.1, б. Однако в отличие от последнего для повышения точности базирования и надежности крепления пластины 1 на прихвате 3 выполнен паз, охватывающий боковые поверхности пластины. Такой паз препятствует смещению пластины в направлении, перпендикулярном продольной оси блока. Смещение прихвата при креплении пластины осуществляется посредством винта 5.

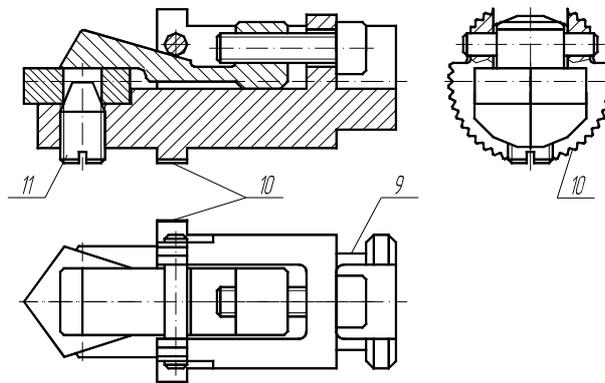
Отличительными признаками резцовых блоков на рисунке 2.2 являются выполнение корпуса резцового блока с «проточкой» 9 для байонетного закрепления блока в корпусе режущего инструмента, выполнение рифлений на «пояске» 10 корпуса резцового блока (рисунок 2.2, а) для обеспечения его поворота на угол наклона режущей кромки  $\lambda$  и введении в конструкции (рисунки 2.2, б и в) винта 11 с конической направляющей для центрирования и поджима пластины режущей к боковой поверхности паза корпуса.

На рисунке 2.3 представлены резцовые блоки с закреплением режущих пластин различных форм прихватом. Пластины режущие «негатив» 1 установлены в корпусе резцового блока 2 с положительным значением заднего угла  $\alpha$  (рисунок 2.3, а). Предусмотрена регулировка установки блока по длине «вылета» за счет винта 3 в торце корпуса и шпоночного паза 4 на боковой поверхности корпуса, а также его поворота на угол наклона режущей кромки за счет рифлений на установочном «пояске» 5 корпуса. Блоки отличаются различным исполнением боковой направляющей поверхности паза под пластину, обеспечивающей изменение угла в плане и исполнение резцового блока право- (рисунки 2.3, а–в) и лево- (рисунок 2.3, г) режущим.

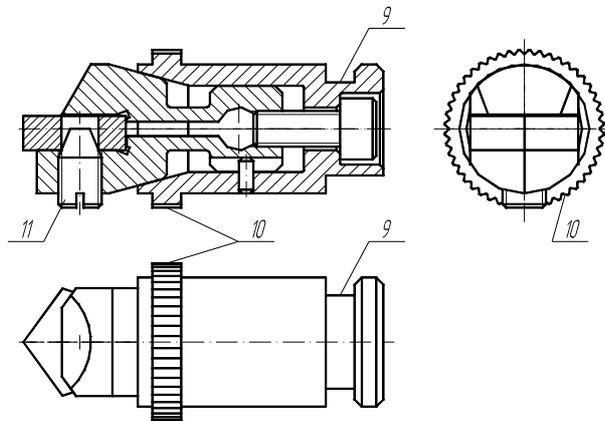
Для примера на рисунке 2.4 представлен резцовый блок с установкой сменной четырехгранной режущей пластины 8 с отверстием и направляющей базой 4,5, выполненной в виде плоскости под углом, не равным  $90^\circ$ . Выполнение направляющей базы в виде плоскости под углом, не равным  $90^\circ$  относительно продольной оси режущего инструмента, обусловлено формой пластины и обеспечением требуемых углов в плане режущего лезвия инструмента. При этом установочная база выполнена в виде плоскости, перпендикулярной плоскости направляющей базы и не параллельной продольной оси режущего инструмента.



*a*

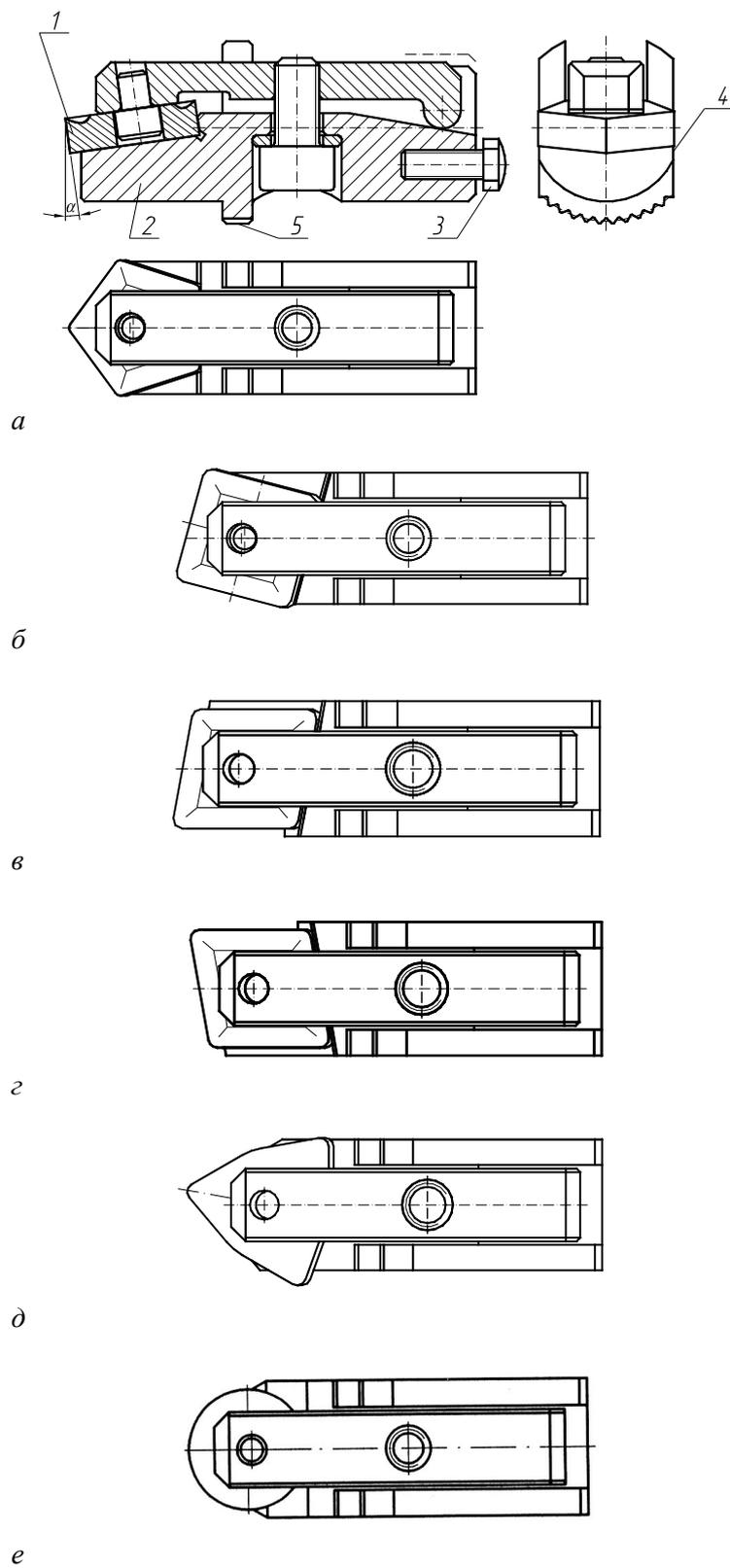


*б*



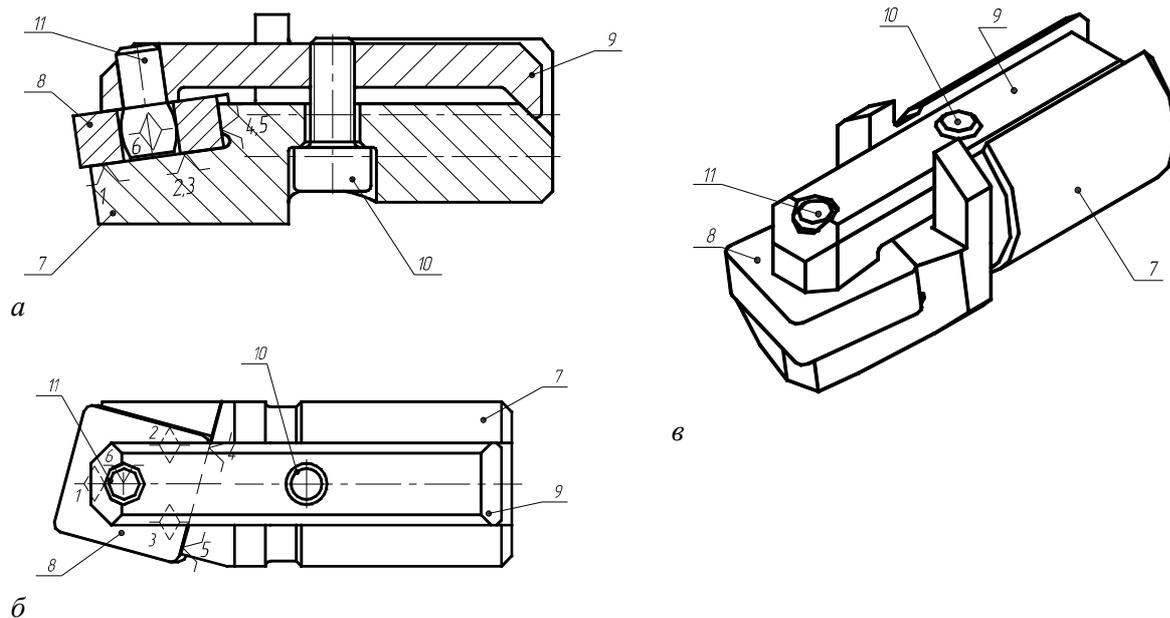
*в*

**Рисунок 2.2. – Конструктивные схемы резцовых блоков с креплением режущей пластины прихватом (*a*), полуцангой (*б*) и цангой (*в*)**



1 – пластина режущая; 2 – блок резовый; 3 – винт регулировочный; 4 – бурт упорный;  
 5 – сектор зубчатый; 6 – прихват; 7 – штифт установочный; 8 – винт зажимной

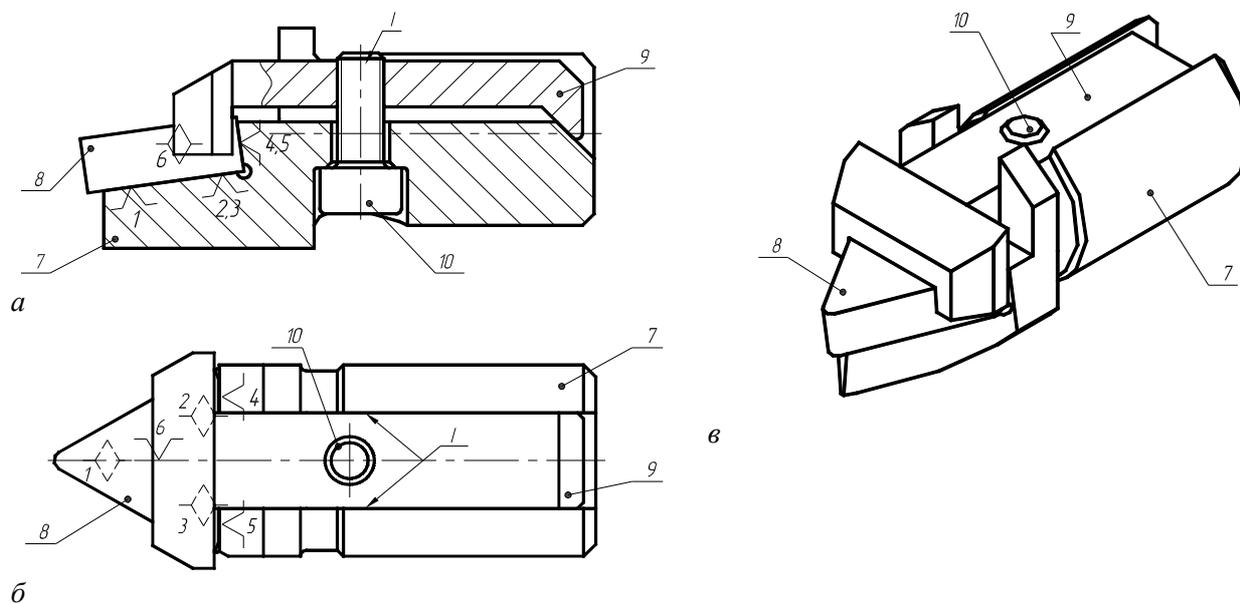
**Рисунок 2.3. – Конструктивные схемы резовых блоков с пятигранной (а), четырехгранной (б), ромбической (в, г), трехгранной (д) и круглой (е) режущими пластинами**



*a* – главный вид; *б* – вид сверху; *с* – 3D-модель;  
 1–3 – установочная база; 4, 5 – направляющая база; 6 – опорная база;  
 7 – корпус режущего инструмента; 8 – сменная режущая пластина; 9 – прихват;  
 10 – винт; 11 – штифт

**Рисунок 2.4. – Резцовый блок с четырехгранной режущей пластиной с отверстием**

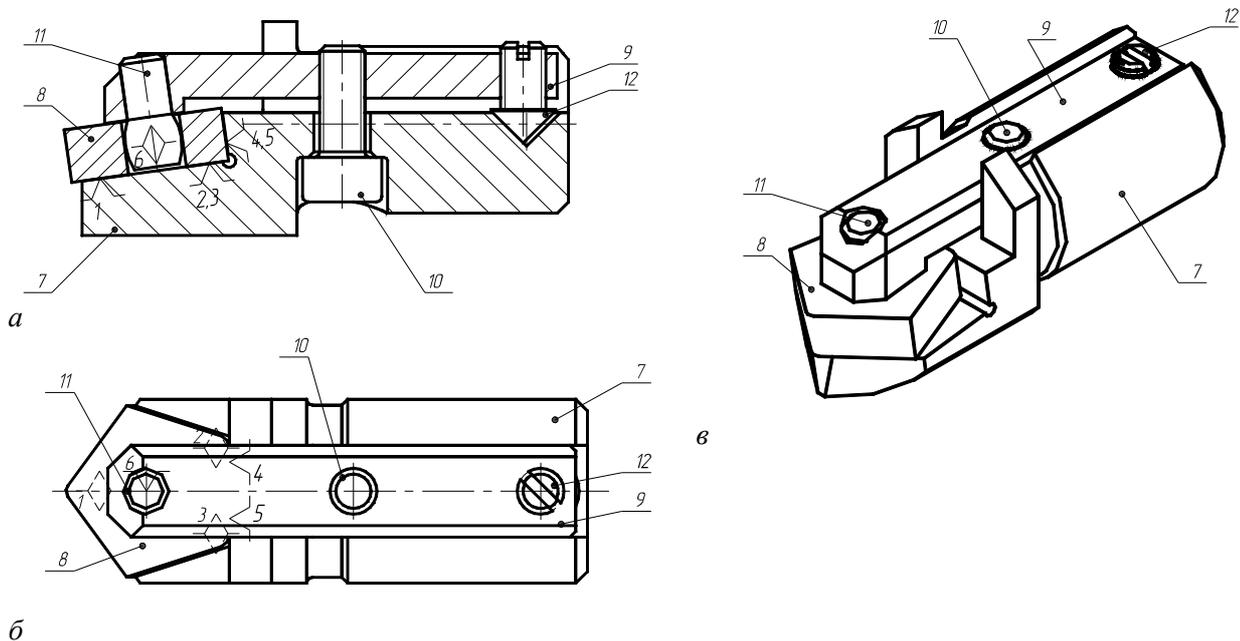
На рисунке 2.5 представлен резцовый блок с трехгранной режущей пластиной 3 без отверстия, закрепляемой «охватывающим» прихватом 9.



*a* – главный вид; *б* – вид сверху; *в* – 3D-модель;  
 1–3 – установочная база; 4, 5 – направляющая база; 6 – опорная база;  
 7 – корпус режущего инструмента; 8 – сменная режущая пластина; 9 – прихват;  
 10 – винт; 11 – штифт

**Рисунок 2.5. – Резцовый блок с трехгранной режущей пластиной**

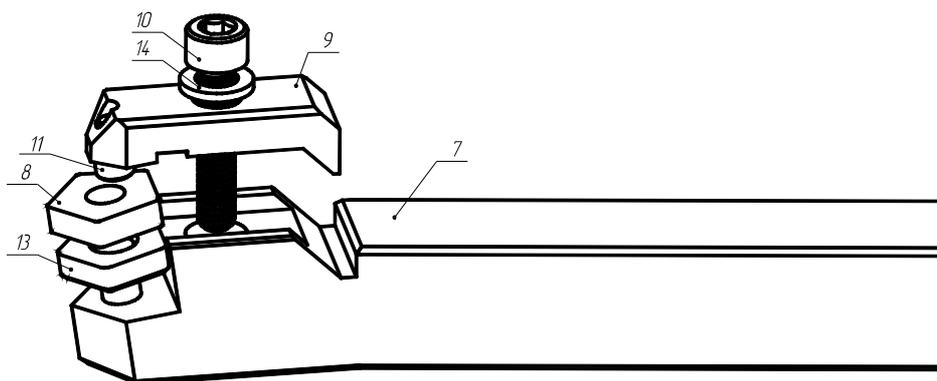
На рисунке 2.6 представлен резцовый блок с элементом для обеспечения перемещения прихвата в виде конического отверстия на конце продольного сквозного паза корпуса и контактирующего с ним регулируемой конической опоры 12, установленной в прихват 9.



**а** – главный вид; **б** – вид сверху; **в** – 3D-модель;  
 1–3 – установочная база; 4, 5 – направляющая база; 6 – опорная база;  
 7 – корпус режущего инструмента; 8 – сменная режущая пластина; 9 – прихват;  
 10 – винт; 11 – штифт; 12 – опора коническая

**Рисунок 2.6 – Резцовый блок с пятигранной режущей пластиной**

На рисунке 2.7 представлен режущий инструмента с установкой сменной режущей пластины пятигранной формы 8 с отверстием на опорную пластину 13 и с завинчиванием винта 10 в корпус режущего инструмента 7.

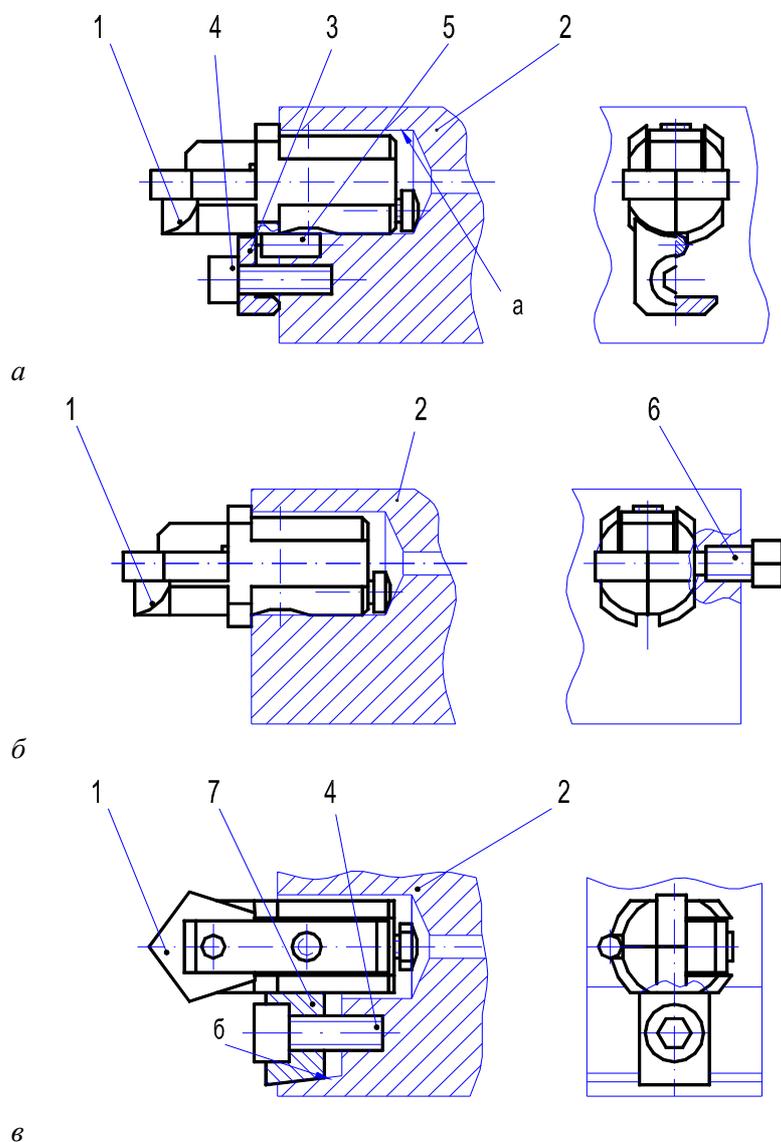


**Рисунок 2.7 – Режущий инструмент со сменной режущей пластиной**

## 2.2 Установка и закрепление блоков резцовых

Для повышения универсальности инструмента разработано несколько вариантов установки и крепления резцовых блоков в корпусном модуле. На рисунке 2.8 для примера представлено три варианта крепления. В конструкции (рисунок 2.8, *а*) резцовый блок 1 бази-

руется цилиндрической посадочной поверхностью в отверстии *a* корпусного модуля 2. Крепление блока осуществляется прижимной планкой 3 посредством винта 4. При этом прижимная поверхность планки контактирует с торцевой поверхностью цилиндрического пояса блока. Для угловой ориентации и фиксации блока в корпусном модуле может устанавливаться цилиндрический штифт 5, контактирующий с поверхностями паза в пояске блока.



*a* – прихватом; *б* – винтом; *в* – клином

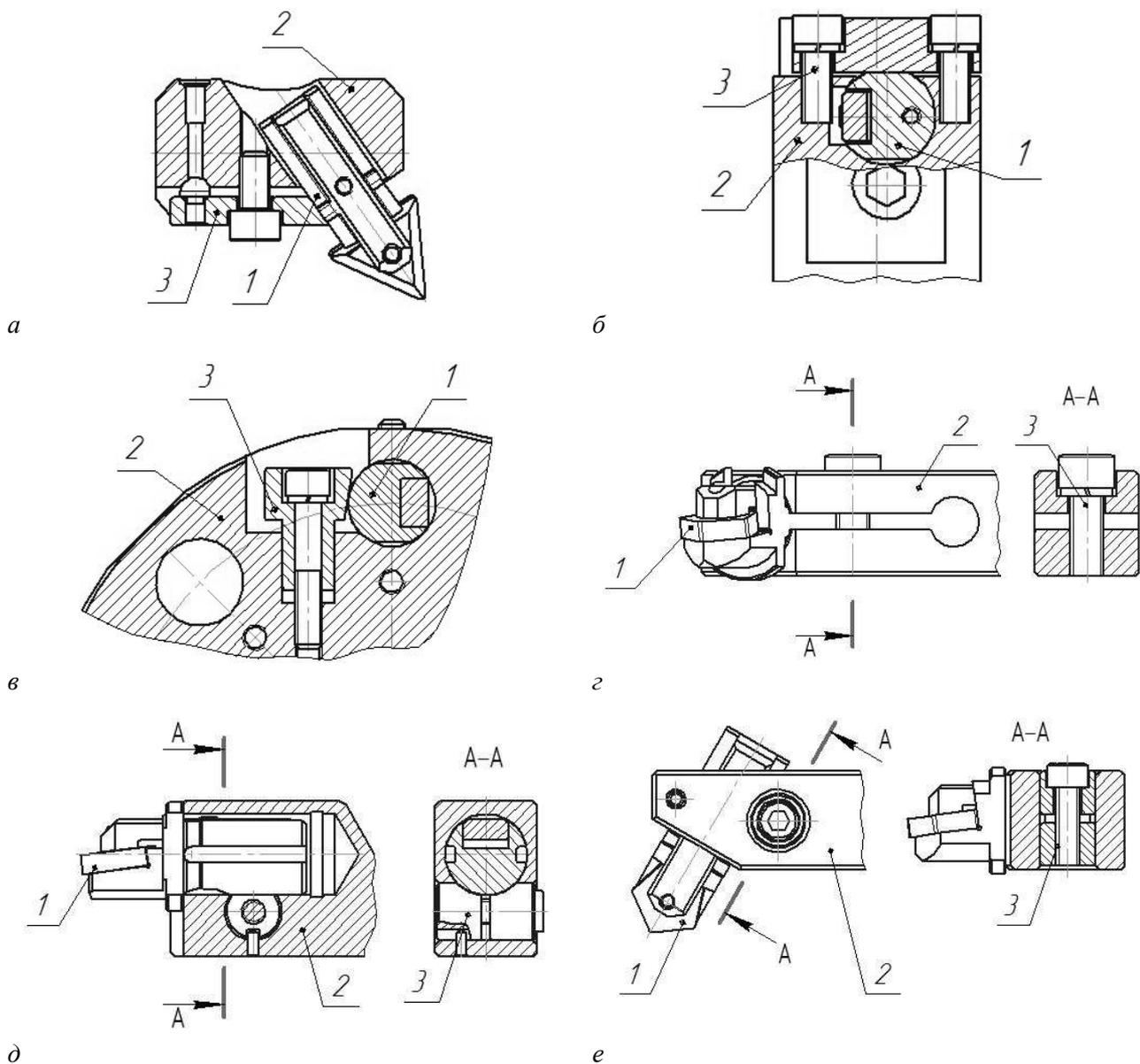
**Рисунок 2.8. – Схемы конструктивных вариантов крепления резцовых блоков**

На рисунке 2.8, *б* резцовый блок 1 также устанавливается в отверстии корпусного модуля 2 инструмента. Зажим блока осуществляется посредством одного или нескольких установочных винтов 6. Как и в предыдущей конструкции, для угловой ориентации и фиксации блока в корпусном модуле может устанавливаться цилиндрический штифт.

В конструкции на рисунке 2.8, *в* резцовый блок 1, установленный в корпусном модуле 2 инструмента, закрепляется при помощи клинового зажима 7. Для установки зажима 7 в корпусном модуле выполнен паз с наклонной боковой поверхностью *б*. Смещение клинового зажима осуществляется посредством винта 4.

В развитие представленных на рисунке 2.8 конструкций закрепление резцового блока 1 в корпусе 2 может быть осуществлено самоустанавливающимся на сферической опоре

клиноприхватом 3 (рисунок 2.9, а); прихватом 3, прижимающим резцовый блок с помощью двух винтов (рисунок 2.9, б); клином 3 (рисунок 2.9, в), разрезной цангой (рисунок 2.9, г). Наиболее надежным зажимным устройством является система из двух сухарей 3, свинчиваемых винтом (рисунки 2.9, д, е). В последнем случае механизм является клиновинтовым. Важно обеспечить при зажиме резцовых блоков действие сил зажима в направлении действия сил резания на режущую пластину. В этом случае гарантируется выборка зазоров конструкции и их высокая виброустойчивость.



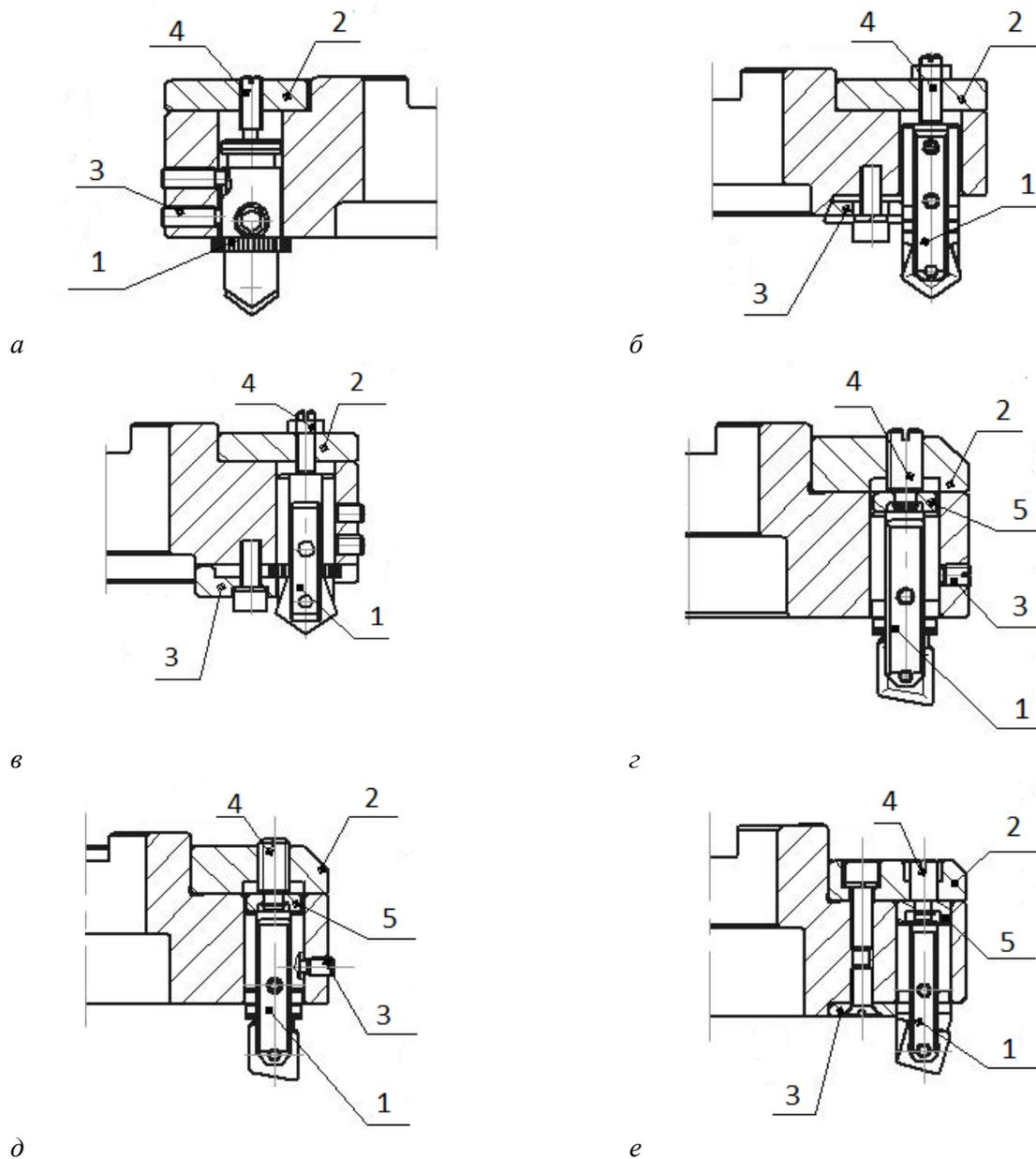
**а** – клиноприхватом; **б** – прихватом; **в** – клином; **г** – разрезной цангой; **д, е** – двумя клиньями;  
**1** – режущая пластина; **2** – корпус; **3** – механизм зажим

**Рисунок 2.9.** – Схемы конструктивных вариантов крепления резцовых блоков

### 2.3 Регулировка и настройка блоков резцовых

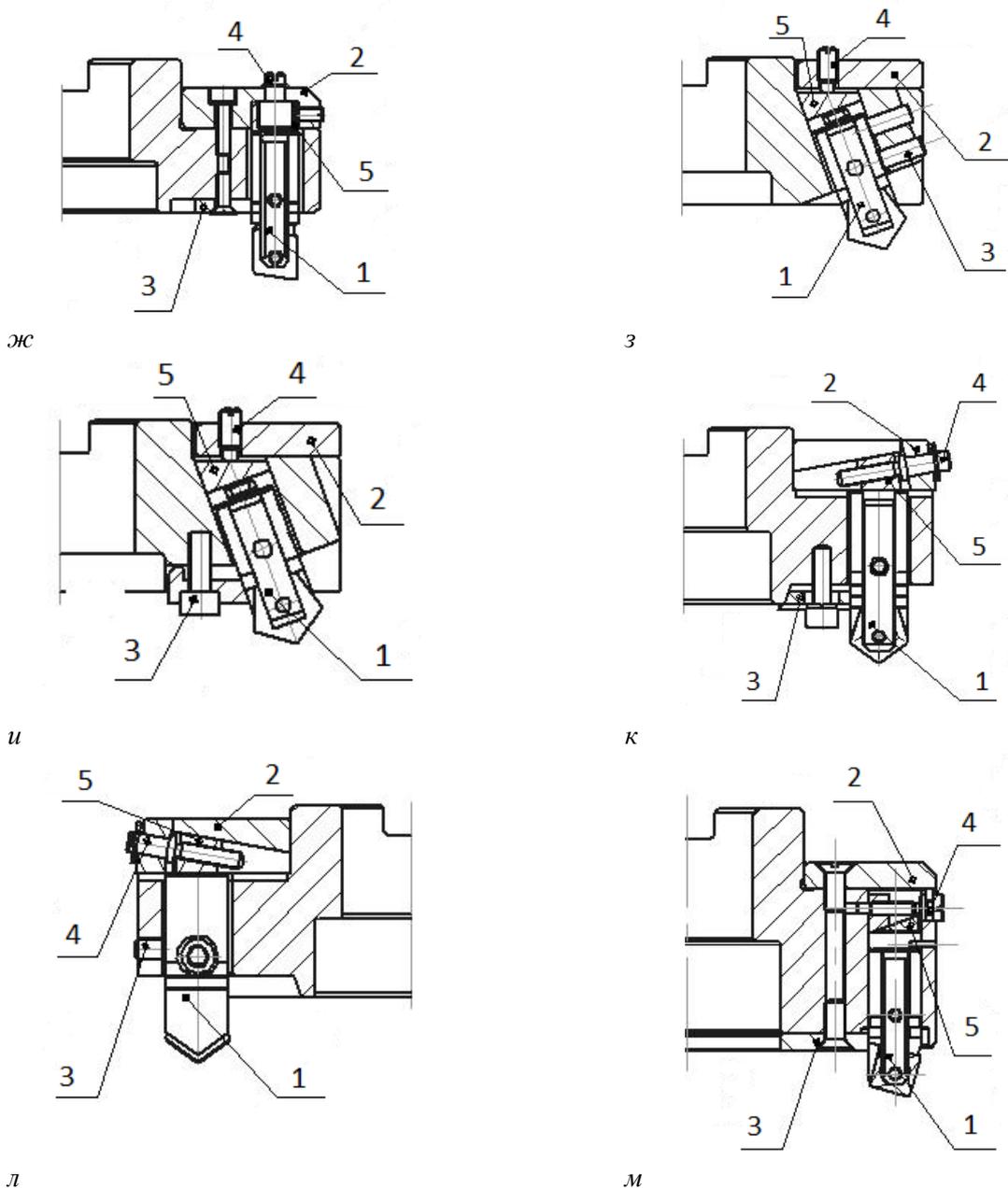
Во многих конструкциях инструментов, например, фрезах и расточных головках, необходимо обеспечить регулировку резцовых блоков при надежном их закреплении. На рисунке 2.10 представлены некоторые возможные варианты регулировки резцовых

блоков в торцевых фрезах. На рисунках 2.10, *а-в* представлен вариант с винтом 4, вворачиваемым в корпус 2 режущего инструмента с упором в торец резцового блока 1. В вариантах (рисунки 2.10, *г-ж*) для регулировки используется винт 4, вворачиваемый в корпус 2 режущего инструмента и контактирующий с резцовым блоком 1 посредством втулки (шайбы) 5. Отличаются варианты конструкциями винтов и конструкциями фиксации и крепления 3 резцовых блоков. Применяется втулка 5 способствует перераспределению нагрузки на резцовый блок 1 и плавности его перемещения. Варианты на рисунках 2.10, *з-м* предусматривают перемещение блоков посредством винта 4 и клина 5. Отличаются эти варианты конструкциями клиньев 5, регулировочных винтов 4 и крепежных элементов блоков 3. Использование клина 5 обеспечивает равномерность перемещения резцового блока 1.



*а-в* – винтом с упором в торец; *г-ж* – винтом с упором в шайбу; *з-м* – винтом с клином;  
 1 – резцовый блок, 2 – корпус, 3 – механизм зажима, 4 – винт, 5 – клин

**Рисунок 2.10. – Варианты регулировки резцовых блоков  
 (начало)**



**Рисунок 2.10. – Варианты регулировки резцовых блоков  
(окончание, начало – с. 21)**

#### **2.4 Конструктивные схемы механизмов регулирования в расточных инструментах**

Механизмы регулировки положения резцовых блоков в расточных инструментах включают «грубую» (рисунки 2.11, 2.12) и «тонкую» (рисунок 2.13) микрометрические настройки, а также их сочетание (рисунок 2.14). В некоторых конструкциях используются направляющие штанги (рисунок 2.15). Механизмы «грубой» настройки отличаются исполнением регулировочного винта, в т.ч. дифференциальным, а также конструкциями присоединительных элементов. Механизмы «тонкой» настройки – исполнением элементов выборки зазоров в резьбовом соединении винт–гайка. Например, в конструкциях на рисунках 2.13, *а–г* используется тарельчатая пружина с размещением под лимбом, в конструкциях (рисунки 2.13, *д–е*) – то же, но с размещением пружины за гайкой, в конструкциях (рисунки 2.13, *ж–м*) используется разрезная гайка.

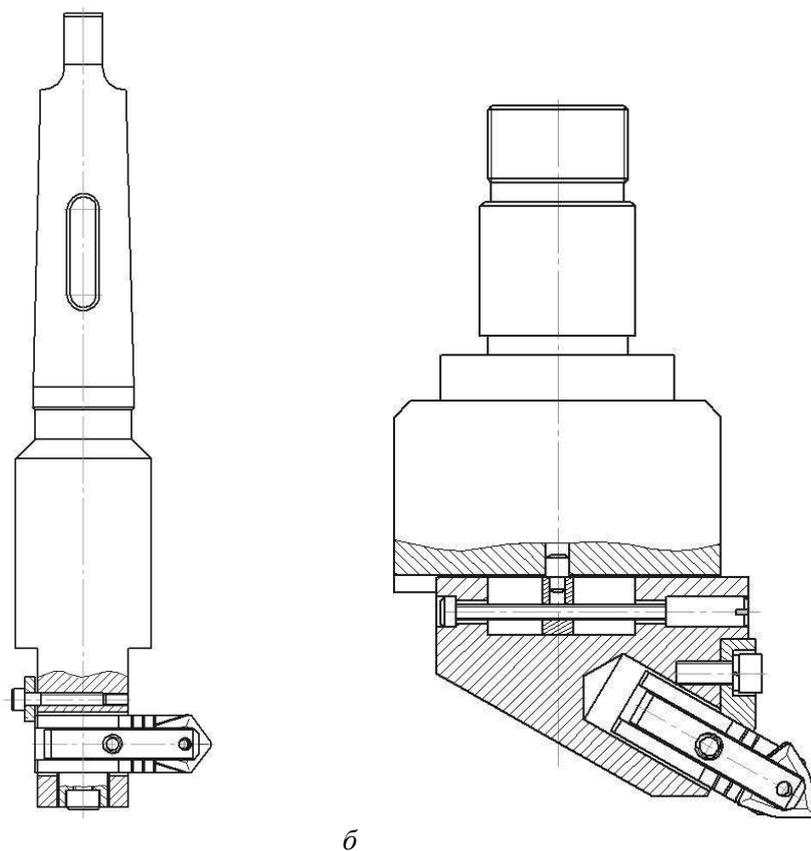
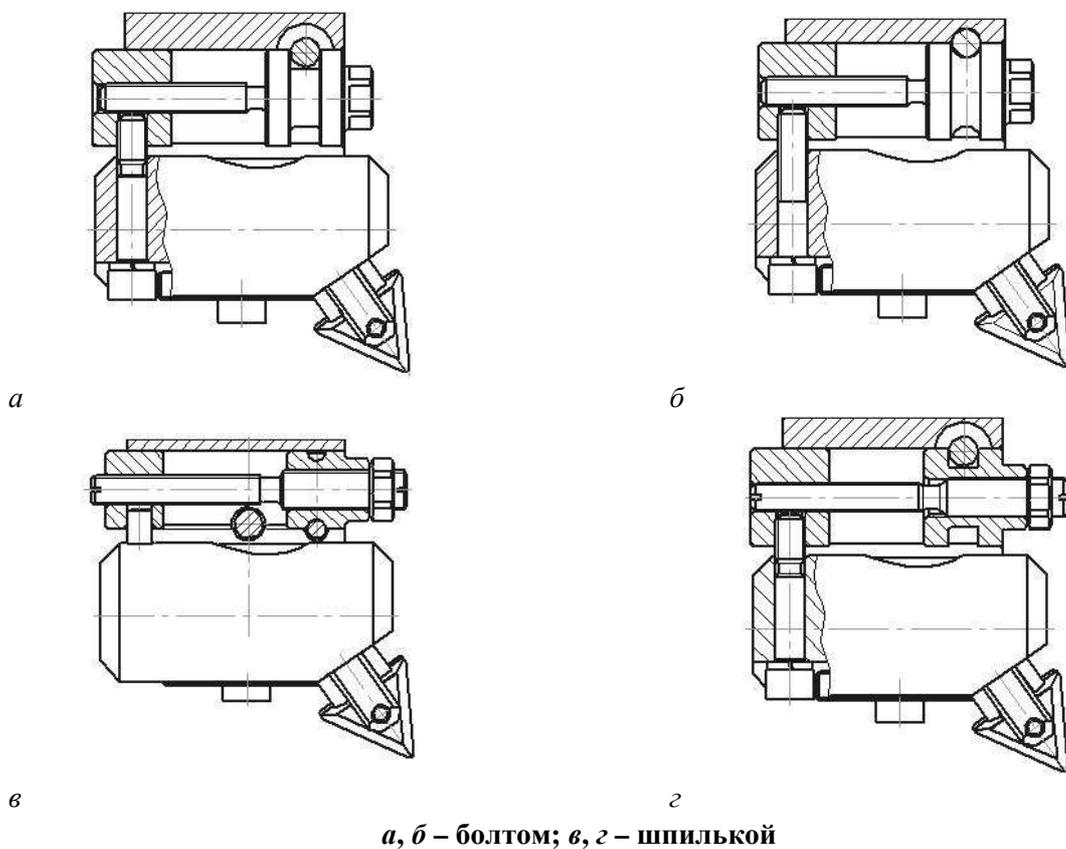
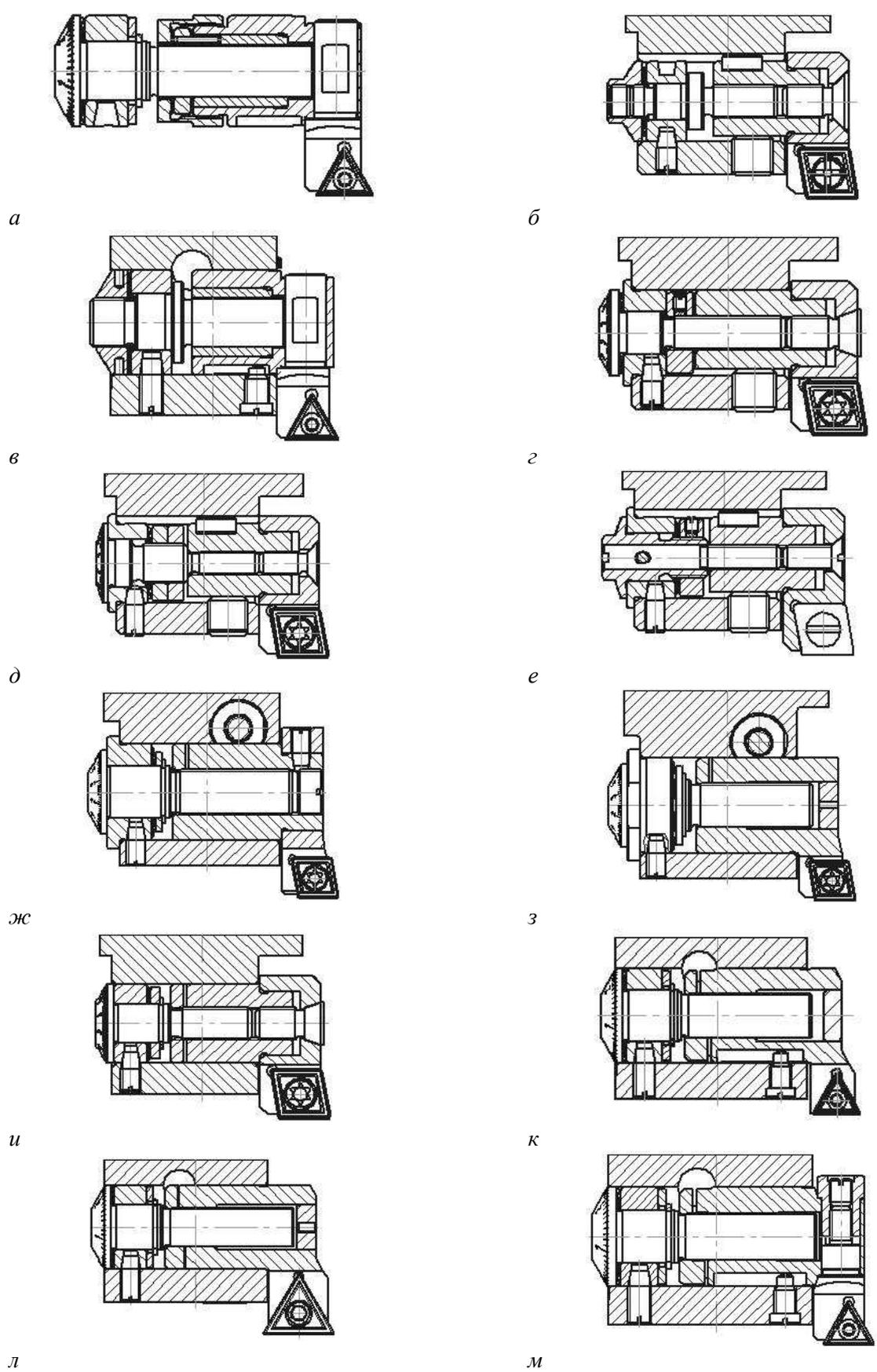


Рисунок 2.11. – Конструктивные схемы механизмов регулировки резцовых блоков в расточном резце (а) и расточной головке (б)



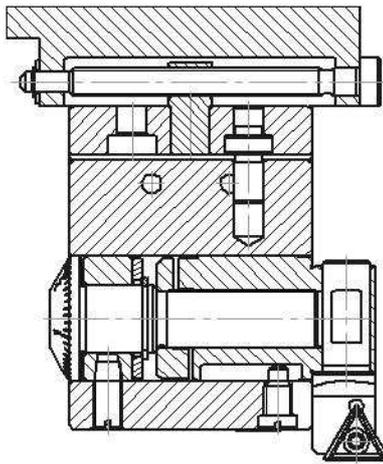
*a, б* – болтом; *в, г* – шпилькой

Рисунок 2.12. – Варианты конструктивных схем механизмов «грубой» настройки резцовых блоков в расточных головках

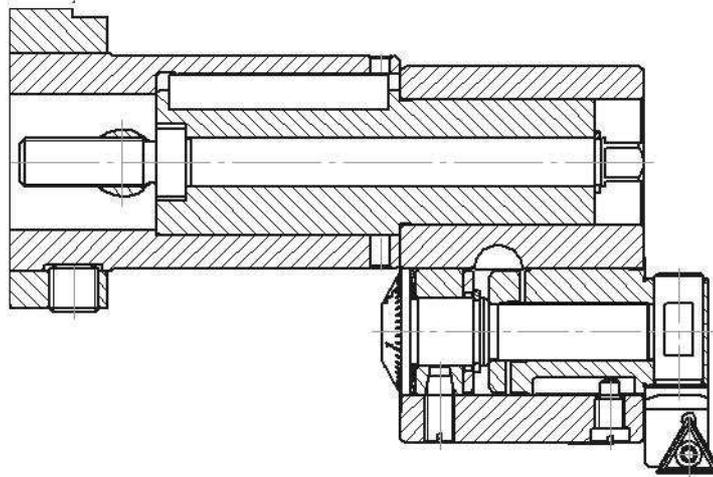


*a–г* – с использованием тарельчатой пружины с размещением под лимбом;  
*д–е* – то же, с размещением за гайкой; *жс–м* – с использованием разрезной гайки

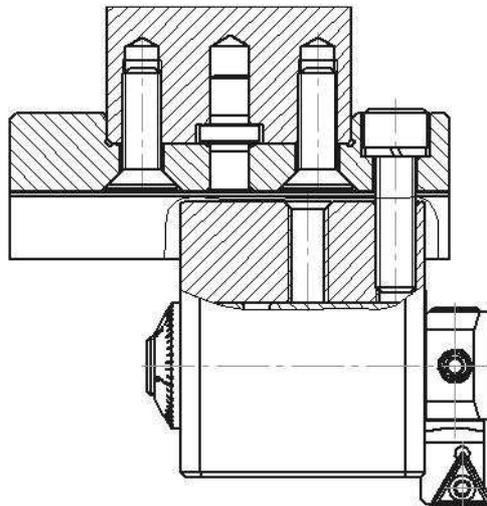
**Рисунок 2.13. – Конструктивные схемы механизмов «тонкой» настройки резцовых блоков**



*a*



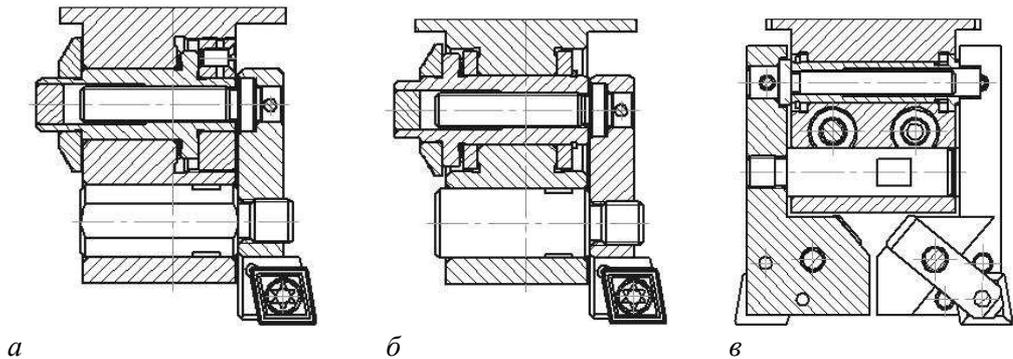
*б*



*в*

*a, в* – винт–гайка с переходником; *б* – то же, без переходника

**Рисунок 2.14. – Конструктивные схемы механизмов «тонкой» и «грубой» настройки резцовых блоков**



*a* – с регулировочной гайкой; *б* – с регулировочной шайбой;  
*в* – с двумя резцовыми блоками

Рисунок 2.15. – Конструктивные схемы механизмов настройки со штангой

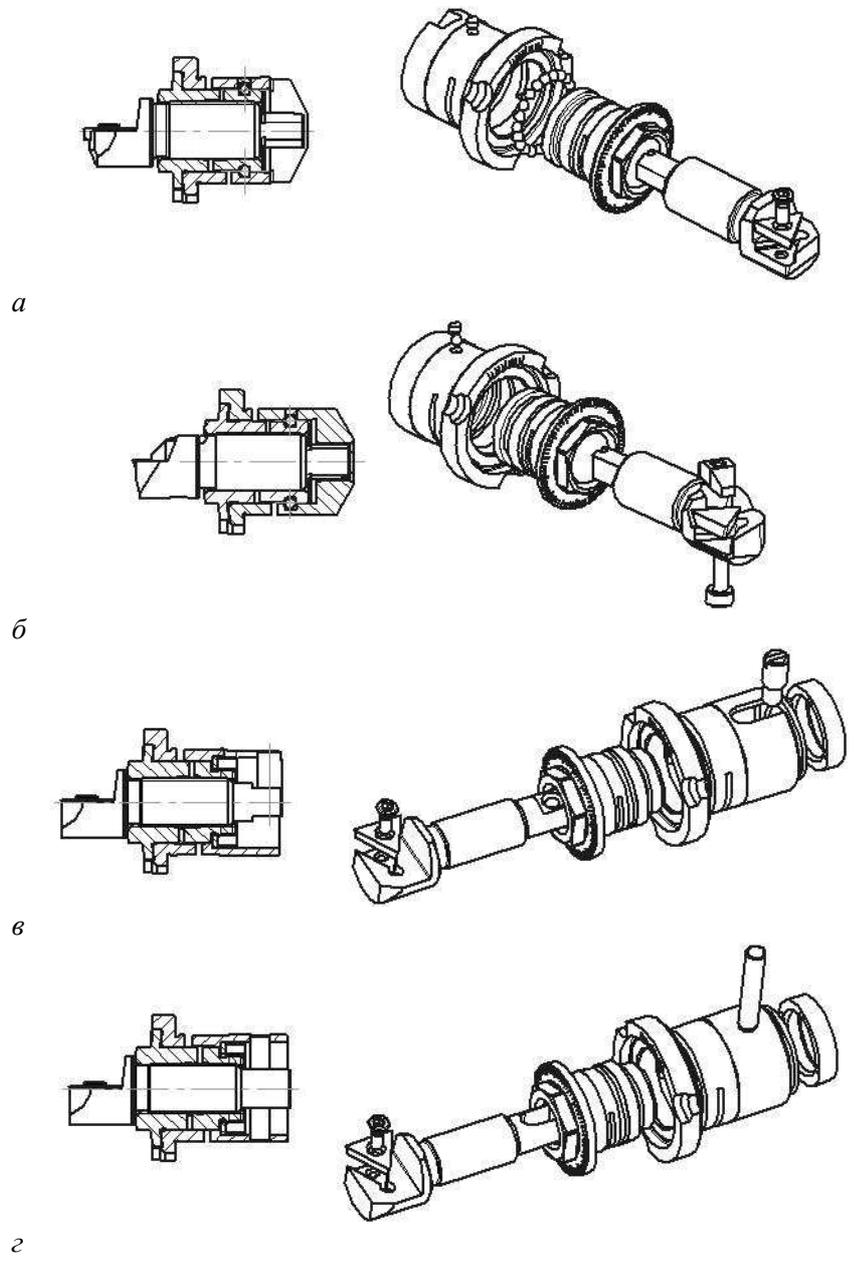


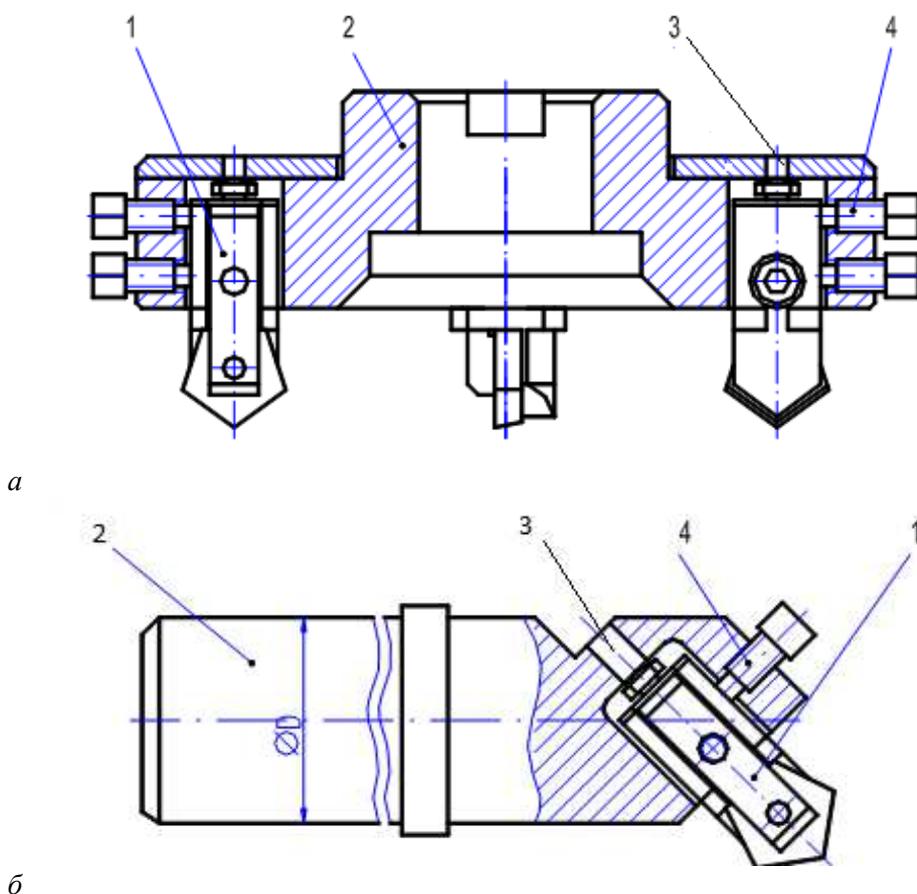
Рисунок 2.16. – Конструктивные схемы резцовых вставок с микрометрической регулировкой с использованием шариков (*a*, *б*) и без них (*в*, *з*)

В расточных инструментах в силу стесненности условий резания конструкции резцового блока отличаются от вышеприведенных. Резцовый блок может быть выполнен в виде резцовой вставки с корпусом и державкой, выполненными заодно, закрытым пазом под режущую пластину и зажимным винтом (см. рисунки 2.13, *а, в, м*). Резцовый блок может иметь достаточно сложный по форме корпус и державку для обеспечения регулировки (см. рисунки 2.13, *з, к, л*). Этот корпус может быть упрощен за счет введения вставки, которая крепится на корпусе винтом и штифтом, как представлено на рисунках 2.13, *б, г, д, е, ж, и*. Зачастую требуется введение дополнительной направляющей, на которой крепится корпус резцового блока, причем режущая пластина может крепиться как винтом (рисунки 2.15, *а, б*), так и прихватом (рисунок 2.15, *е*).

Регулировочный механизм с разрезной втулкой может быть выполнен в резцовых вставках, как с использованием шариков (см. рисунки 2.16, *а, б*), так и без них (см. рисунки 2.16, *в, г*)

## 2.5 Инструментальные системы блочно-модульных режущих инструментов

На рисунке 2.17, *а* представлена конструкция торцевой фрезы [9; 10]. Резцовые блоки 1 устанавливаются в отверстиях корпусного модуля 2. Блоки крепятся в корпусном модуле установочными винтами 3. На корпусном модуле установлена кольцевая планка 4. С ней контактируют регулирующие винты 5 резцовых блоков, с помощью которых выставляется величина вылета блоков. В корпусном модуле выполнено нормализованное посадочное отверстие для установки инструмента на инструментальную оправку.

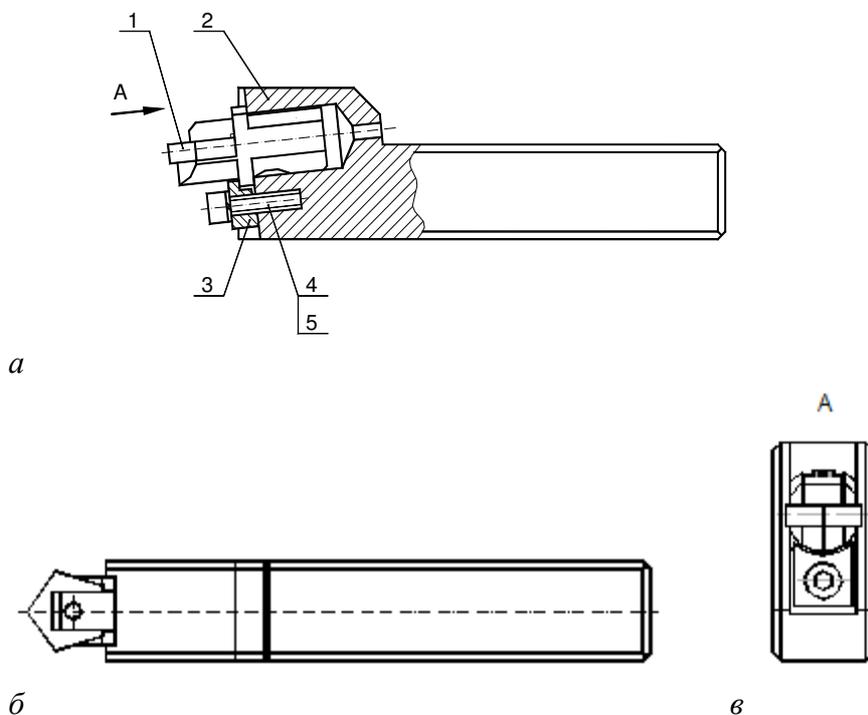


*а* – фрезерного; *б* – расточного;  
1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – механизм регулировочный; 4 – механизм зажимной

Рисунок 2.17. – Конструктивные схемы режущих инструментов

Расточной резец, представленный на рисунке 2.17, б, имеет корпусной модуль, выполненный в виде хвостовика 2. В отверстии хвостовика установлен резцовый блок 1, закрепленный посредством винта 3. Установка блоков на размер также осуществляется с помощью регулировочного винта.

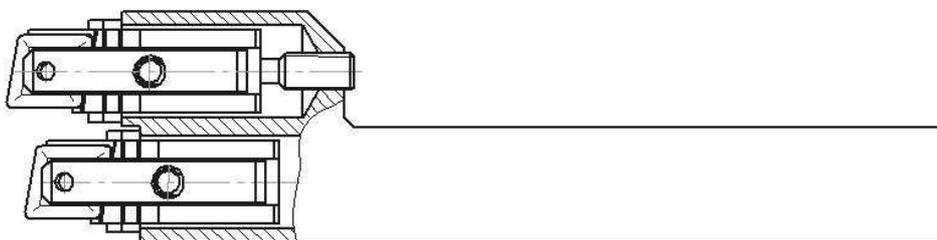
На рисунке 2.18 представлена конструкция сборного проходного резца. Резцовый блок 1 установлен в отверстии корпусного модуля 2 (державке). Крепление блока осуществляется прижимной планкой 3 посредством винта 4. Регулирующий элемент из конструкции исключен ввиду ненадобности.



*a* – вид с боку; *б* – вид сверху; *в* – вид А;  
1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – механизм зажимной

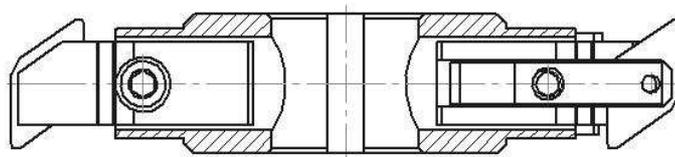
**Рисунок 2.18. – Конструктивная схема токарного резца**

Резец может быть выполнен со ступенчатым расположением двух резцовых блоков, один из которых регулируется (рисунок 2.19).

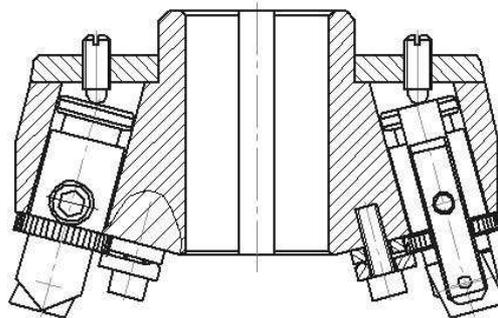


**Рисунок 2.19. – Конструктивная схема резца с двухступенчатым расположением резцовых блоков**

Блоки резцовые могут быть размещены в дисковой фрезе (рисунок 2.20, а), а также в зенкере (рисунок 2.20, б), охватывающей фрезе (рисунок 2.21), зуборезной головке (рисунок 2.22) и других типах режущих инструментов. Для применения БМРИ на современных станках с ЧПУ разработаны зенкеры (рисунок 2.22, а), фрезы концевые (рисунок 2.22, б) и дисковые (рисунок 2.22, в) с установкой на хвостовик В30 и диаметром, не превышающем 63 мм.

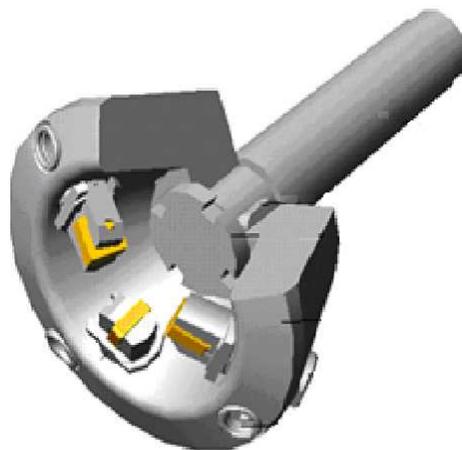


*a*

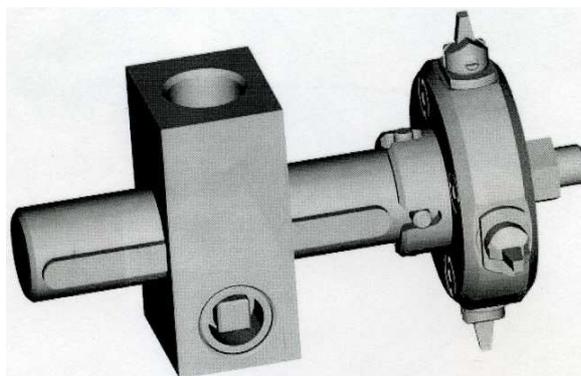


*б*

**Рисунок 2.20. – Конструктивные схемы фрезы дисковой (а) и зенкера (б)**



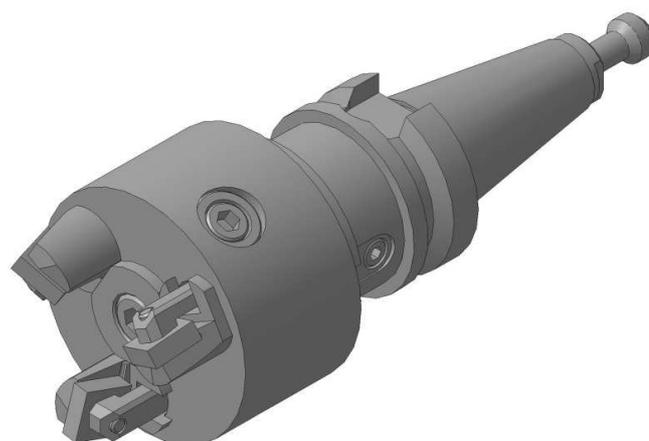
**Рисунок 2.21. – Общий вид охватывающей фрезы**



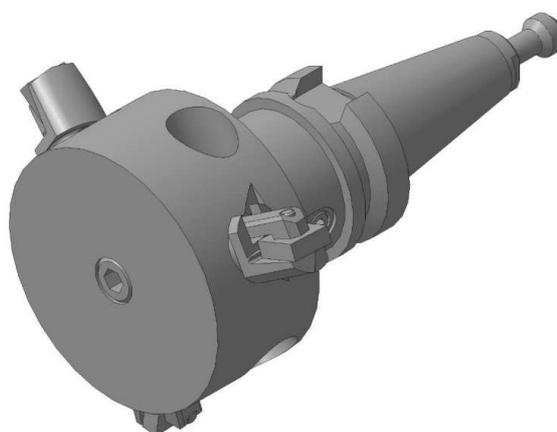
**Рисунок 2.22. – Общий вид зуборезной головки**



*a*



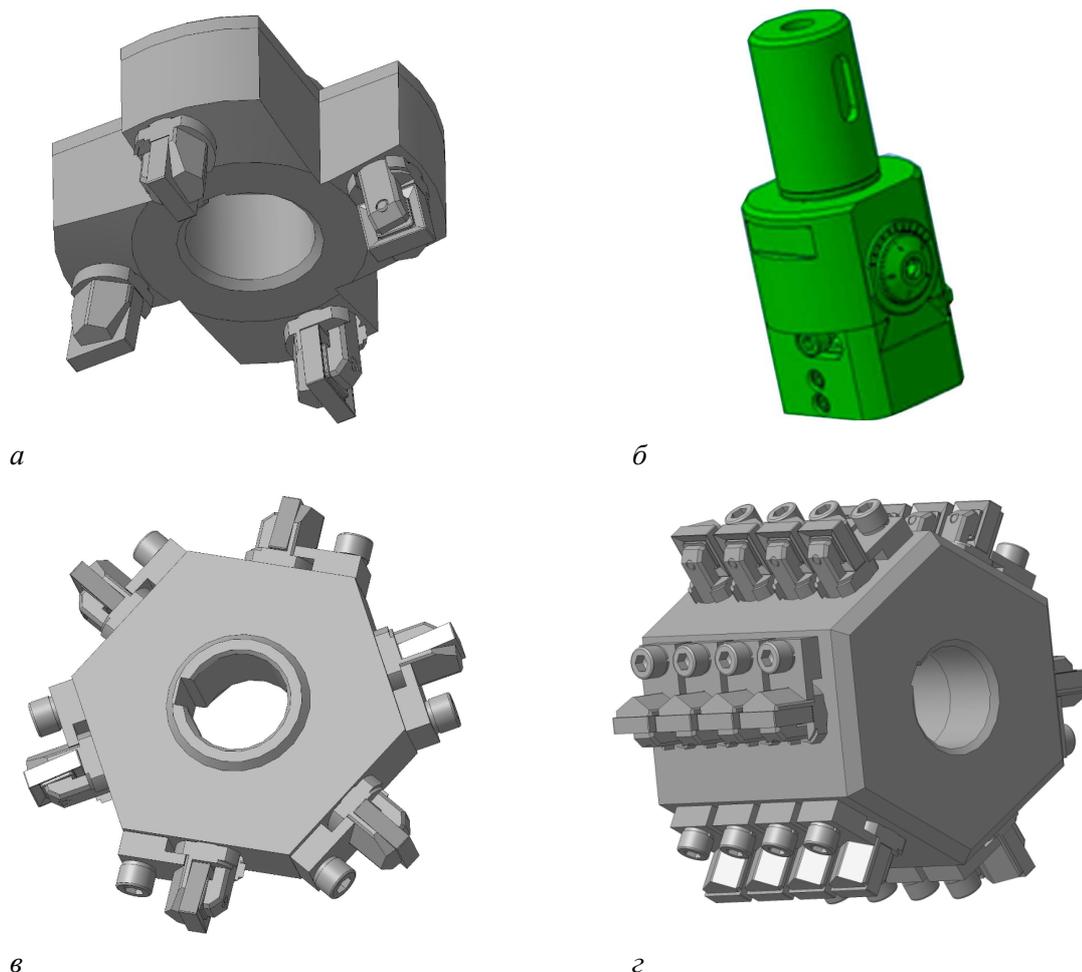
*б*



*в*

**Рисунок 2.23. – Общие виды зенкера (*a*),  
торцовой (*б*) и дисковой (*в*) фрез**

Новым направлением в развитии блочно-модульных режущих инструментов является использование при их изготовлении аддитивных технологий (технологий послойного синтеза). На рисунке 2.24 представлены 3D-модели конструкций зенкера (рисунок 2.24, *a*), расточного патрона (рисунок 2.24, *б*), дисковой (рисунок 2.24, *в*) и червячной (рисунок 2.24, *г*), полученные «гибридным» методом, т.е. отдельные детали режущих инструментов изготовлены методом послойного синтеза, а при их сборке использовался традиционный метод пригонки, прежде всего резьбовых соединений.



**Рисунок 2.24. – 3D-модели конструкций зенкера (а), расточного патрона (б), дисковой (в) и червячной (г) фрез**

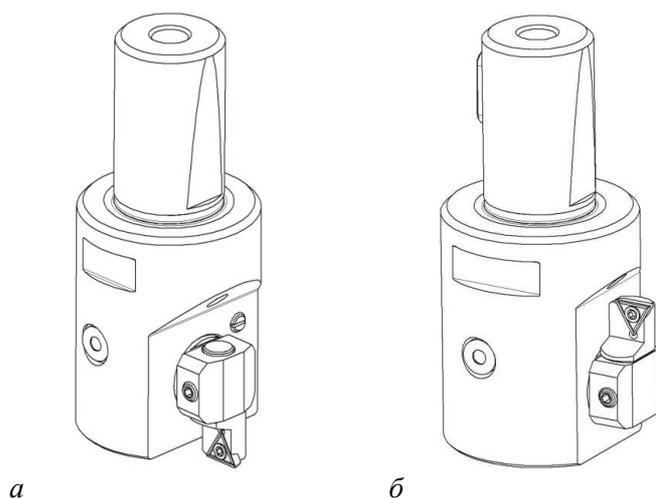
## **2.6 Система блочно-модульных расточных режущих инструментов**

Некоторые конструкции расточных головок, реализующие систему БМРРИ, представлены на рисунке 2.25 [11; 12]. На рисунках 2.25, а, б изображен общий вид, а на рисунке 2.26 – технологическая схема расточной головки для растачивания отверстий в диапазоне диаметров 63–110 мм. Головка обеспечивает обработку отверстий как на прямой (рисунок 2.25, а), так и на обратной (рисунок 2.25, б) подаче при использовании левого резцового блока.

Расточная головка (рисунок 2.26) выполнена по модульному принципу. Она состоит из корпусного модуля (оправки) 4, в котором монтируется регулировочный модуль, включающий в себя регулятор 1 и ползун 3. На ползуне 3 монтируется резцовый блок, состоящий из державки 9, на которой при помощи винта 14 крепится пластина 7. Державка 9 зажимается в ползуне двумя винтами 13. Регулятор 1 фиксируется в оправке винтом 5. Ползун 3 закрепляется в оправке при помощи зажимного механизма 2.

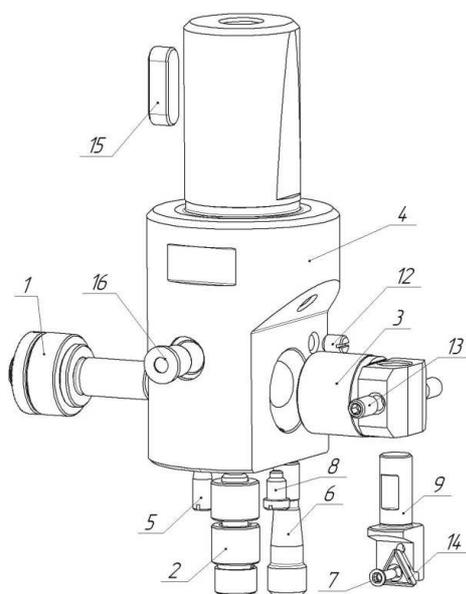
Головка выставляется на размер перемещением ползуна 3 при помощи регулятора 1. Точное направление смещения ползуна обеспечивается направляющим резьбовым коническим штифтом 6, фиксируемым винтом 12. Для ограничения перемещения ползуна 3 используется винт 8.

Для смазки перемещающихся деталей используется масленка 16.



*a* – для «прямого» растачивания; *б* – для «обратного» растачивания

**Рисунок 2.25. – Общий вид расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 63÷110 мм**



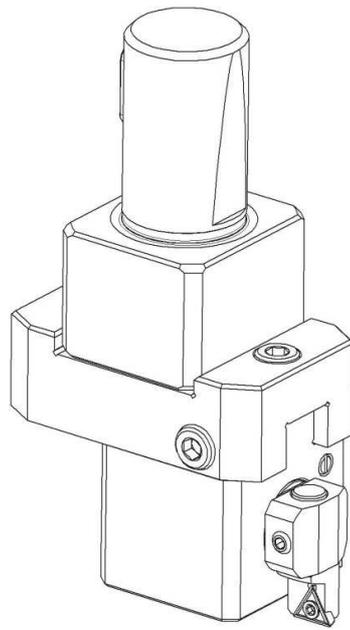
**Рисунок 2.26. – Технологическая схема расточной головки для диапазона диаметров 63÷110 мм**

На рисунке 2.27 изображен общий вид, на рисунке 2.28 – технологическая схема расточной головки для растачивания отверстий в диапазоне диаметров 110–240 мм.

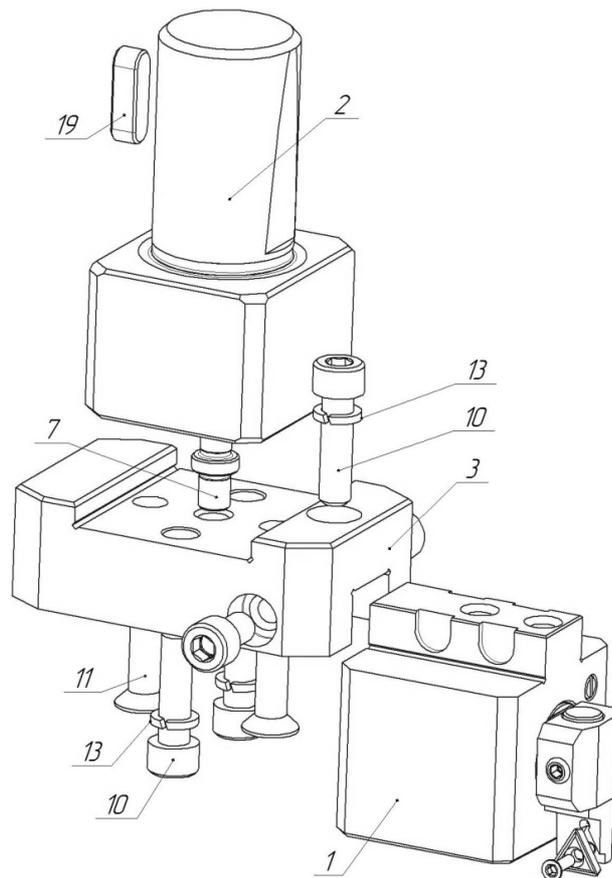
Конструкция головки (рисунок 2.28) включает в себя базовую оправку 2 со шпонкой 19. Базовая оправка закрепляется в хвостовике, который монтируется в шпинделе расточного станка.

На базовой оправке 2 устанавливается штанга 3, которая центрируется на оправке при помощи штифта 7 и крепится винтами 10, 11.

В прямоугольных направляющих штанги базируется перемещаемый расточной модуль 1. Перемещаемый расточной модуль может быть зафиксирован в двух положениях и закрепляется на штанге тремя винтами 10. Два положения расточного модуля 1 обеспечивают обработку отверстий в двух поддиапазонах диаметров 110÷145 мм и 145÷180 мм (с перекрытием 2 мм). Перед обработкой в любом диапазоне расточной модуль должен быть освобожден от крепления, переставлен, а затем зажат винтами 10.



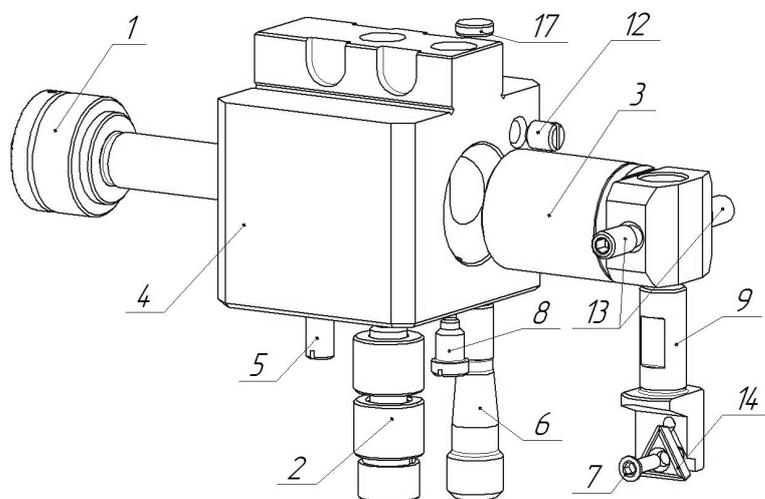
**Рисунок 2.27. – Общий вид расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 110÷240 мм**



**Рисунок 2.28. – Технологическая схема расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 110÷240 мм**

Точное выставления лезвия на размер растачиваемого отверстия осуществляется при помощи регулировочного модуля, монтируемого в перемещаемом расточном модуле.

На рисунке 2.29 изображена технологическая схема расточной головки с перемещаемым расточным модулем для растачивания отверстий в диапазоне диаметров 110÷240 мм.

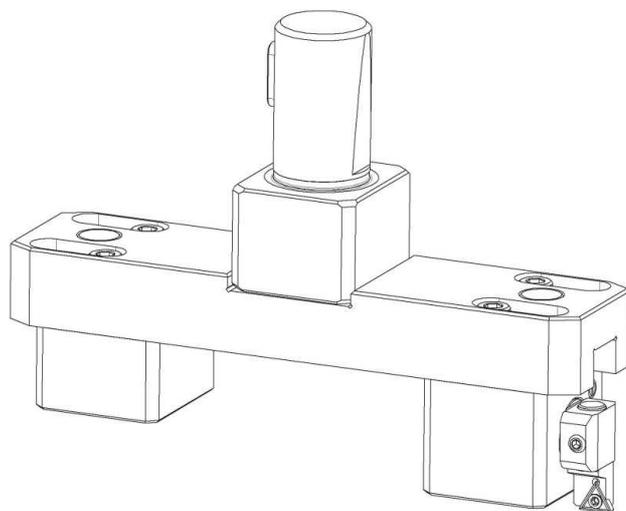


**Рисунок 2.29. – Технологическая схема расточной головки с перемещаемым расточным модулем**

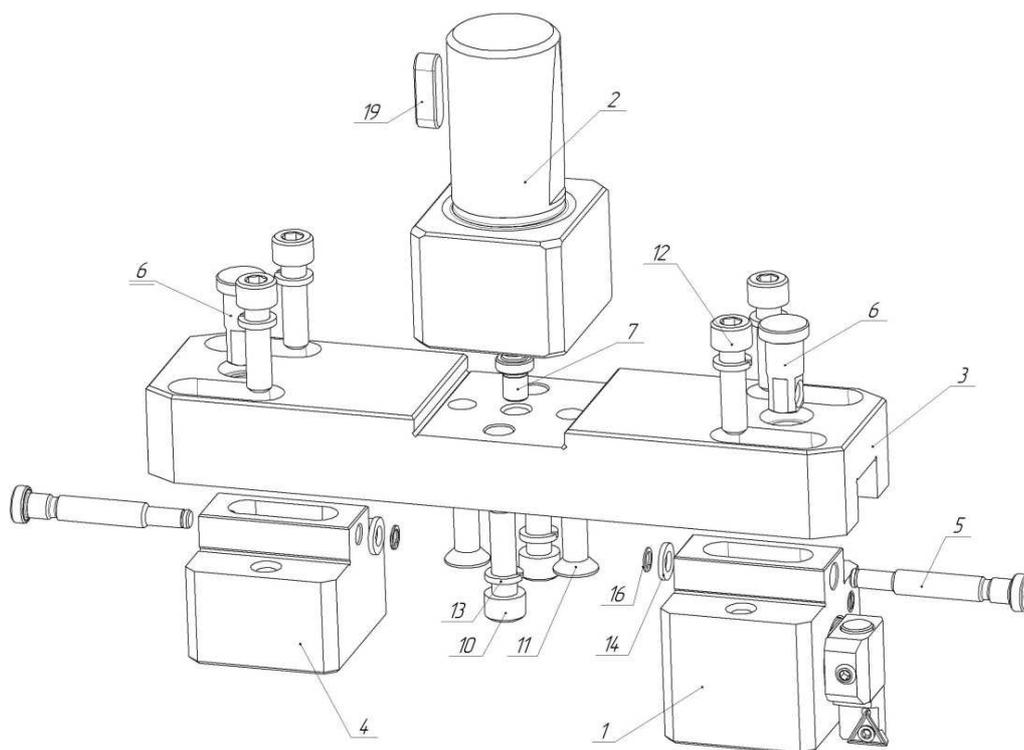
Расточной перемещаемый модуль состоит из корпуса (оправки) 4, в котором монтируется регулировочный модуль, включающий в себя регулятор 1 и ползун 3. На ползуне 3 монтируется резцовый блок, состоящий из державки 9, на которой при помощи винта 14 крепится пластина 7. Державка 9 зажимается в ползуне двумя винтами 13. Регулятор 1 фиксируется в оправке винтом 5. Ползун 3 закрепляется в оправке при помощи зажимного механизма 2.

Головка выставляется на размер перемещением ползуна 3 при помощи регулятора 1. Точное направление смещения ползуна обеспечивается направляющим резьбовым коническим штифтом 6, фиксируемым винтом 12. Для ограничения перемещения ползуна 3 используется винт 8.

На рисунке 2.30 изображен общий вид, а на рисунке 2.31 – технологическая схема расточной головки для растачивания отверстий в диапазоне диаметров 240÷360 мм.



**Рисунок 2.30. – Общий вид расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 240÷360 мм**



**Рисунок 2.31. – Технологическая схема расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 240÷360 мм**

Конструкция головки включает в себя базовую оправку 2 со шпонкой 19. Базовая оправка закрепляется в хвостовике, который монтируется в шпинделе расточного станка. На базовой оправке 2 устанавливается штанга 3, которая центрируется на оправке при помощи штифта 7 и крепится винтами 10, 11.

В прямоугольных направляющих штанги базируется перемещаемый расточной модуль 1. Расточной модуль 1 перемещается в направляющих штанги с помощью регулятора и закрепляется на штанге двумя винтами 12.

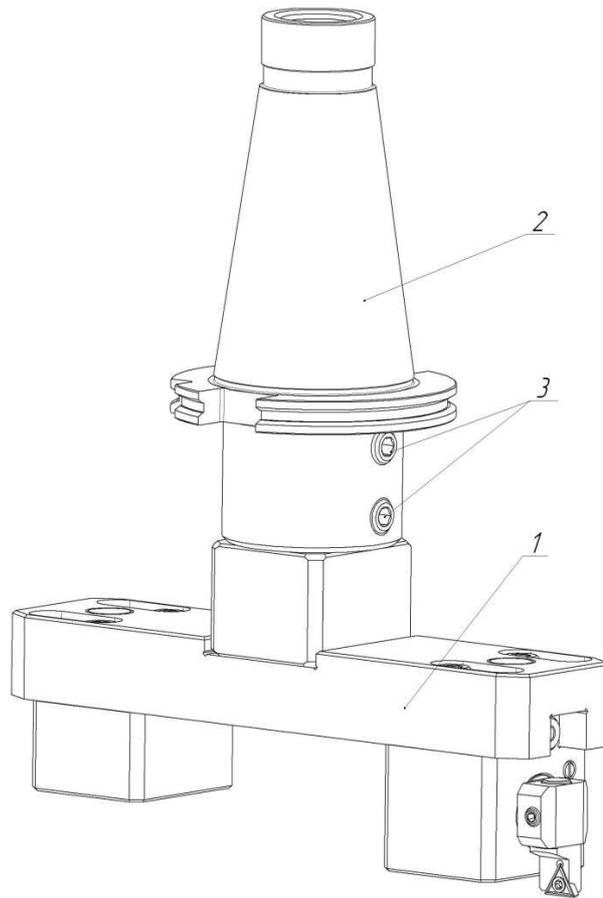
Регулятор является модульной единицей конструкции и состоит из устанавливаемых в расточном модуле 1 ходового винта 5, шайбы 14 и кольца 16. Проушина 6 регулятора монтируется в отверстиях штанги 3. Грубая настройка размера расточки осуществляется смещением расточного модуля 1 при вращении ходового винта 5 при отпущенных винтах 12.

Точное выставление размера растачиваемого отверстия осуществляется при помощи регулировочного модуля, монтируемого в перемещаемом расточном модуле 1.

Для уравнивания инерционных масс в конструкции головки используется противовес 4, который монтируется в направляющих штанги 3 аналогично перемещаемому модулю 1. При балансировке противовес перемещается по штанге с помощью регулятора, идентичного регулятору модуля.

Станочный расточной модуль включает в себя три основных модуля: базовый установочный модуль (например, хвостовик), промежуточный базовый установочный модуль (например, удлинитель) и собственно модульную расточную головку.

На рисунке 2.32 изображен общий вид расточного станочного модуля без удлинителя для обработки отверстий в диапазоне диаметров 240÷360 мм. Станочный расточной модуль включает в себя расточную головку 1, хвостовик 2 и элементы крепления 3 (винты) головки в хвостовике.



**Рисунок 2.32. – Станочный расточной модуль для обработки отверстий в диапазоне диаметров 240÷360 мм**

### **2.7 Технологические схемы сборки блочно-модульных режущих инструментов**

В резцовых блоках предусмотрено выполнение четырех основных видов открытого паза под режущую пластину – без наклона и с наклоном для задания заднего угла, без скоса и со скосом правым и левым для задания углов в плане, которые могут сочетаться в различных вариантах в зависимости от формы режущей пластины, например, как на рисунке 2.33.

	Варианты режущих пластин с отверстием					
	ПР 1	ПР 2	ПР 3	ПР 4	...	ПР n
Крепление пластины прихватом со штифтом					...	

**Рисунок 2.33. – Варианты резцовых блоков с различными режущими пластинами**

Механизм зажима режущей пластины выполняется в виде прихвата «тянущего», полуцанги и цанги, а также прихвата «охватываемого» и «охватывающего» режущую пластину. Корпус резцового блока выполняется в виде цилиндра с лысками и с канавками для байонетного закрепления. Механизм зажима резцового блока в модуле корпусном может быть прихватным, клиновым и винтовым. Механизм регулировки линейного и углового положения резцового блока выполняется винтовым, клиновым и клино-винтовым. Форма корпусного модуля в зависимости от применения для обработки плоских и цилиндрических, наружных или внутренних поверхностей может быть стержневой прямоугольного или круглого сечения, цилиндрической, дисковой и т.п. Причем отдельные корпусные модули могут применяться для обработки как наружных плоских, так и внутренних цилиндрических поверхностей, например, корпусные модули для подрезки, сверления и растачивания.

Выбор элементов базирования, крепления и регулирования корпусного модуля производится в соответствии с базовыми и установочными элементами станочных приспособлений.

В зависимости от формы (вида) обрабатываемой поверхности детали (цилиндрическая, ступенчатая, фасонная т.д.) проектируется (выбирается) количество режущих кромок и соответственно форма пластины: трехгранная, ромбическая, пятигранная и т.д. Параметры обрабатываемой поверхности (характеристики заготовок, методы их получения) влияют на выбор материала, из которого изготовлена режущая пластина, а также на режимы резания.

Зная форму и параметры обрабатываемой поверхности детали выбирается пластина, т.е. ее материал, форма, задний угол, класс допуска, длина режущей кромки, толщина пластины и т.д.

Выбор режущей пластины сопровождается ее двухмерным изображением с указанием основных размеров, а также трехмерным изображением с возможностью вращения. Это позволяет более наглядно представлять объект выбора. Формируется буквенное или буквенно-цифровое обозначение пластины режущей, соответствующее международному стандарту ISO.

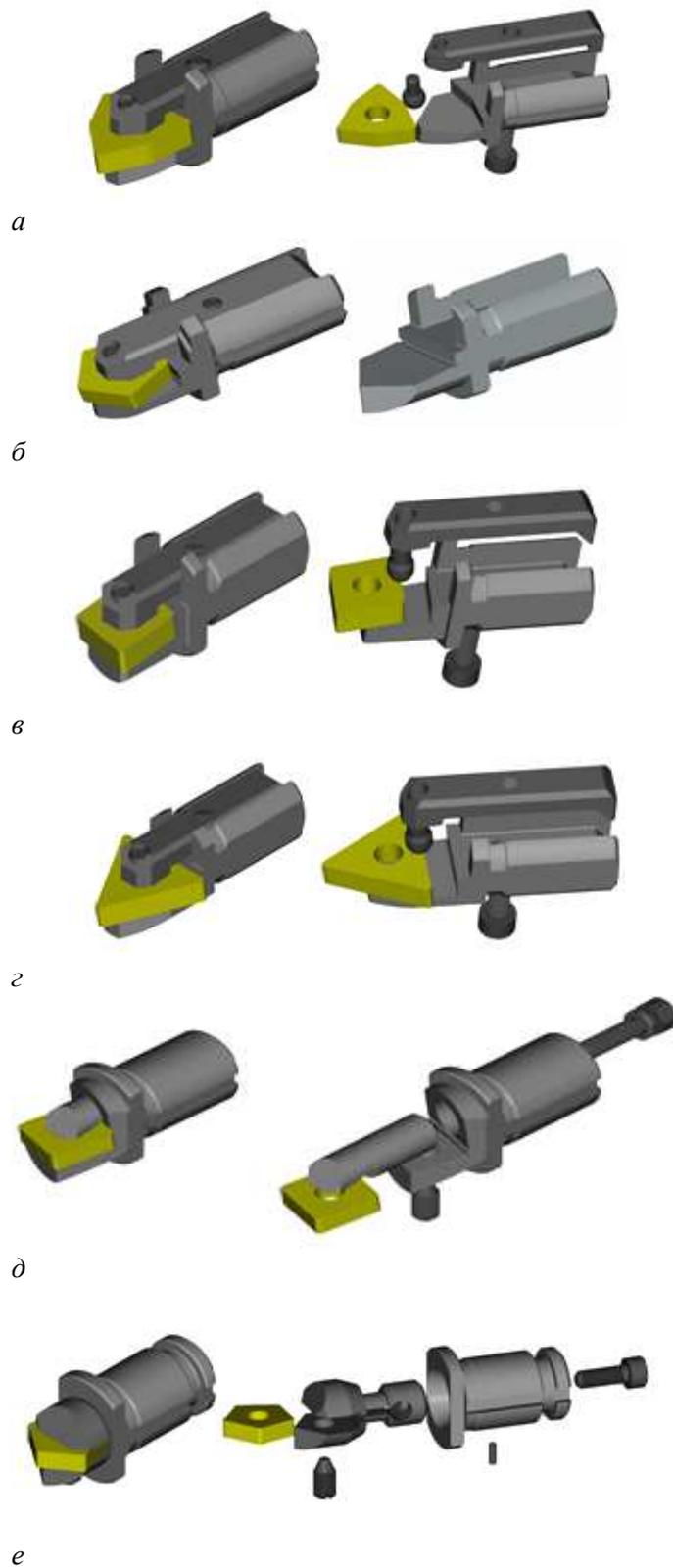
После выбора режущей пластины производится ее базирование и закрепление, в результате получается готовая сборочная единица – блок резцовый. Для расчета зажима пластины режущей предусмотрен расчетный модуль.

Базирование пластины в державке зависит от формы пластины. Поэтому форма опорной поверхности державки геометрически выполнена такой же, как форма режущей пластины. Значит, выбрав пластину по ГОСТ, можно автоматически выбрать необходимый тип державки по форме опорной поверхности. Применение различной формы опорной поверхности для различных режущих пластин представлено на рисунке 2.34.

Закрепление режущей пластины будет различаться в зависимости от того, имеет ли пластина отверстие или нет. На рисунке 2.34 представлены различные способы закрепления режущих пластин с отверстием: «тянущим» прихватом (рисунок 2.34, а-г), полуцангой (рисунок 2.34, д), цангой (рисунок 2.34, е).

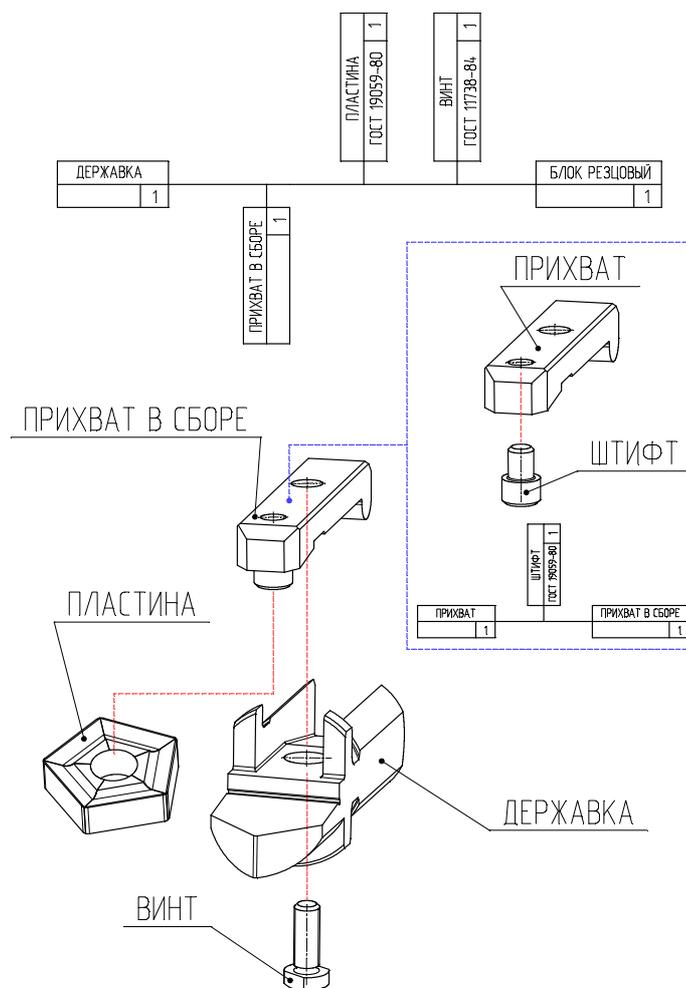
Таким образом, выбранную пластину режущую можно закрепить на державке несколькими способами, что не дает возможности полностью автоматизировать процесс выбора державки. Пользователю необходимо самому выбрать вид зажимного устройства из соображений надежности закрепления, величины и направления усилия зажима, возможности размещения державки с пластиной и зажимным устройством в корпусе инструмента и т.д.

Наличие выбранной пластины, державки и зажимного элемента позволяет собрать блок резцовый. Процесс сборки блока резцового должен производиться в соответствии с технологической схемой сборки (рисунок 2.35). Сборка блока начинается со сборки прихвата и штифта. Штифт вставляется в отверстие прихвата. Характер соединения прихвата и штифта не дает последнему перемещаться вдоль посадочной поверхности. Полученная сборочная единица крепится к державке с помощью винта. Предварительно на штифт помещается режущая пластина и собранная конструкция зажимается винтом. Конструкция прихвата обеспечивает прижим пластины к основанию державки и боковой ее поверхности, гарантируя тем самым неподвижность пластины во время обработки.



***a* – шестигранная с прихватом; *б* – пятигранная с прихватом;  
*в* – четырехгранная с прихватом; *г* – трехгранная с прихватом;  
*д* – четырехгранная с цанговым зажимом; *е* – пятигранная с цанговым зажимом**

**Рисунок 2.34. – Виды резовых блоков  
в зависимости от формы режущей пластины и способа ее закрепления**



**Рисунок 2.35. – Технологическая схема сборки блока резцового**

Спроектировав резцовый блок, пользователю необходимо выбрать тип корпуса инструмента. Это может быть корпус фрезы, расточной головки, проходного резца и т.д.

Выбор модуля корпусного может осуществляться как вручную, при этом пользователь выбирает необходимый корпус из предложенных, так и автоматически, при этом в начале процесса автоматизированного проектирования БМРИ необходимо указать вид обработки. В таком случае программа автоматически предложит корпус, соответствующий указанному типу обработки.

Модули корпусные, в которых устанавливается унифицированный блок резцовый, представлены на рисунке 2.36.

Операция сборки корпуса и резцовых блоков должна осуществляться в соответствии с технологической схемой сборки. На рисунке 2.37 изображена технологическая схема сборки фрезы торцовой.

Технологическая схема сборки фрезы торцовой построена по тому же принципу, что и блока резцового. Детали, входящие в сборку, отображаются надписями сверху технологической схемы, сборочные единицы – надписями внизу технологической схемы.

Сборка фрезы торцовой начинается с размещения зажимов в отверстия корпуса фрезы. Затем вставляются блоки резцовые, устанавливаются планки, которые крепятся винтами. К торцовой поверхности корпуса винтами с шайбами крепится фланец, в который вставляются регуляторы для регулирования положения блоков в корпусе. Регуляторы крепятся к фланцу винтами.

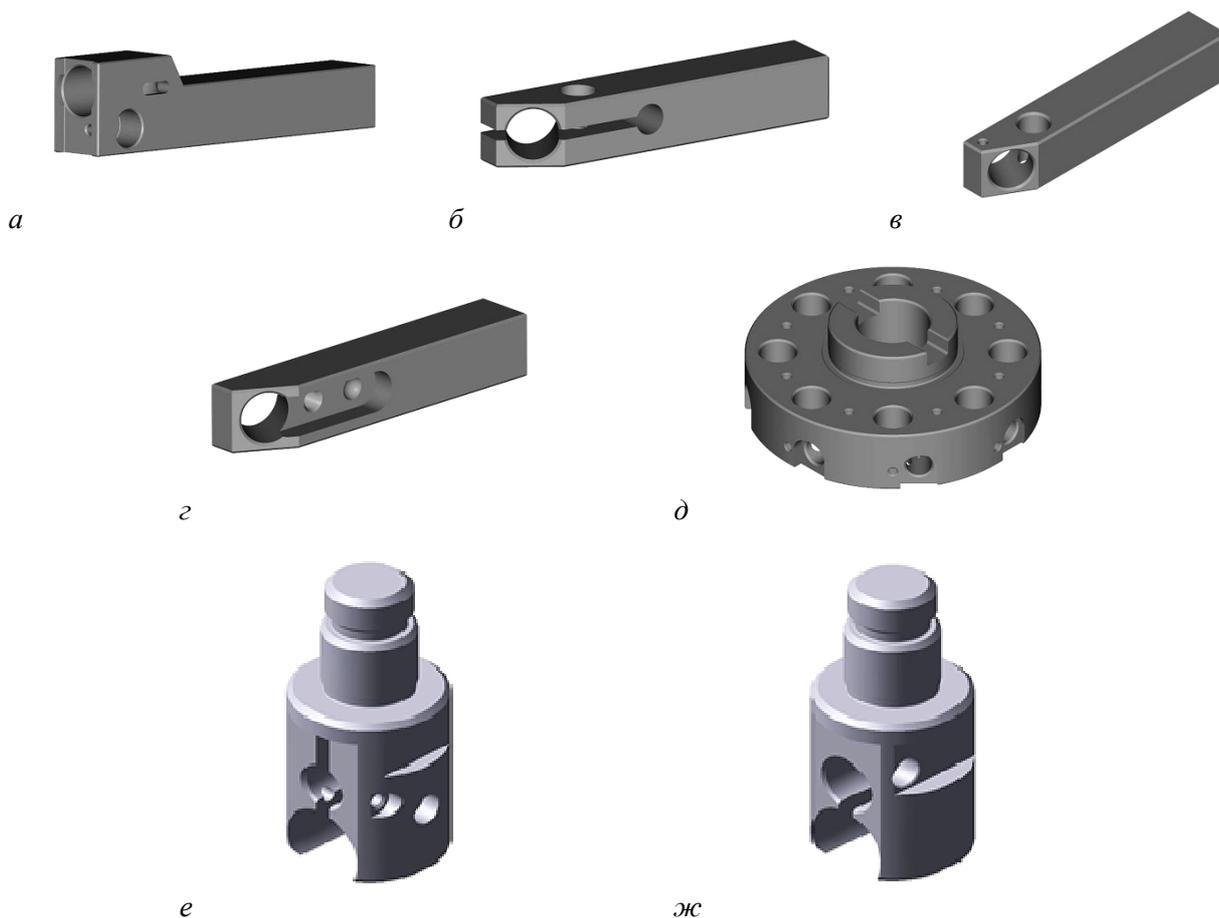
Кроме технологической схемы сборки торцовой фрезы разработана технологическая схема сборки расточной головки (рисунок 2.38).

Технологическая схема включает сборку блока резцового по схеме (см. рисунок 2.35); блок резцовый вставляется в ползун с механизмом микрометрической регулировки; ползун в свою очередь монтируется в модуле корпусном с возможностью установки на требуемый размер.

Особенностью конструкции торцовой фрезы, схема которой представлена на рисунке 2.39, является использование корпусного модуля 1 «обтекаемой» формы с улучшенными аэрогидродинамическими свойствами и балансирующим модулем 4 для высокоскоростной обработки.

Конструктивные элементы данной торцовой фрезы: модуль корпусной, блок резцовый, модуль зажимной печатаются на 3D-принтере, а затем собираются по вышеописанной схеме традиционными методами. При этом модуль корпусной может быть синтезирован из высокопрочного пластика, титанового или силуминового сплавов, а блоки резцовые изготовлены из традиционных материалов, т.е. конструкция БМРИ может быть гибридной для уменьшения веса и габаритов.

После выбора всех составляющих: пластины режущей, модуля зажимного, блока резцового, корпусного модуля, программа проектирования в автоматическом режиме без участия пользователя в соответствии с предложенной технологической схемой сборки осуществляет проектирование блочно-модульного режущего инструмента.



***a* – токарный проходной резец; *б-г* – токарный расточной резец;  
*д* – фреза торцовая; *е, ж* – головка расточная однолезвийная**

**Рисунок 2.36. – Модули корпусные различных типов режущих инструментов**

КОРПУС	1	БЛОК РЕЗЦОВЫЙ	12	ПЛАНКА	12	ВИНТ	12	ФЛАНЕЦ	1	ВИНТ	12	ВИНТ ГОСТ 11738	12	ШАЙБА	12	ФРЕЗА	1
				ЗАЖИМ	12	РЕГУЛЯТОР	12										

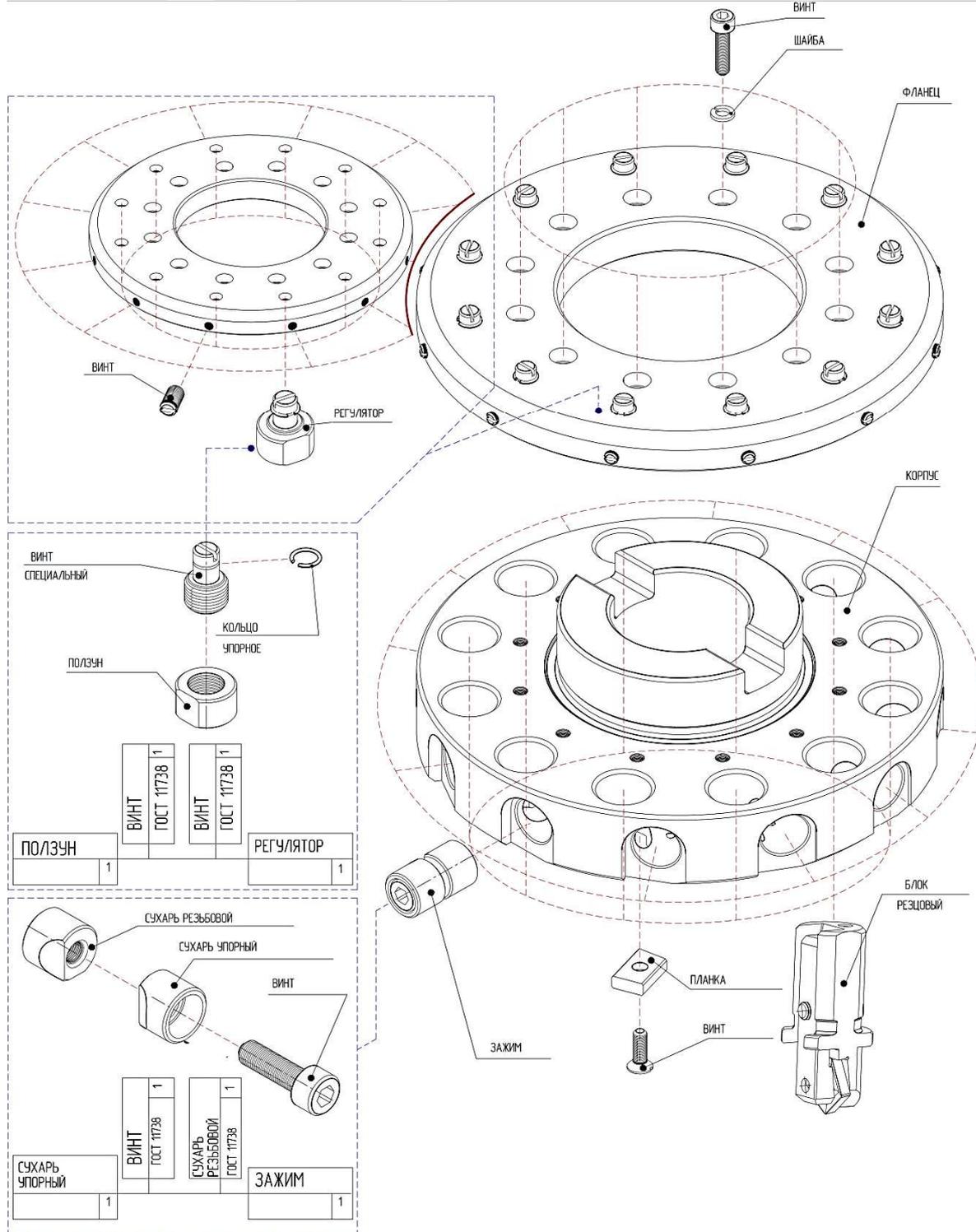


Рисунок 2.37. – Технологическая схема сборки фрезы торцовой

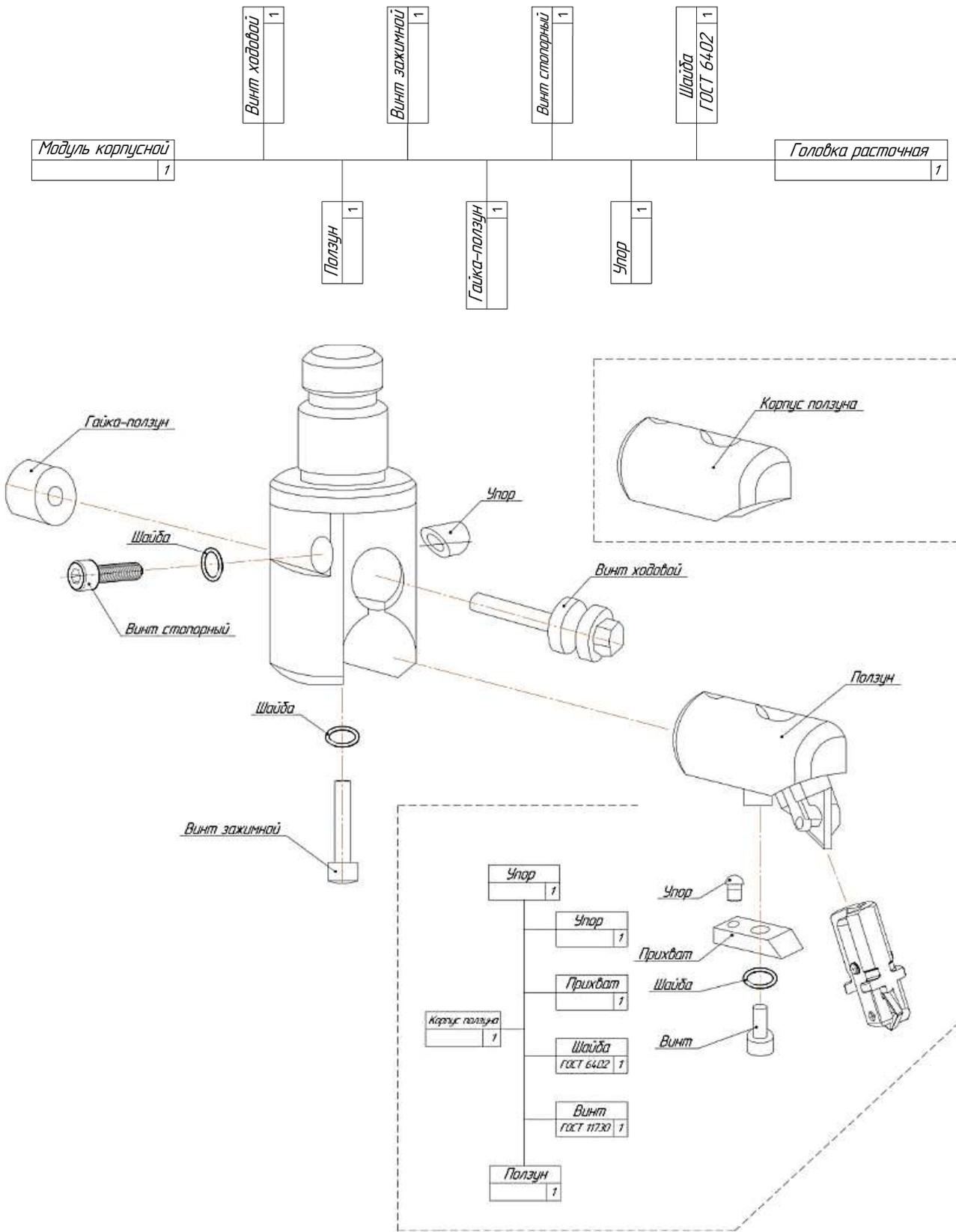
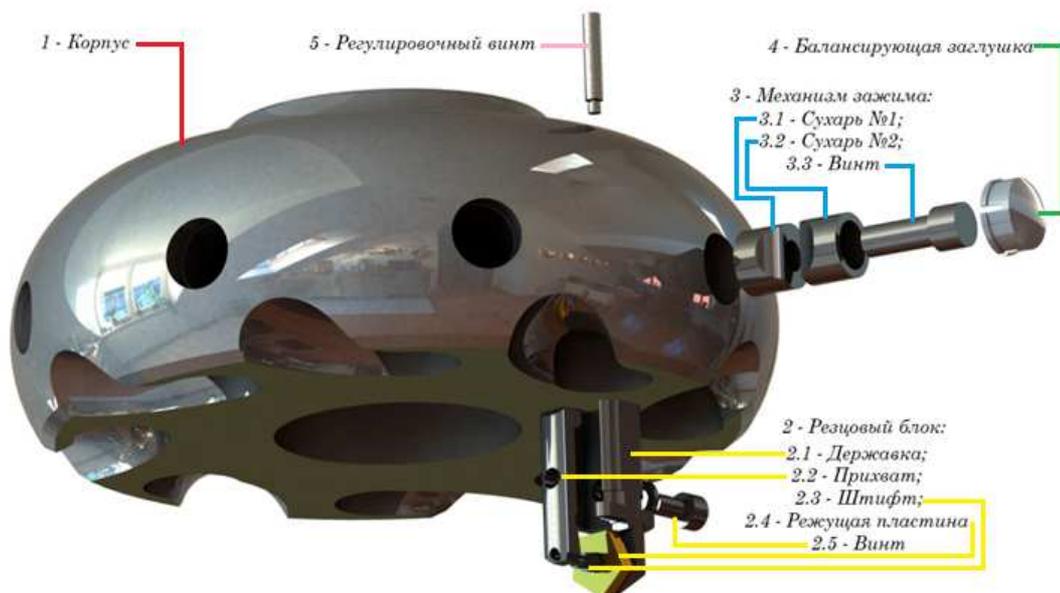


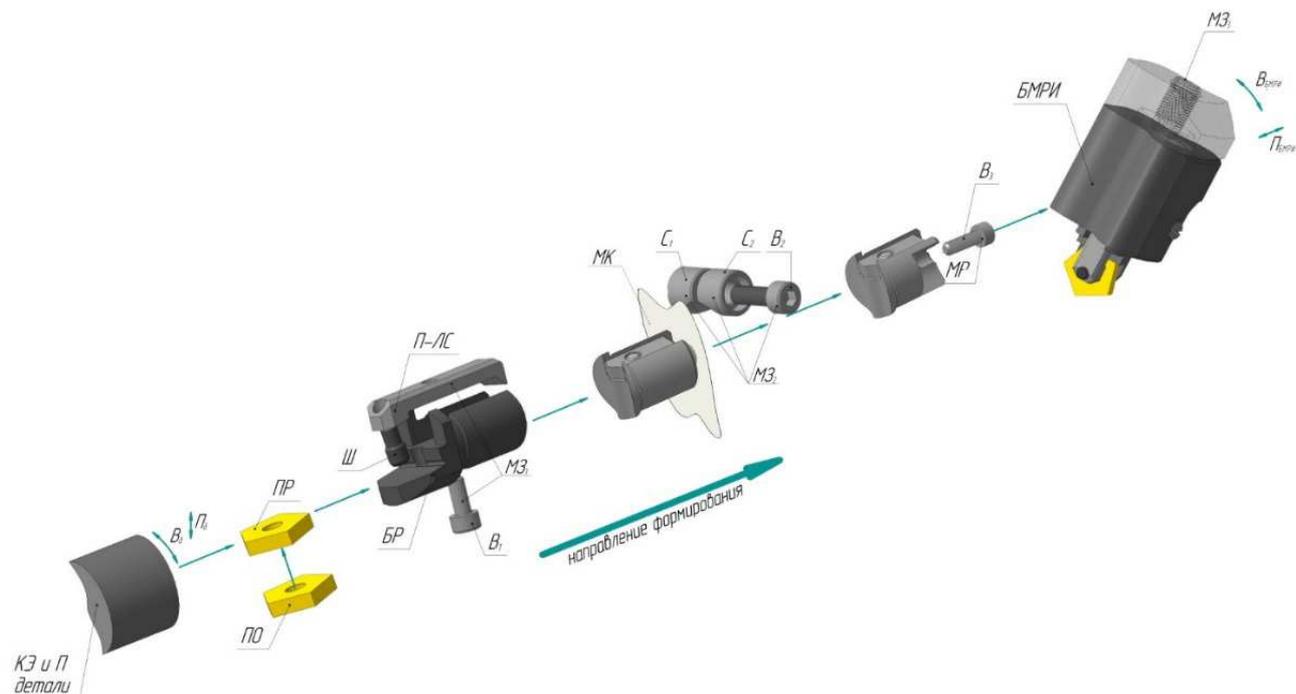
Рисунок 2.38. – Технологическая схема сборки головки расточной



1– корпус; 2– блок резцовый; 3 – механизм зажима;  
4 – заглушка балансирующая; 5 – винт регулировочный

Рисунок 2.39. – Фреза торцовая обтекаемая

Обобщенная схема формирования блочно-модульного режущего инструмента представлена на рисунке 2.40.



КЭ – конструктивный элемент; П – поверхность; Пд и Вд – поступательное и вращательное движения детали; ПР – пластина режущая; ПО – пластина опорная; БР – блок резцовый; Ш – штифт; МЗ1 – модуль зажимной БР; П-ЛС – прихват-ломатель стружки; В1 – винт 1; МК – модуль корпусной; МЗ2 – модуль зажимной БР; С1 и С2 – сухари 1 и 2; В2 – винт 2; МР – модуль регулировочный; В3 – винт В3; МЗ3 – модуль зажимной БМРИ; БМРИ – блочно-модульный режущий инструмент; П<sub>БМРИ</sub> и В<sub>БМРИ</sub> – поступательное и вращательное движения БМРИ

Рисунок 2.40. – Обобщенная схема формирования элементов БМРИ

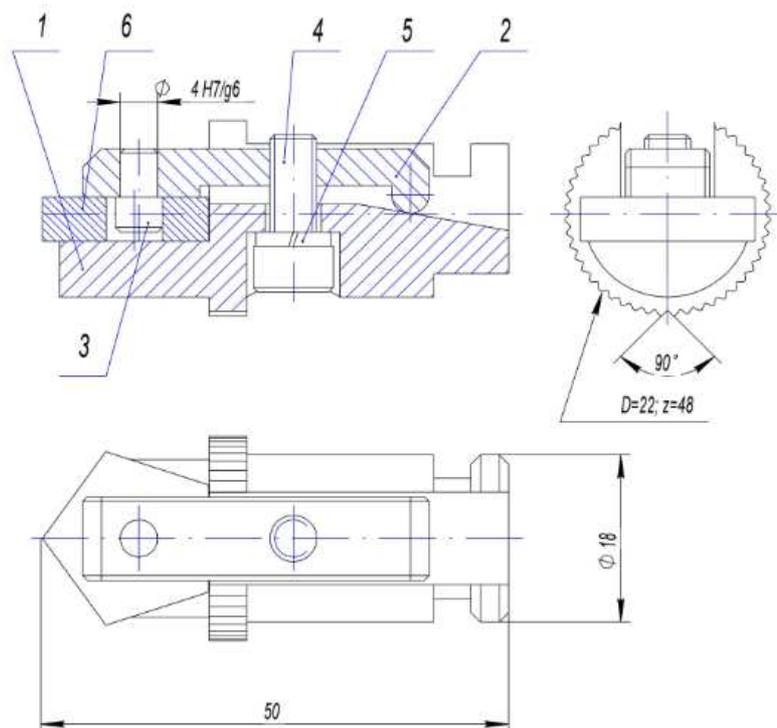
Схема является обобщенной, т.к. она включает последовательную выбор и сборку унифицированных пластин режущих (ПР), пластин опорных (ПО), блоков резцовых (БР), модулей зажимных (МЗ), корпусных (МК), регулировочных (МР), возможно балансировочных (МБ), которые позволяют сформировать различные типы режущих инструментов и обеспечить за счет движений детали и инструмента обработку требуемой поверхности или конструктивного элемента. Эта схема описывается графом формирования с указанием конструктивных и геометрических параметров, составляющих модулей, в котором вершина Г определяет конструктивные элементы БР, МК, МЗ и т.д., ребро Р представляет собой подмножество вершин графа Г, определяющих параметры конструктивных элементов – линейные и угловые размеры и т.п. [13–17].

### Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под конструктивной схемой режущего инструмента?
2. Основные схемы установки режущих пластин в резцовых блоках.
3. Каким образом можно обеспечить требуемое значение угла в плане режущего лезвия.
4. Основные схемы установки блоков резцовых в корпусных модулях различных типов режущих инструментов.
5. Каким образом достигается выборка зазоров в схемах установки блоков резцовых в корпусных модулях?
6. Как осуществляется регулировка и настройка резцового блока в торцовых фрезах?
7. Опишите конструктивные схемы механизмов регулирования в расточных инструментах.
8. Чем отличаются механизмы «грубой» и «тонкой» настройки резцовых блоков в расточных инструментах?
9. В чем отличие конструкции резцовой вставки, используемой в расточном инструменте?
10. Почему в современных станках с ЧПУ используются оправки с конусностью 7:24 (конус В30) и не используется конус Морзе?
11. Что включает в себя система блочно-модульных расточных режущих инструментов?
12. Чем конструкция расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 110–240 мм отличается от конструкции расточной головки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 240–360 мм и почему?
13. Какие элементы может включать в себя станочный модуль?
14. Какие механизмы зажима резцового блока в модуле корпусном Вы знаете? В чем их особенности?
15. Что такое технологическая схема сборки?
16. Опишите технологическую схему сборки блока резцового.
17. Опишите технологическую схему сборки фрезы торцовой.
18. Опишите технологическую схему сборки головки расточной.
19. Что такое аддитивные технологии? Приведите примеры.
20. Какие элементы включает в себя схема формирования обобщенного БМРИ?

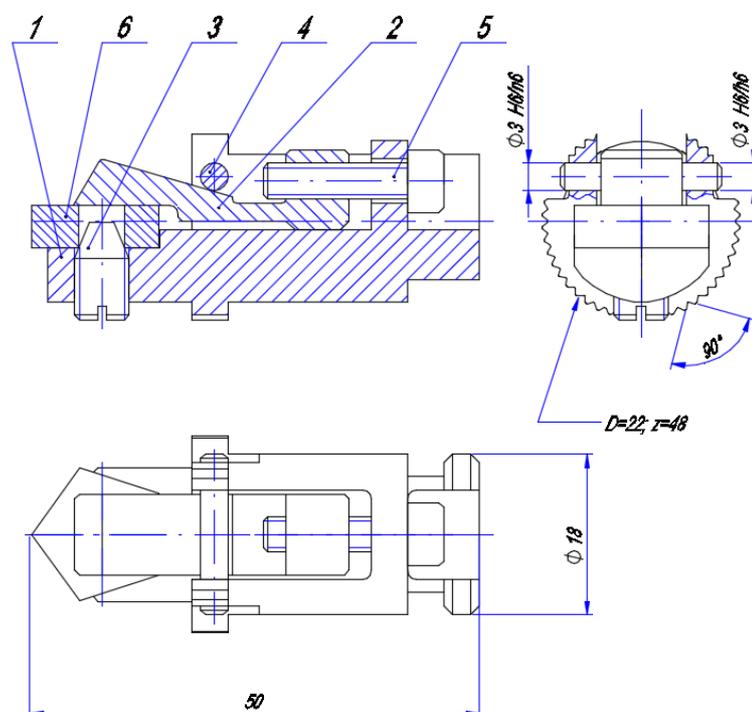
### 3 ЭСКИЗЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

#### 3.1 Блоки резцовые



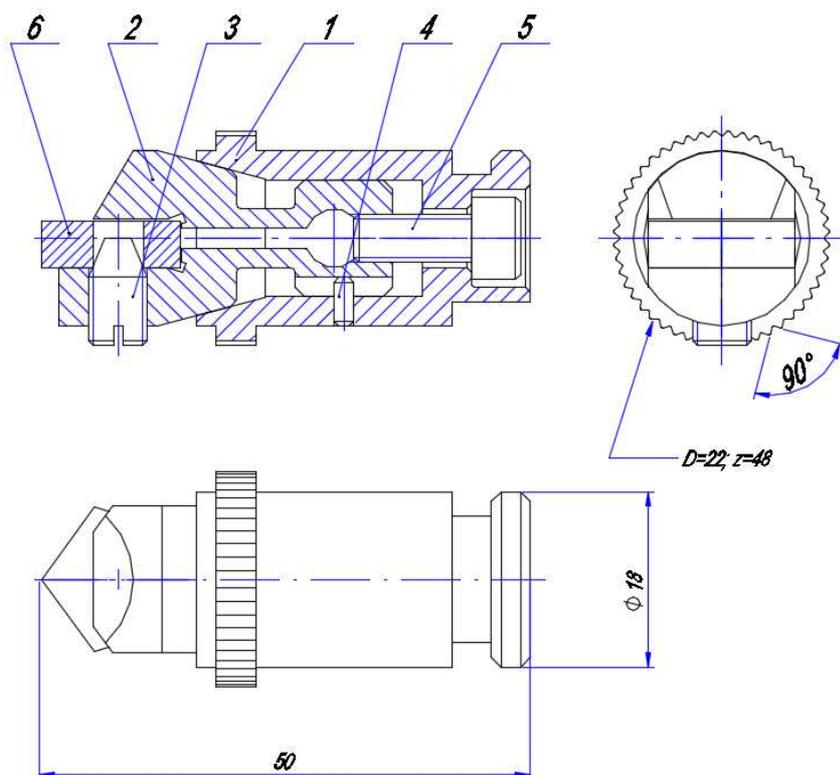
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.1. – Блок резцовый БР 01.00.000



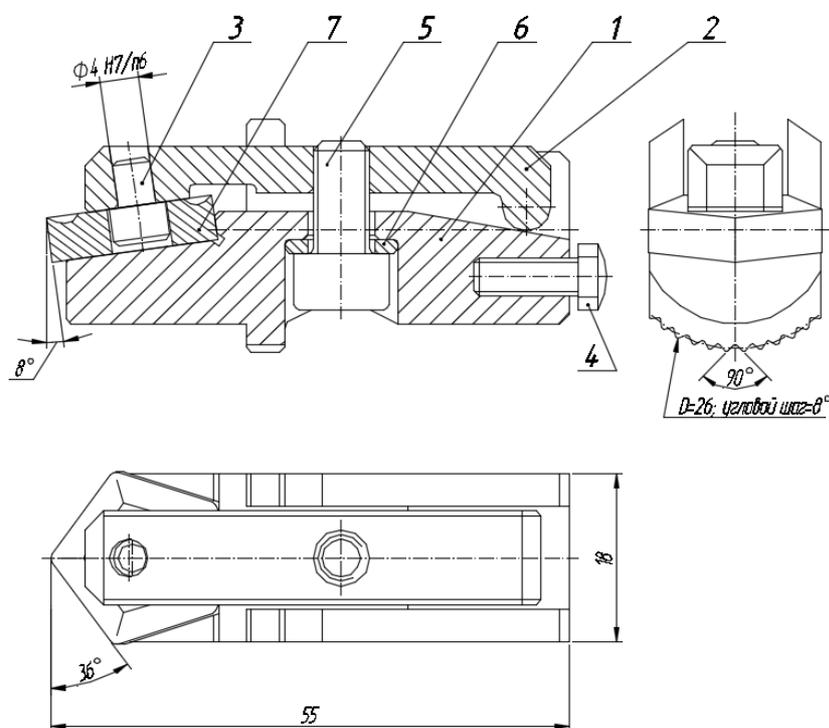
1 – державка; 2 – пружинный зажим; 3 – штифт установочный; 4 – штифт;  
5 – винт; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.2. – Блок резцовый БР 02.00.000



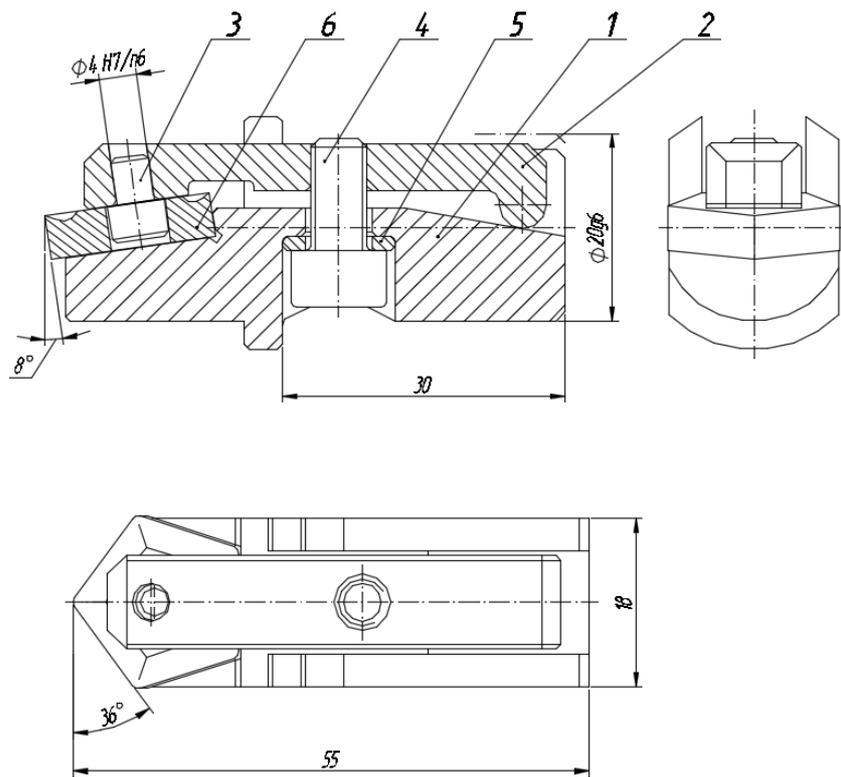
1 – державка; 2 – цанга; 3 – штифт установочный; 4 – штифт установочный;  
5 – винт; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.3. – Блок резцовый БР 03.00.00



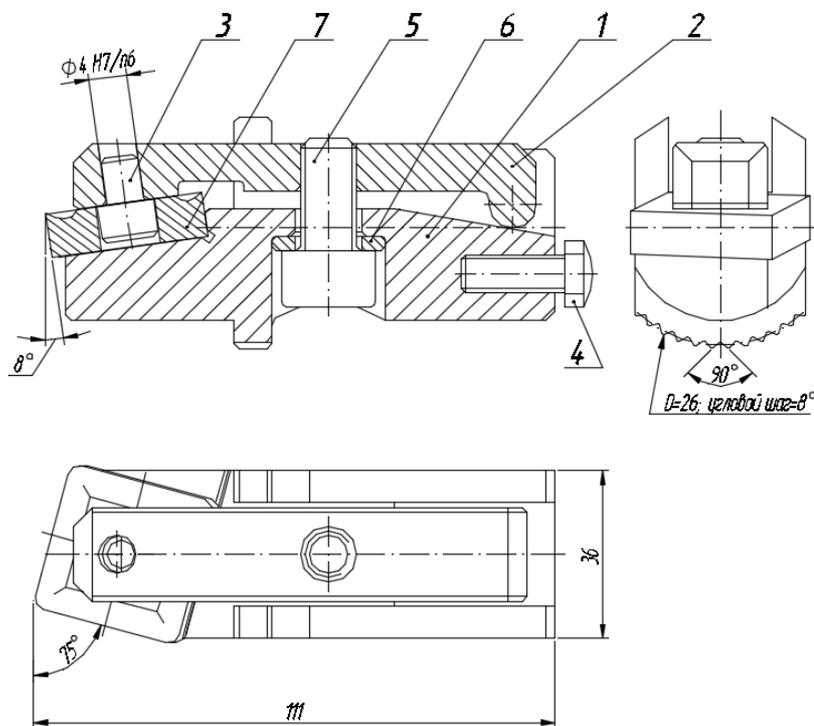
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт регулировочный;  
5 – винт; 6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.4. – Блок резцовый БР 11-1.00.000



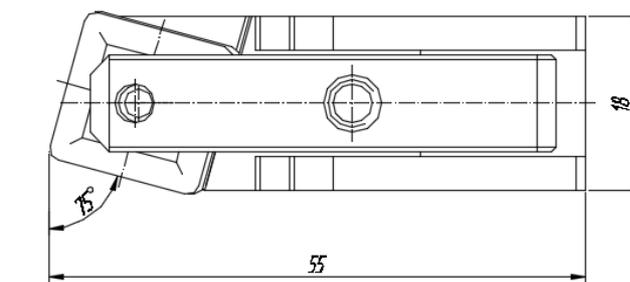
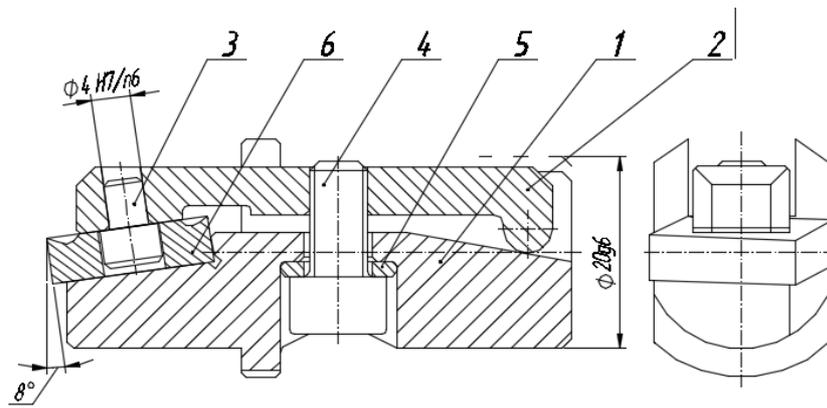
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.5. – Блок резцовый БР 11-1i2.00.000



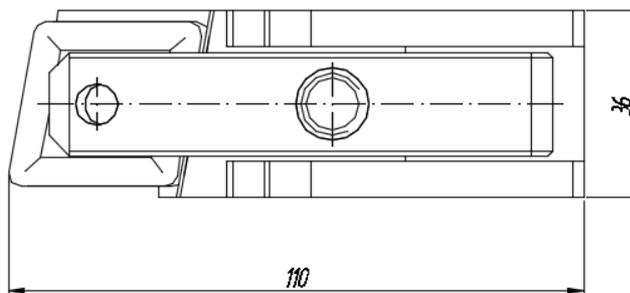
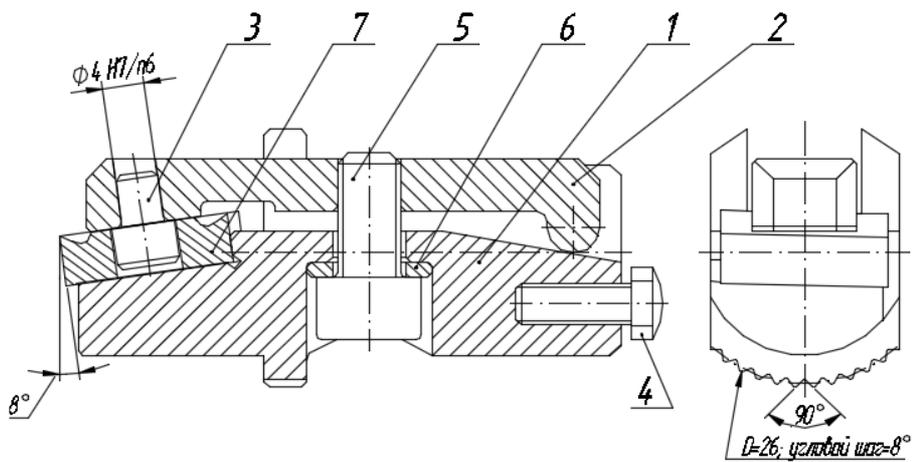
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт регулировочный;  
5 – винт; 6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.6. – Блок резцовый БР 11-2.00.000



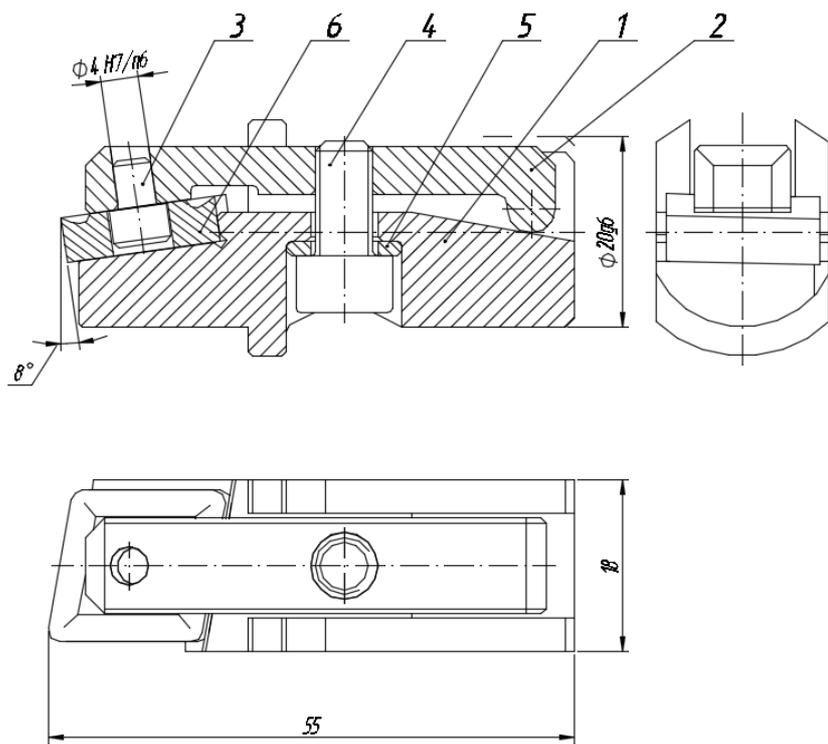
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.7. – Блок резцовый БР 11-2i2.00.000



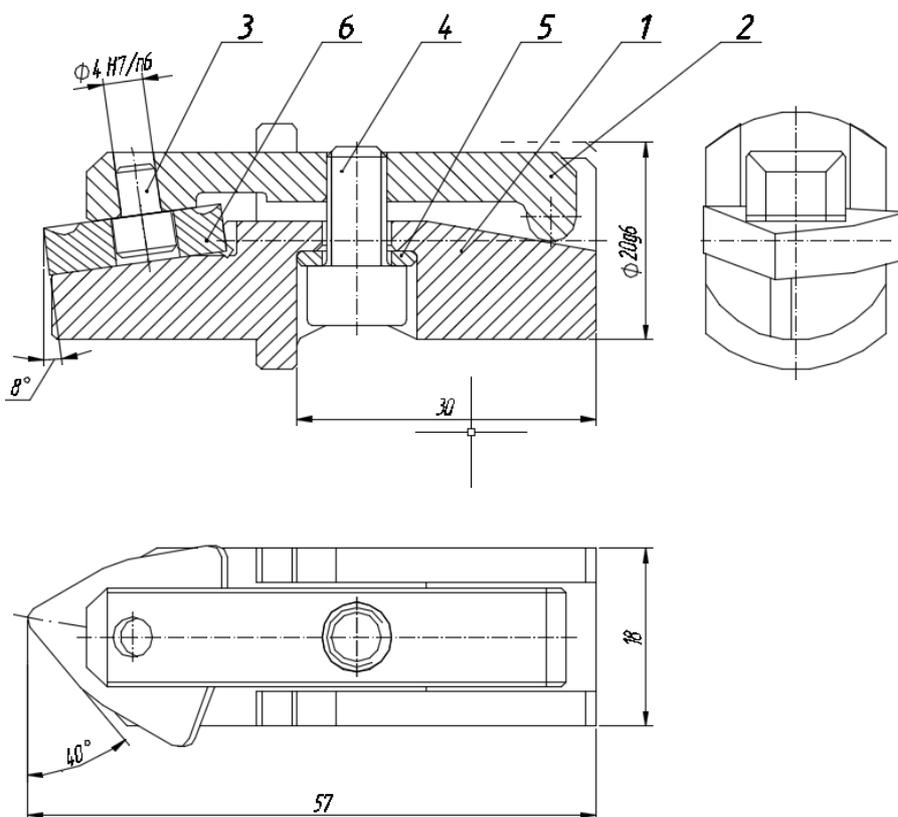
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт регулировочный;  
5 – винт; 6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.8. – Блок резцовый БР 11-3.00.000



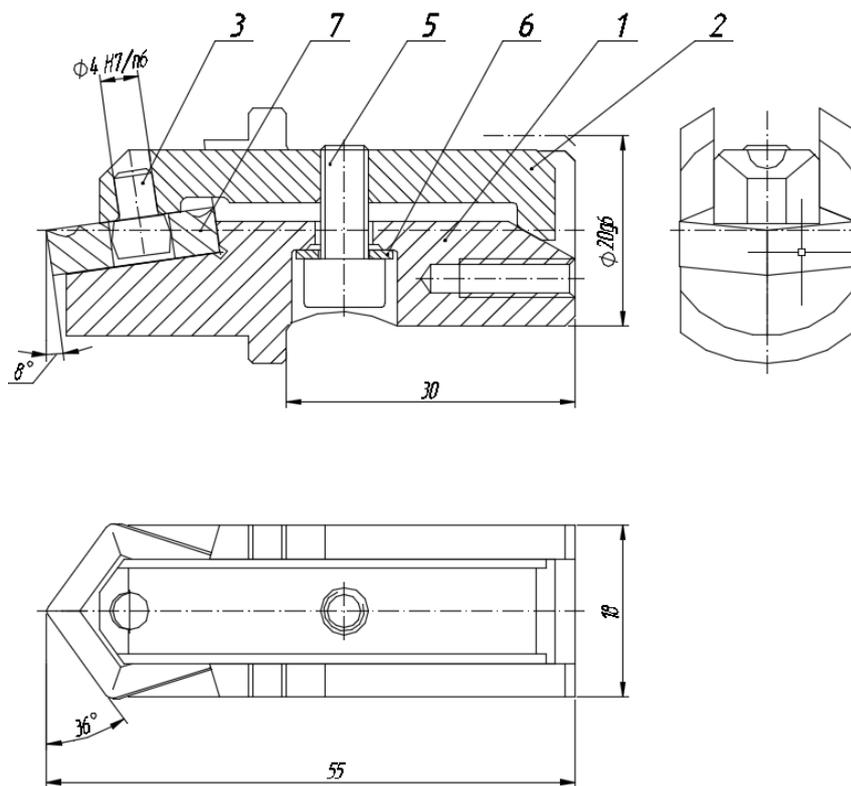
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.9. – Блок резцовый БР 11-3i2.00.000



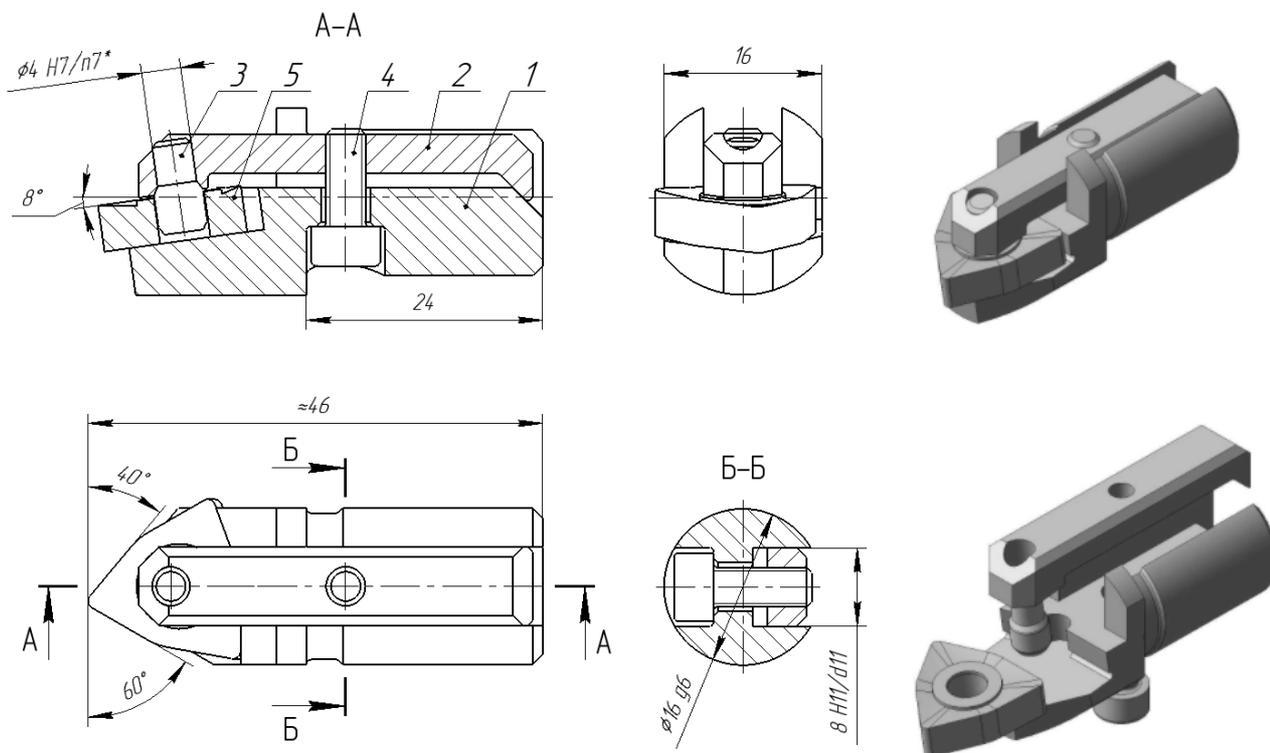
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.10. – Блок резцовый БР 11-4i2.00.000



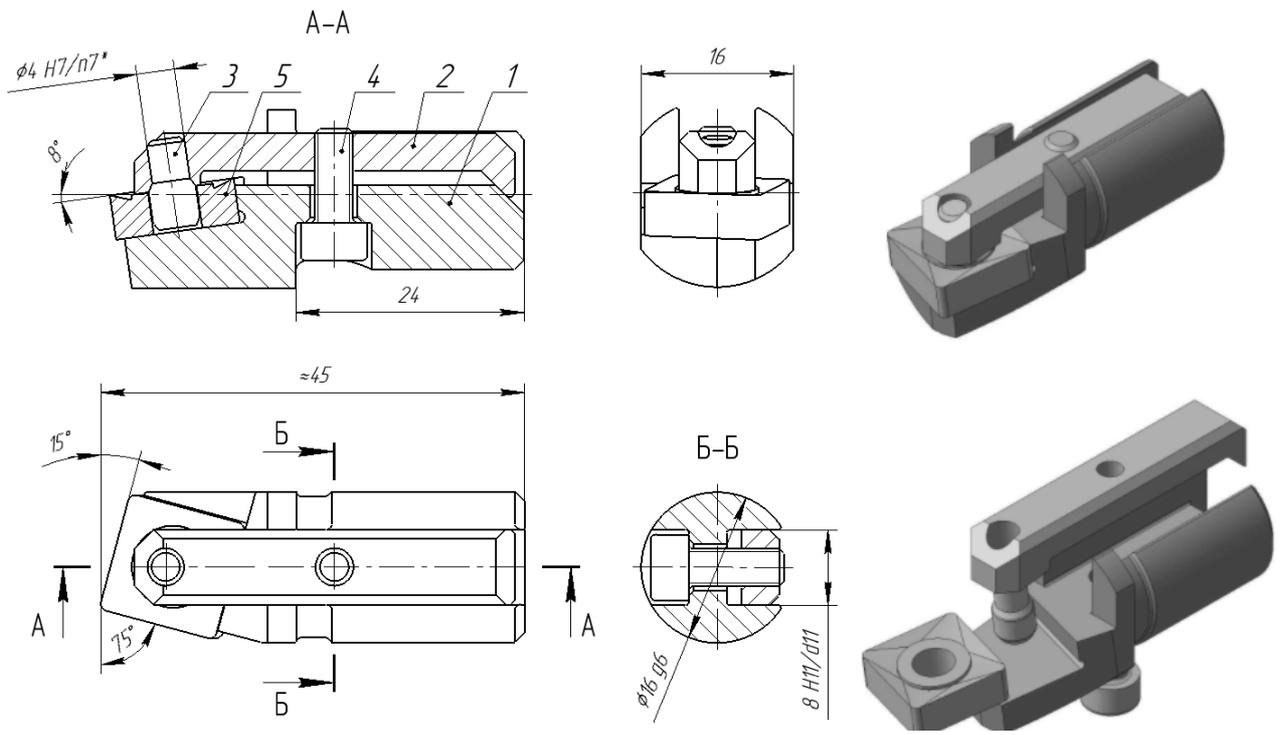
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 5 – винт;  
6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.11. – Блок резцовый БР.12.00.000



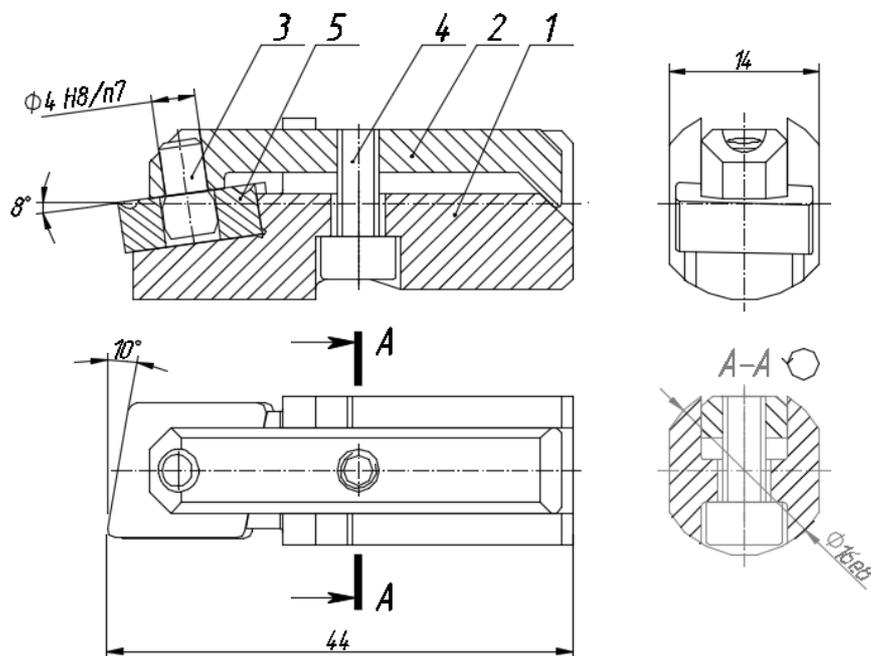
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – пластина режущая

Рисунок 3.12. – Блок резцовый БР.M12-02-1.00.000



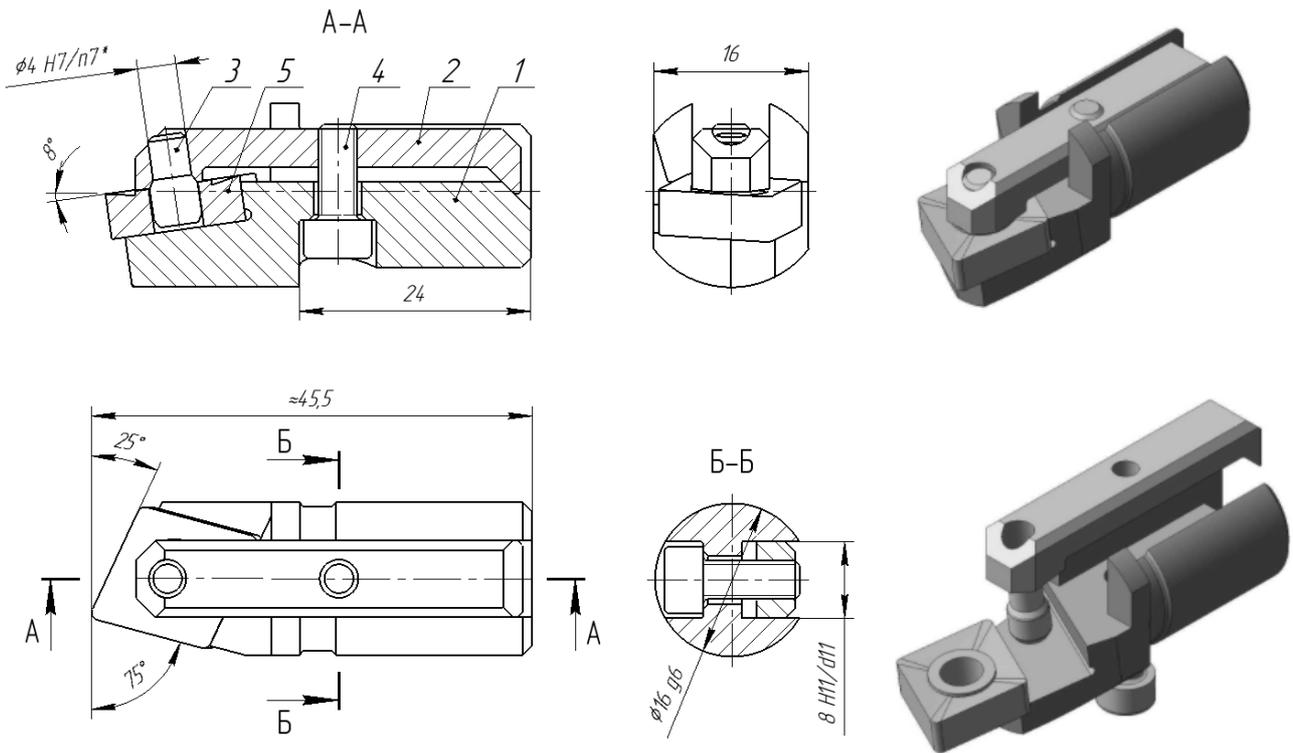
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – пластина режущая

Рисунок 3.13. – Блок резцовый БР.М12-03-2.00.000



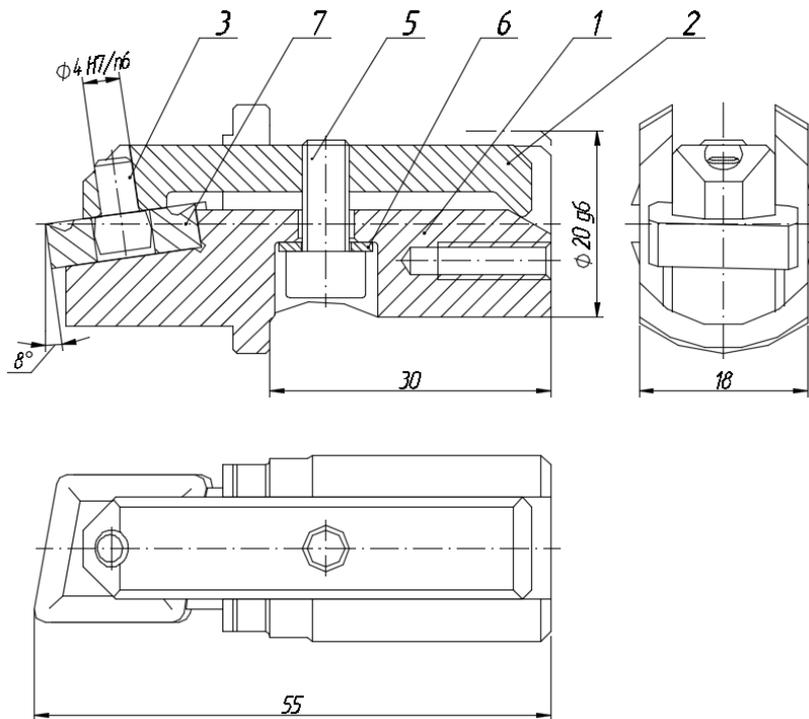
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – пластина режущая

Рисунок 3.14. – Блок резцовый БР.М12-05.00.000



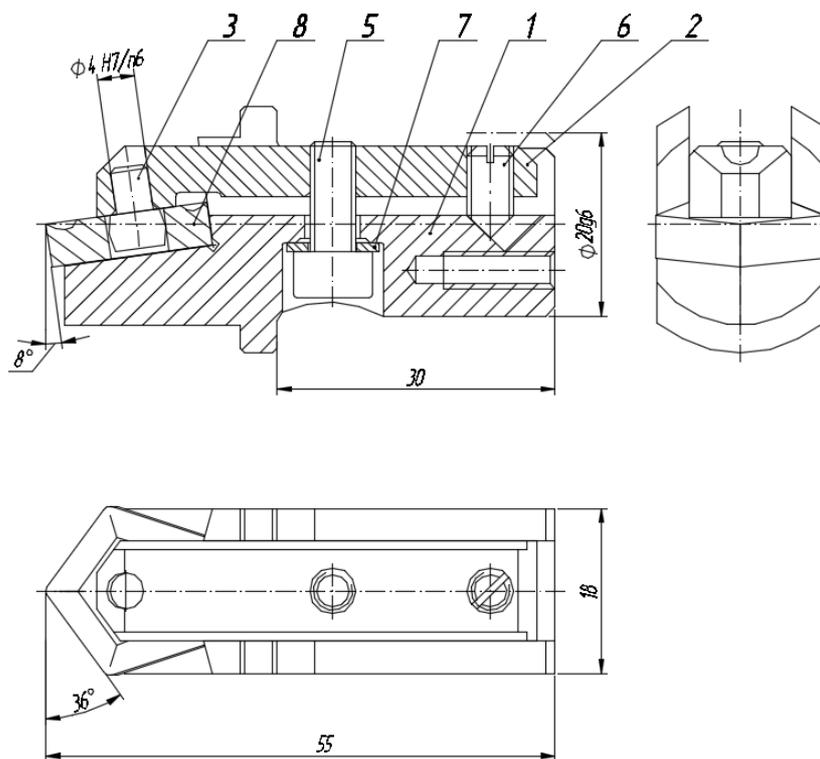
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 4 – винт;  
5 – пластина режущая

Рисунок 3.15. – Блок резцовый БР.М12-05-2.00.000



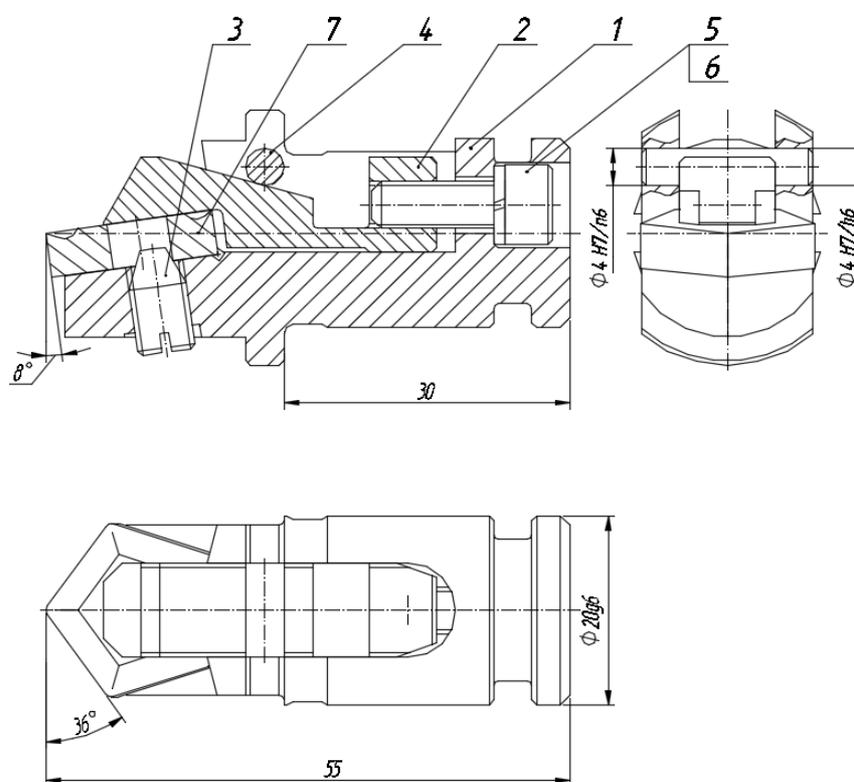
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 5 – винт;  
6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.16. – Блок резцовый БР.12-3.00.000



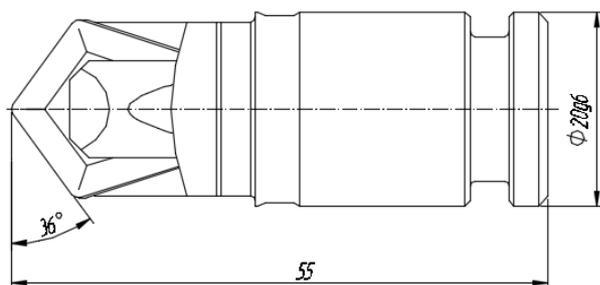
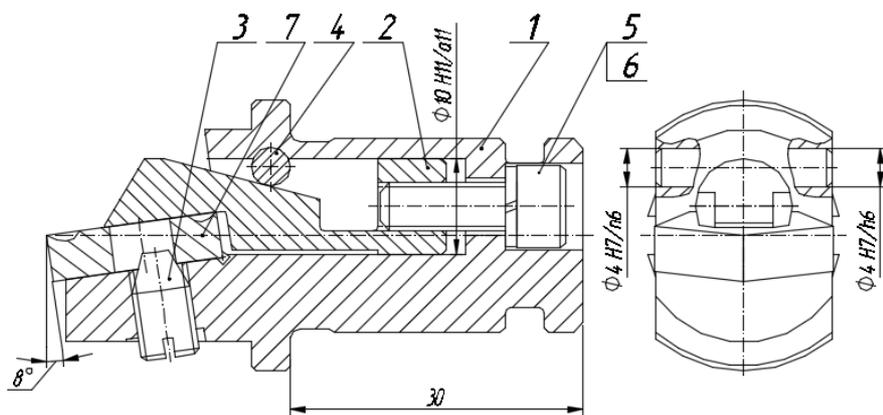
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт установочный; 5 – винт;  
6 – винт; 7 – шайба; 8 – пластина режущая

Рисунок 3.17. – Блок резцовый БР.13.00.000



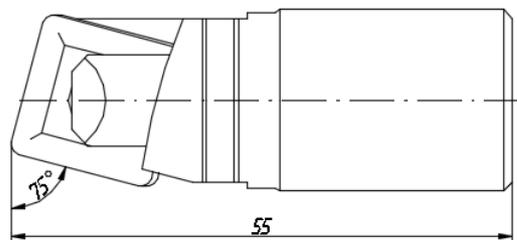
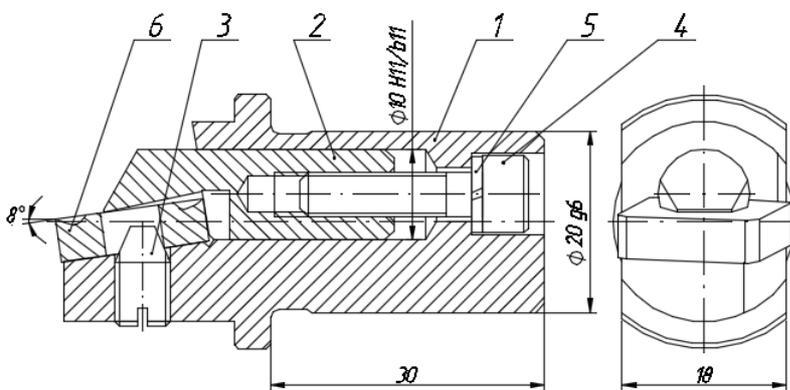
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт резьбовой; 4 – штифт;  
5 – винт; 6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.18. – Блок резцовый БР.21.00.000



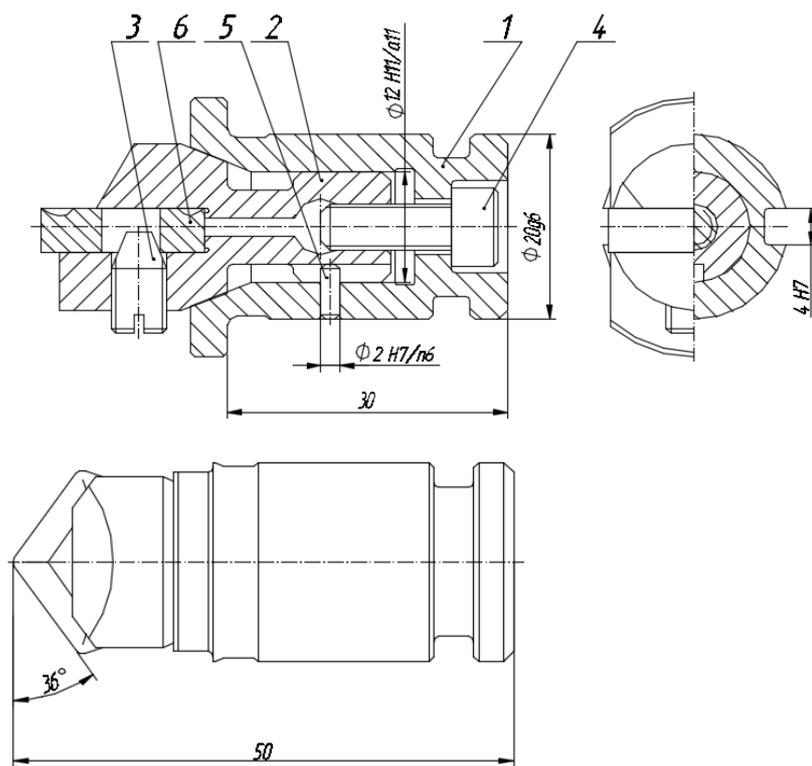
1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт резьбовой; 4 – штифт;  
5 – винт; 6 – шайба; 7 – пластина режущая

Рисунок 3.19. – Блок резцовый БР.22.00.000



1 – державка; 2 – прихват; 3 – штифт резьбовой; 4 – винт;  
5 – шайба; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.20. – Блок резцовый БР.23-03.00.000

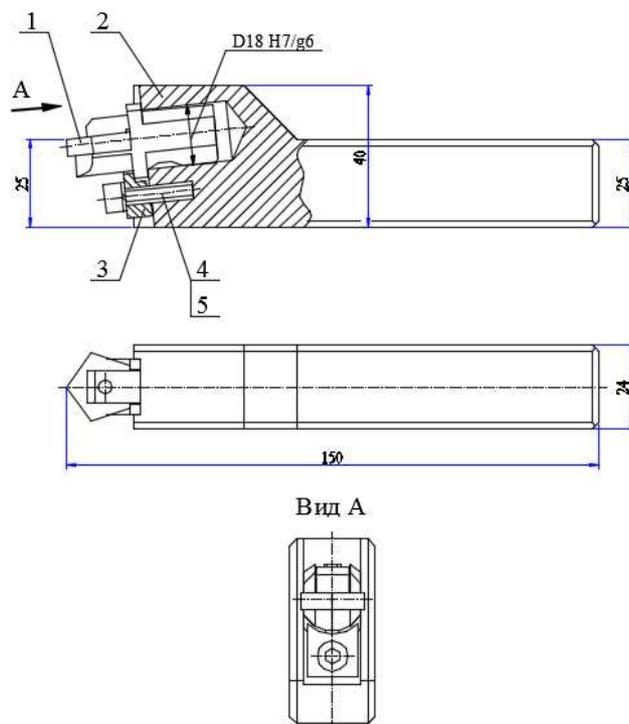


1 – державка; 2 – цанга; 3 – штифт резьбовой; 4 – винт;  
5 – штифт; 6 – пластина режущая

Рисунок 3.21. – Блок резцовый БР.31.00.000

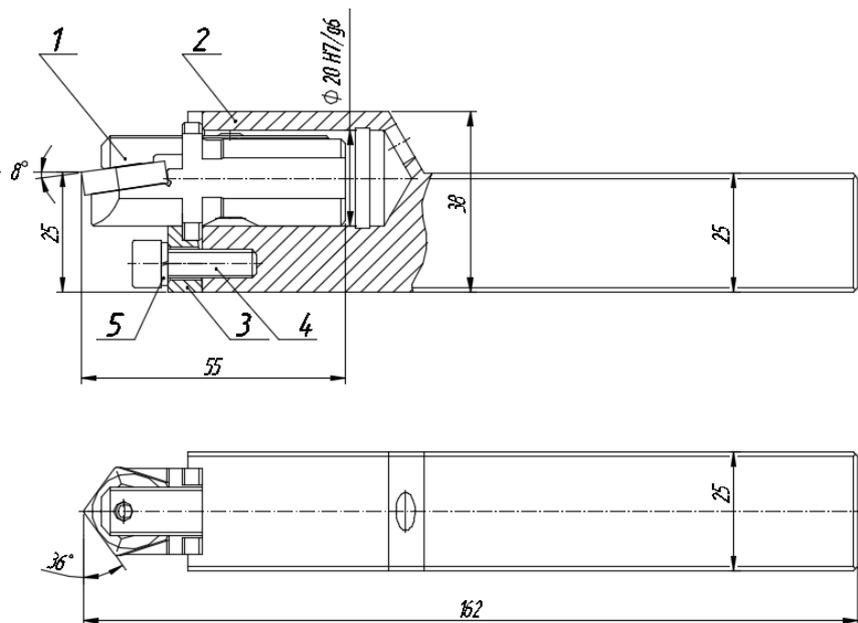
### 3.2 Резцы токарные

#### 3.2.1 Резцы токарные проходные



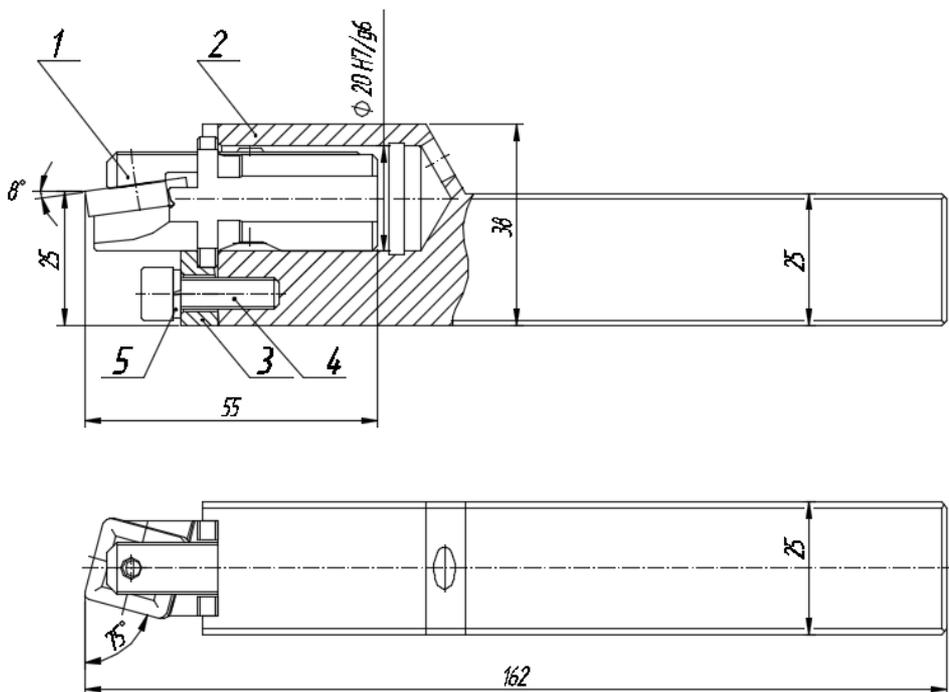
1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – планка прижимная;  
4 – винт; 5 – шайба

Рисунок 3.22. – Резец проходной РПТ. 01.00. 000



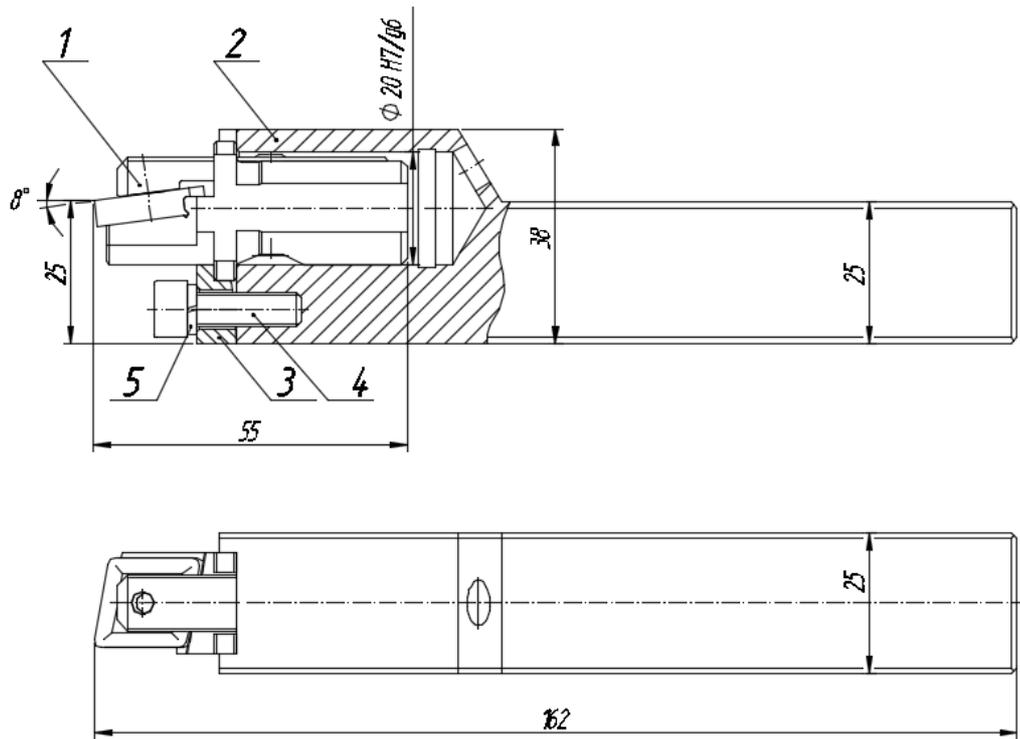
1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – прихват; 4 – винт;  
5 – шайба

Рисунок 3.23. – Резец проходной РПТ.03-1.00.000



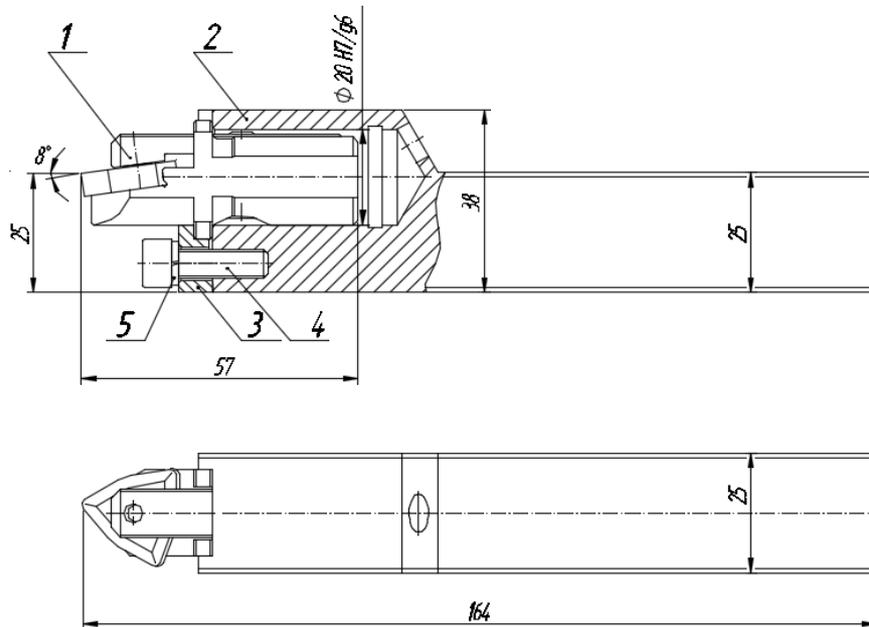
1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – прихват; 4 – винт;  
5 – шайба

Рисунок 3.24. – Резец проходной РПТ.03-2.00.000



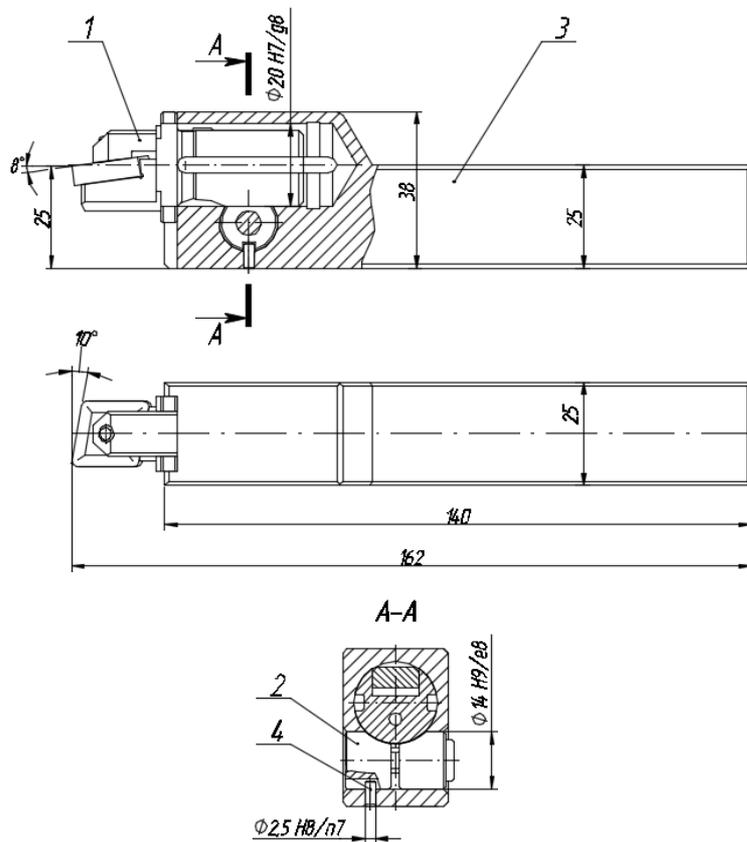
1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – прихват;  
4 – винт; 5 – шайба

Рисунок 3.25. – Резец проходной РПТ.03-3.00.000



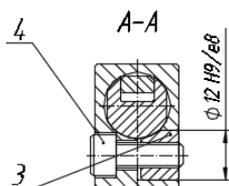
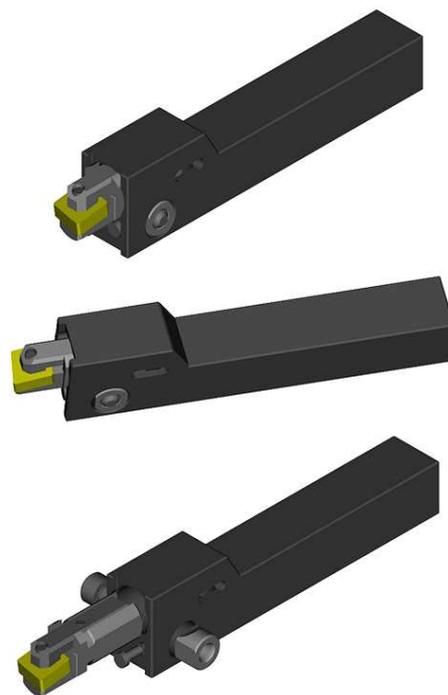
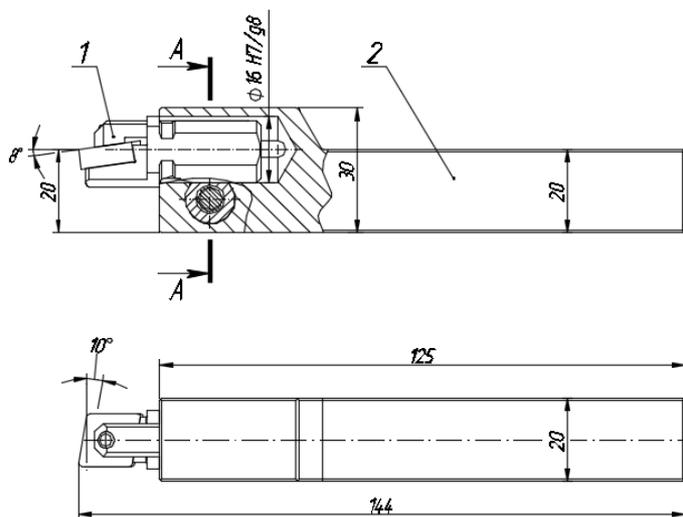
1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – прихват;  
4 – винт; 5 – шайба

Рисунок 3.26. – Резец проходной РПТ.03-4.00.000



1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – державка; 4 – штифт

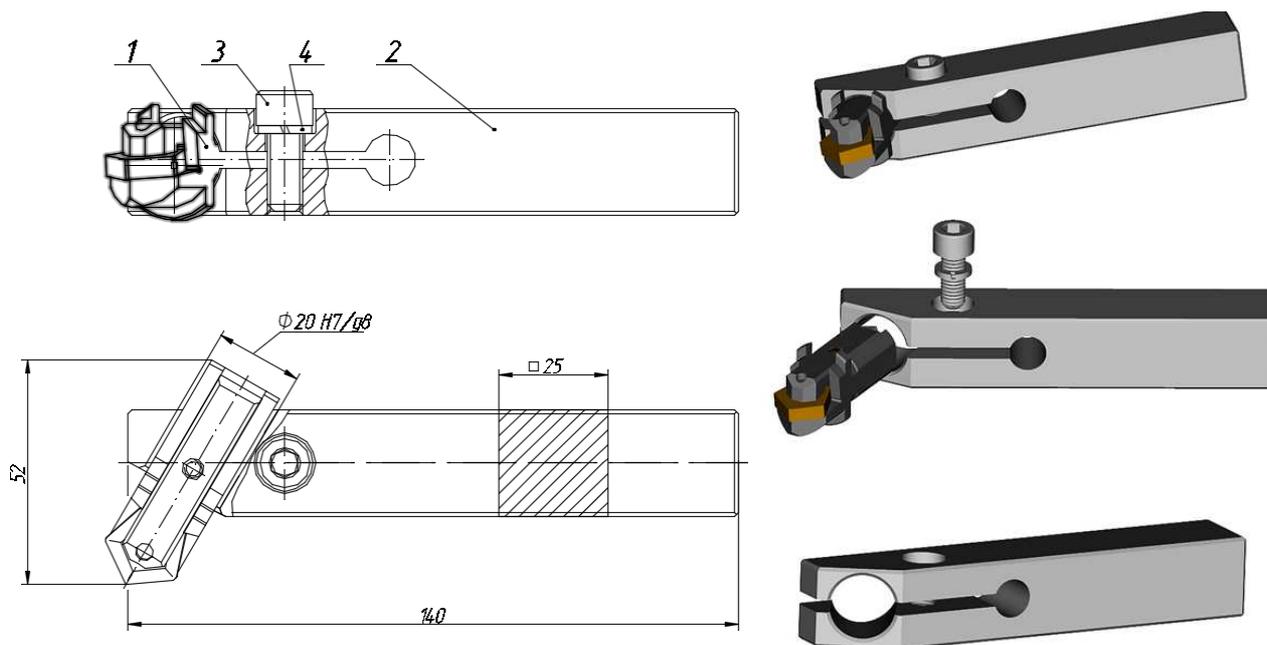
Рисунок 3.27. – Резец проходной РПТ.04-3.00.000



1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – сухарь резьбовой; 4 – винт

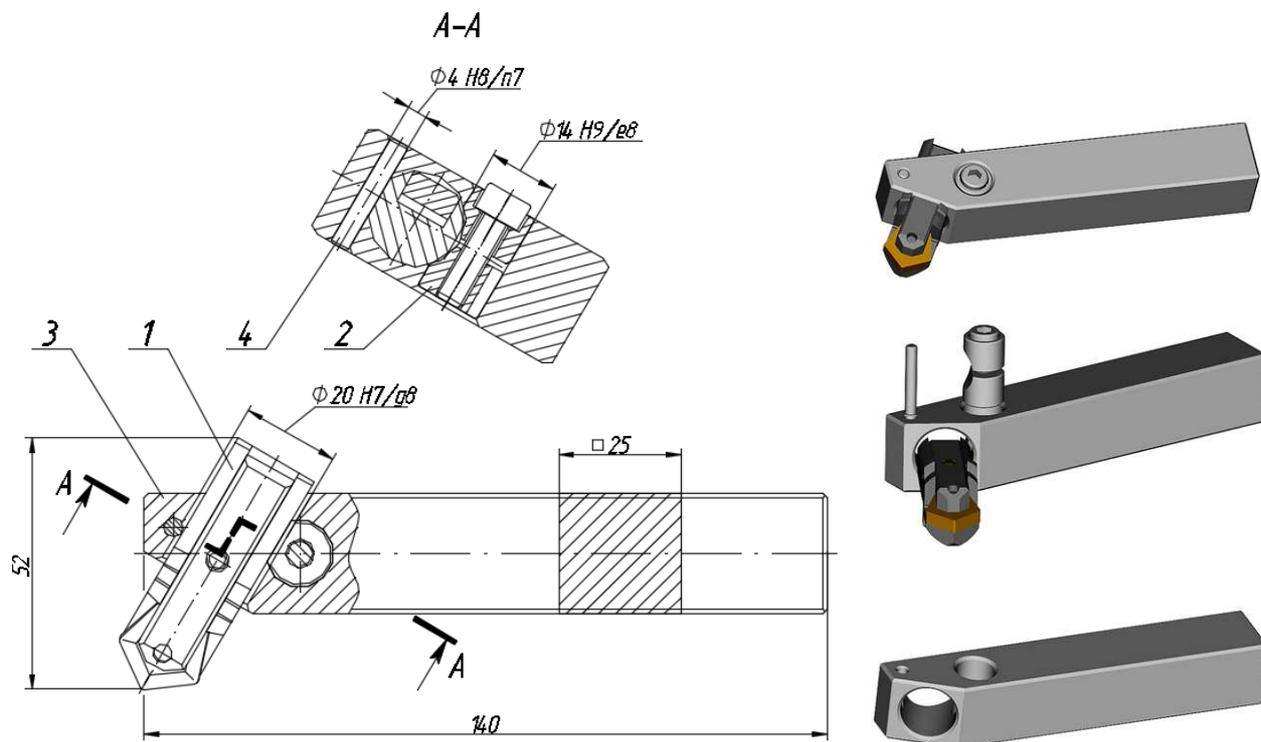
Рисунок 3.28. – Резец проходной РПТ.16-05.00.000

### 3.2.2 Резцы токарные расточные



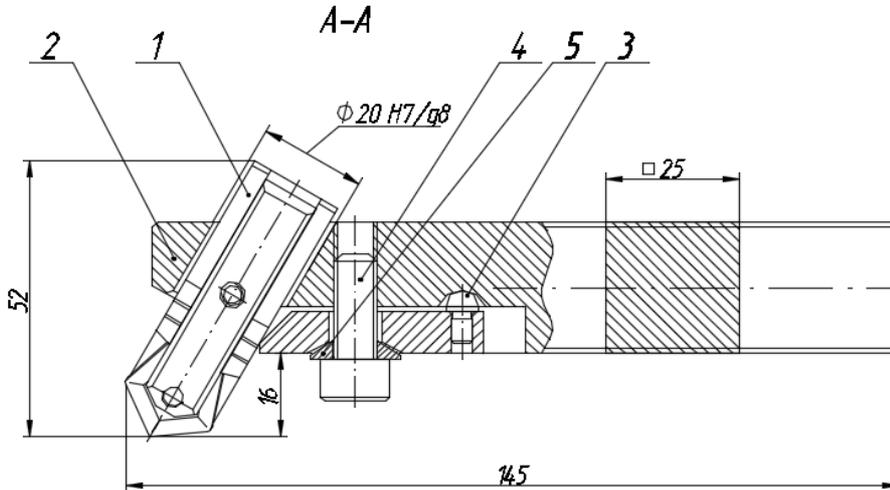
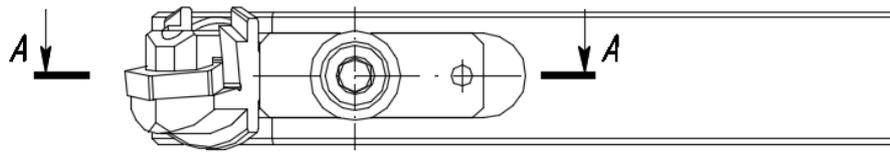
1 – блок резцовый; 2 – модуль корпусной; 3 – винт; 4 – шайба

Рисунок 3.29. – Резец расточной PPT.01.00.000



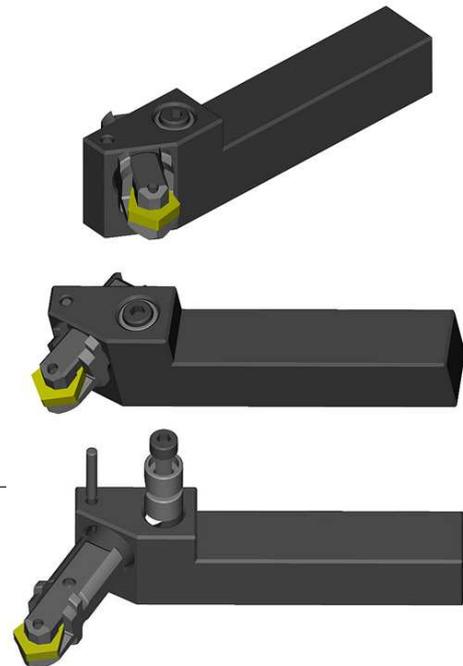
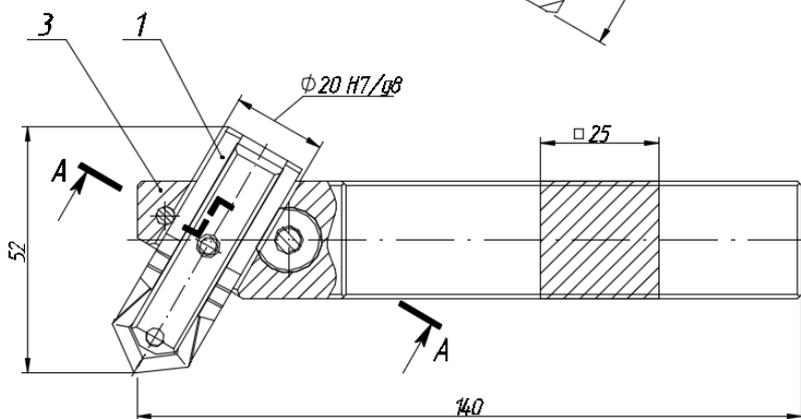
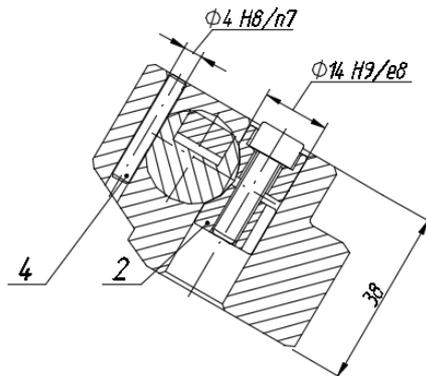
1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – модуль корпусной; 4 – штифт

Рисунок 3.30. – Резец расточной PPT.02.00.000



1 – блок резцовый; 2 – державка; 3 – упор; 4 – винт; 5 – шайба

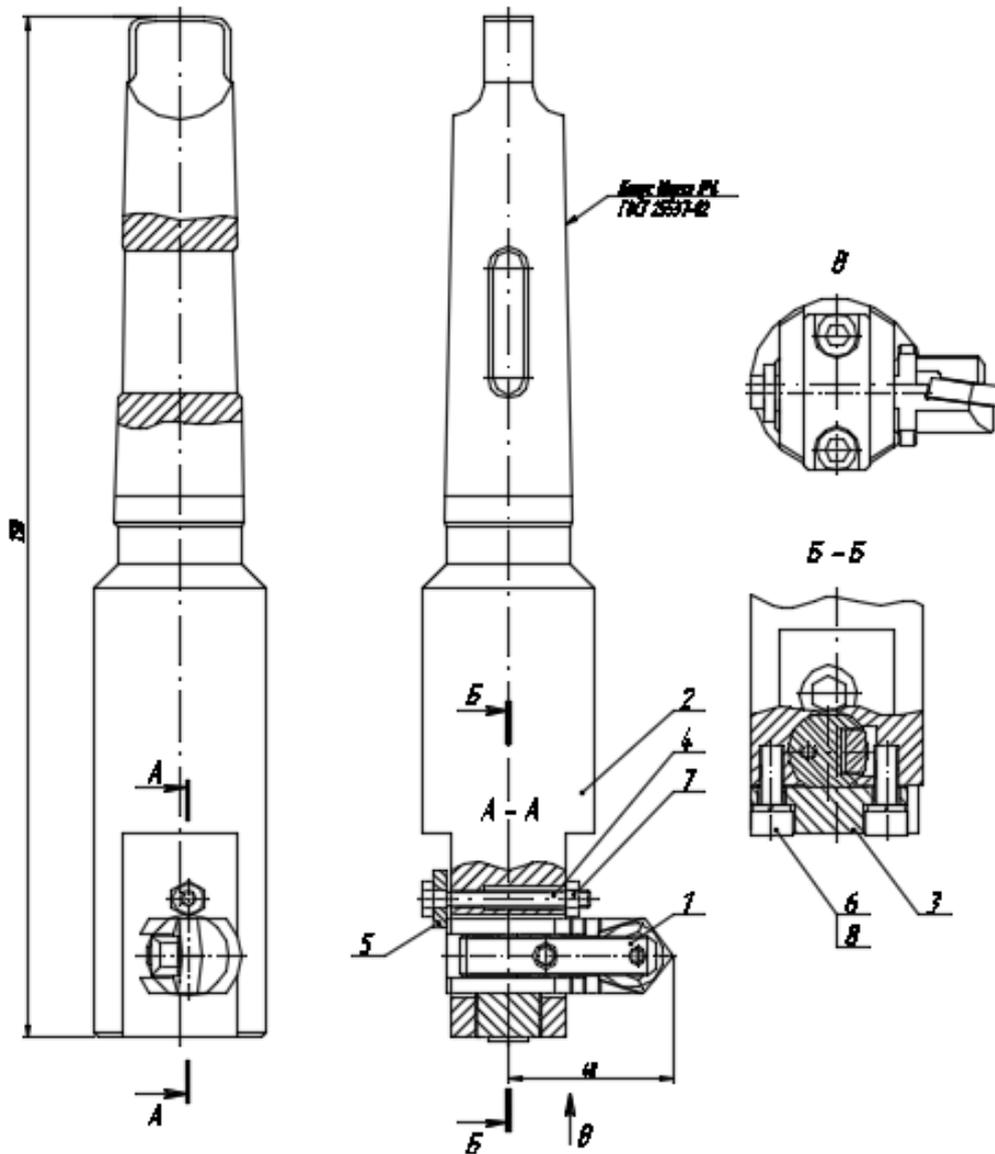
Рисунок 3.31. – Резец расточной РРТ.03.00.000



1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – модуль корпусной; 4 – штифт

Рисунок 3.32. – Резец расточной РРТ.04.00.000

### 3.3 Головки расточные



1 – блок резцовый; 2 – модуль корпусной; 3 – планка; 4 – болт;  
5 – шайба; 6 – винт; 7 – гайка; 8 – шайба

Рисунок 3.33. – Головка расточная ГР.01.00.000

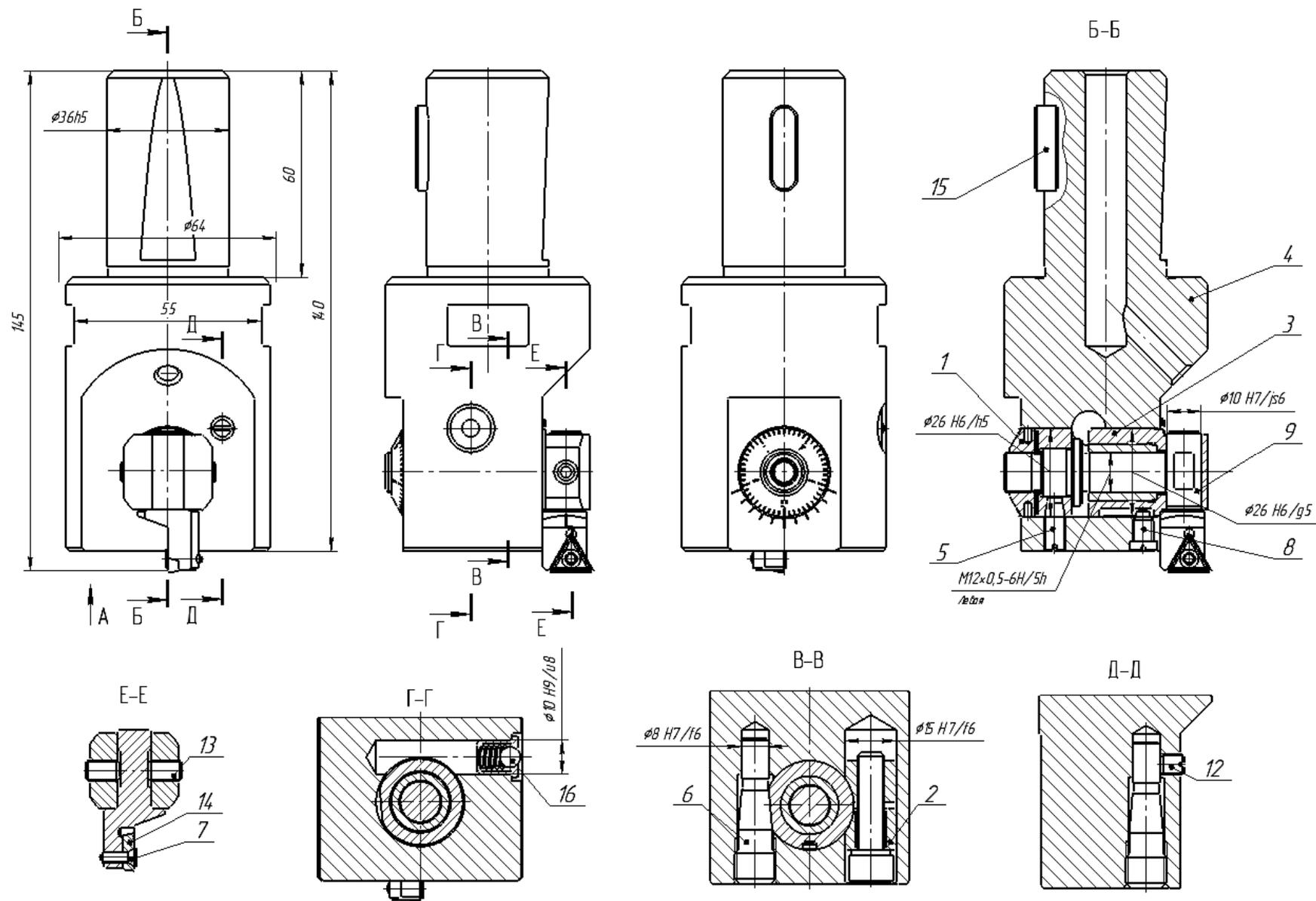
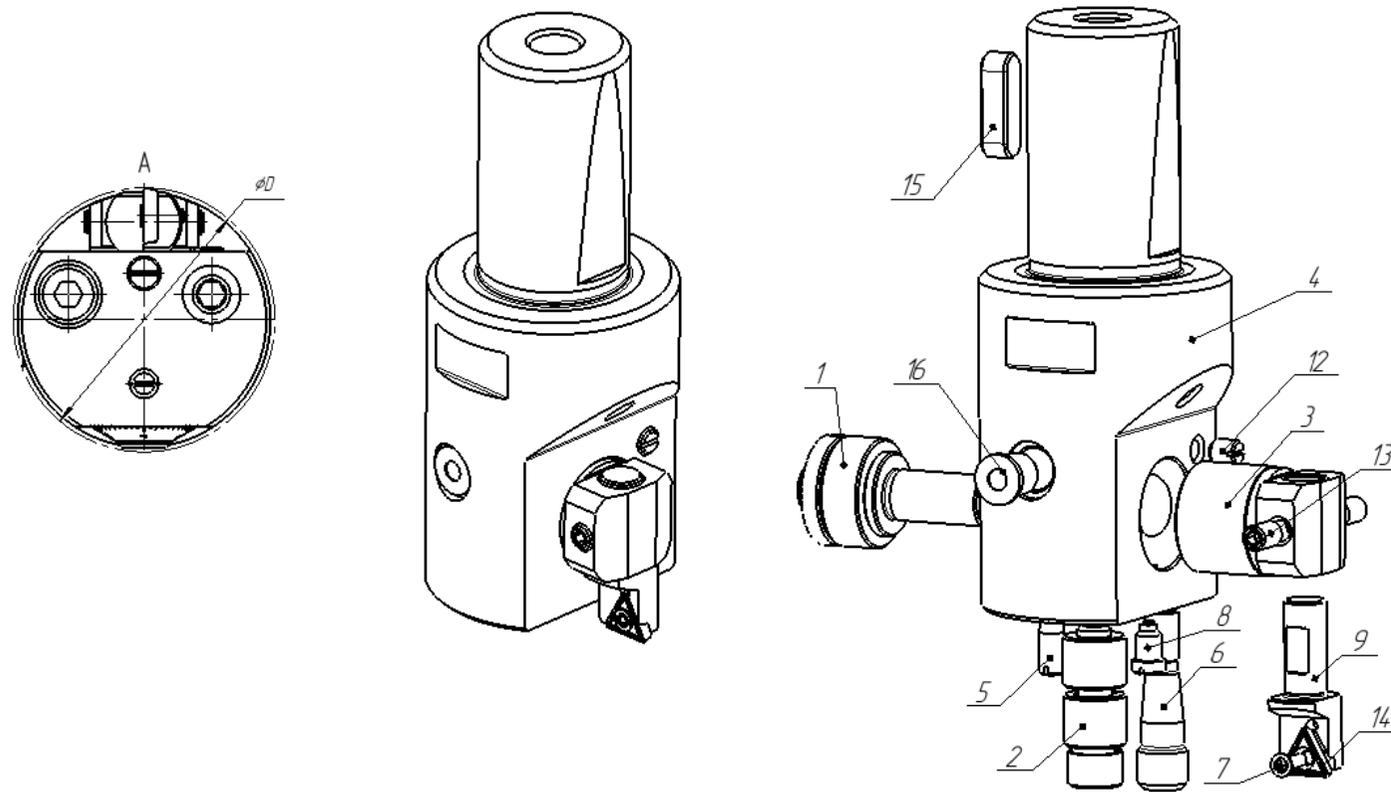
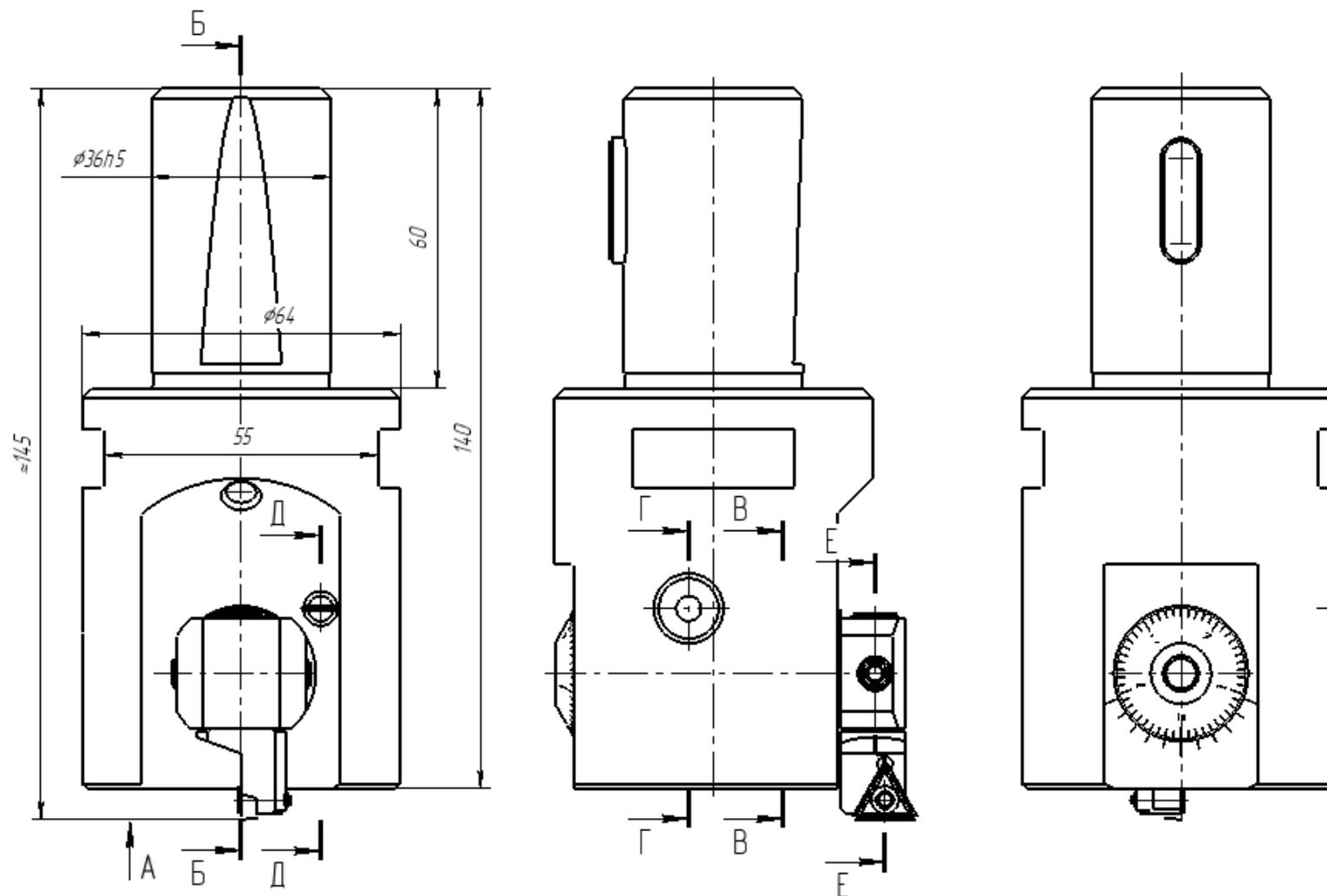


Рисунок 3.34. – Головка расточная ГРТ.Д63-6.00.000  
(начало)



1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – ползун; 4 – оправка корпусная; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый правый; 12 – винт фиксирующий;  
 13 – винт упорный; 14 – пластина твердосплавная; 15 – шпонка; 16 – масленка

Рисунок 3.34. – Головка расточная ГРТ.Д63-6.00.000  
 (окончание, начало — с. 62)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий; 7 – винт специальный;  
 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый правый; 10 – блок резцовый левый; 12 – винт фиксирующий;  
 13 – винт упорный; 14 – пластина твердосплавная; 15 – шпонка

Рисунок 3.35. – Головка расточная ГРТ.Д80-4\_1-1.00.000  
 (начало)

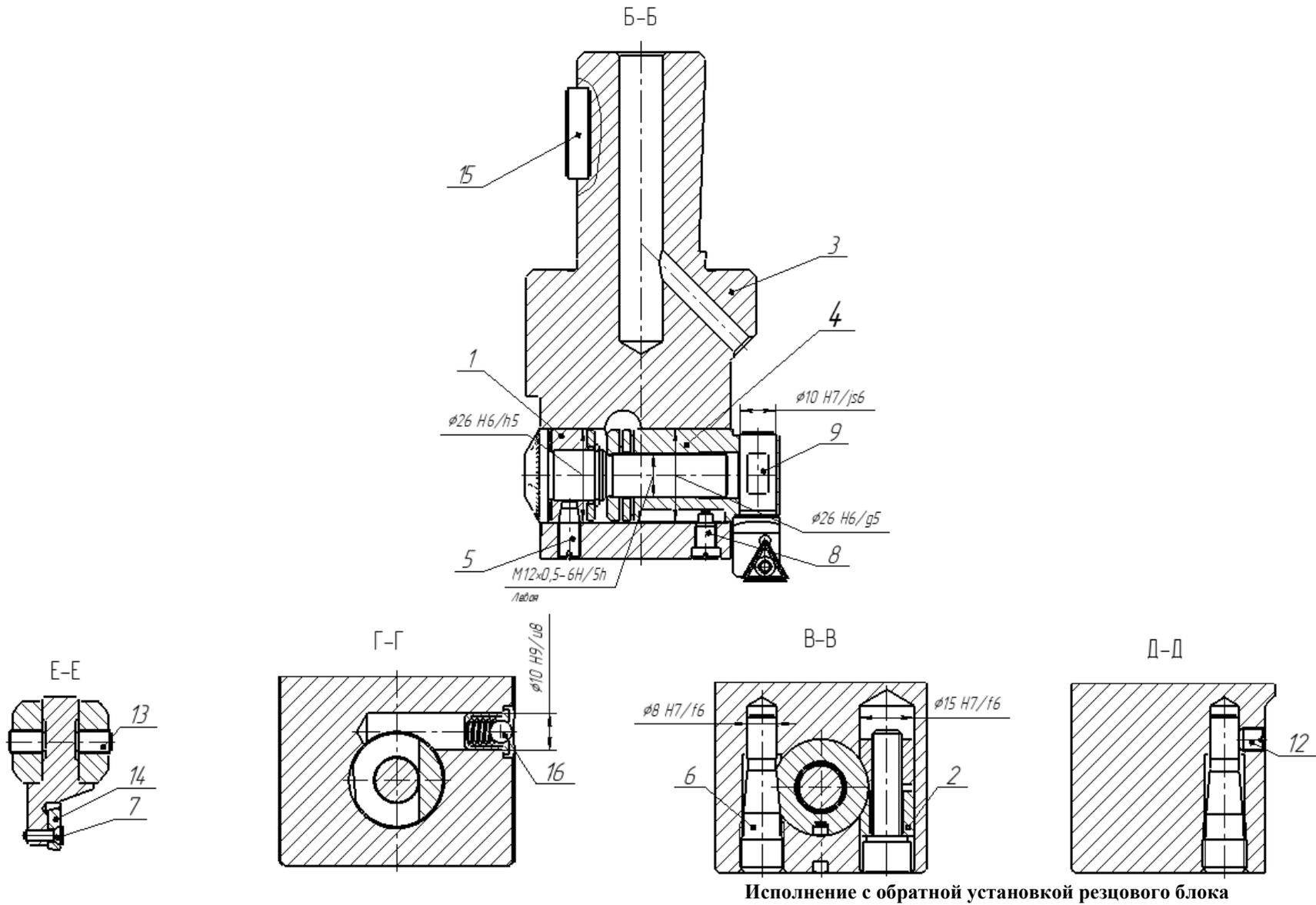
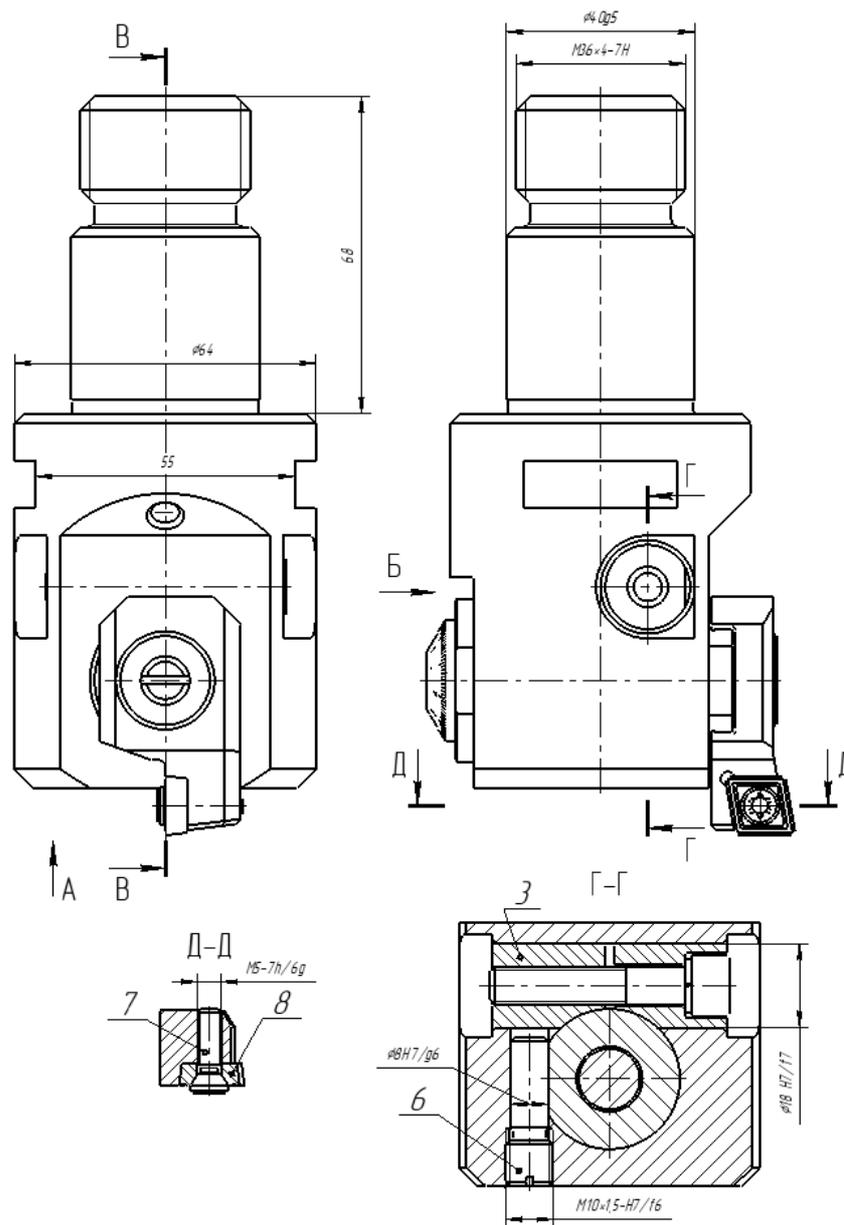


Рисунок 3.35. – Головка расточная ГРТ, Д80-4\_1-1.00.000  
 (продолжение, начало – с. 64)





- 1 – ползун с картриджем; 2 – регулятор; 3 – зажим; 4 – оправка корпусная;  
 5 – винт установочный; 6 – винт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – пластина твердосплавная

Рисунок 3.36. – Головка расточная ГРТ.Д80-32.00.000  
 (начало)

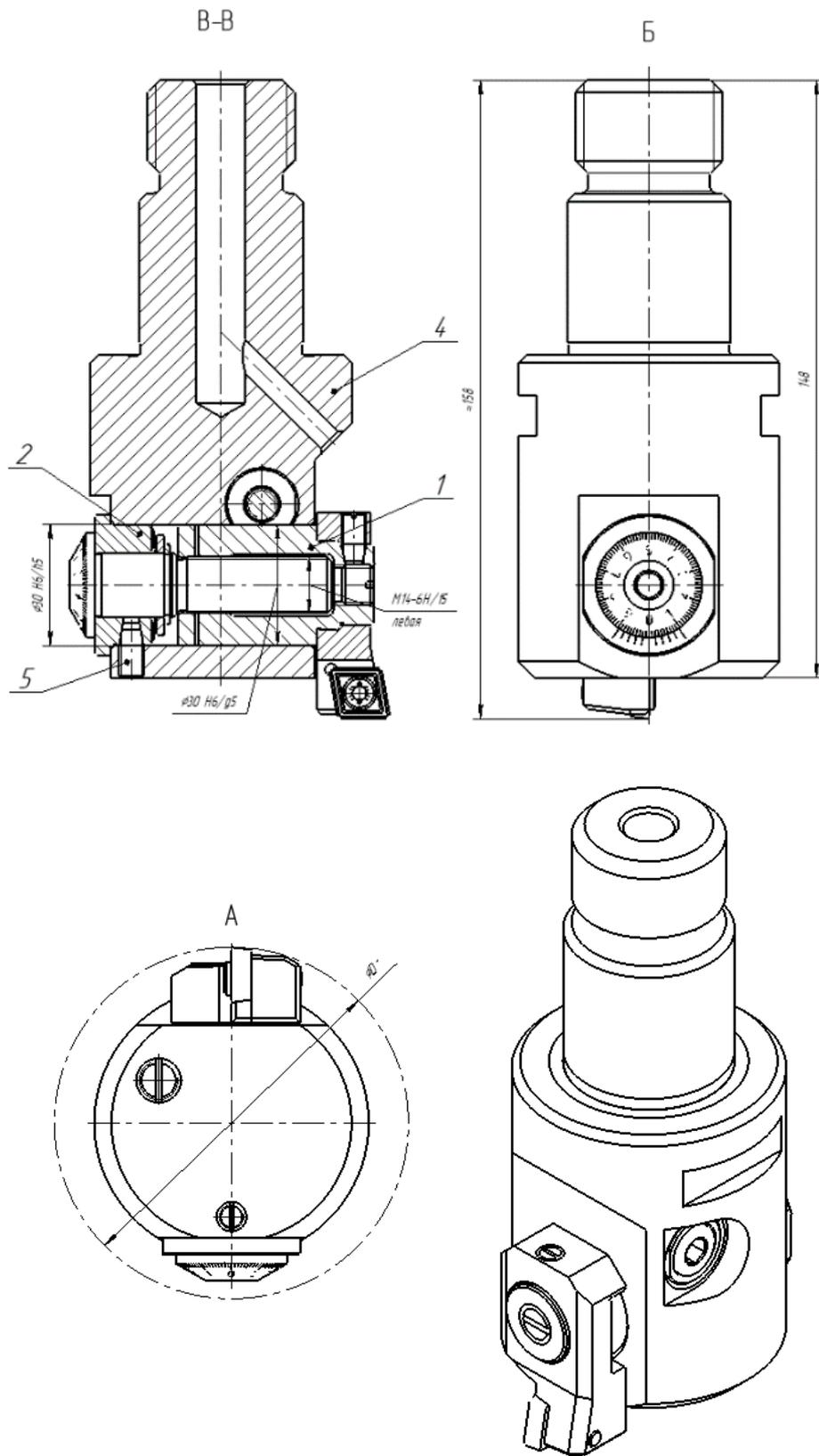
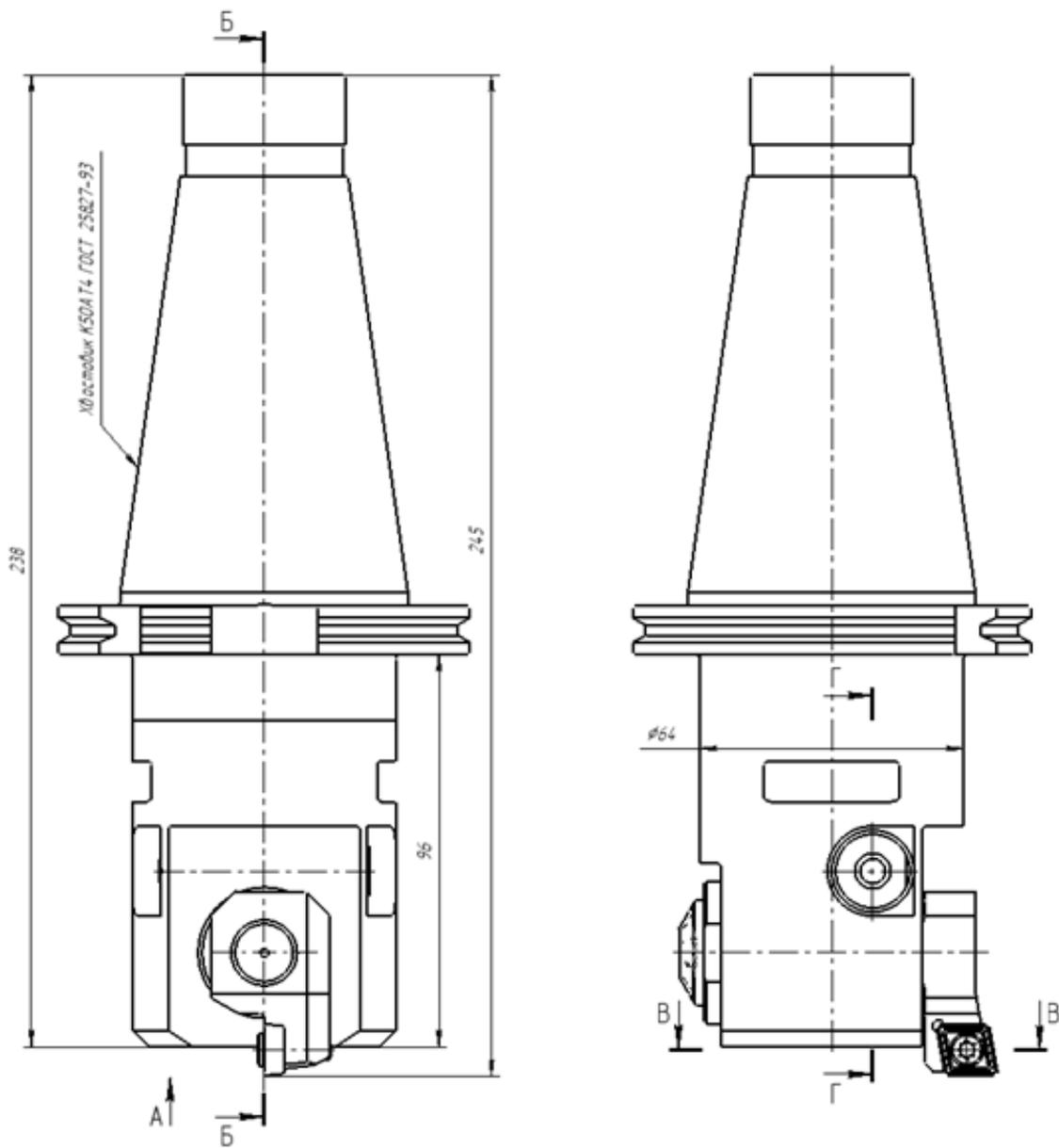
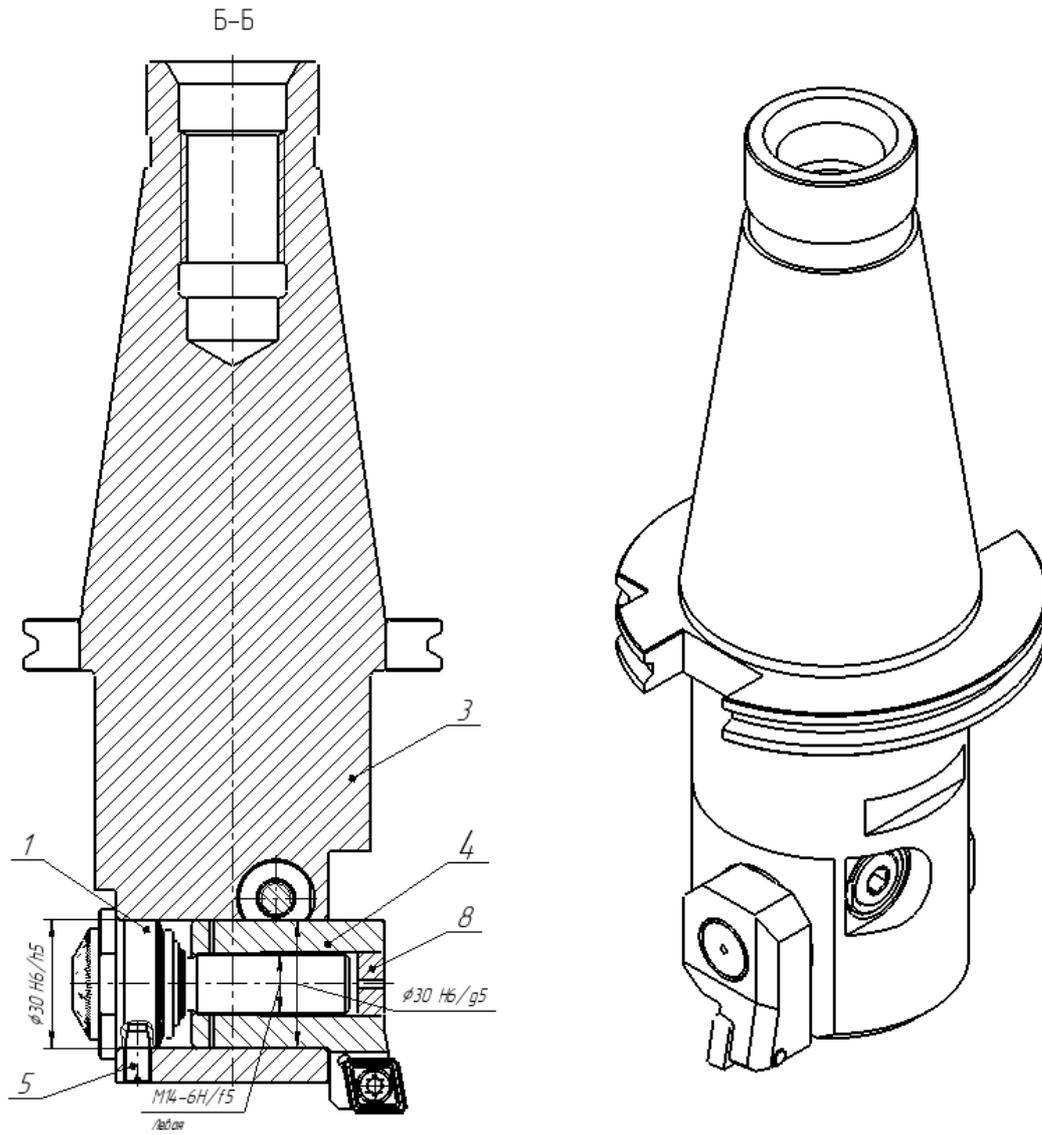


Рисунок 3.36. – Головка расточная ГРТ.Д80-32.00.000  
(окончание, начало — с. 67)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка с хвостовиком; 4 – ползун; 5 – винт установочный;  
 6 – винт направляющий; 7 – винт специальный;  
 8 – пробка; 9 – пластина твердосплавная

Рисунок 3.37. – Головка расточная ГРТ.Д80-33.00.000  
 (начало)



**Рисунок 3.37. – Головка расточная ГРТ.Д80-33.00.000  
(продолжение, начало – с. 69)**

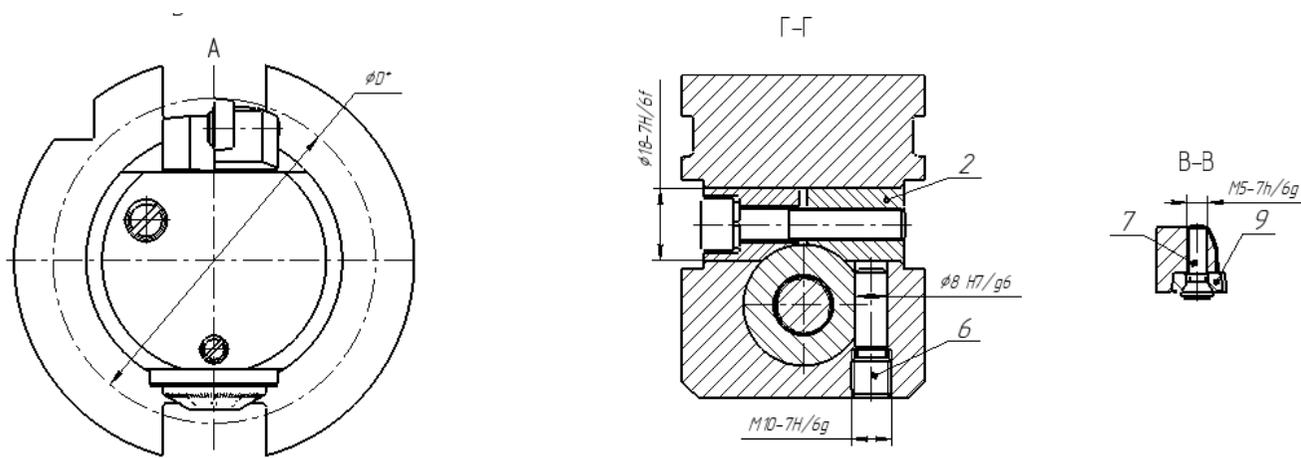
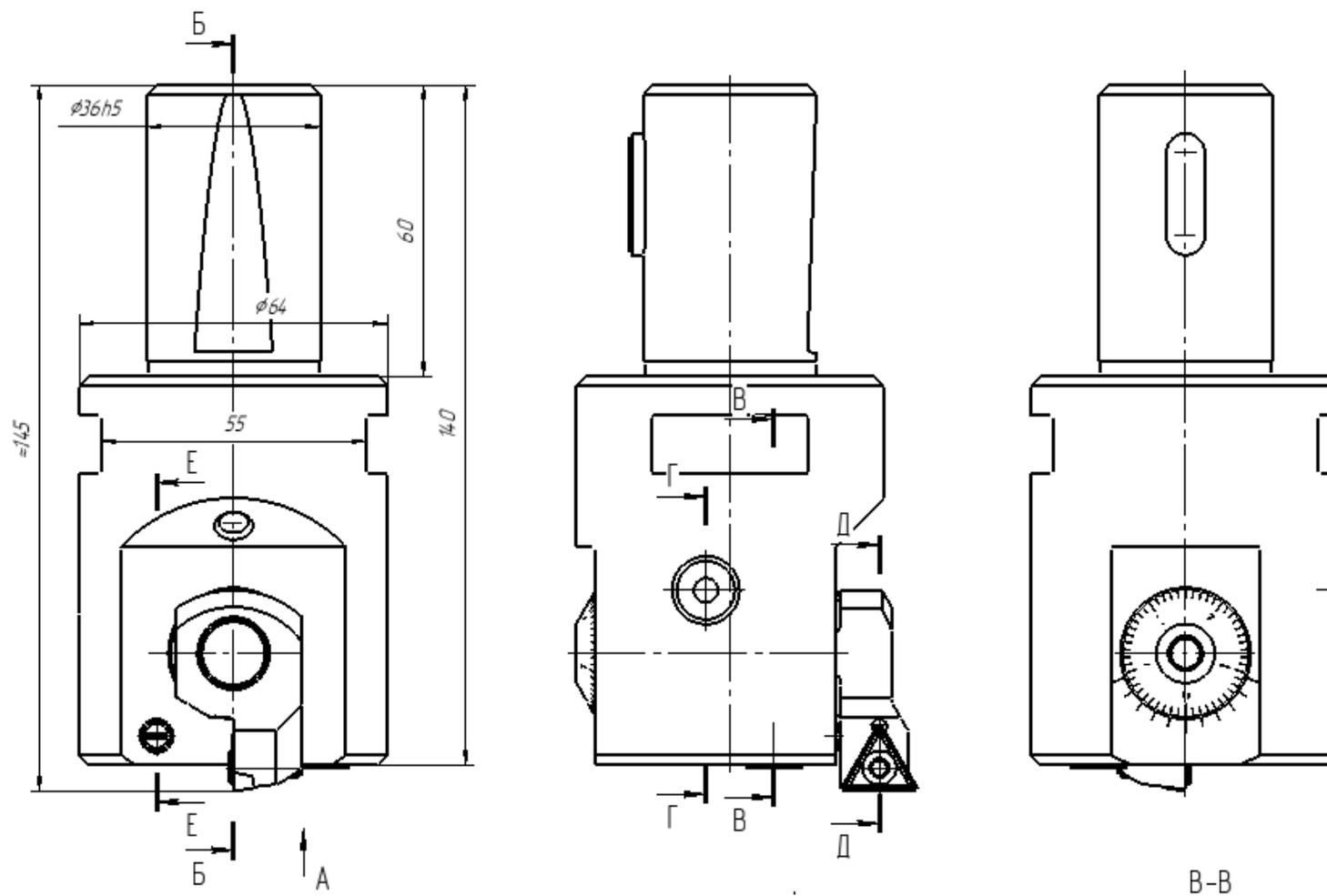


Рисунок 3.37. – Головка расточная ГРТ, Д80-33.00.000  
(окончание, начало – с. 69)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – эксцентрик; 7 – винт специальный;  
8 – пробка; 9 – винт; 10 – пластина твердосплавная; 11 – шпонка

Рисунок 3.38. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-22.00.000  
(начало)

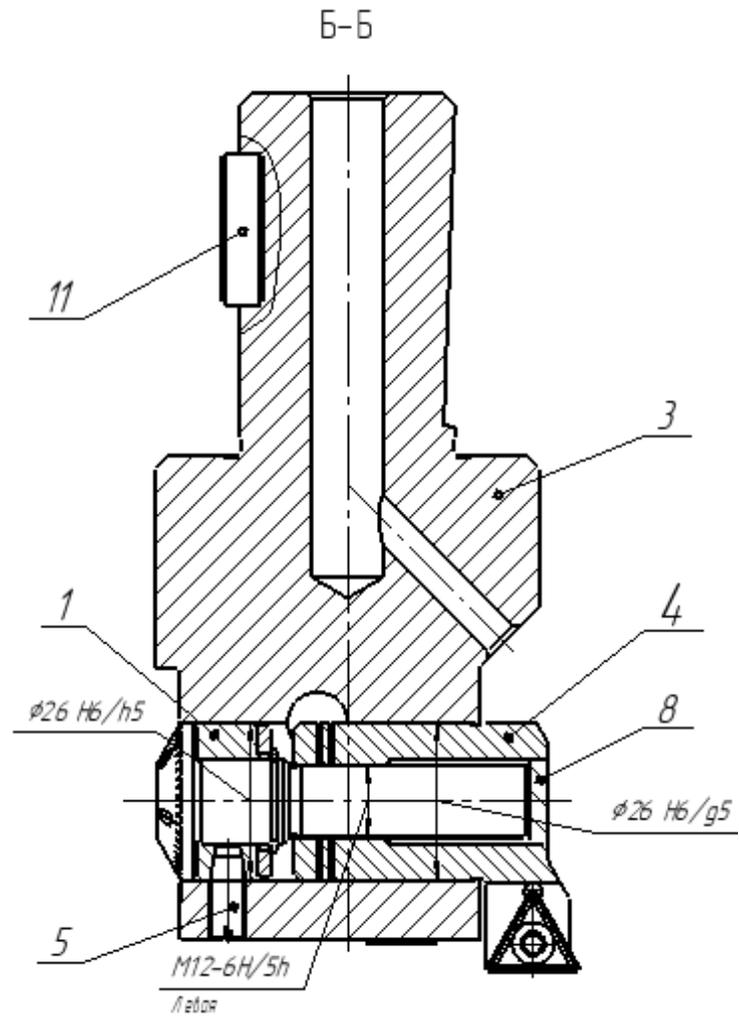


Рисунок 3.38. – Головка расточная ГРТ, Д80-35-22.00.000  
(продолжение, начало – с. 72)

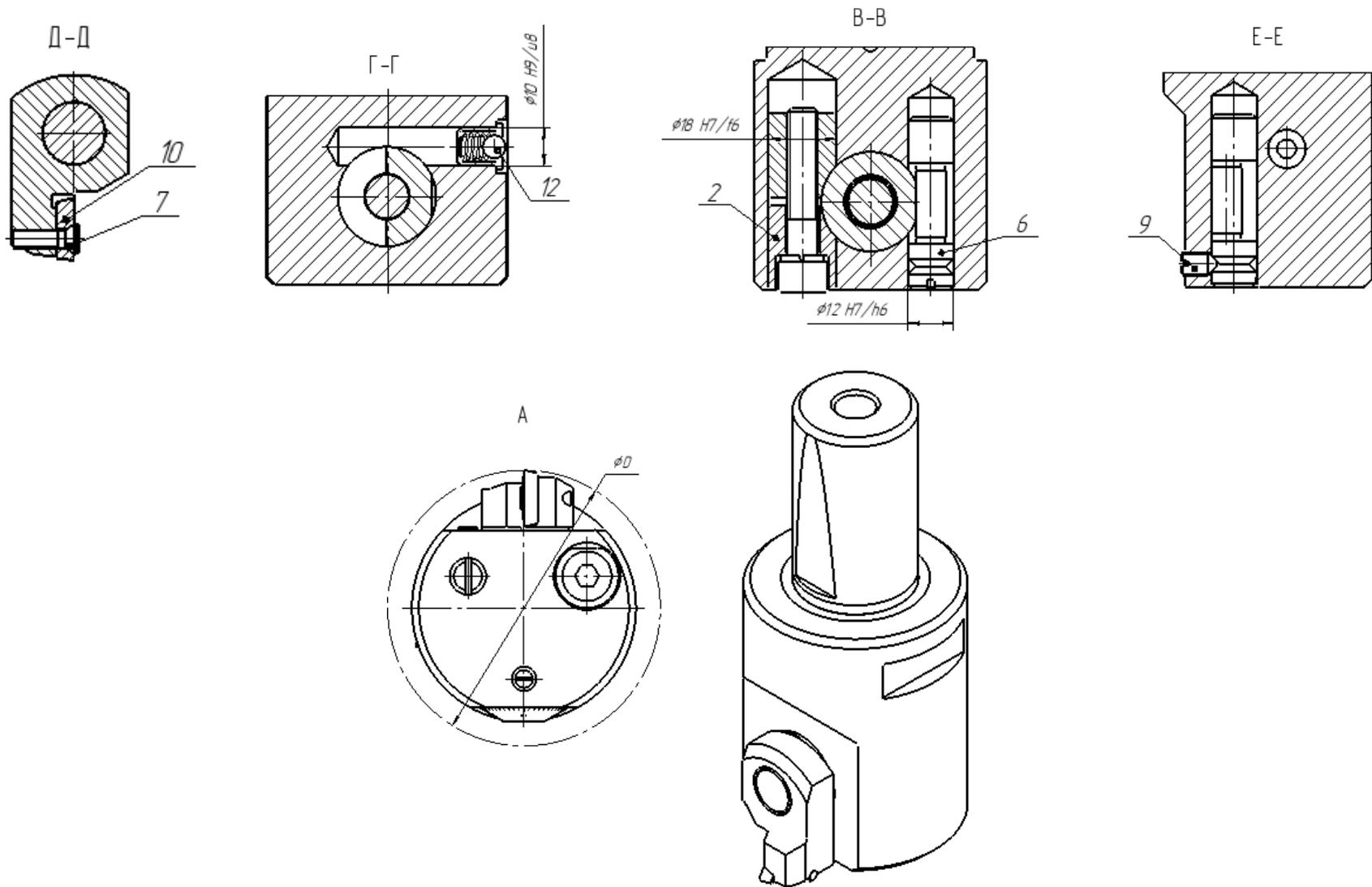
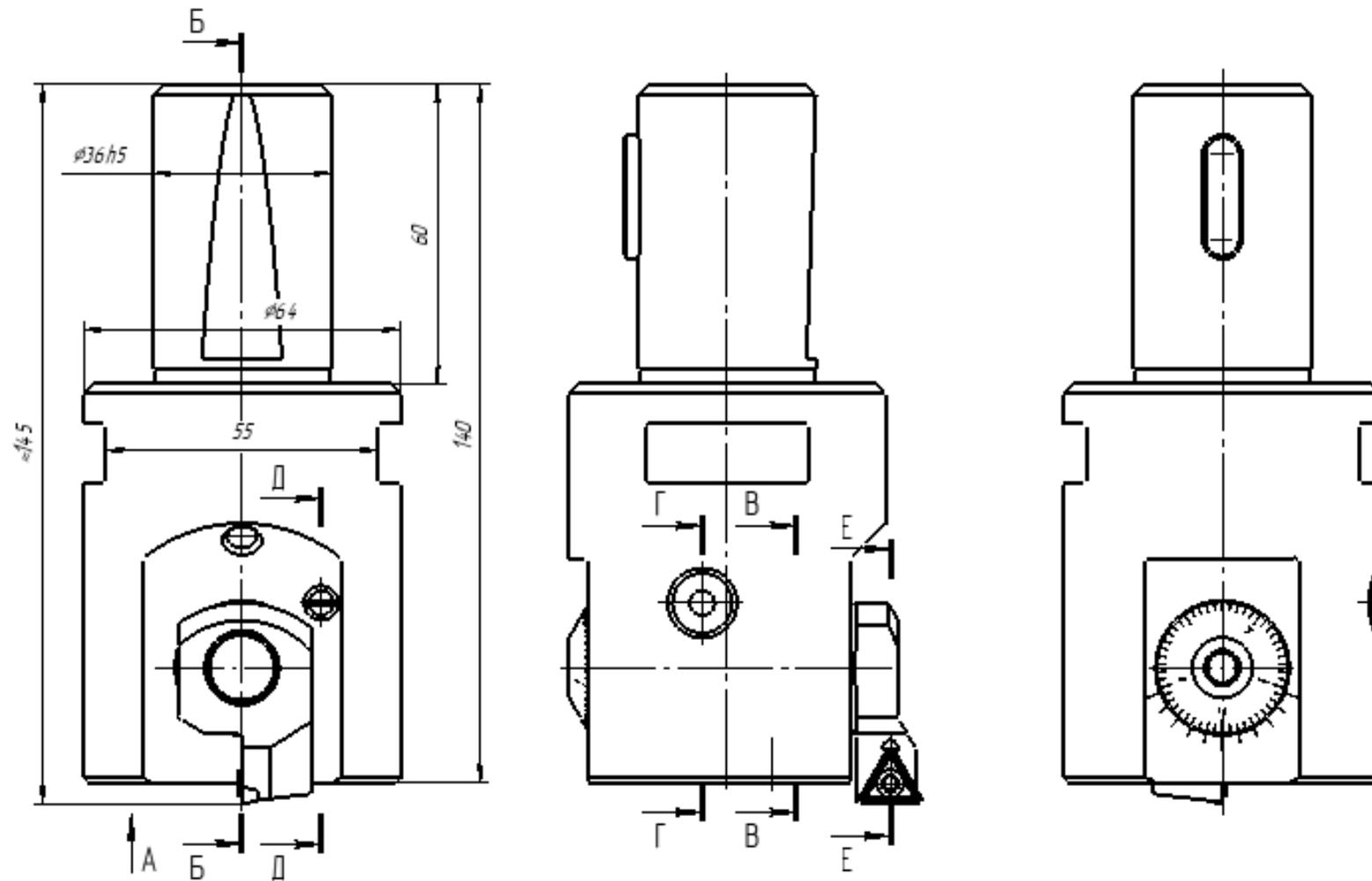


Рисунок 3.38. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-22.00.000  
 (окончание, начало – с. 72)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – пробка; 9 – винт ограничительный; 10 – винт фиксирующий;  
 11 – пластина твердосплавная; 12 – шпонка

Рисунок 3.39. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-31.00.000  
 (начало)

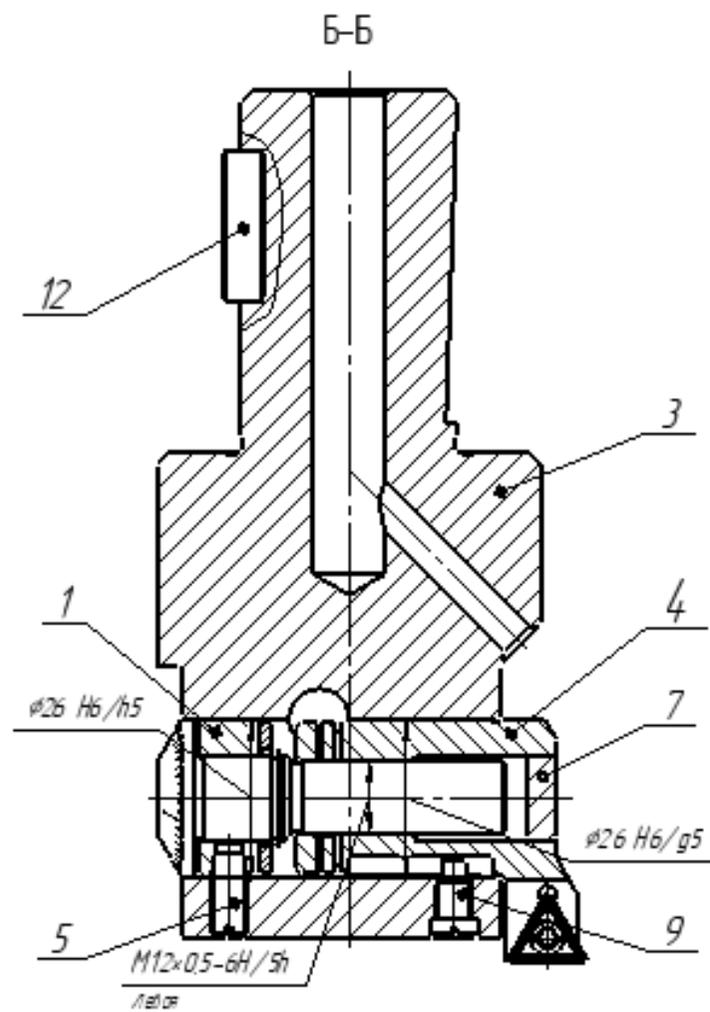


Рисунок 3.39. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-31.00.000  
(продолжение, начало – с. 75)

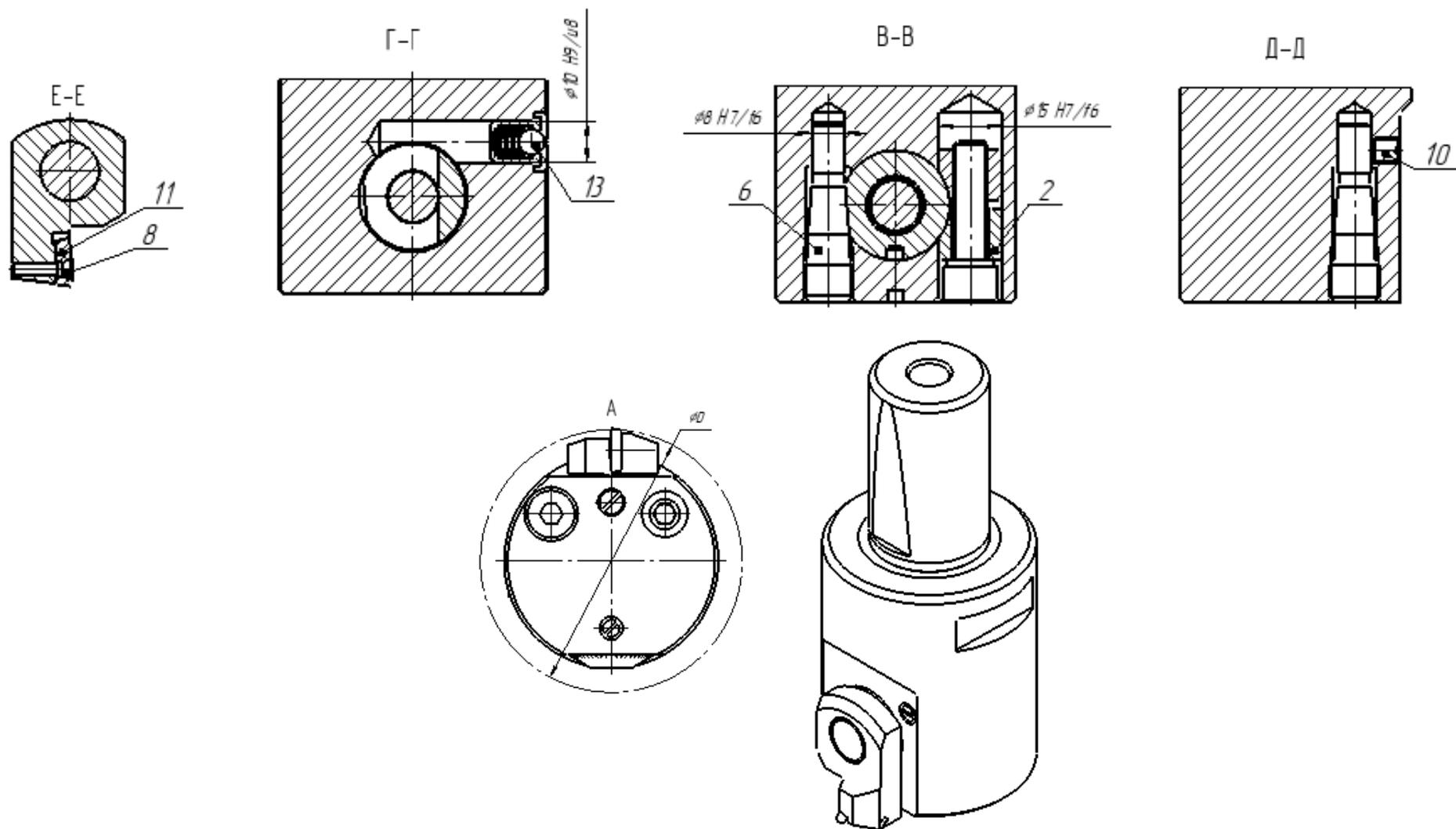
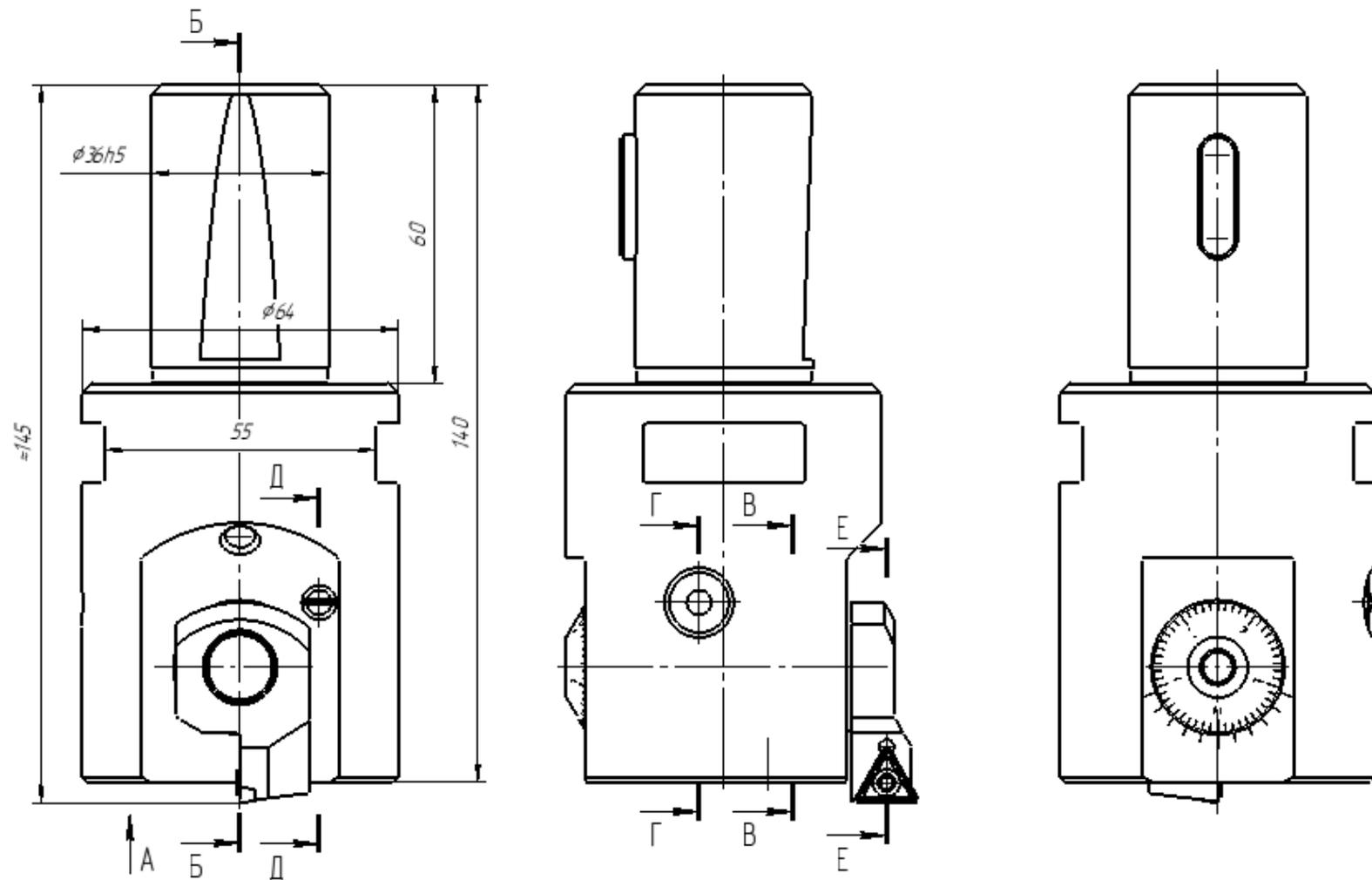


Рисунок 3.39. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-31.00.000  
(окончание, начало – с. 75)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – пробка; 9 – винт ограничительный; 10 – винт фиксирующий;  
 11 – пластина твердосплавная; 12 – шпонка

Рисунок 3.40. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-32.00.000  
 (начало)

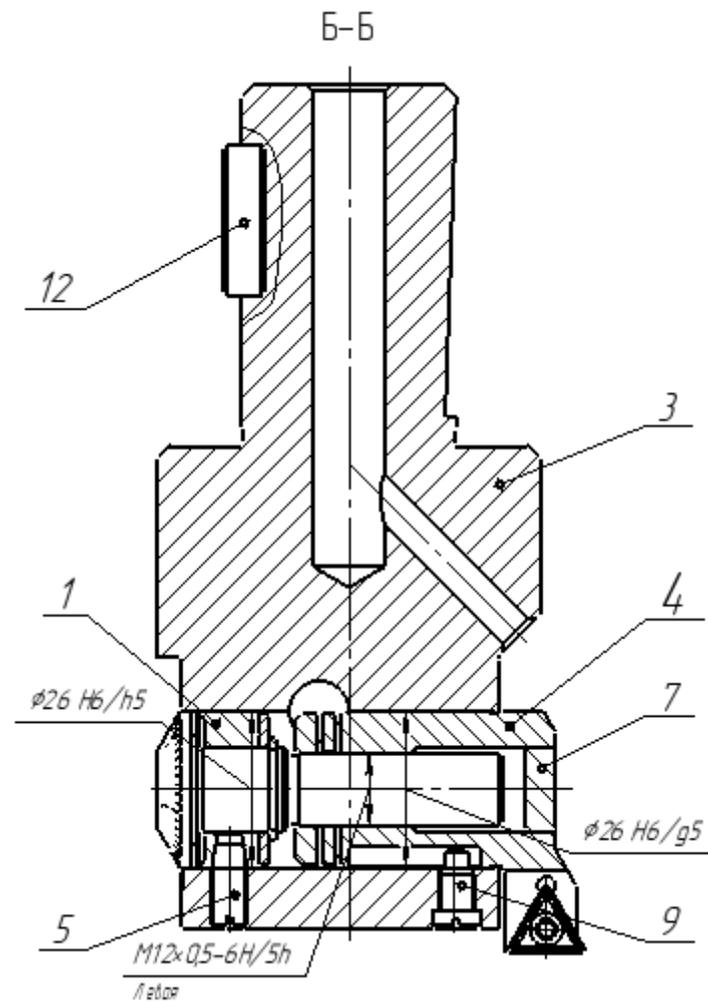


Рисунок 3.40. – Головка расточная ГРТ, Д80-35-32.00.000  
(продолжение, начало – с. 78)

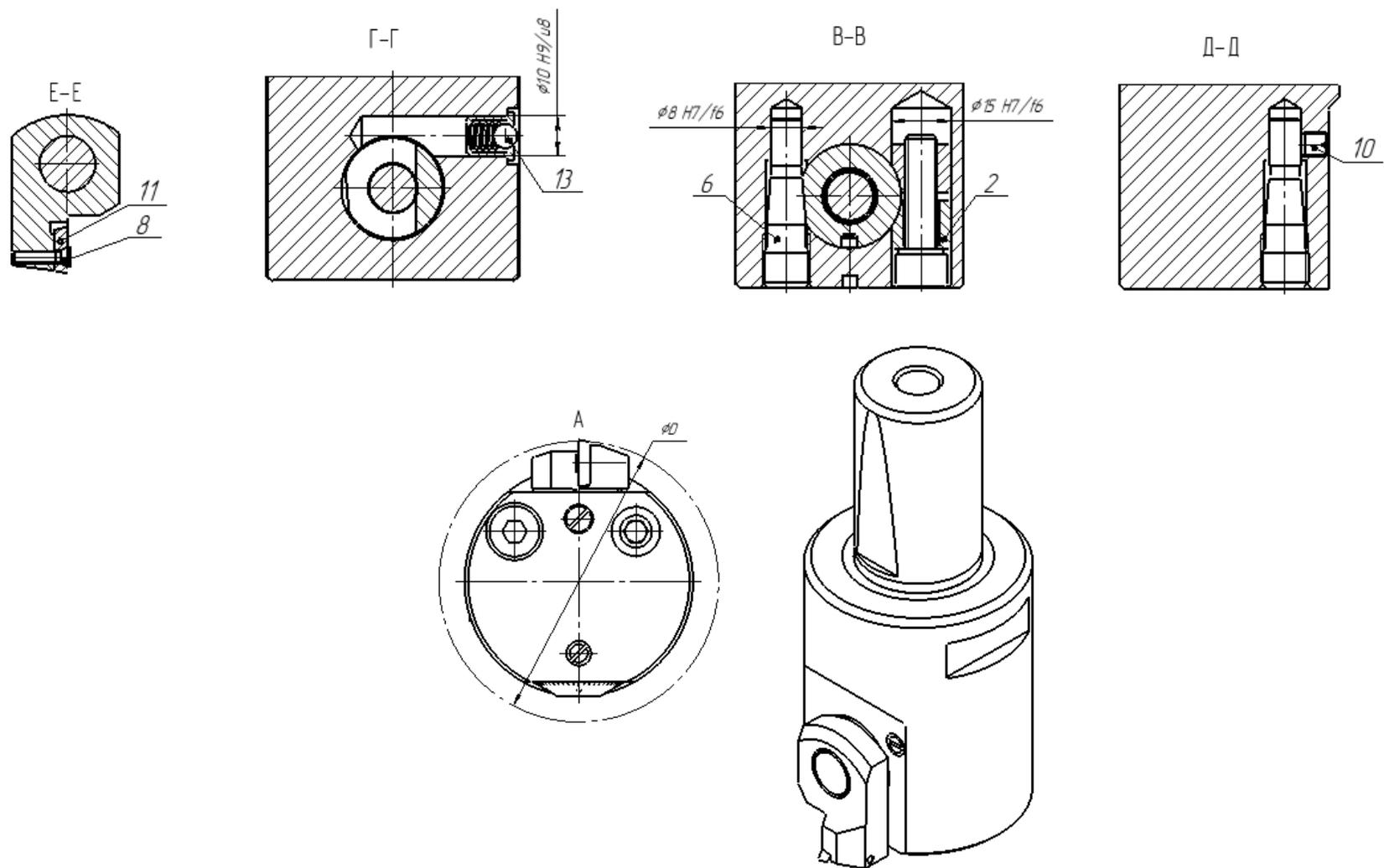
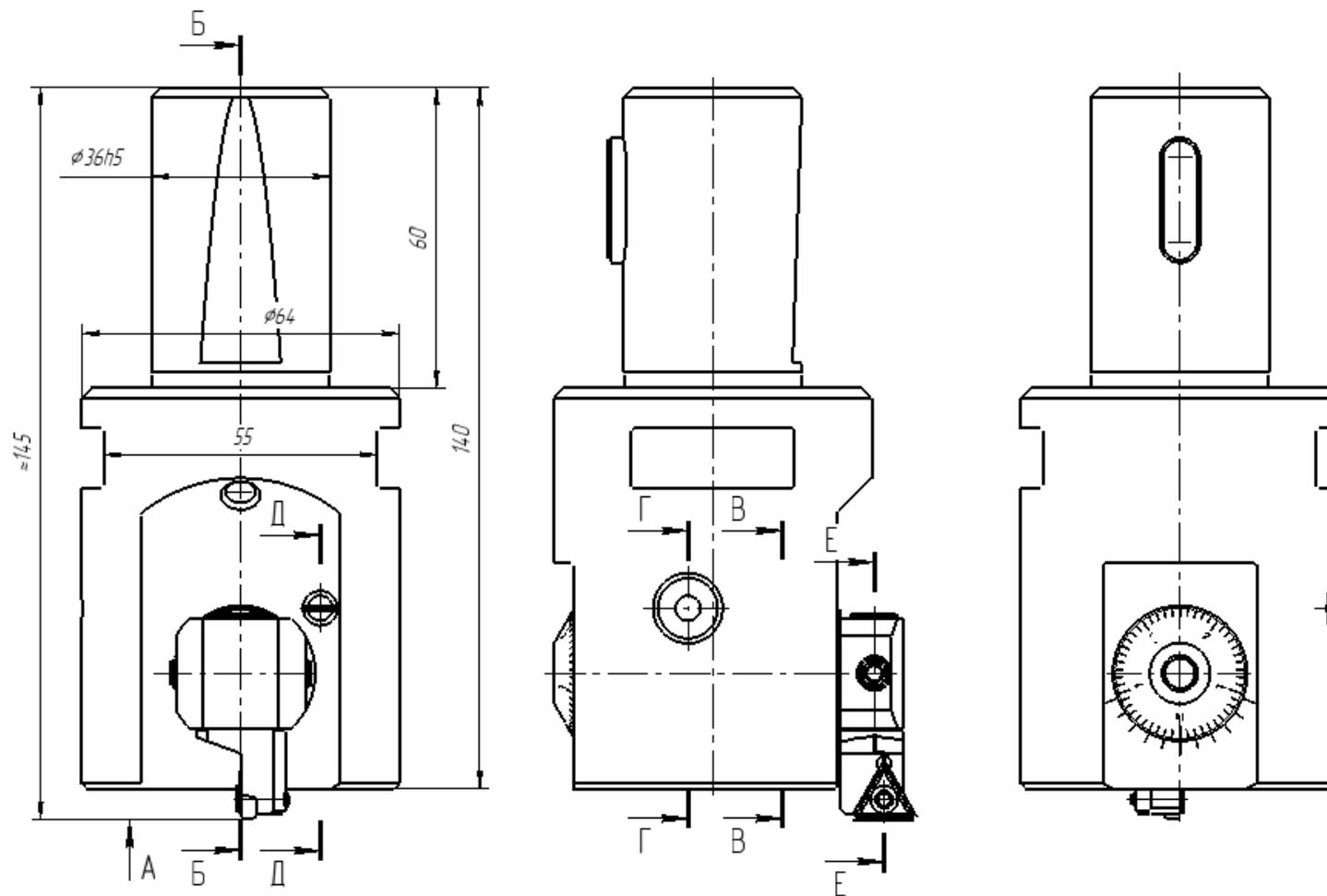


Рисунок 3.40. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-32.00.000  
(окончание, начало – с. 78)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый правый; 10 – блок резцовый левый;  
 12 – винт, фиксирующий штифт направляющей; 13 – винт, фиксирующий блок резцовый;  
 14 – пластина твердосплавная; 15 – шпонка; 16 – масленка

Рисунок 3.41. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-34.00.000  
 (начало)

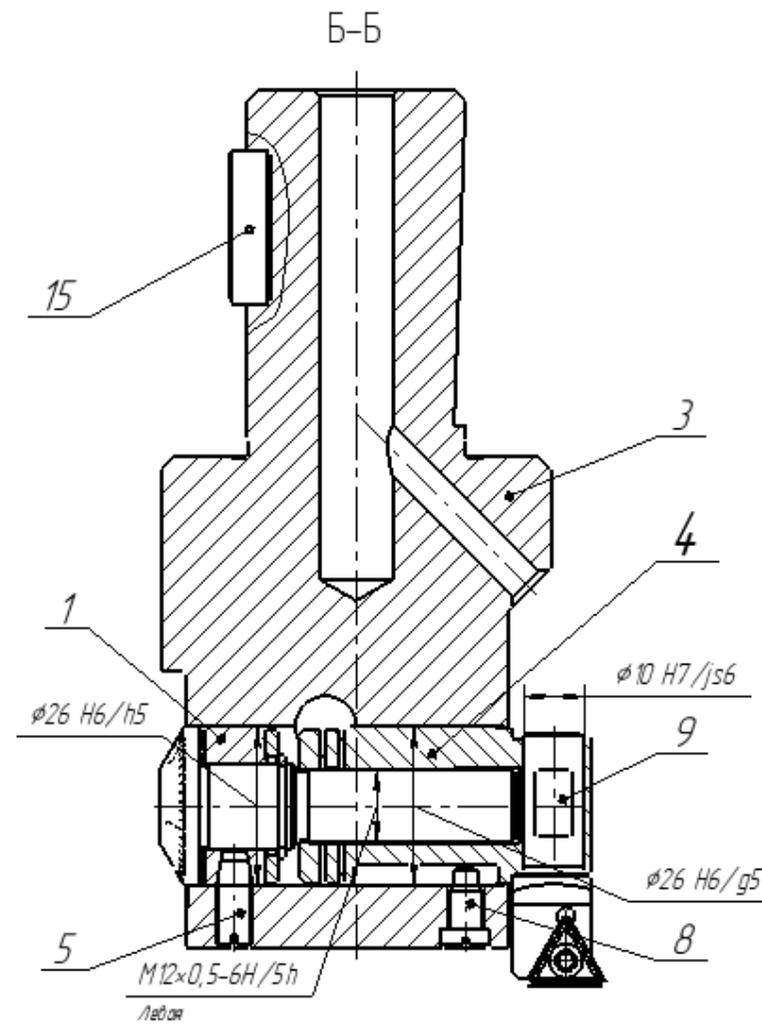
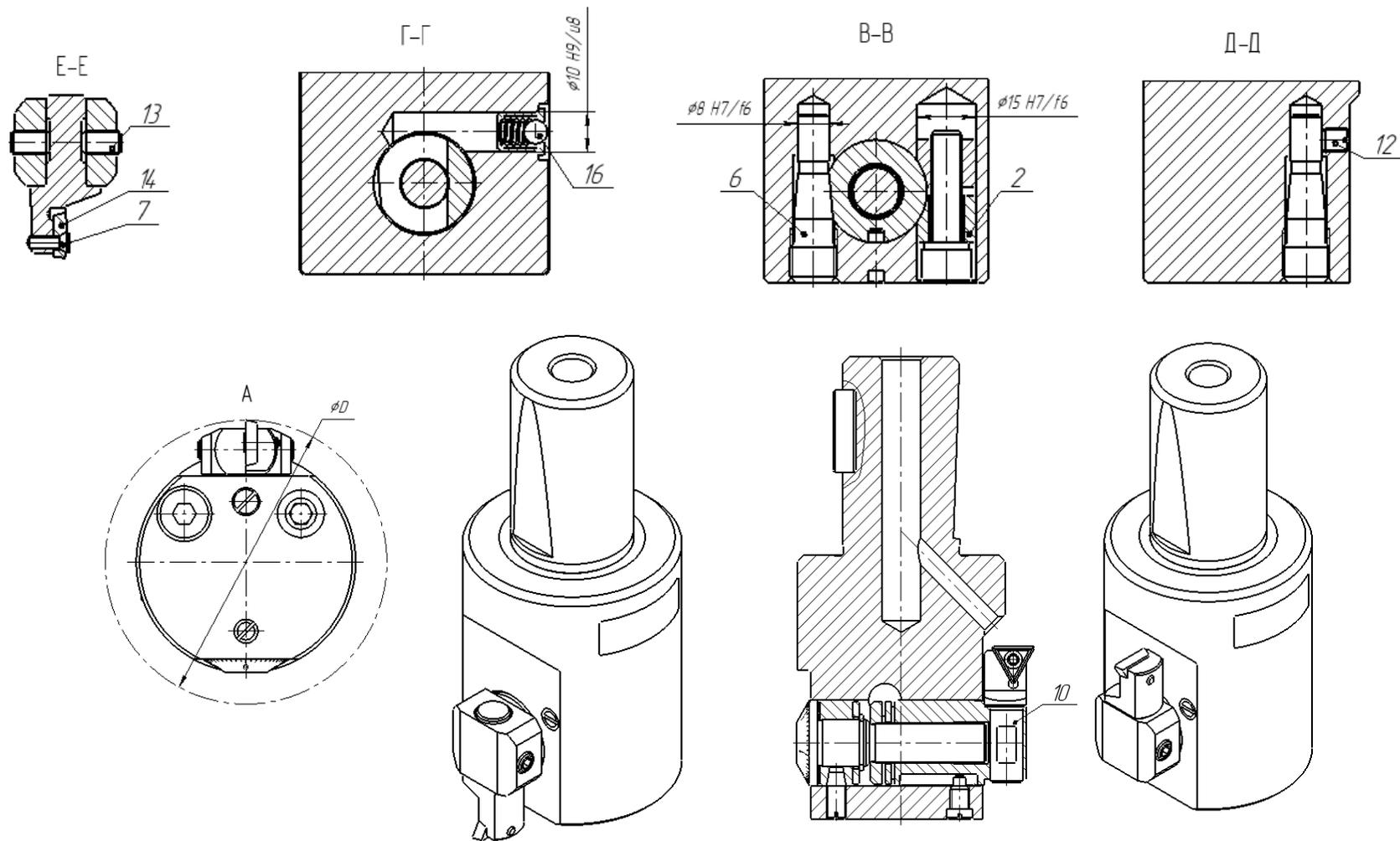
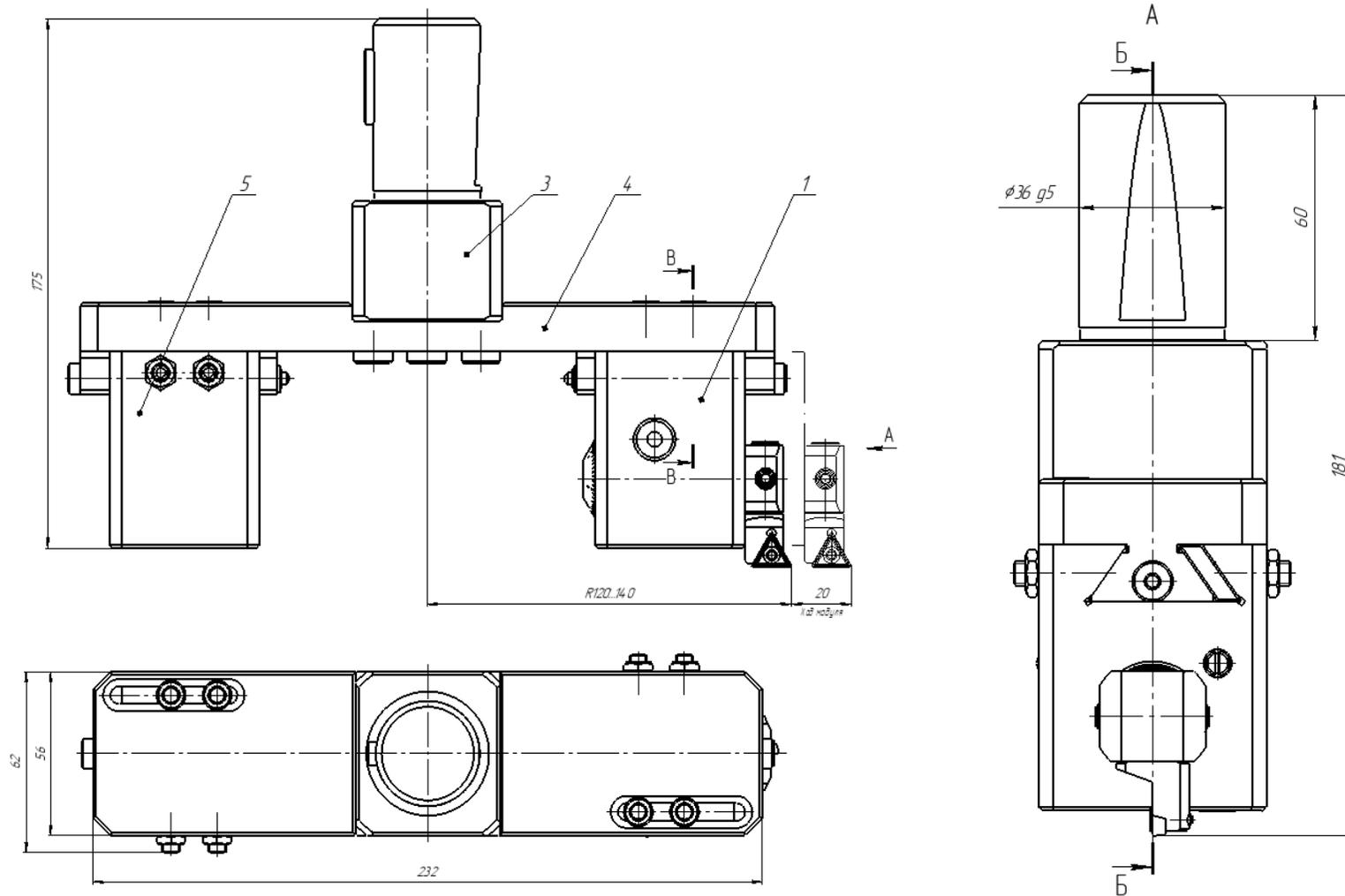


Рисунок 3.41. – Головка расточная ГРТ.Д80-35-34.00.000  
(продолжение, начало – с. 81)



Исполнение с обратной установкой блока резцового

Рисунок 3.41. – Головка расточная ГРТ. Д80-35-34.00.000  
(окончание, начало – с. 81)



- 1 – модуль расточной; 2 – оправка базовая; 3 – штанга; 4 – противовес; 5 – тяга резьбовая; 6 – проушина;  
 7 – штифт центрирующий; 8 – винт крепежный; 9 – планка; 10 – винт, фиксирующий планку;  
 11 – винт, фиксирующий модуль расточной; 12 – винт, фиксирующий штангу; 13 – гайка;  
 14 – шайба; 15 – шайба; 17 – шайба; 18 – шпонка

Рисунок 3.42. – Головка расточная ГРТМ.Д240-300-2.00.00.000  
 (начало)

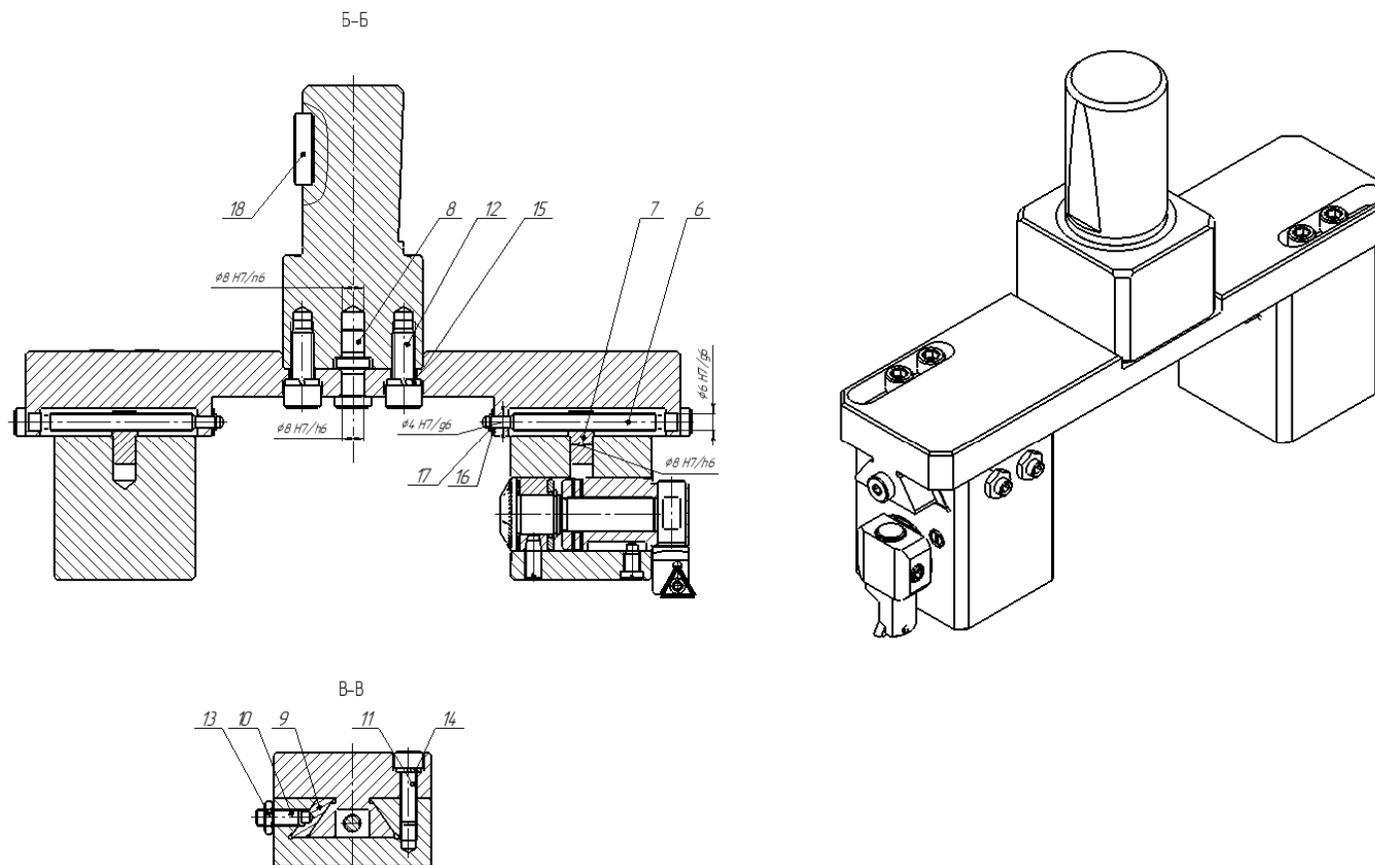
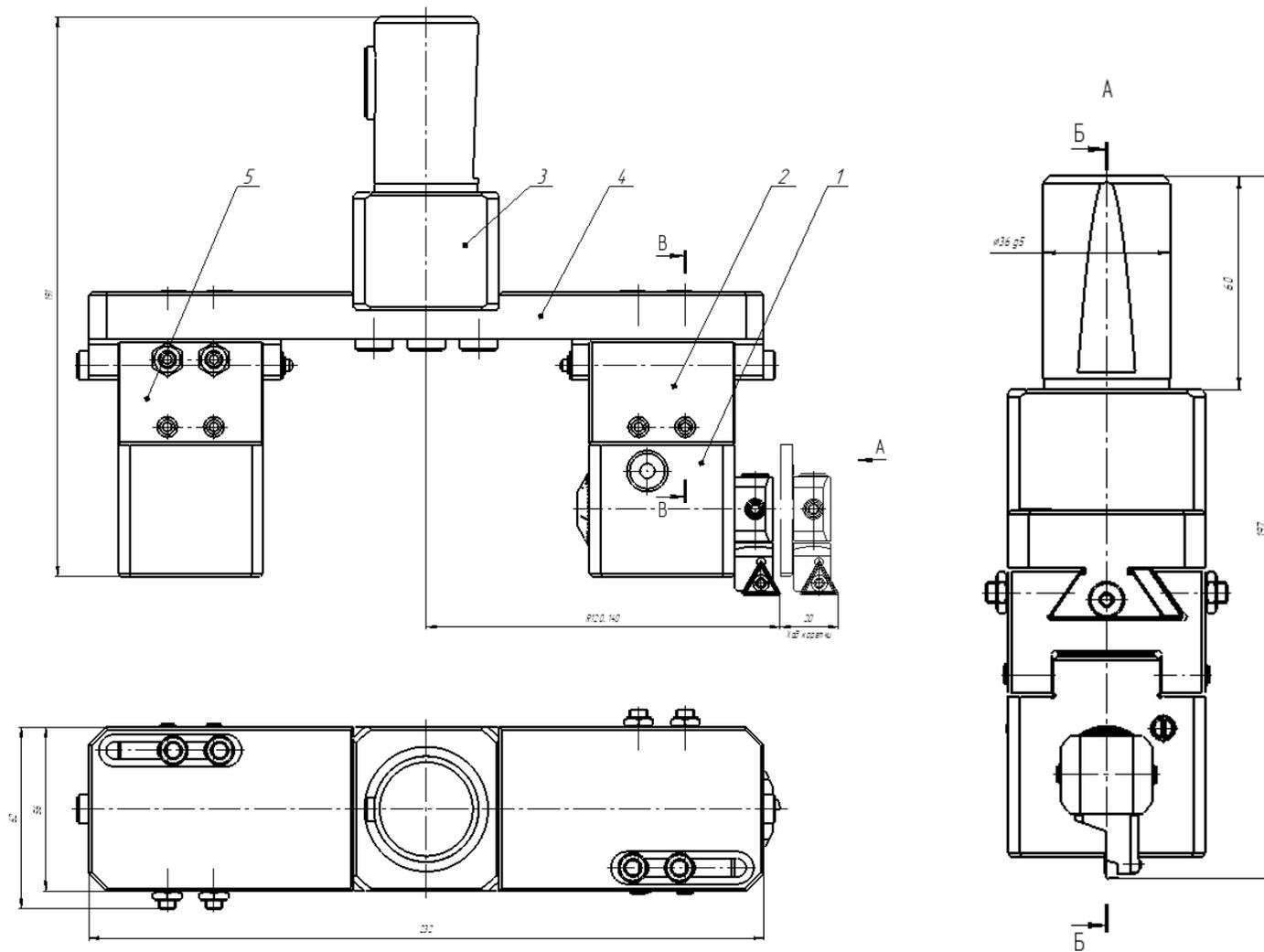


Рисунок 3.42. – Головка расточная ГРТМ, Д240-300-2.00.00.000  
(окончание, начало – с. 84)



- 1 – модуль расточной; 2 – каретка; 3 – оправка базовая; 4 – штанга; 5 – противовес; 6 – тяга резьбовая; 7 – проушина;  
 8 – штифт центрирующий; 11 – винт, фиксирующий каретку; 12 – винт, фиксирующий оправку базовую;  
 14 – шайба; 15 – шайба; 17 – шайба; 18 – шпонка

Рисунок 3.43. – Головка расточная ГРТМ.Д240-300-3.00.00.000  
 (начало)

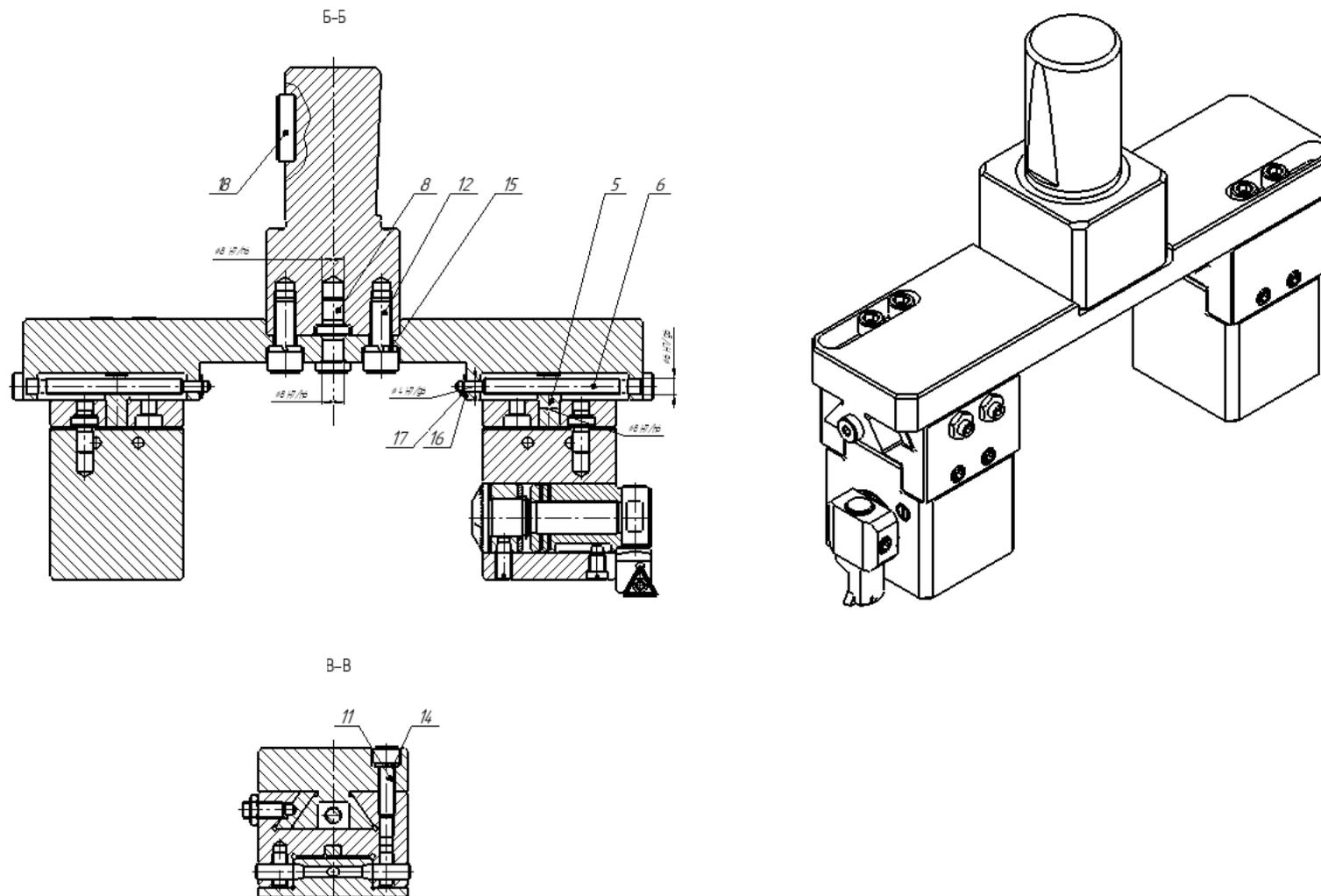
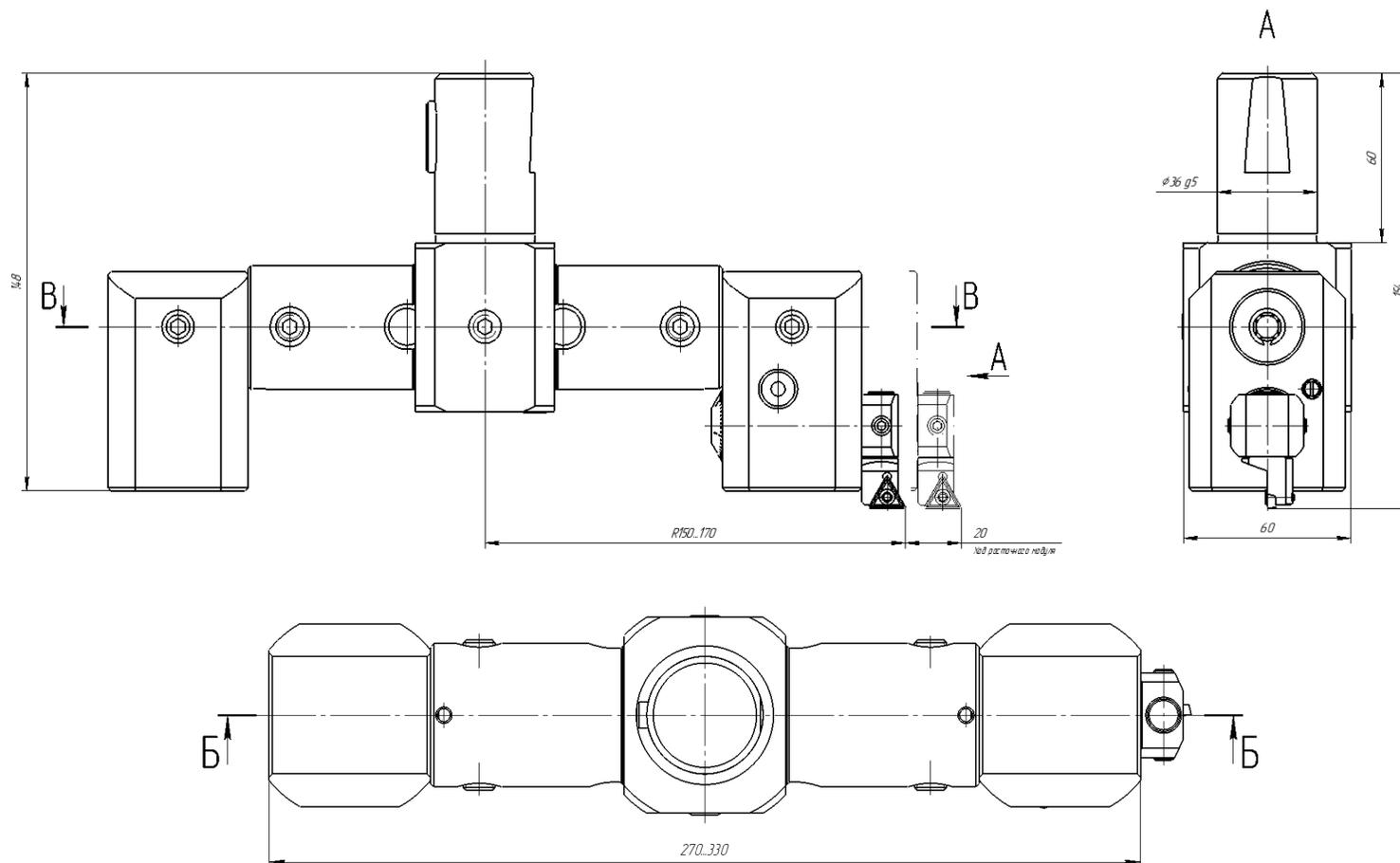


Рисунок 3.43. – Головка расточная ГРТМ.Д240-300-3.00.00.000  
(окончание, начало – с. 86)



- 1 – модуль расточной; 2 – держатель; 3 – оправка базовая;  
 4 – штанга; 5 – противовес; 6 – палец; 10 – винт, фиксирующий держатель;  
 11 – винт, фиксирующий оправку; 12 – винт упорный

Рисунок 3.44. – Головка расточная ГРТМ.Д300-360-1.00.00.000  
 (начало)

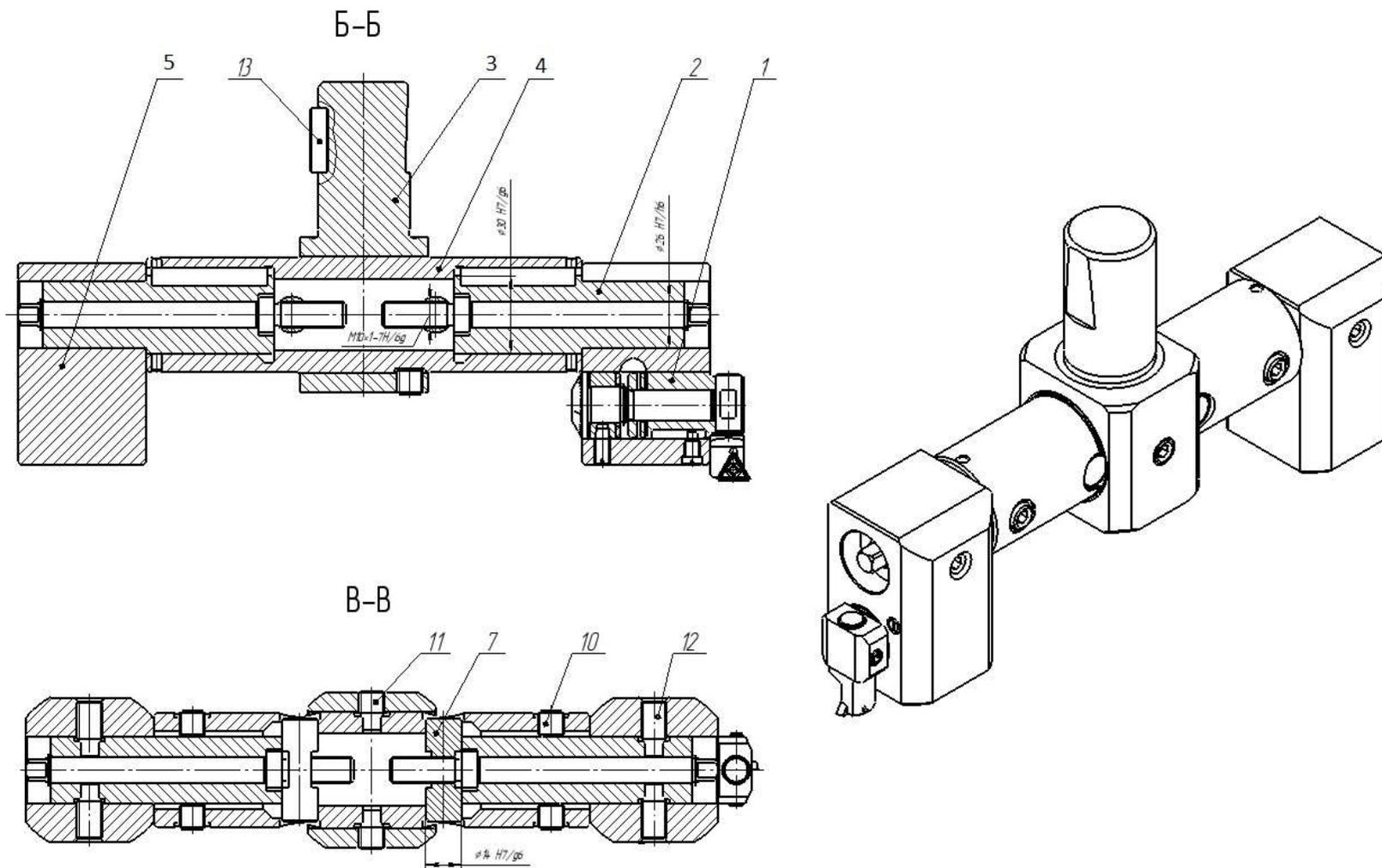
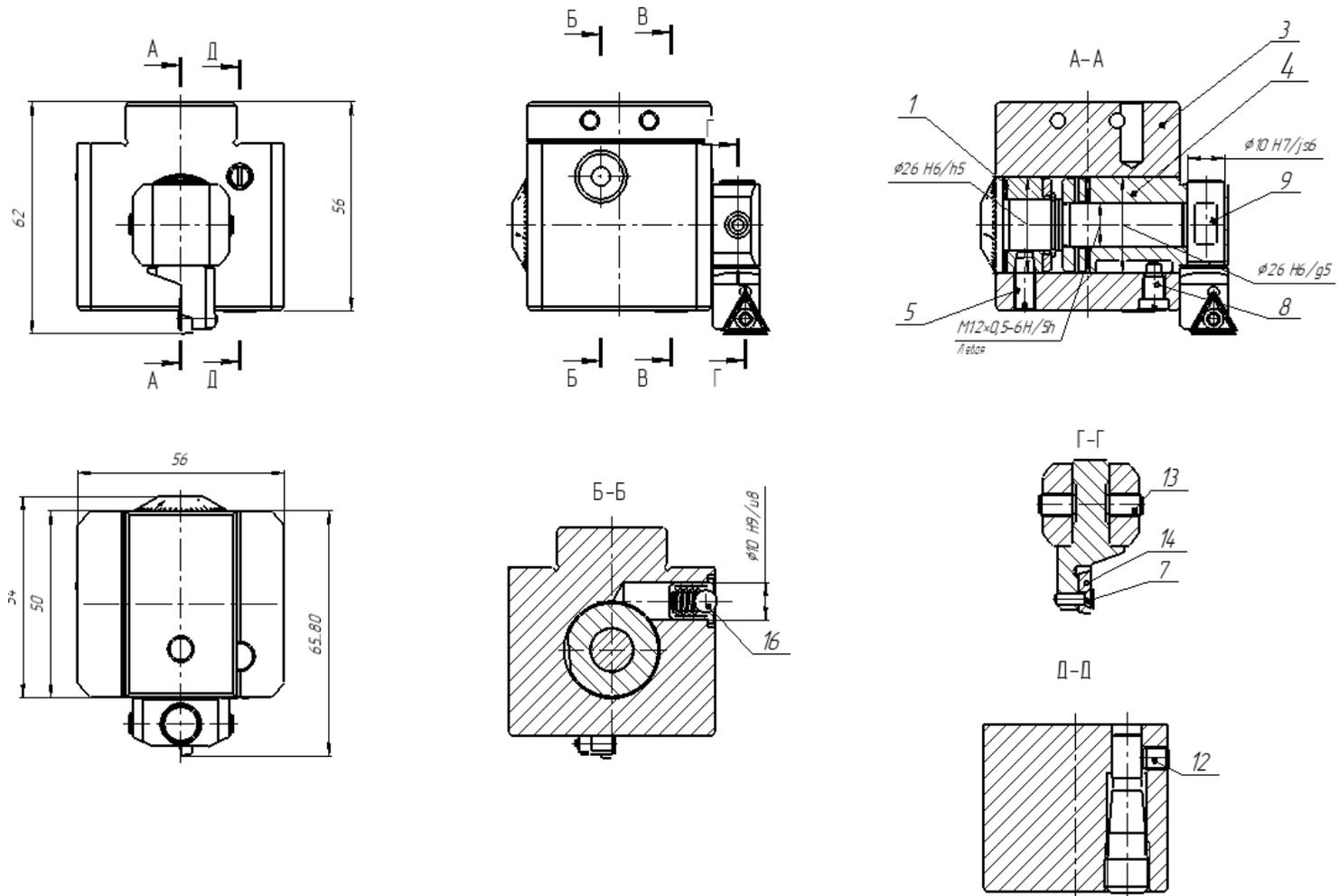


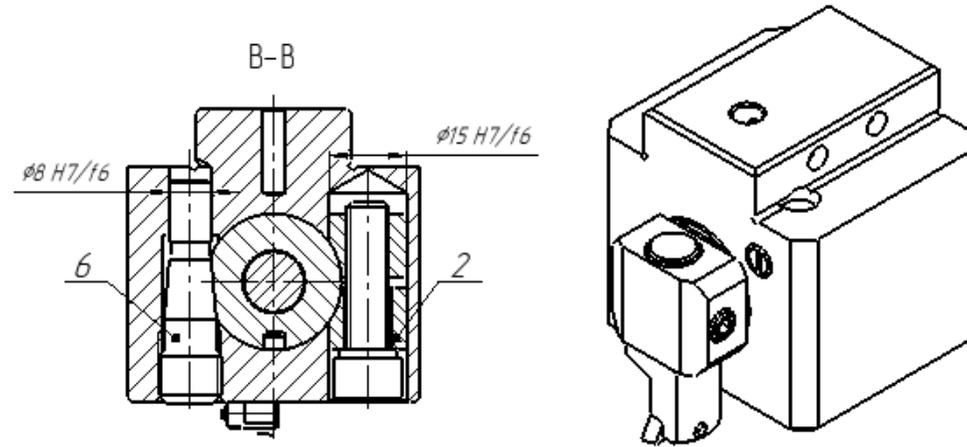
Рисунок 3.44. – Головка расточная ГРТМ.Д300-360-1.00.00.000  
(окончание, начало – с. 88)

### 3.4 Модули расточные

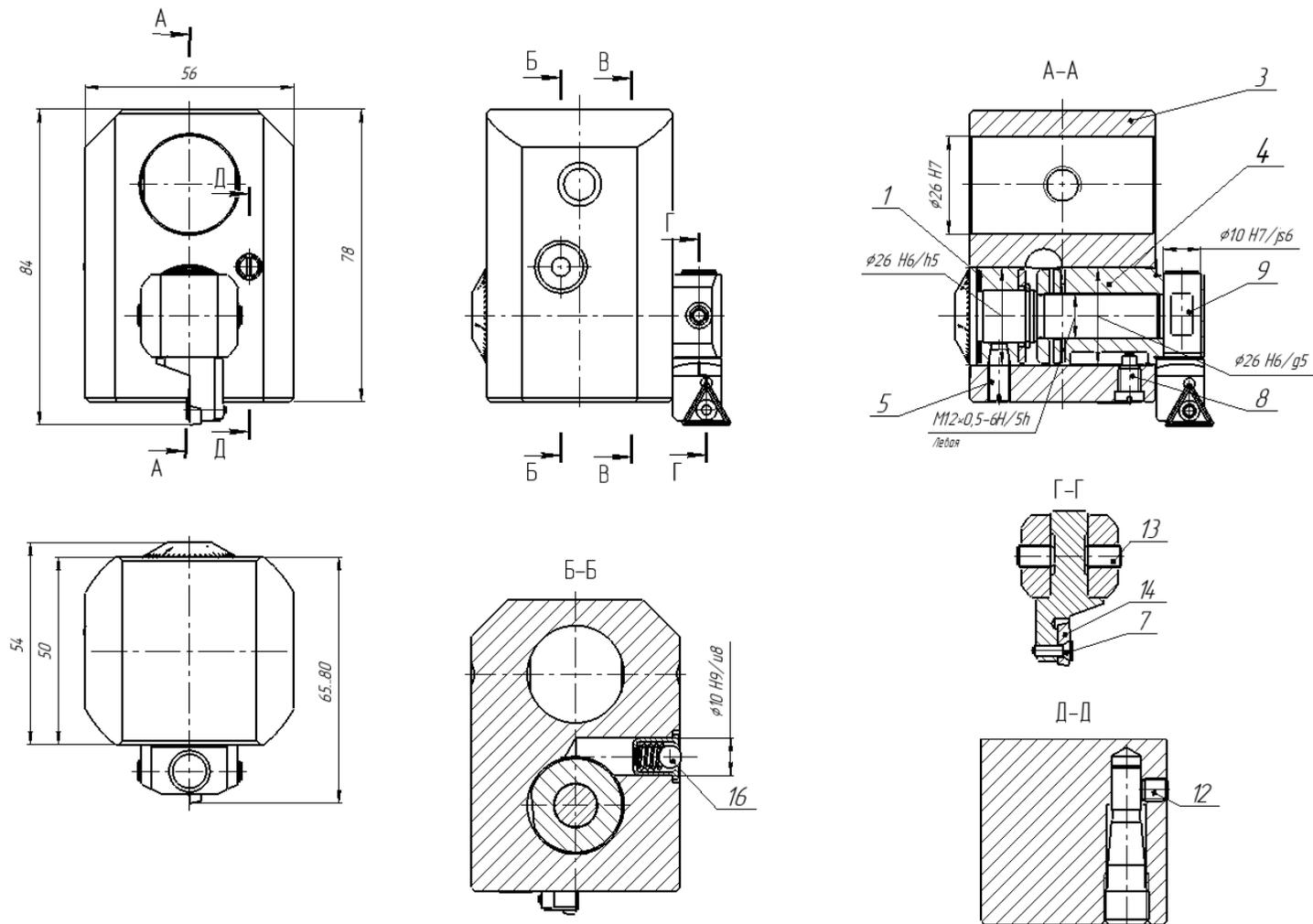


- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый левый;  
 12 – винт фиксирующий; 13 – винт упорный; 14 – пластина твердосплавная; 16 – масленка

Рисунок 3.45. – Модуль расточной ГРТМ, Д240-300-3.01.00.000  
 (начало)

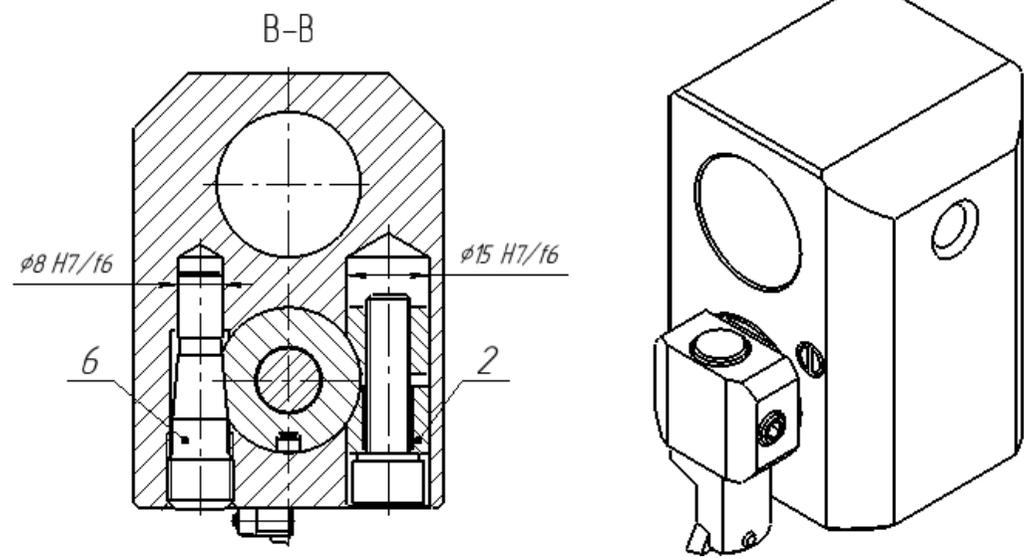


**Рисунок 3.45. – Модуль расточной ГРТМ.Д240-300-3.01.00.000  
(окончание, начало – с. 90)**

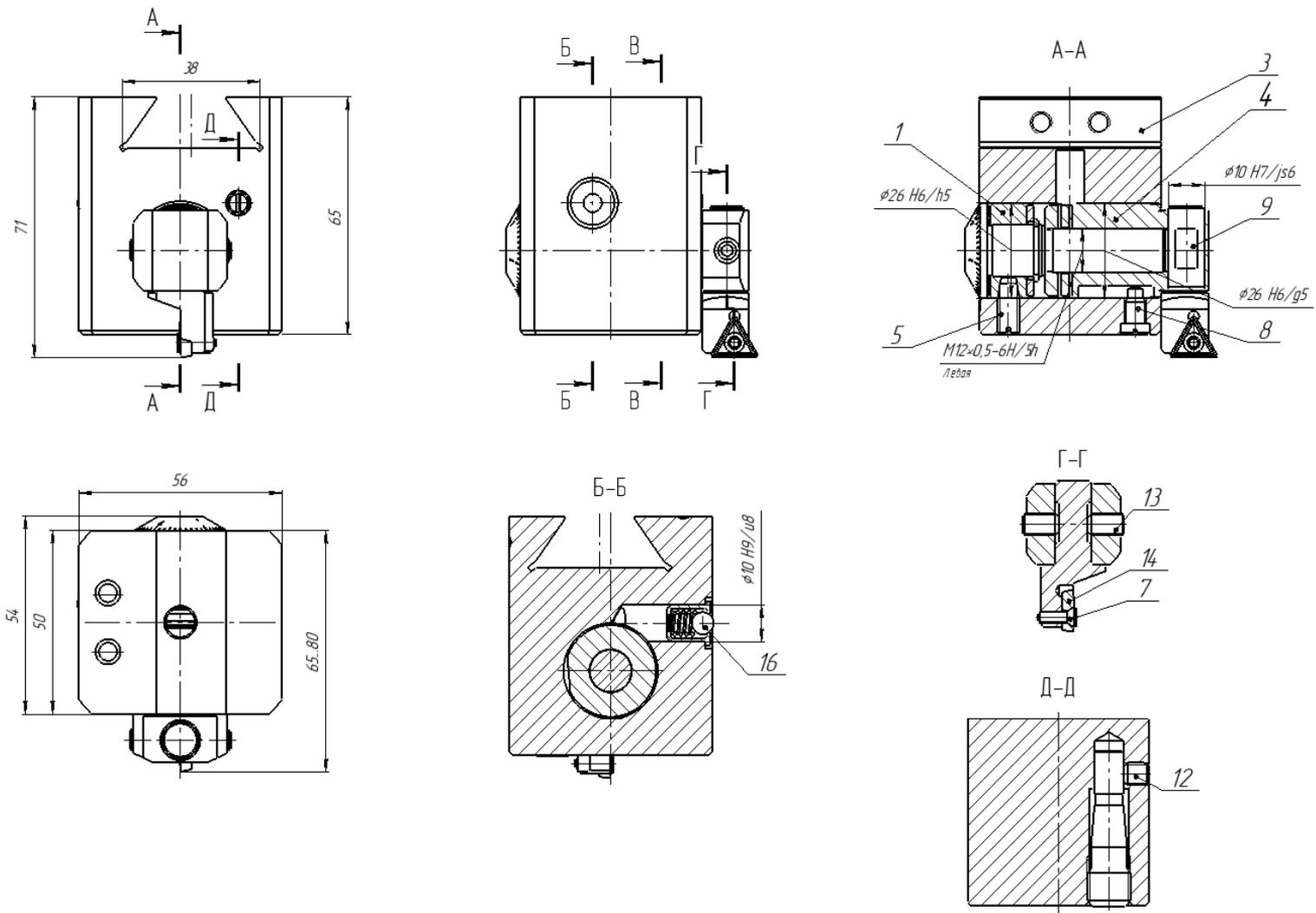


- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый левый;  
 12 – винт фиксирующий; 13 – винт упорный; 14 – пластина твердосплавная; 16 – масленка

Рисунок 3.46. – Модуль расточной ГРТМ.Д300-360-1.01.00.000  
 (начало)



**Рисунок 3.46. – Модуль расточной ГРТМ.Д300-360-1.01.00.000**  
(окончание, начало – с. 92)



- 1 – регулятор; 2 – зажим; 3 – оправка корпусная; 4 – ползун; 5 – винт установочный; 6 – штифт направляющий;  
 7 – винт специальный; 8 – винт ограничительный; 9 – блок резцовый левый;  
 12 – винт фиксирующий; 13 – винт упорный; 14 – пластина твердосплавная; 16 – масленка

Рисунок 3.47. – Модуль расточной ГРТМ.Д240-300-2.01.00.000  
 (начало)

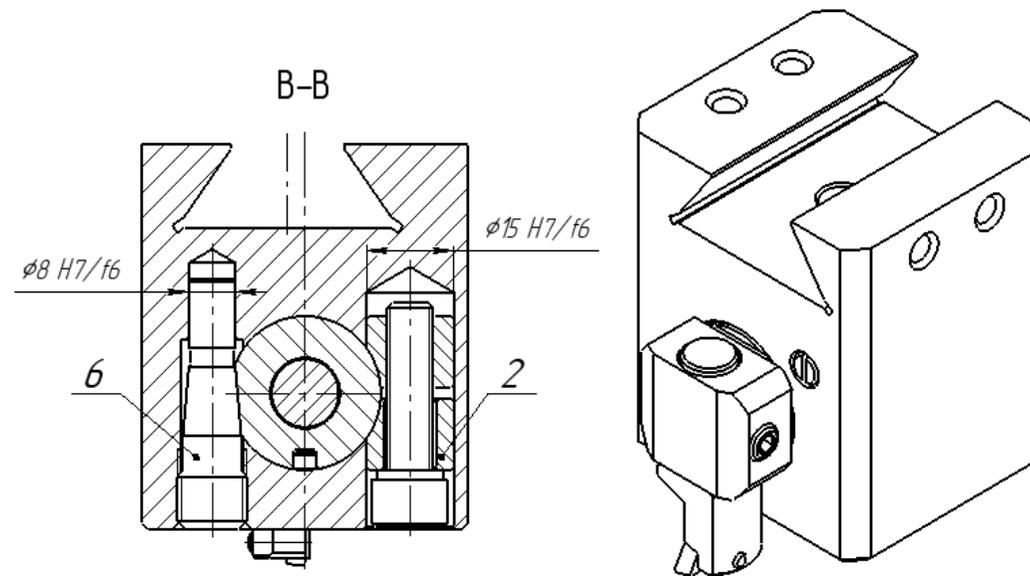
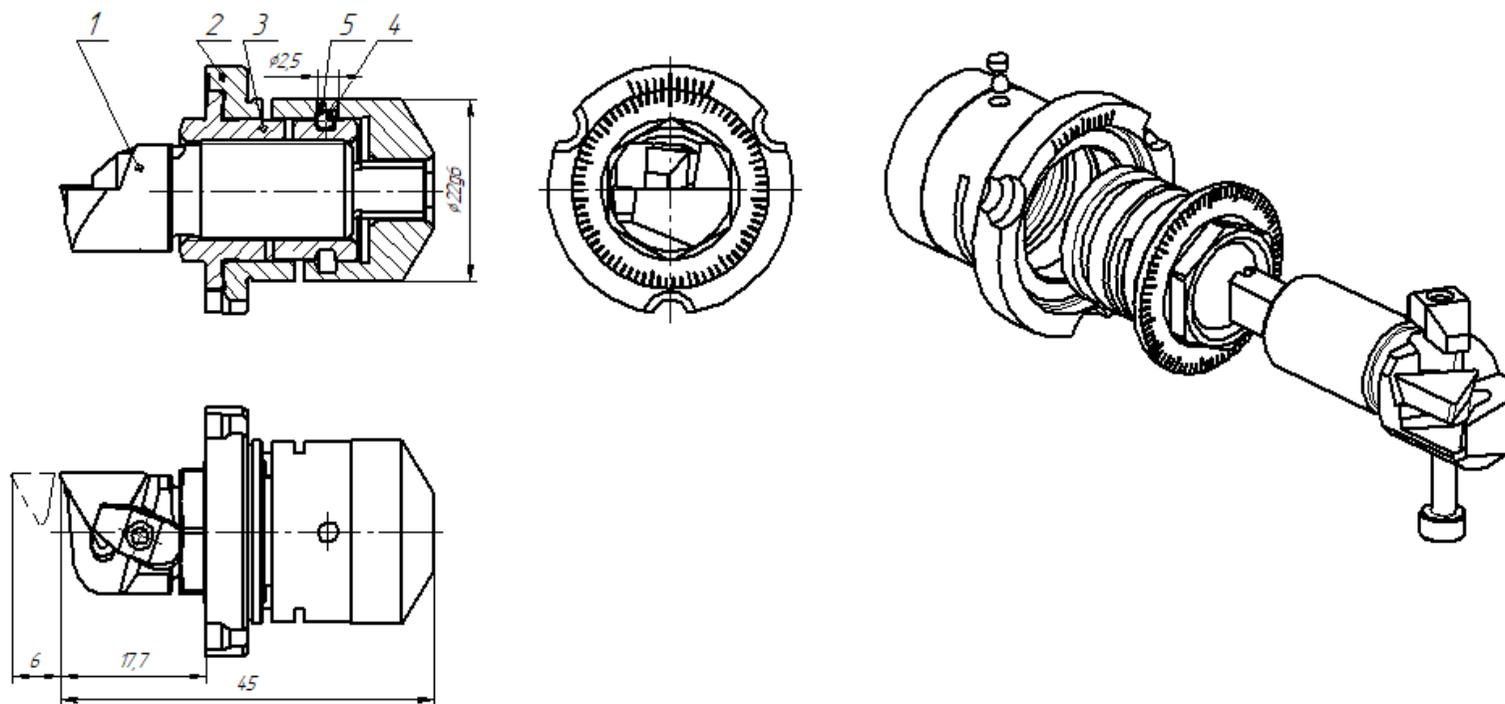


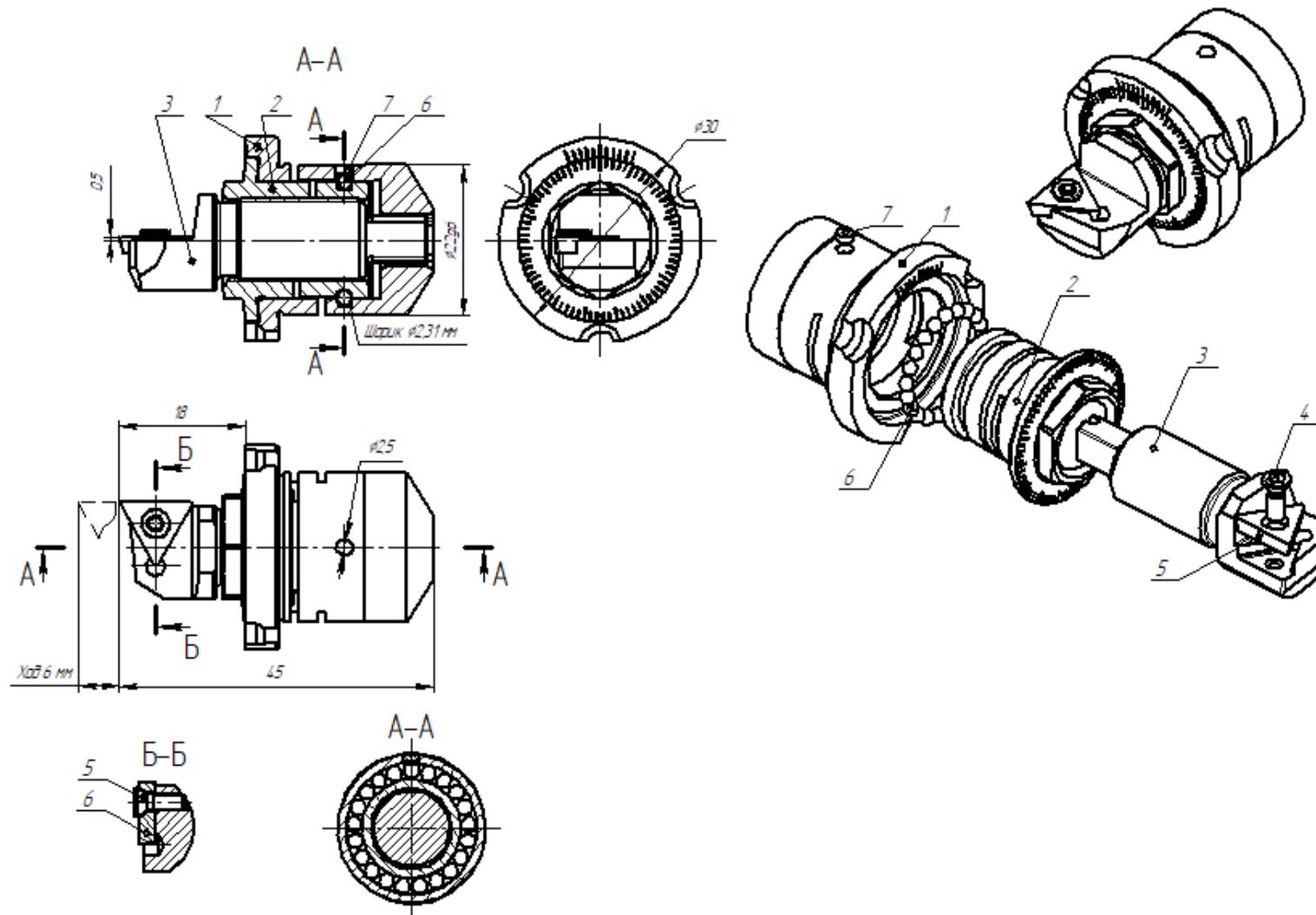
Рисунок 3.47. – Модуль расточной ГРТМ.Д240-300-2.01.00.000  
(окончание, начало – с. 94)

### 3.5 Микроборы



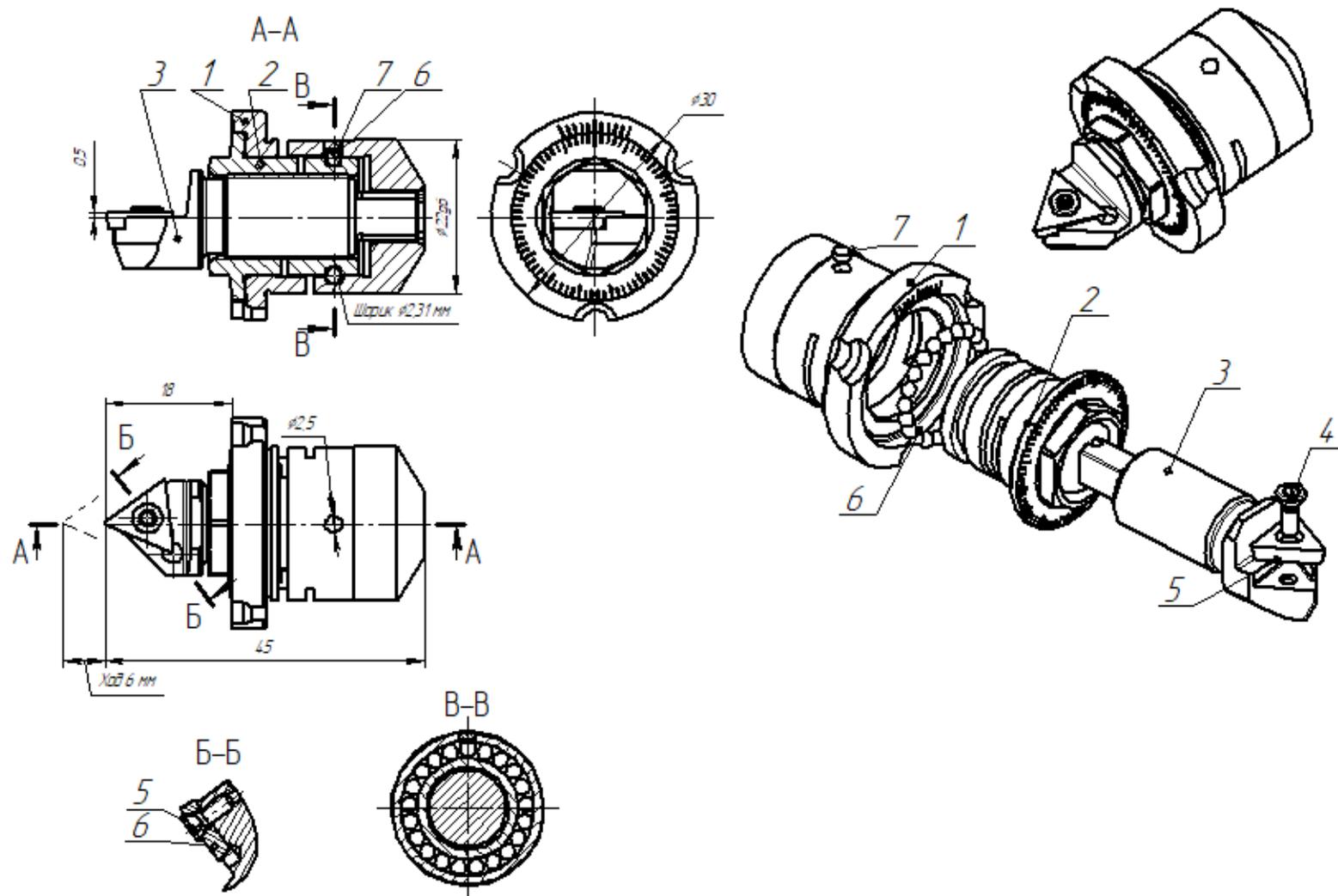
1 – резцовая вставка; 2 – стакан; 3 – втулка; 4 – шарик; 5 – заглушка свинцовая

Рисунок 3.48. – Микробор МШРВ.11.00.000



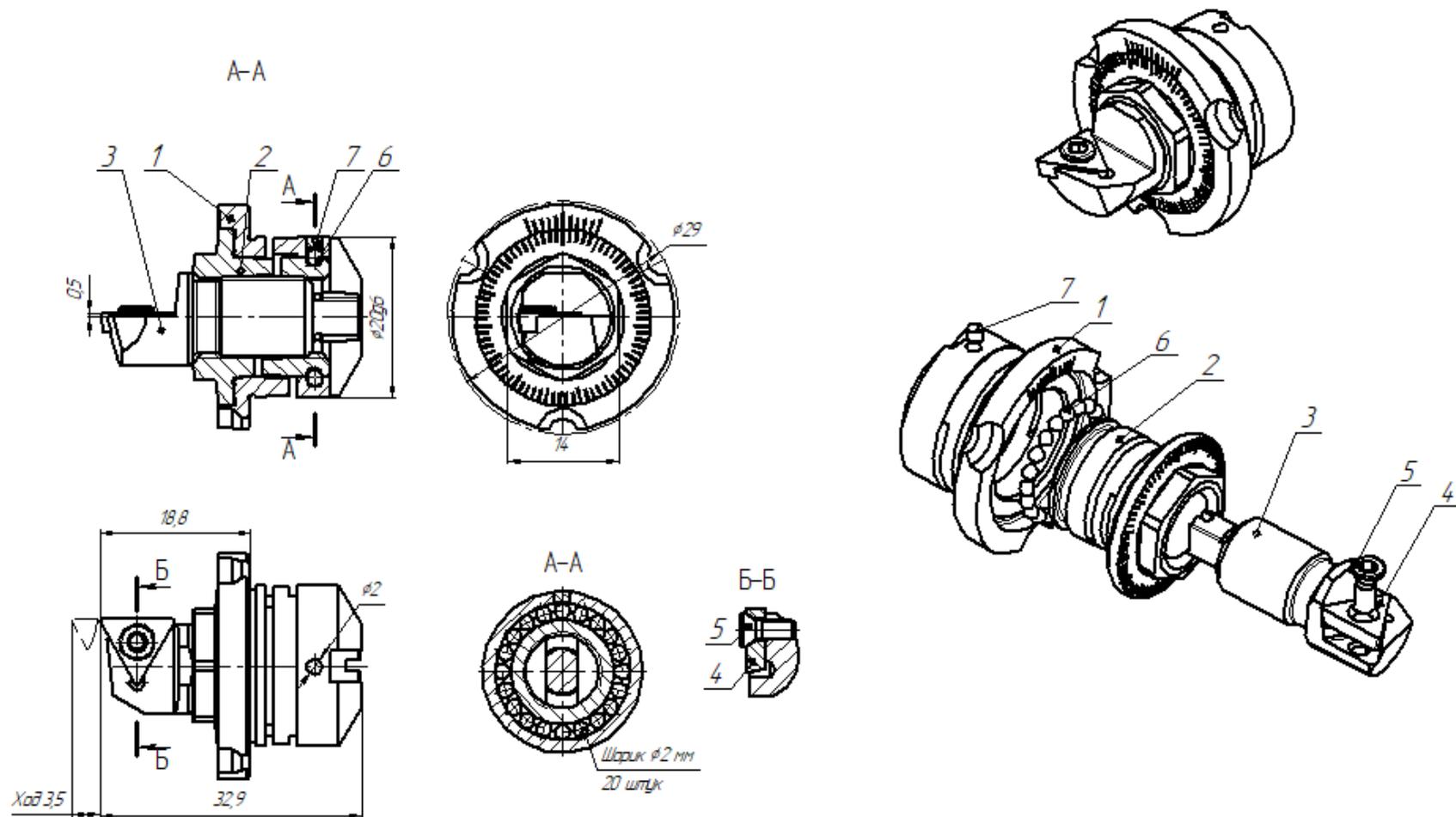
1 – стакан; 2 – втулка; 3 – державка;  
 4 – винт специальный; 5 – пластина твердосплавная; 6 – шарик; 7 – заглушка свинцовая

Рисунок 3.49. – Микробор МППРВ.12-01.00.000



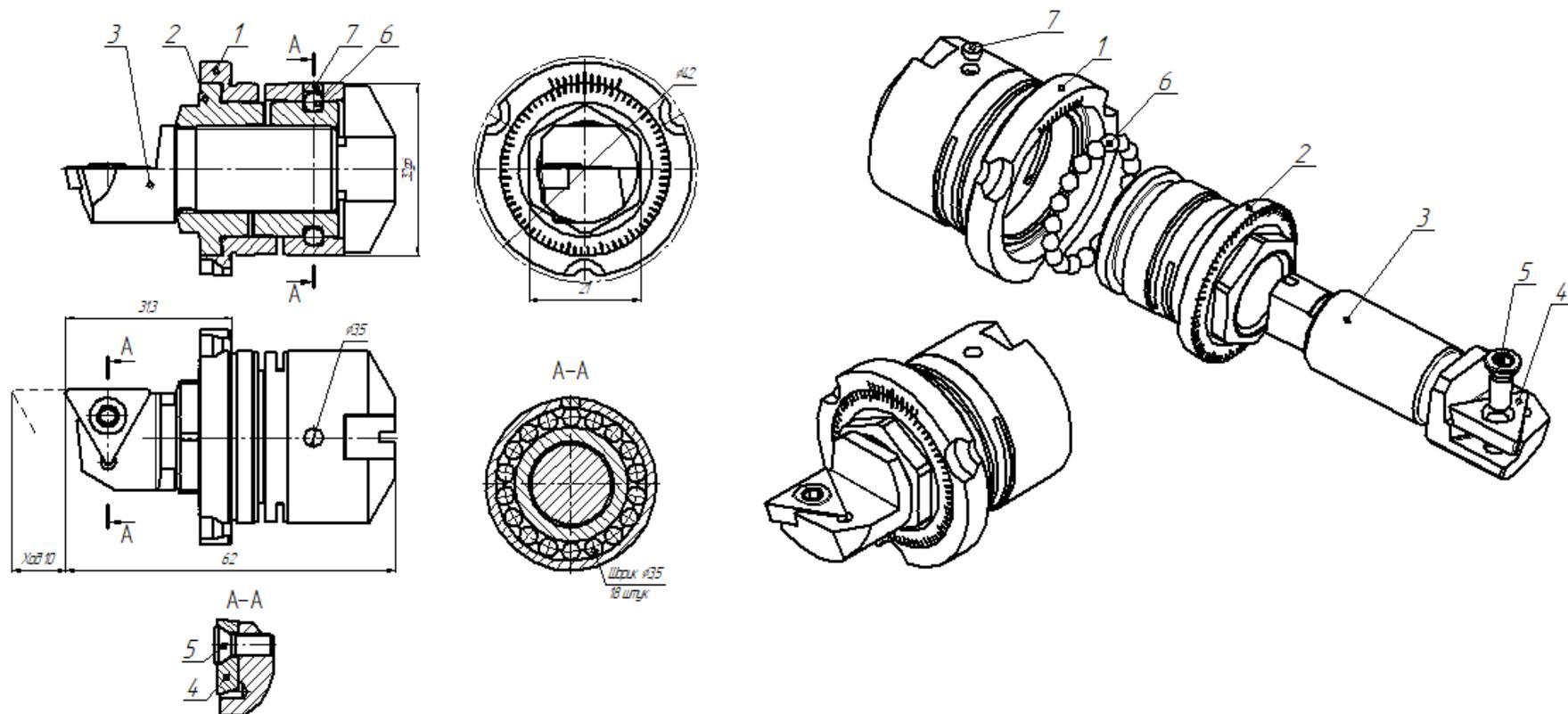
1 – стакан; 2 – втулка; 3 – державка;  
 4 – винт специальный; 5 – пластина твердосплавная; 6 – шарик; 7 – заглушка свинцовая

Рисунок 3.50. – Микробор МППРВ.12-02.00.000



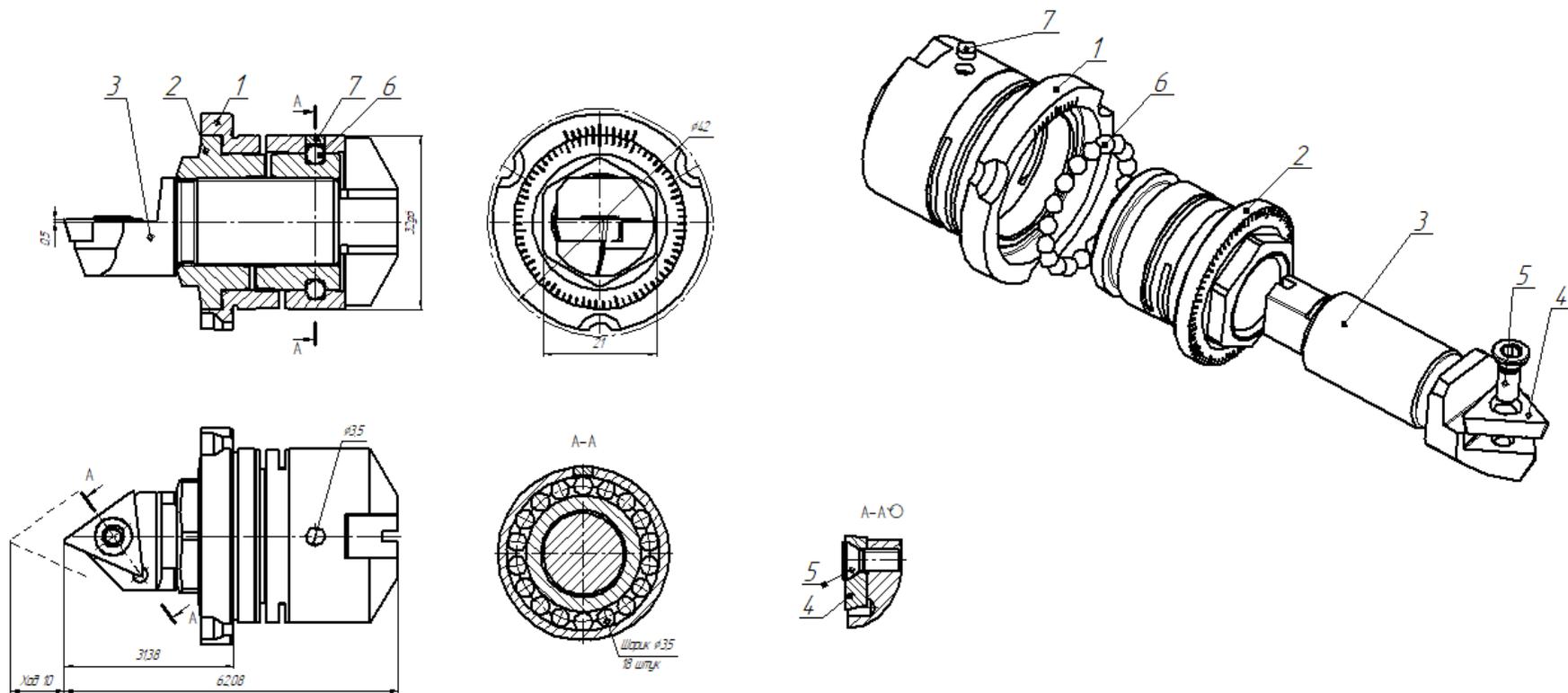
1 – стакан; 2 – втулка; 3 – державка;  
 4 – пластина твердосплавная; 5 – винт; 6 – шарик; 7 – заглушка свинцовая

Рисунок 3.51. – Микробор RB20.00.000



1 – стакан; 2 – втулка; 3 – державка;  
 4 – пластина твердосплавная; 5 – винт; 6 – шарик; 7 – заглушка свинцовая

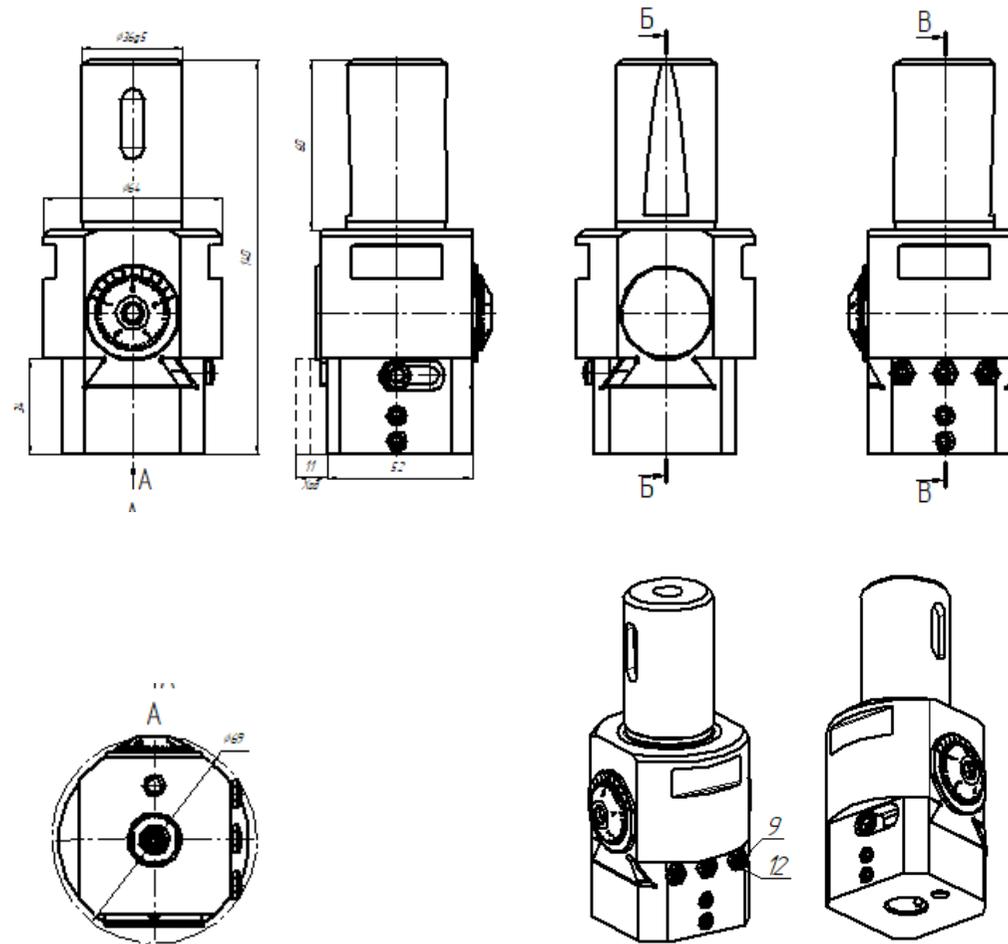
Рисунок 3.52. – Микробор RB32.00.000



1 – стакан; 2 – втулка; 3 – державка;  
4 – пластина твердосплавная; 5 – винт; 6 – шарик; 7 – заглушка свинцовая

Рисунок 3.53. – Микробор PB32-1.00.000

### 3.6 Патрон расточной



- 1 – регулятор; 2 – оправка корпусная; 3 – ползун; 4 – ползун инструментальный; 5 – винт-ось; 6 – крышка регулятора;  
 7 – планка; 8 – винт, фиксирующий крышку регулятора; 9 – винт, фиксирующий планку; 10 – винт фиксирующий;  
 11 – винт, фиксирующий ползун; 12 – гайка

Рисунок 3.54. – Патрон расточной ПРТ.Д10-90.00.000  
 (начало)

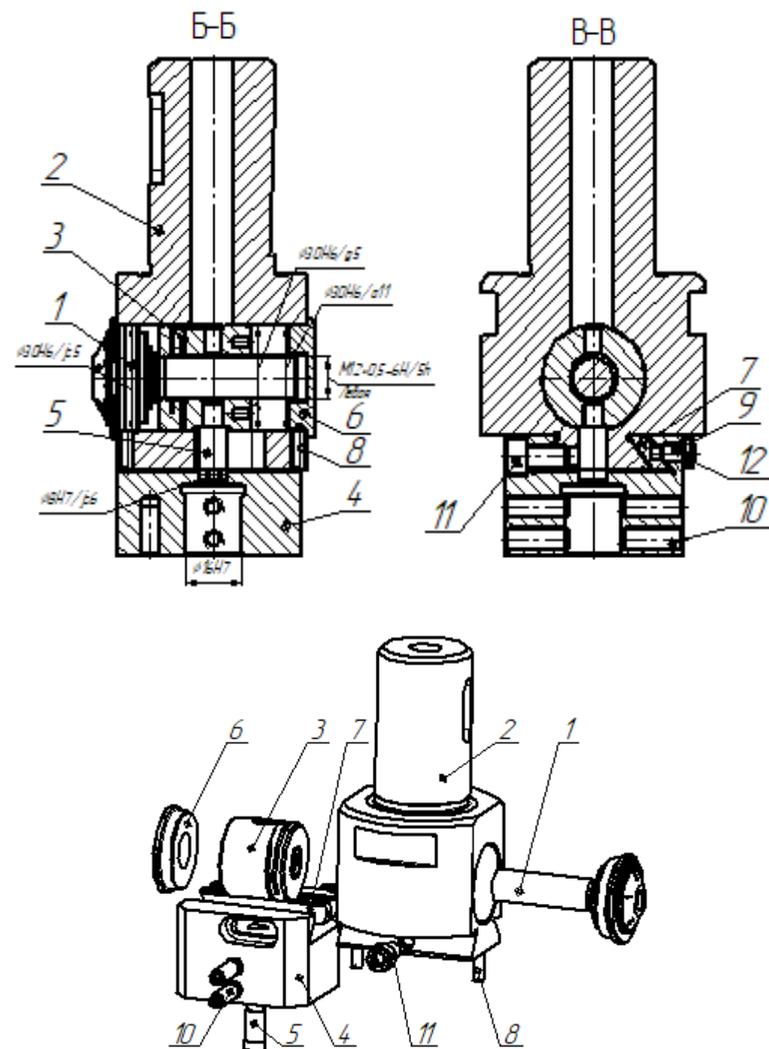
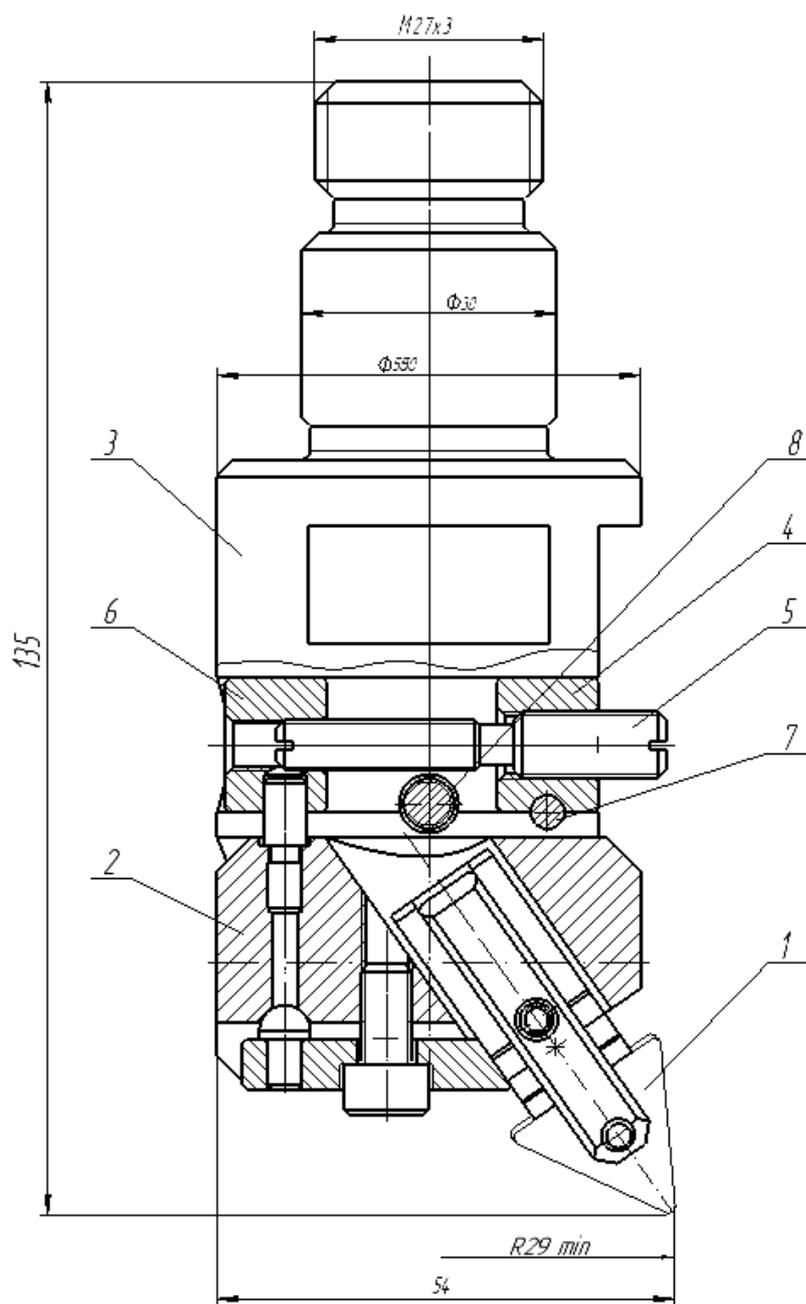


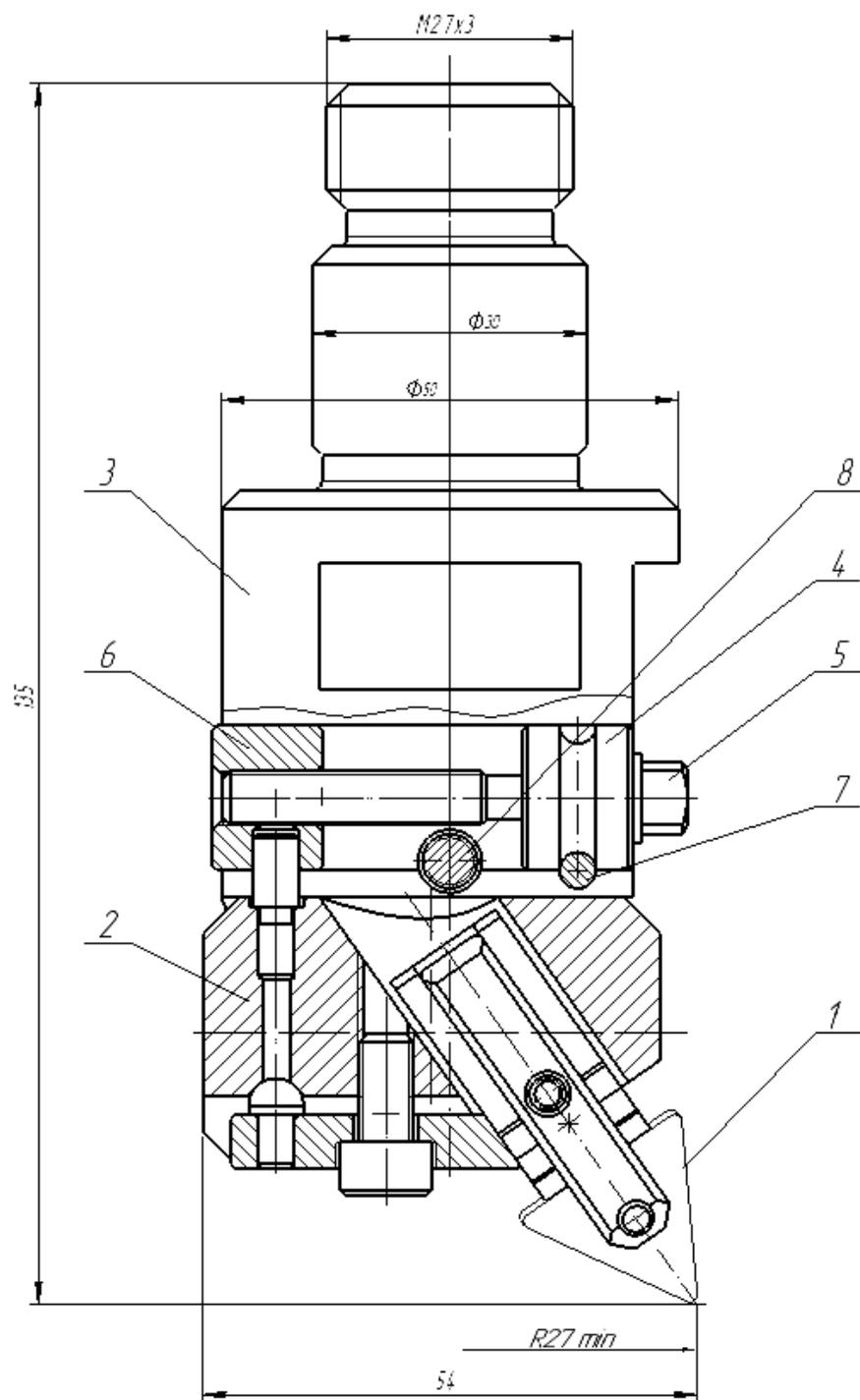
Рисунок 3.54. – Патрон расточной ПРТ.Д10-90.00.000  
(окончание, начало – с. 102)

### 3.7 Модуль резца расточного



- 1 – блок резцовый; 2 – модуль ползуна; 3 – модуль корпусной; 4 – упор;  
5 – винт регулировочный; 6 – ползун малый; 7 – стопор;  
8 – винт зажимной

Рисунок 3.55. – Модуль резца расточного MP 03.00.000



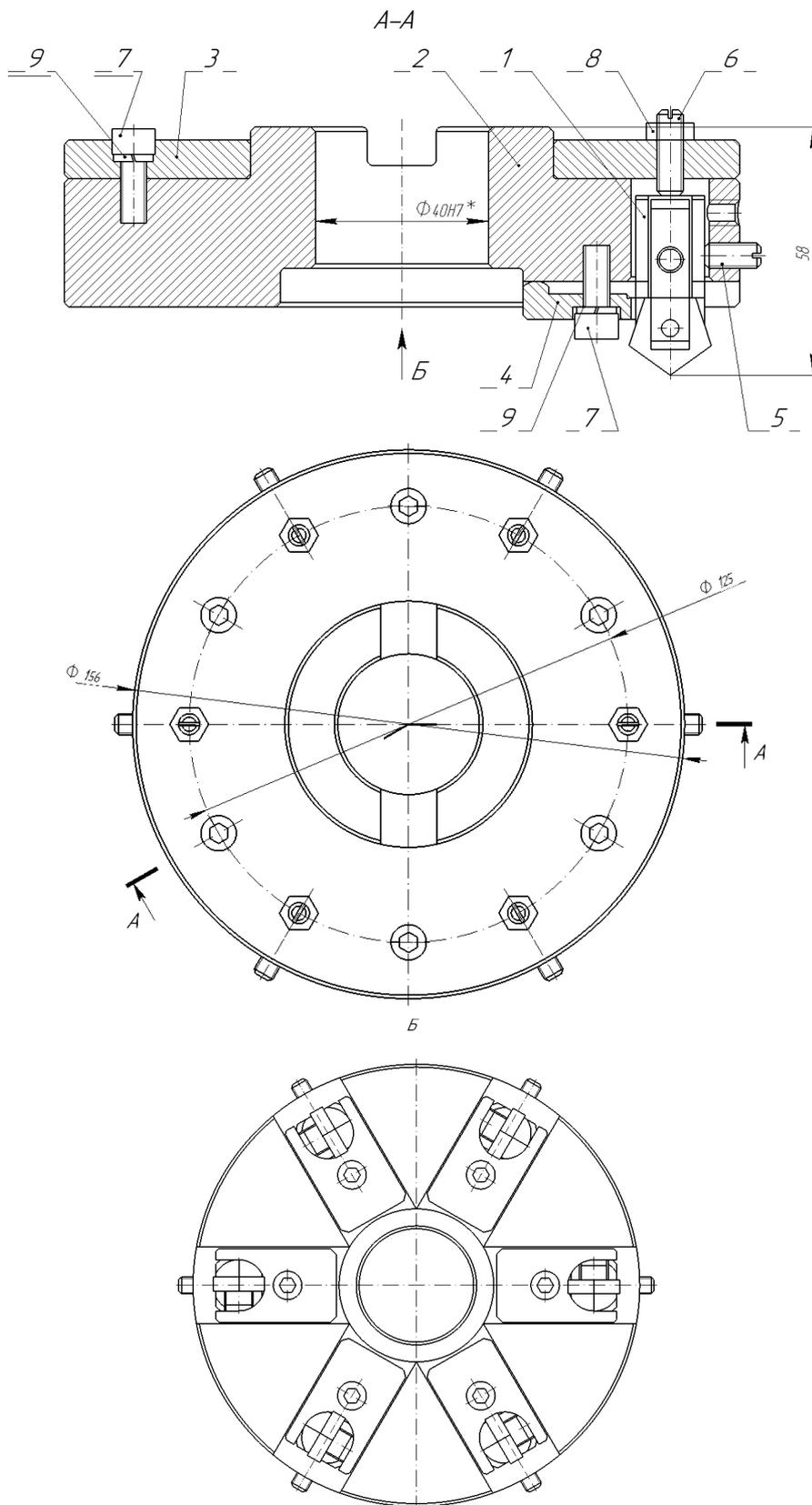
- 1 – блок резцовый; 2 – модуль ползуна; 3 – модуль корпусной; 4 – упор;  
 5 – винт регулировочный; 6 – ползун малый; 7 – стопор;  
 8 – винт зажимной

Рисунок 3.56. – Модуль реза расточного MP 04.00.000



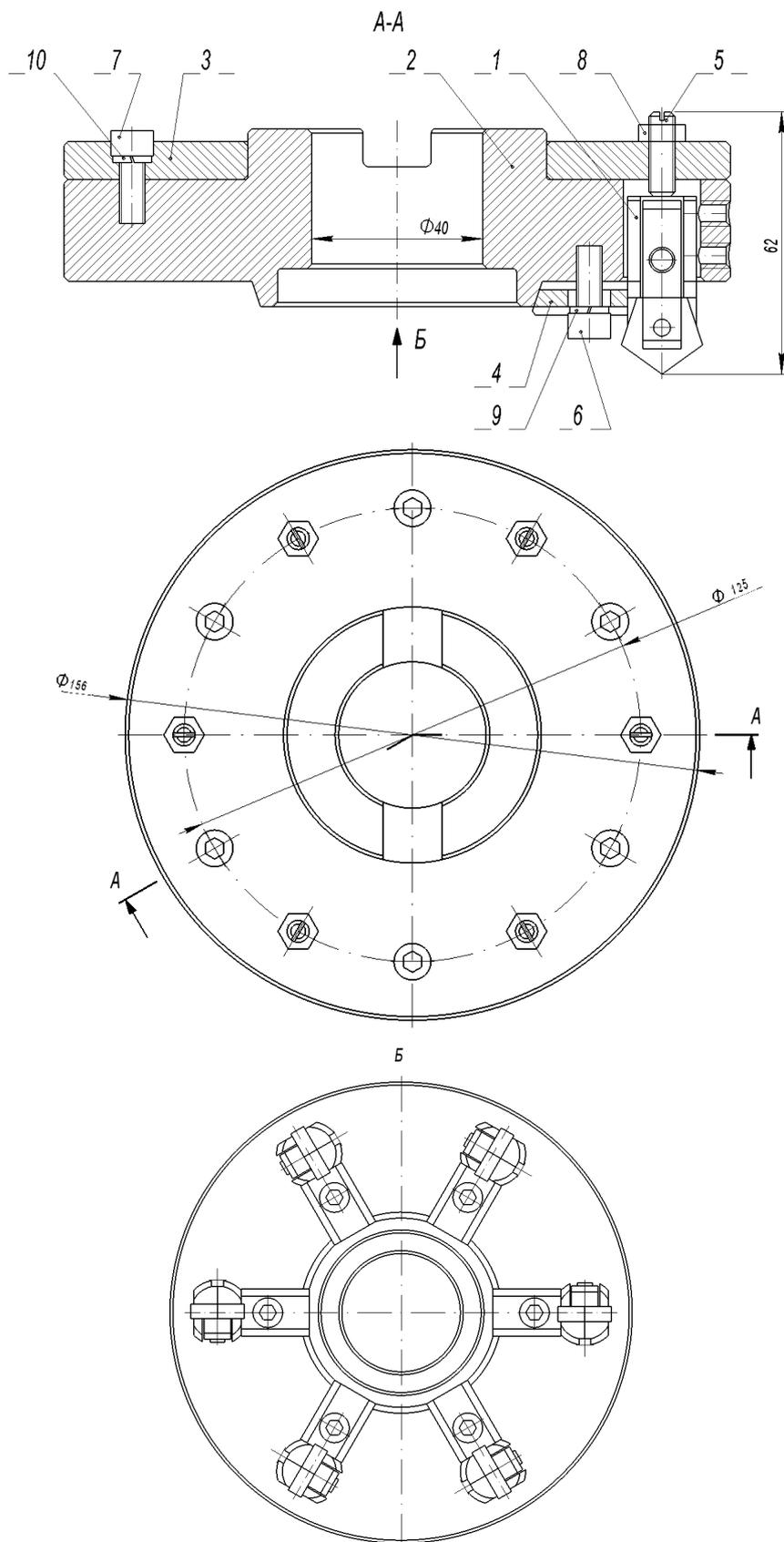


### 3.9 Фрезы торцовые блочно-модульные



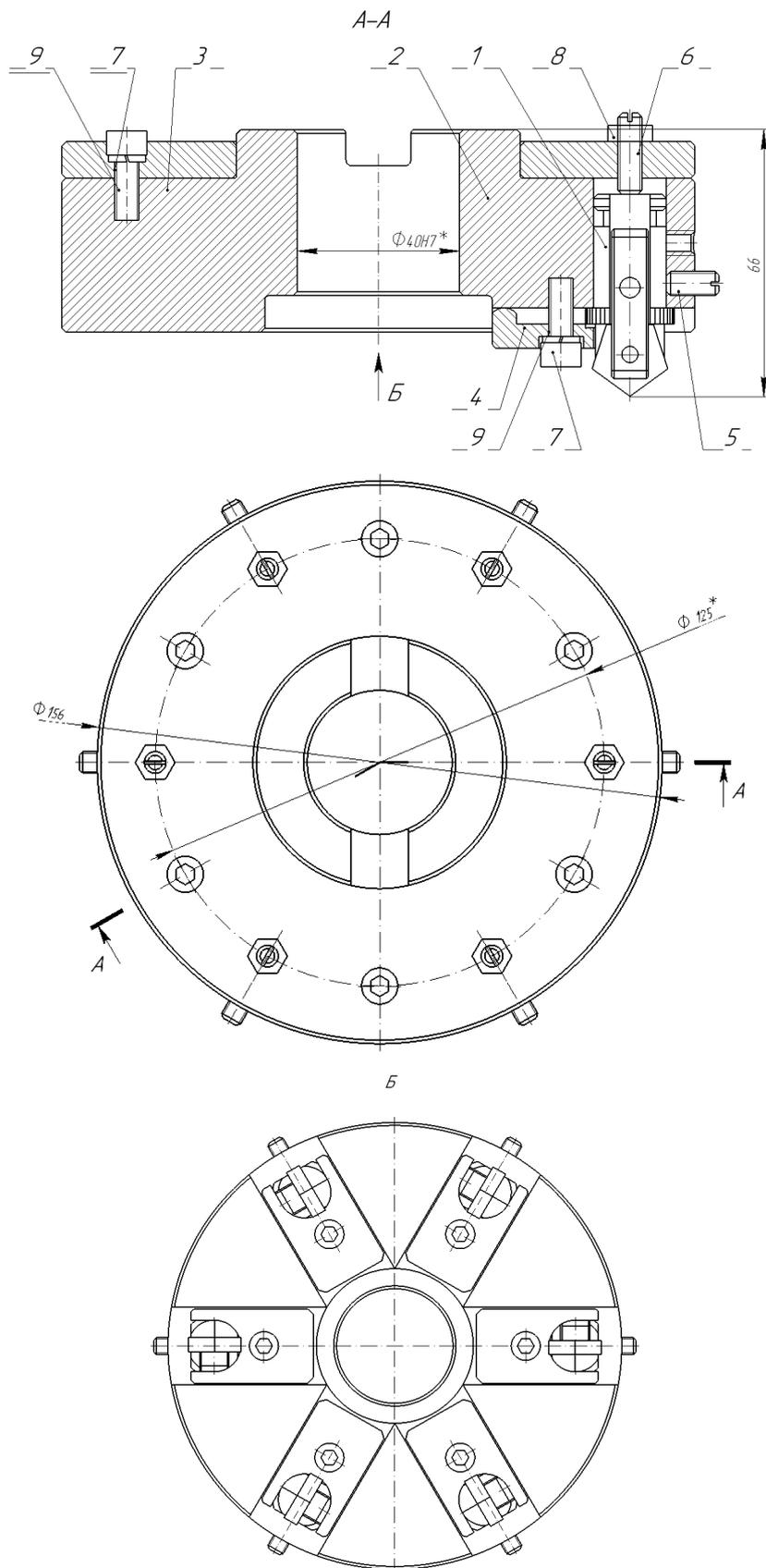
1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец;  
 4 – прихват; 5 – винт крепления блока резцового; 6 – винт регулировочный;  
 7 – винт крепления прихвата; 8 – гайка; 9 – шайба

Рисунок 3.59. – Фреза торцовая БМРИ 05.00.000



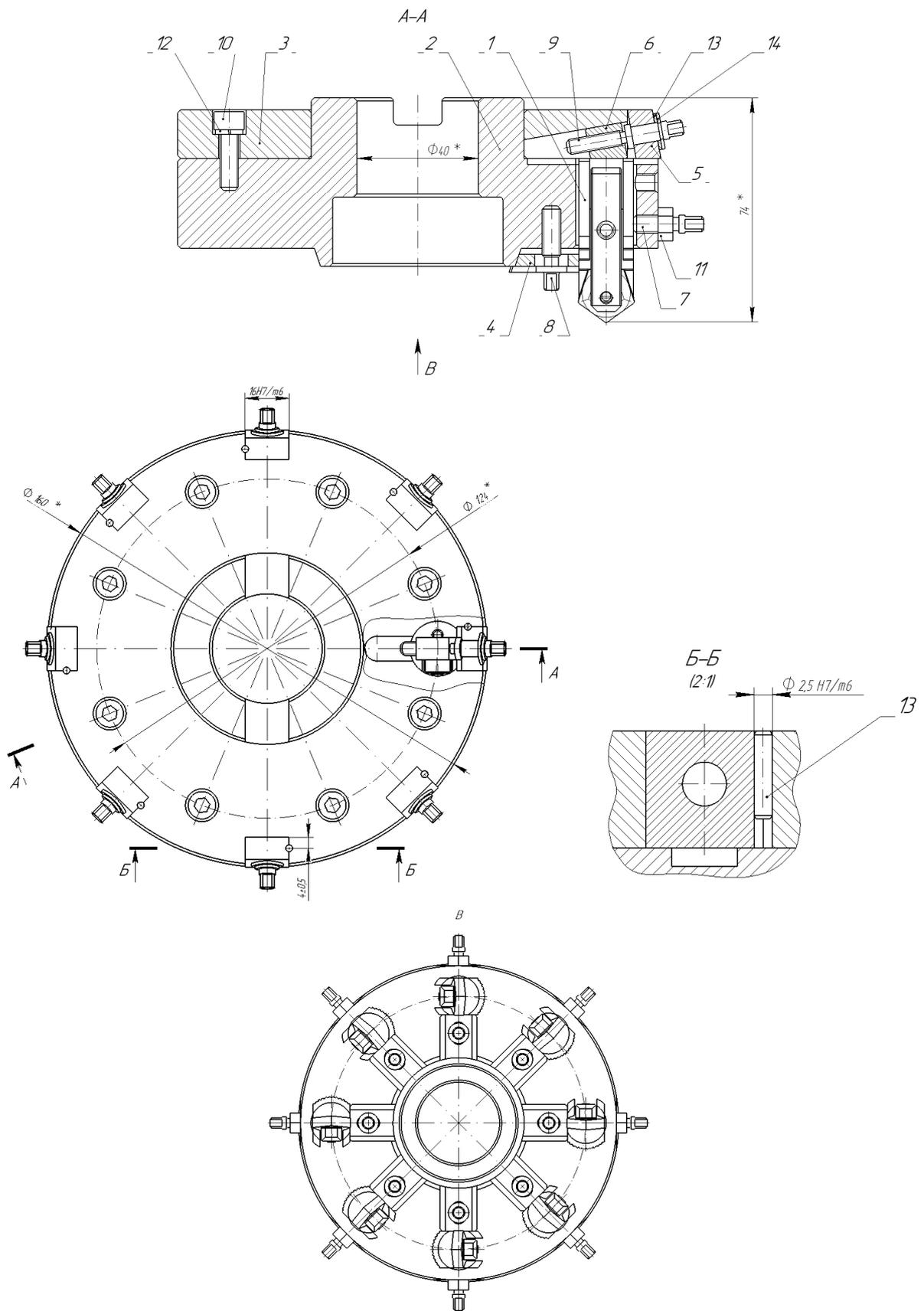
1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец; 4 – прихват;  
 5 – винт; 6 – винт; 7 – винт; 8 – гайка; 9 – шайба; 10 – шайба

Рисунок 3.60. – Фреза торцовая БМРИ 06. 00. 000



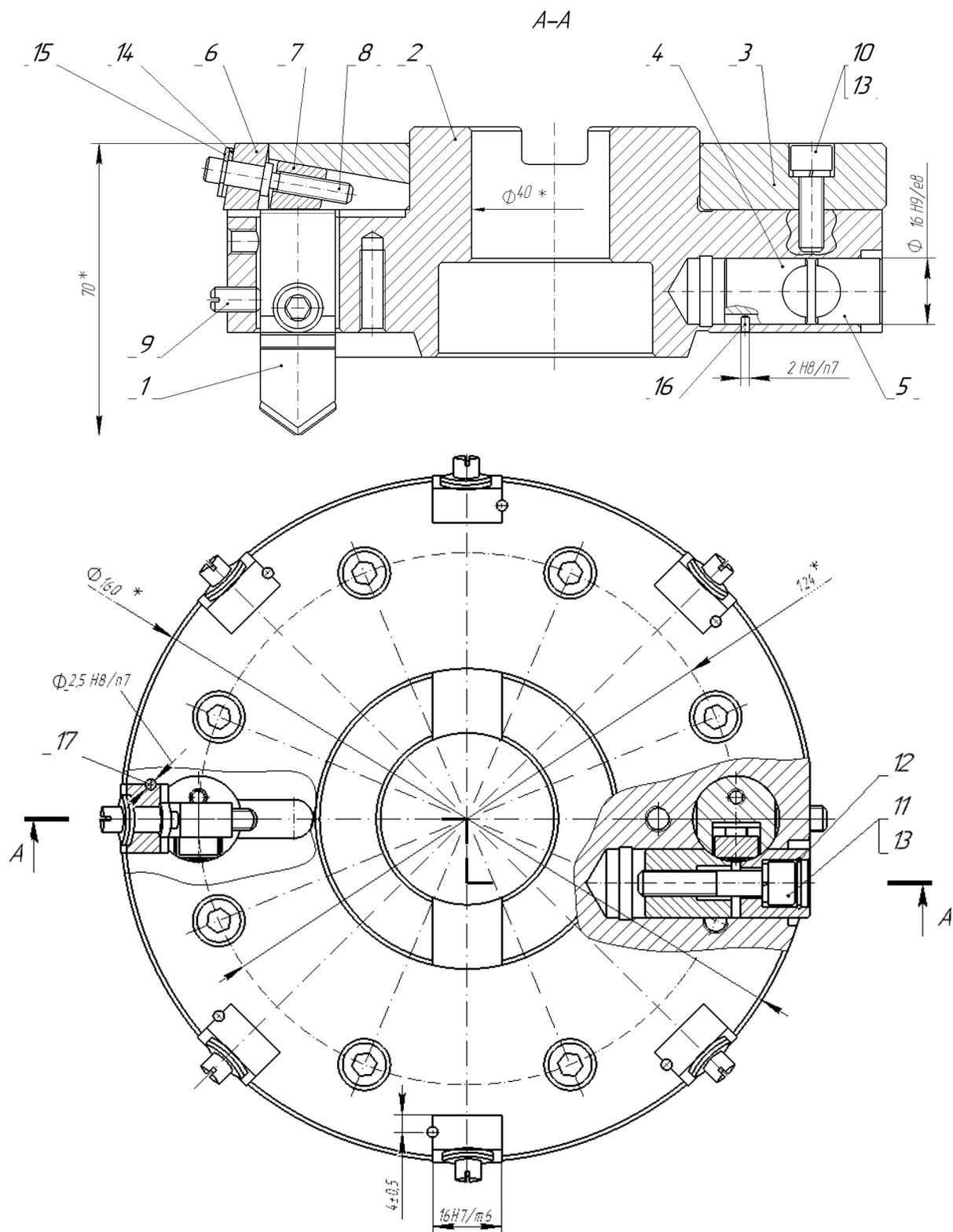
1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец;  
 4 – прихват; 5 – винт; 6 – винт; 7 – винт; 8 – гайка; 9 – шайба

Рисунок 3.61. – Фреза торцовая БМРИ 07.00.000



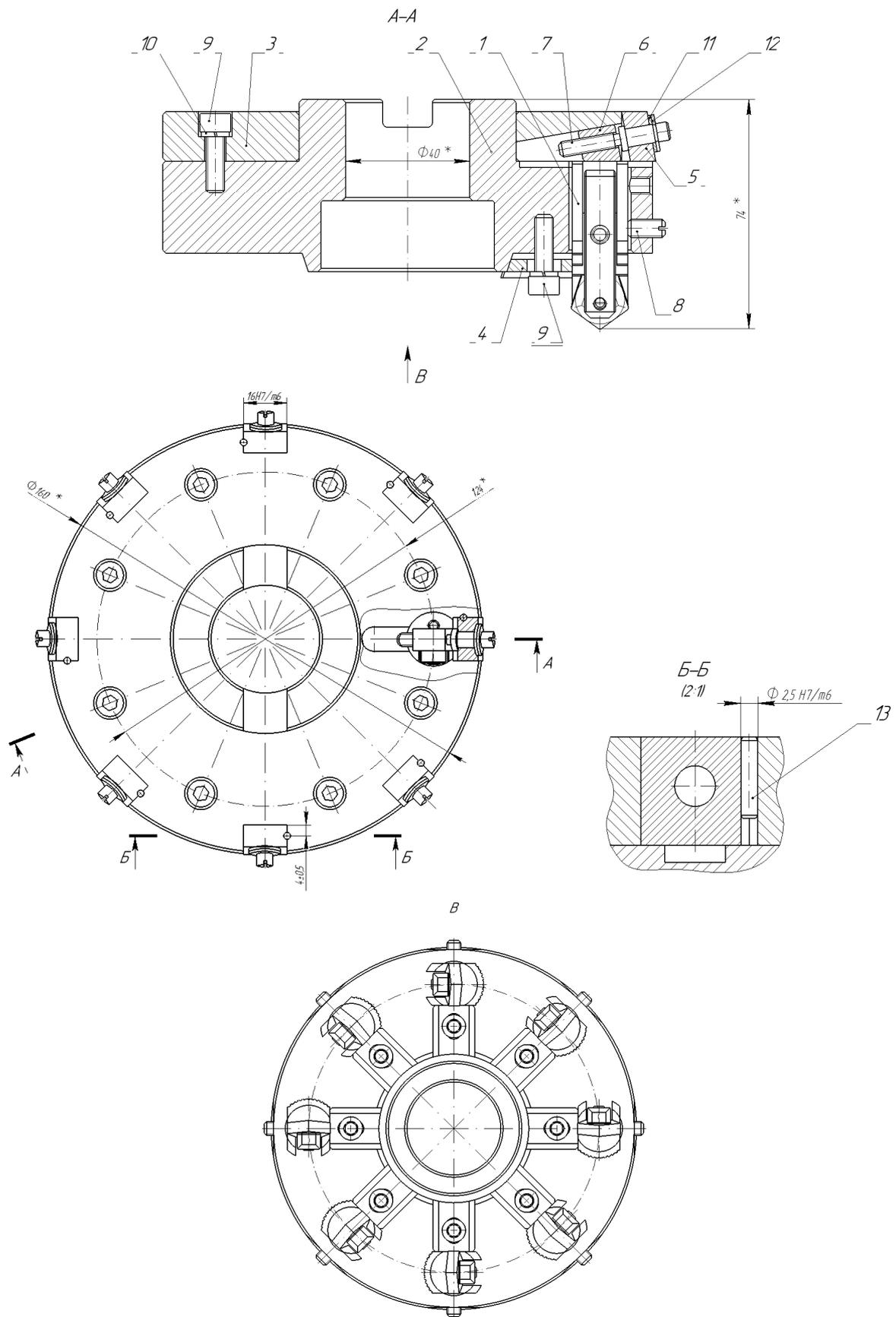
- 1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец;**  
**4 – клин; 5 – упор; 6 – ползун; 7 – винт упорный; 8 – винт клина; 9 – винт регулировочный;**  
**10 – винт крепежный; 11 – гайка;**  
**12 – шайба; 13 – шайба; 14 – шайба; 15 – штифт**

**Рисунок 3.62. – Фреза торцовая БМРИ 11.00.000**



- 1 – блок режущий; 2 – корпус; 3 – фланец; 4 – сухарь левый; 5 – сухарь правый;  
 6 – упор; 7 – ползун; 8 – винт регулировочный; 9 – винт крепления блока режущего;  
 10 – винт крепления фланца; 11 – винт правого и левого сухарей;  
 12 – кольцо запорное; 13 – шайба; 14 – шайба; 15 – шайба; 16 – штифт; 17 – штифт

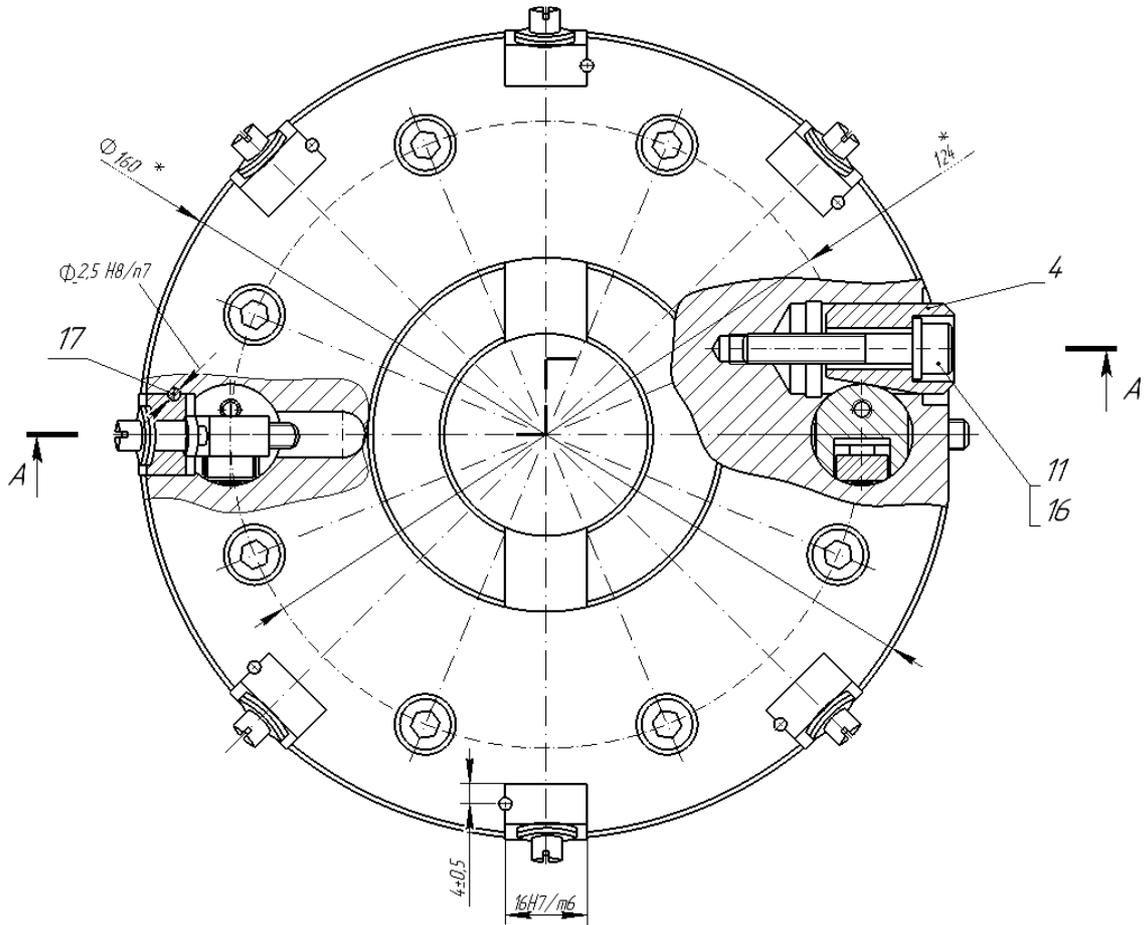
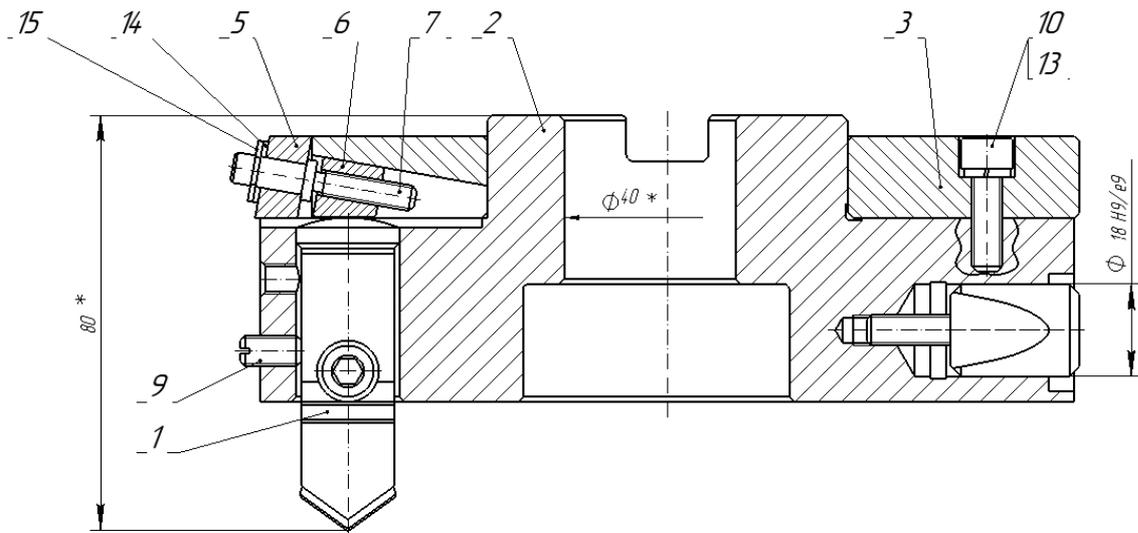
Рисунок 3.63. – Фреза торцовая БМРИ 11 мод.00.000



1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец; 4 – клин; 5 – упор; 6 – ползун;  
 7 – винт регулировочный; 8 – винт крепления блока резцового; 9 – винт клина;  
 10 – шайба; 11 – шайба; 12 – шайба; 13 – штифт

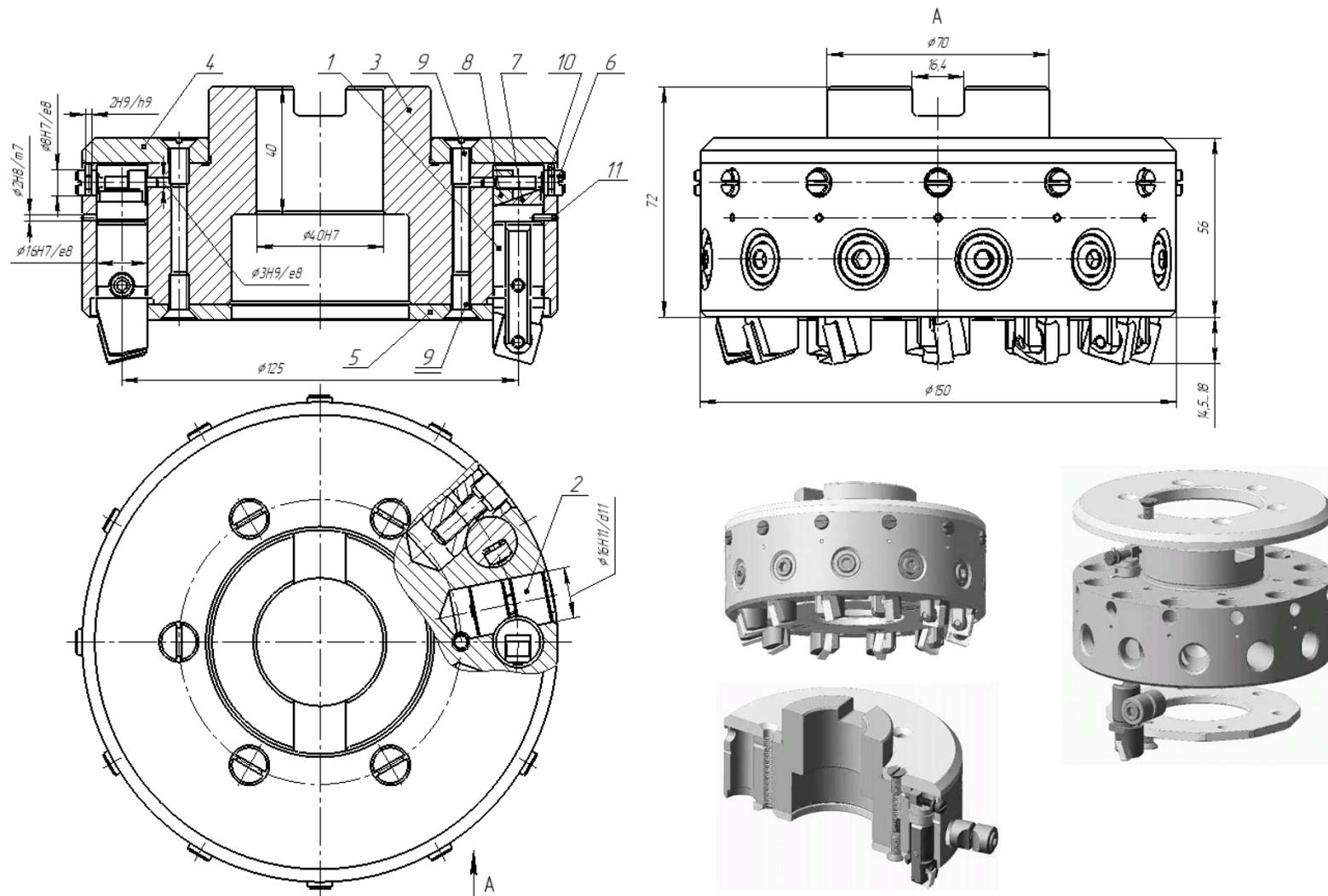
Рисунок 3.64. – Фреза торцовая БМРИ 11-2.00.000

A-A



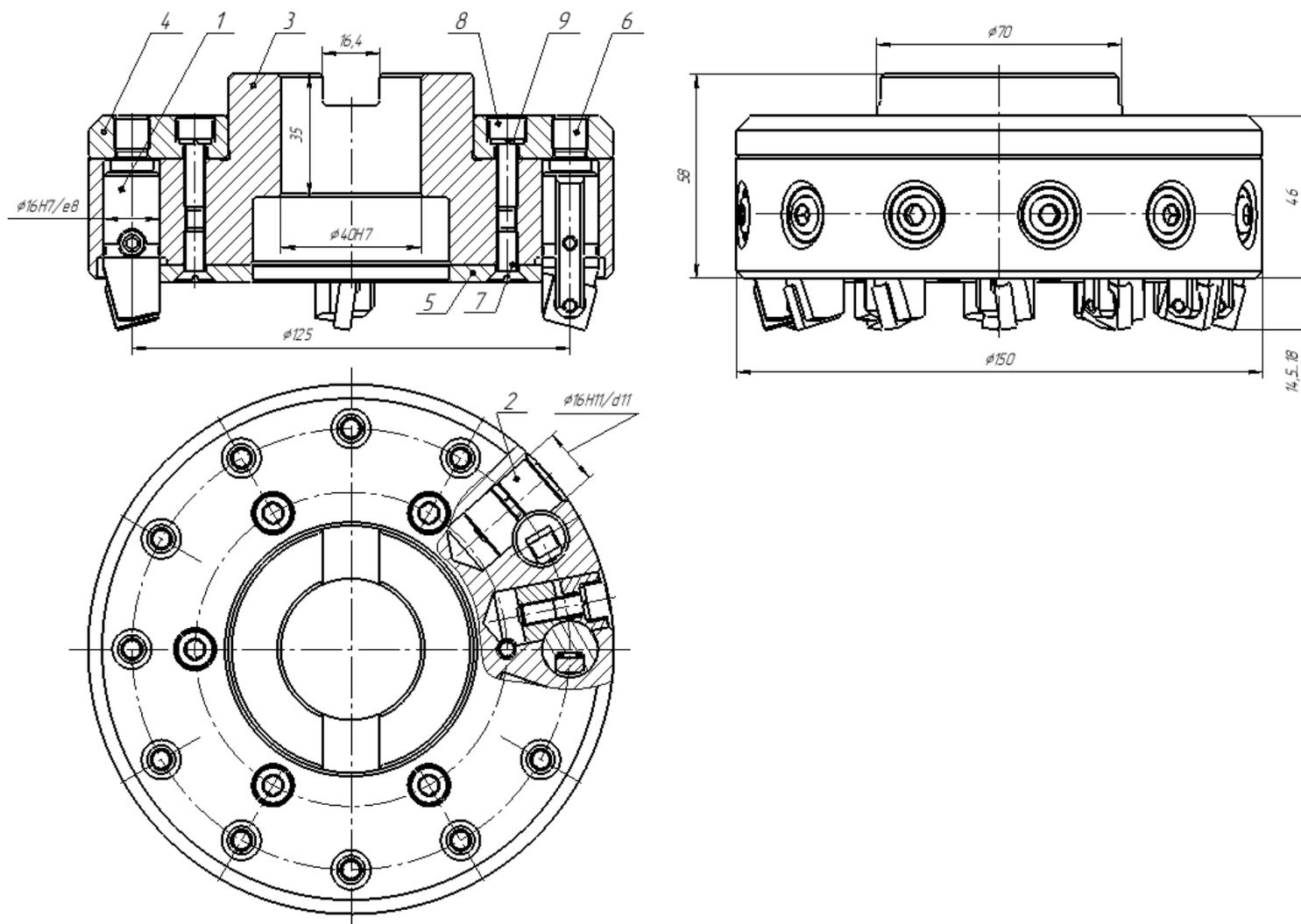
- 1 – блок резцовый; 2 – корпус; 3 – фланец;  
 4 – сухарь клиновой; 5 – упор; 6 – ползун; 7 – винт регулировочный;  
 9 – винт; 10 – винт; 11 – винт;  
 13 – шайба; 14 – шайба; 15 – шайба; 16 – шайба; 17 – штифт

Рисунок 3.65. – Фреза торцовая БМРИ 12.00.000



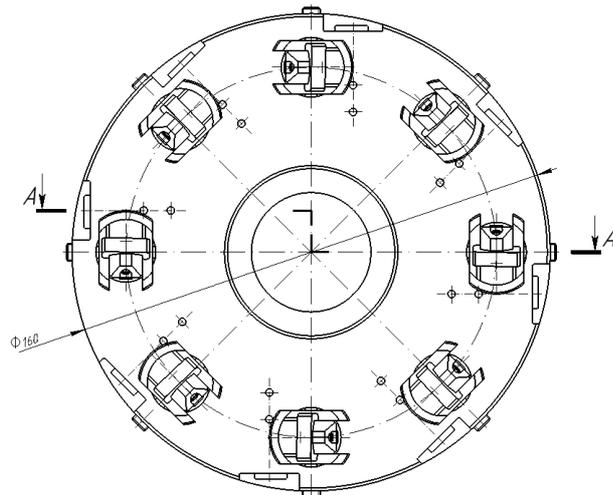
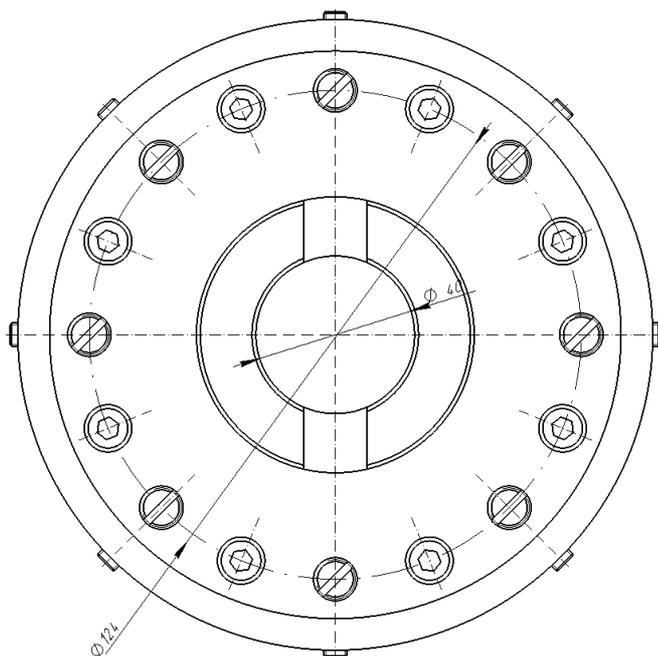
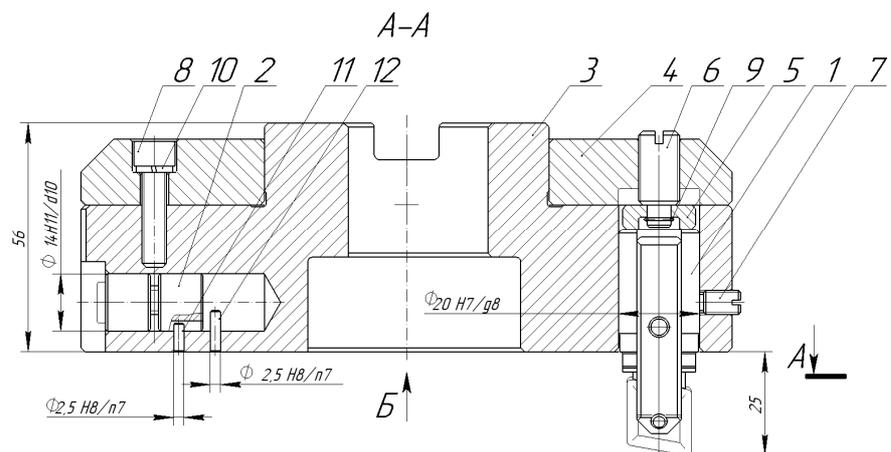
1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – корпус; 4 – фланец;  
 5 – кольцо упорное; 6 – винт регулировочный; 7 – упор; 8 – толкатель;  
 9 – винт; 10 – винт регулировочный; 11 – штифт блока резцового

Рисунок 3.66. – Фреза торцовая ФБМ-М12-125-06.00.000



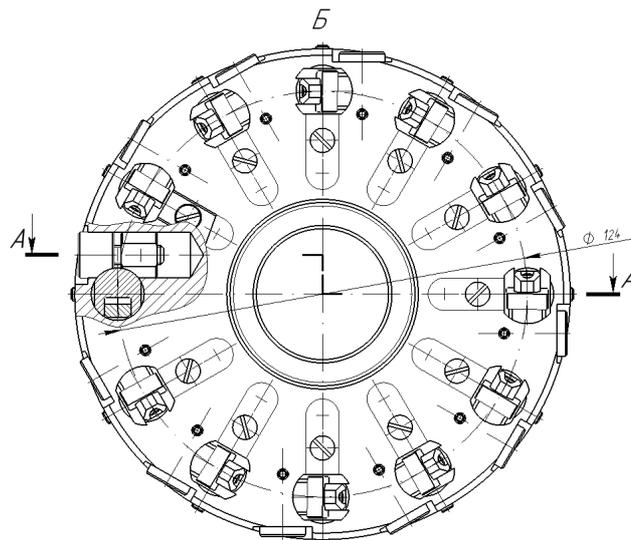
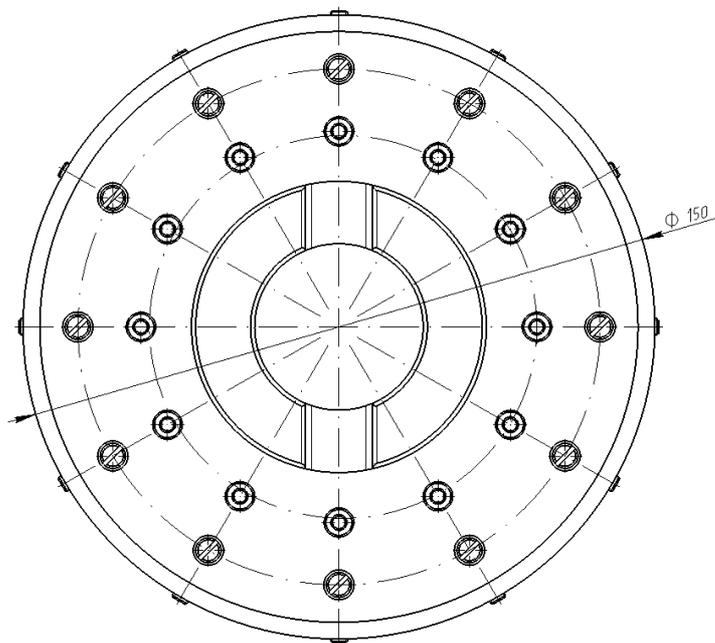
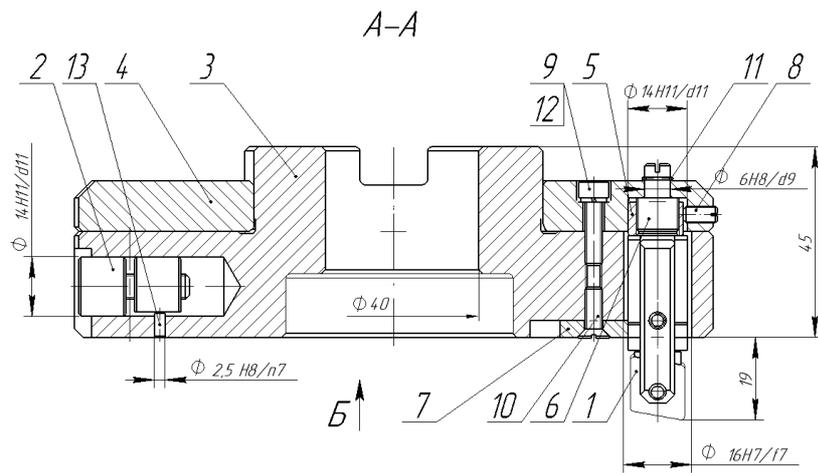
- 1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – корпус; 4 – фланец;  
 5 – кольцо упорное; 6 – винт регулировочный; 7 – винт крепежный кольца упорного;  
 8 – винт крепежный фланца; 9 – шайба

Рисунок 3.67. – Фреза торцовая ФБМ-М12-125-07.00.000



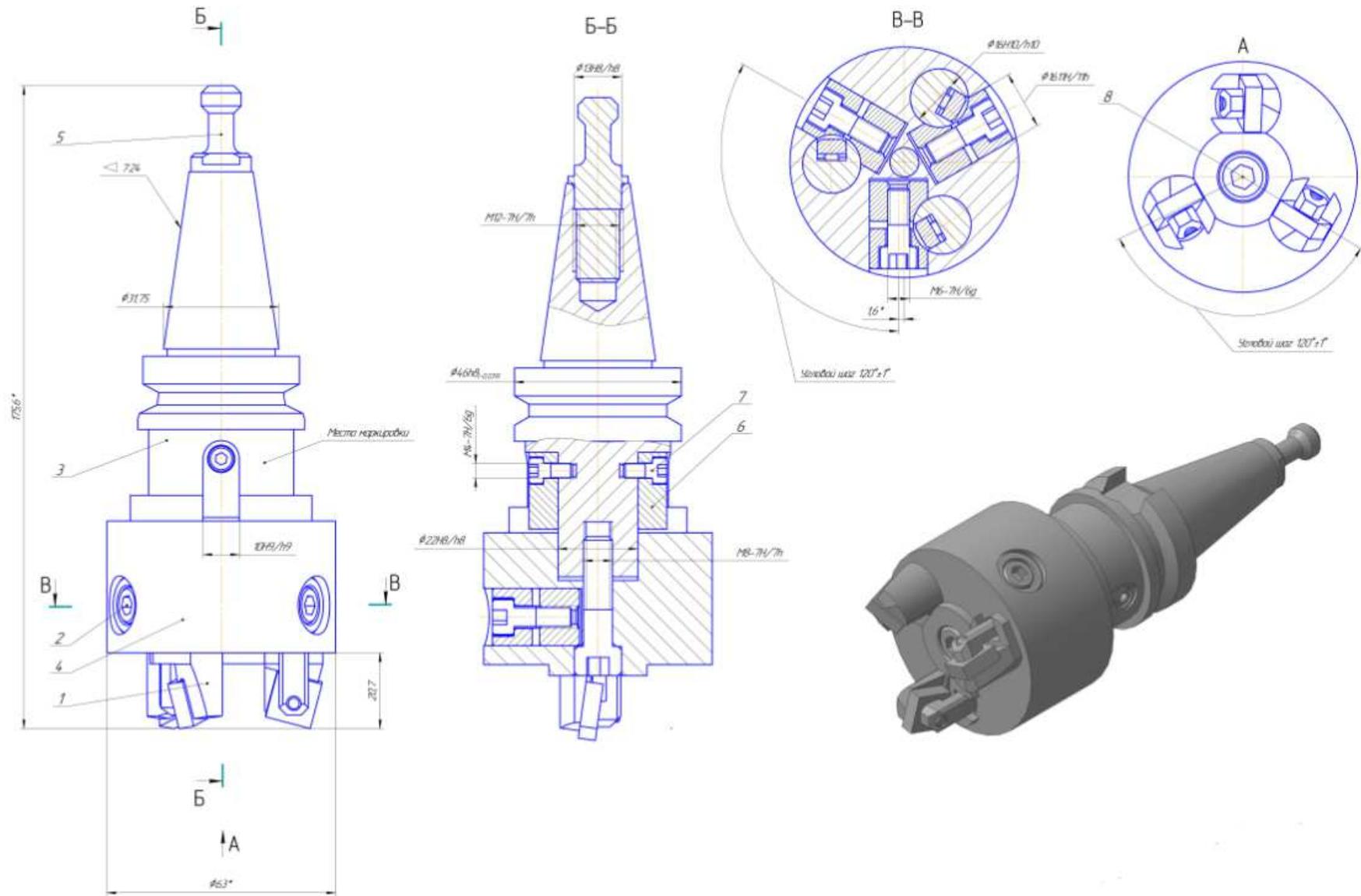
- 1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – модуль фрезы корпусной;  
 4 – фланец; 5 – пята; 6 – винт регулировочный; 7 – винт крепления блока резьбового;  
 8 – винт крепления фланца; 9 – кольцо упорное;  
 10 – шайба; 11 – штифт; 12 – штифт

Рисунок 3.68. – Фреза торцовая ФТБМ 15.00.000



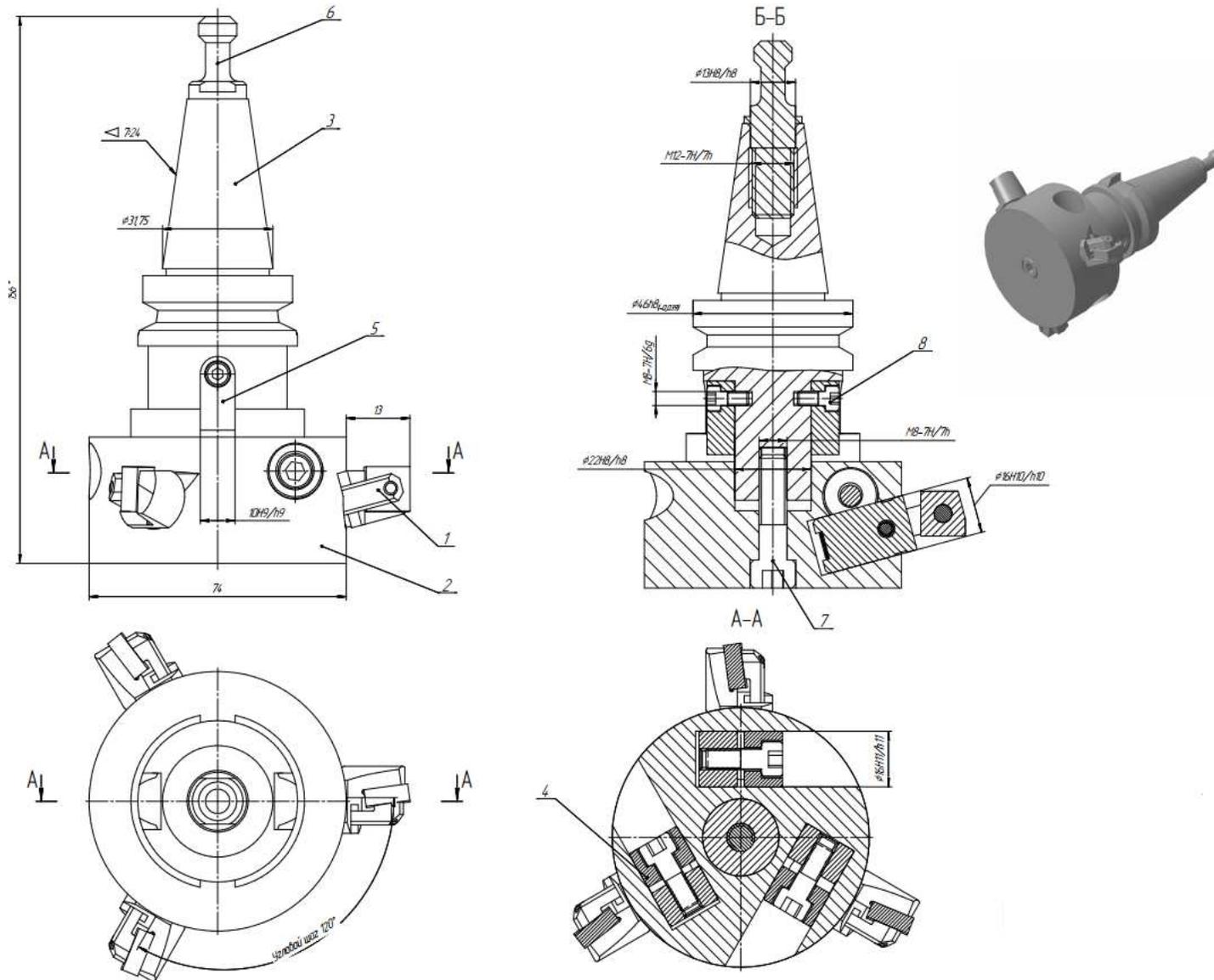
- 1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – модуль фрезы корпусной;  
 4 – фланец; 5 – ползун; 6 – винт специальный; 7 – упор;  
 8 – винт фиксирующий ползун; 9 – винт крепления фланца; 10 – винт крепления упора;  
 11 – кольцо упорное; 12 – шайба; 13 – штифт

Рисунок 3.69. – Фреза торцовая ФТБМ-125-1.00.000



1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – хвостовик; 4 – модуль корпусной;  
 5 – тяга; 6 – шпонка торцовая; 7 – винт крепежный шпонки торцовой; 8 – винт стягивающий

Рисунок 3.70. – Фреза торцовая



1 – блок резцовый; 2 – зажим; 3 – хвостовик; 4 – модуль корпусной;  
5 – тяга; 6 – шпонка торцовая; 7 – винт крепежный шпонки торцовой; 8 – винт стягивающий

Рисунок 3.71. – Фреза дисковая

## Контрольные вопросы

1. Опишите способы установки пластины режущей без отверстия в блоке резцовом.
2. Опишите способы установки пластины режущей с отверстием в блоке резцовом.
3. Каким образом можно регулировать вылет блока резцового в корпусном модуле инструмента?
4. Опишите конструкцию блока резцового с цанговым зажимом. В чем его преимущества и недостатки?
5. Чем определяется надежность сборного режущего инструмента?
6. Какие механизмы регулирования используются в расточных модульных инструментах?
7. Какие элементы включает в себя конструктивная схема расточной головки?
8. Как осуществляется «тонкая настройка» на размер в расточном инструменте?
9. Особенность конструктивной схемы микробора.
10. Какие варианты регулировки блоков резцовых в торцовых фрезах Вы знаете?
11. Как можно обеспечить требуемое значение углов в плане у торцовых фрез?
12. Чем отличается конструктивная схема зенкера (см. рисунок 3.58) от конструктивной схемы фрезы (см. рисунок 3.70)?
13. Как обеспечивается центрирование блока резцового в различных конструкциях БМРИ? Почему?
14. В чем заключается основное назначение инструментального конуса 7:24?
15. Что общего в технологических схемах сборки различных типов БМРИ?

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Технологический маршрут изготовления БМРИ может быть составлен в целом на изделие, его конструктивные элементы (сборочные единицы), на «гибридную» конструкцию, включающую или конструктивные элементы из различных материалов, или субтрактивные и аддитивные операции изготовления отдельных конструктивных элементов, которые затем собираются традиционными технологическими методами.

Например, для единичного и мелкосерийного типов производства технологический маршрут на отдельные конструктивные элементы БМРИ из пластиковых материалов включает операции: 1) подготовка к 3D-печати; 2) 3D-печать деталей; 3) постобработка.

Далее представлены примеры разработки технологических маршрутов изготовления основных деталей БМРИ. Для наглядности показаны эскизы заготовок, на определенных операциях указаны возможные варианты переходов, остальные операции и эскизы могут рассматриваться как задания обучающимся для разработки.

### 4.1 Технологический маршрут изготовления блока резового

#### 4.1.1 Технологический маршрут изготовления державки блока резового

**005 Токарная.** Оборудование: станок токарно-винторезный универсальный 1А616.

1. Установить заготовку. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: патрон 7100-0005 ГОСТ2675-80.

2. Точить торец. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 630$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 60$  м/мин,  $t = 3$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

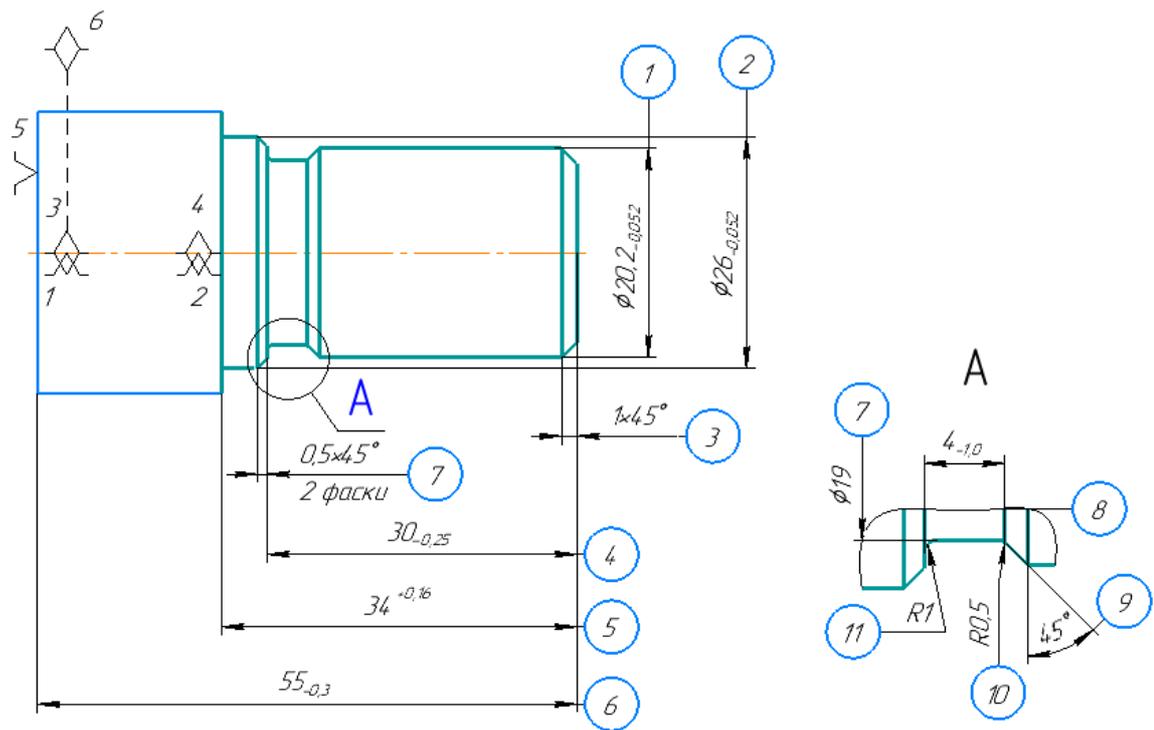
3. Точить поверхности, выдерживая размер 1 до  $\varnothing 21$ , 2 – до  $\varnothing 27$ . Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,5$  мм/об,  $n = 630$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 53$  м/мин,  $t = 3$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

4. Точить поверхности, выдерживая размеры 1, 2, 4, 5. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т15К6 ГОСТ 18879-73; резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,1$  мм/об,  $n = 800$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 70$  м/мин,  $t = 0,5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

5. Точить поверхности, выдерживая размеры 4, 7, 8, 9, 10, 11. Режущий инструмент: резец 2120-0510 Т15К6 ГОСТ 18874-73. Режимы резания:  $S = 0,1$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 15$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

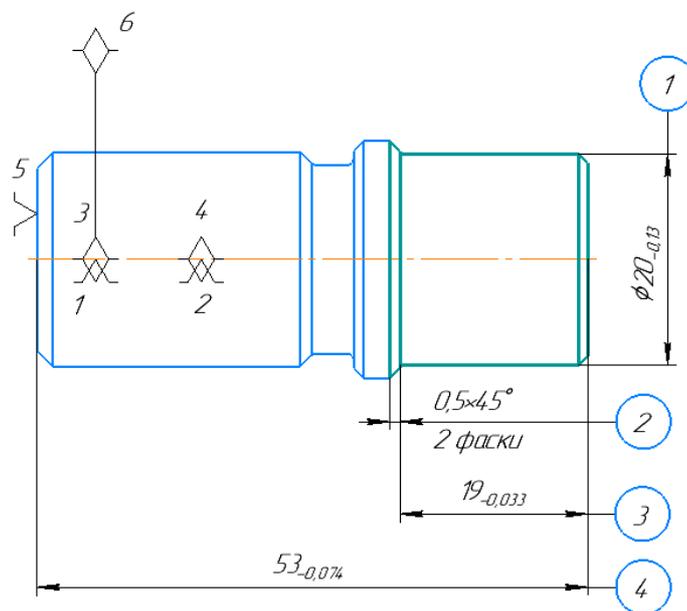
6. Точить поверхности, выдерживая размеры 1, 3, 7. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т15К6 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,1$  мм/об,  $n = 630$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 50$  м/мин,  $t = 1$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

7. Отрезать, выдерживая размер 6. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т15К6 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 700$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 38$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.



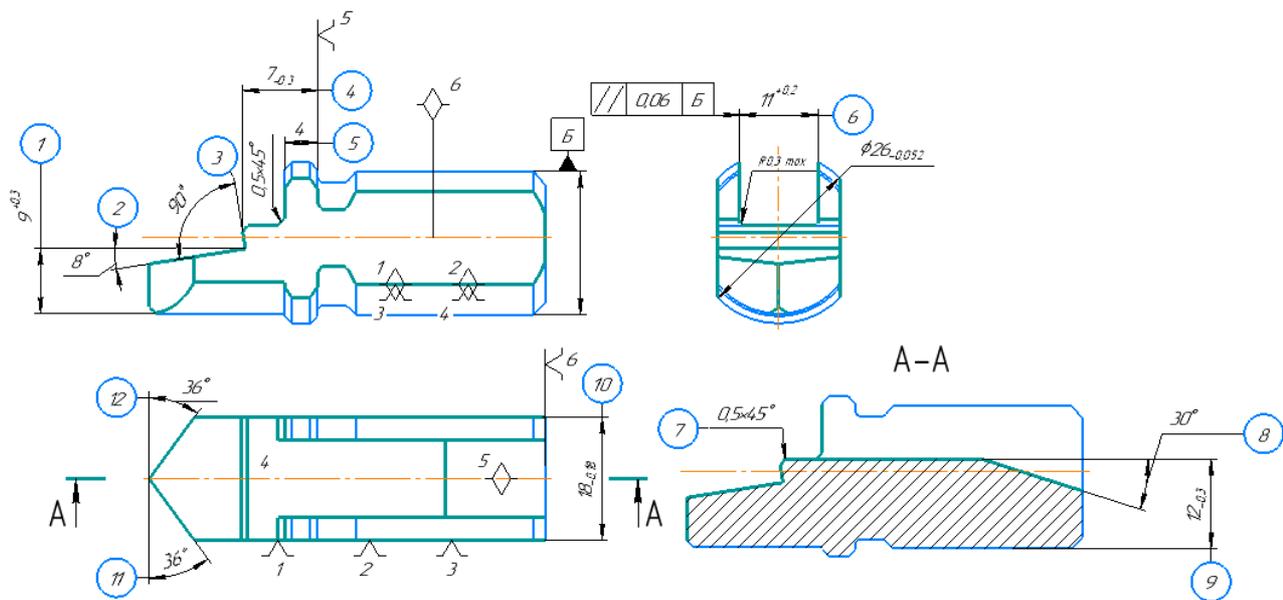
Операционный эскиз на операции 005

**010 Токарная.** Станок токарно-винторезный универсальный 16К20.



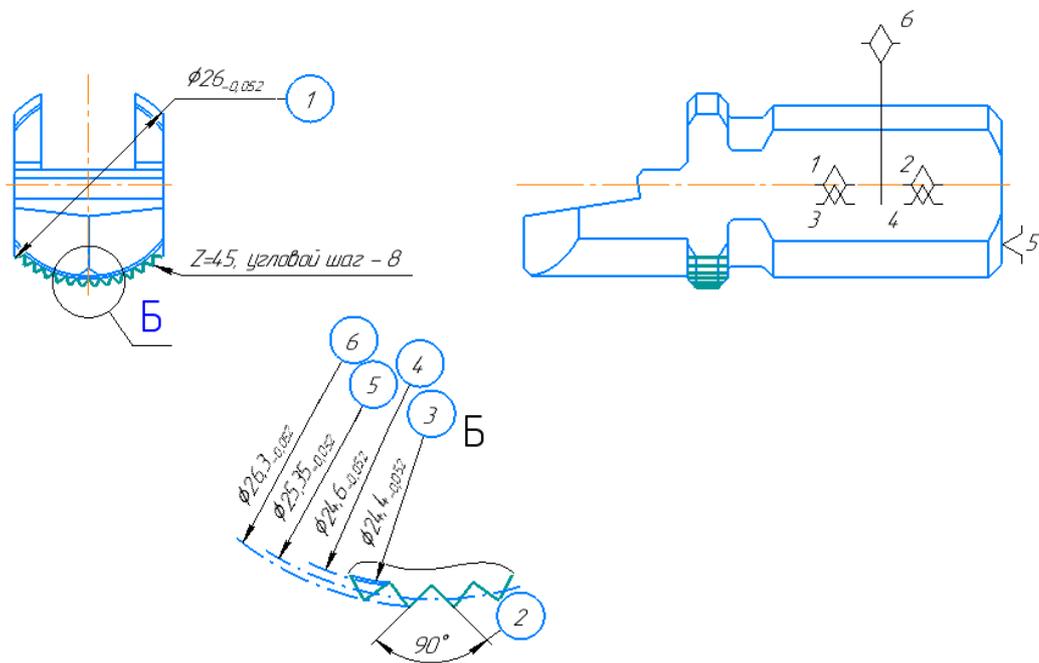
Операционный эскиз на операции 010

**015 Вертикально-фрезерная. Станок консольно-фрезерный вертикальный 6Р10.**



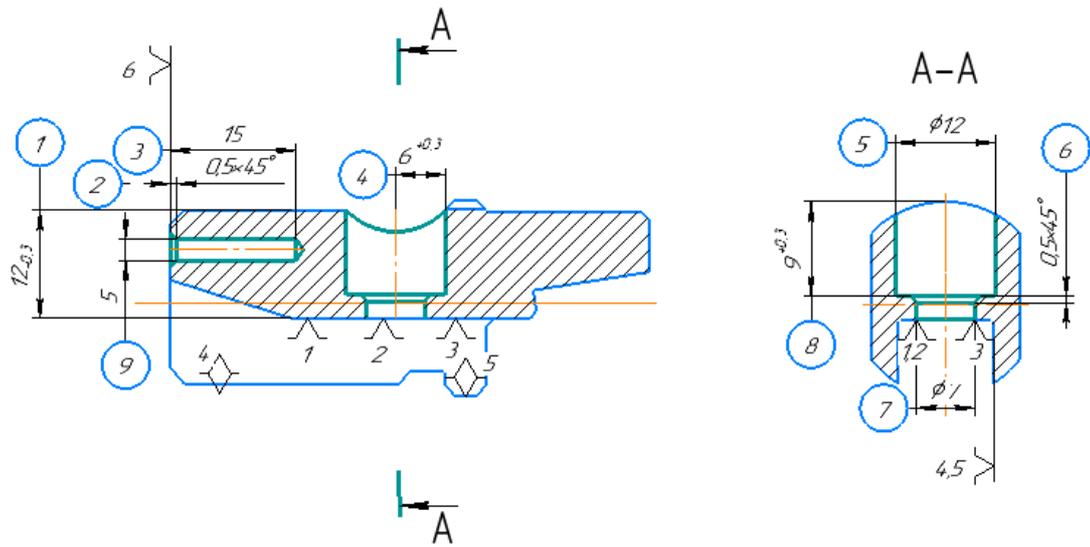
Операционный эскиз на операции 015

**020 Горизонтально-фрезерная. Станок горизонтально-фрезерный 6Р80Г.**



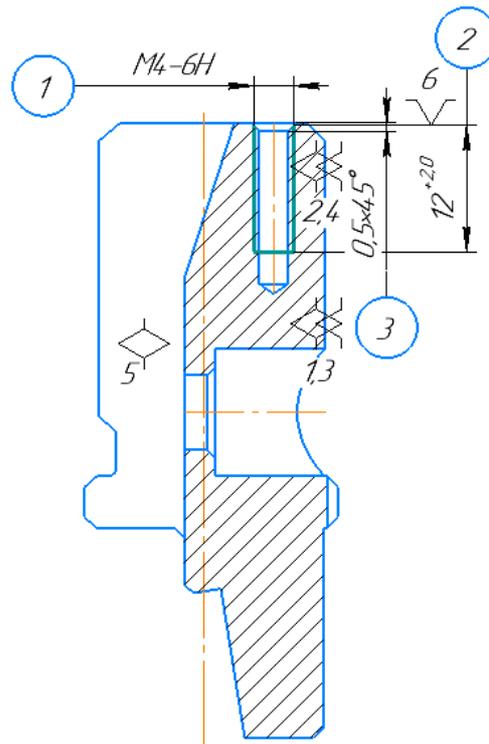
Операционный эскиз на операции 020

**025 Вертикально-сверлильная.** Станок вертикально-сверлильный 2Н118.



Операционный эскиз на операции 025

**030 Слесарная.**



Операционный эскиз на операции 030

**035 Термическая.**



## 4.1.2 Технологический маршрут изготовления прихвата блока резцового

### 005 Фрезерная. Станок консольно-фрезерный вертикальный 6Р10.

1. Установить заготовку в тисках. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: тиски 7200-0206 ГОСТ 14904-80.

2. Фрезеровать поверхности, выдерживая размеры 1 до 9.4, 8, 9. Режущий инструмент: фреза Т5К10 2214-0155 ГОСТ 9473-80. Режимы резания:  $S = 250$  мм/мин,  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 99$  м/мин,  $t = 2$  мм. Вспомогательный инструмент: оправка 6222-0274 ГОСТ 13785-68. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

3. Фрезеровать поверхности, выдерживая размеры 5, 7, 10. Режущий инструмент: фреза 2235-0143 Т5К10 ГОСТ 6396-78. Режимы резания:  $S = 160$  мм/мин,  $n = 400$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 32$  м/мин,  $t = 3$  мм. Вспомогательный инструмент: патрон 1-30-25-90 ГОСТ 26539-85. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

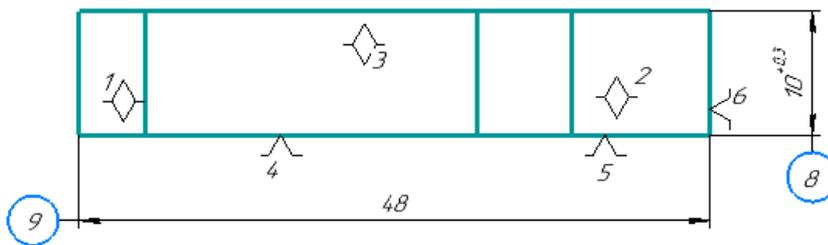
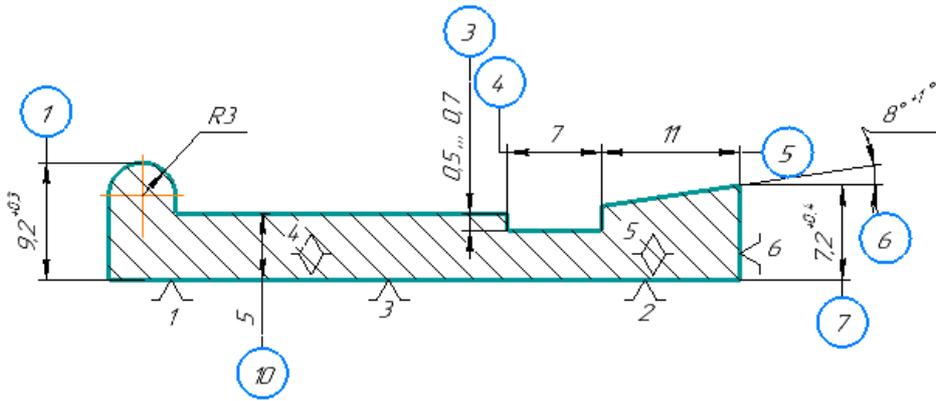
4. Фрезеровать поверхности, выдерживая размеры 3, 4, 5. Режущий инструмент: фреза 2220-0429 ГОСТ 17025-71. Режимы резания:  $S = 160$  мм/мин,  $n = 400$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 14$  м/мин,  $t = 0,5$  мм. Вспомогательный инструмент: патрон 1-30-7-90 ГОСТ 26539-85. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

5. Переустановить заготовку в приспособление. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: тиски 7200-0206 ГОСТ 14904-80. Средство измерения: меры угловые-тип I ГОСТ 2875-75.

6. Фрезеровать скос, выдерживая размеры 5, 6. Режущий инструмент: фреза 2235-0143 Т5К10 ГОСТ 6396-78. Режимы резания:  $S = 160$  мм/мин,  $n = 5400$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 32$  м/мин,  $t = 1$  мм. Вспомогательный инструмент: патрон 1-30-25-90 ГОСТ 26539-85. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

7. Переустановить заготовку в приспособление. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: тиски 7200-0206 ГОСТ 14904-80.

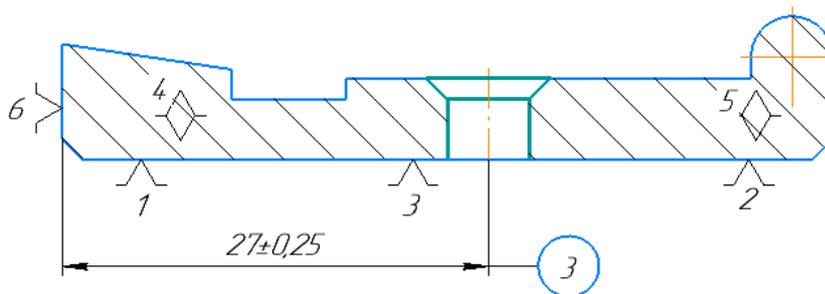
8. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1, 2. Режущий инструмент: фреза 2262-0108 ГОСТ 9305-93. Режимы резания:  $S = 250$  мм/мин,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 50$  м/мин,  $t = 1$  мм.



Операционный эскиз на операции 005

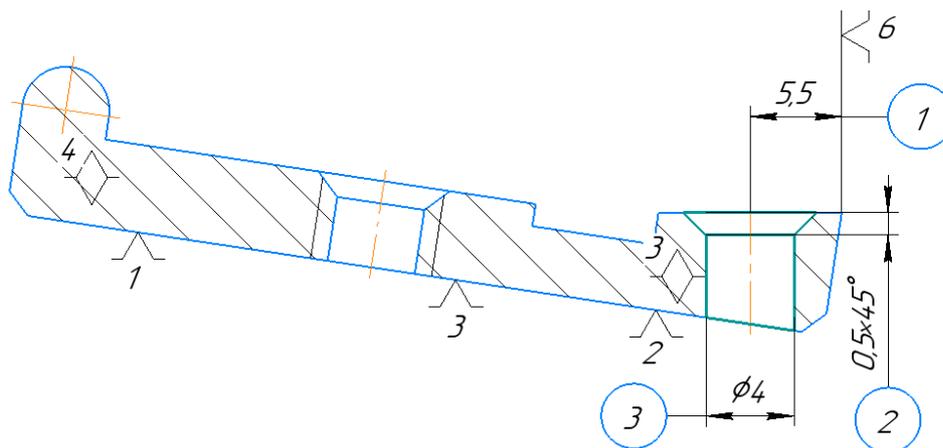
**010 Слесарная.**

**015 Вертикально-сверлильная. Станок вертикально-сверлильный 2Н118.**



Операционный эскиз на операции 015

**020 Вертикально-сверлильная.** Станок вертикально-сверлильный 2Н118.

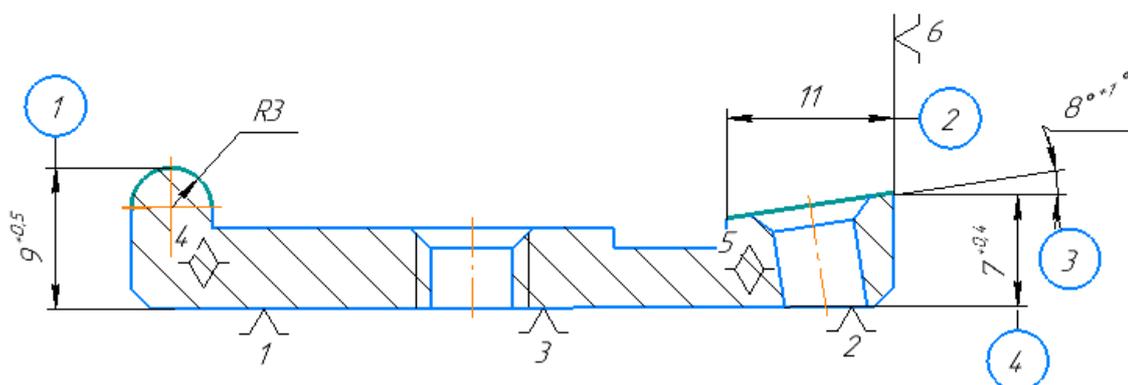


Операционный эскиз на операции 020

**025 Слесарная.**

**030 Термическая.**

**035 Плоскошлифовальная.** Станок плоскошлифовальный 3Е710А.



Операционный эскиз на операции 035

**050 Контроль.**

## 4.2 Технология изготовления блочно-модульной торцовой фрезы

### 4.2.1 Технологический маршрут изготовления фланца блочно-модульной торцовой фрезы

**005 Токарная.** Станок токарно-винторезный универсальный 16К20.

1. Установить заготовку. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80.

2. Точить торец в два прохода, выдерживая размер 3. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 133$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

3. Сверлить отверстие, выдерживая размер 1. Режущий инструмент: сверло 2301-1737 Т5К10 ГОСТ 22736-77. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 20$  м/мин,  $t = 12,5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

4. Расточить отверстие, выдерживая размер 1. Режущий инструмент: резец 2141-0009 Т5К10 ГОСТ 18883-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 55$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

5. Точить фаски, выдерживая размер 2. Режущий инструмент: резец 2140-0005 Т5К10 ГОСТ 18883-73. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 126$  м/мин,  $t = 1$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

6. Переустановить заготовку, выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80.

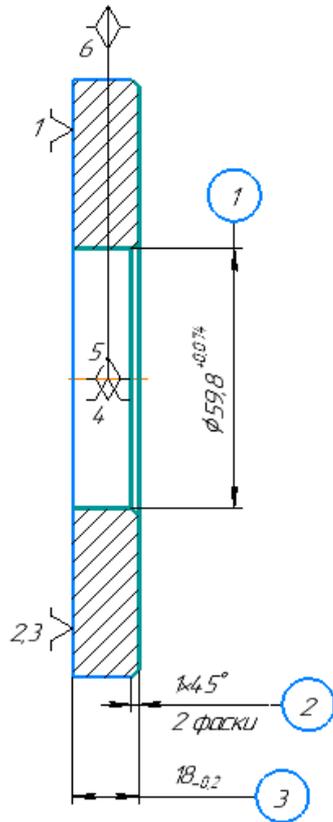
7. Точить торец в 2 прохода, выдерживая размер 6. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 133$  м/мин,  $t = 42$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

8. Точить поверхность в 2 прохода, выдерживая размер 7. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 130$  м/мин,  $t = 5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

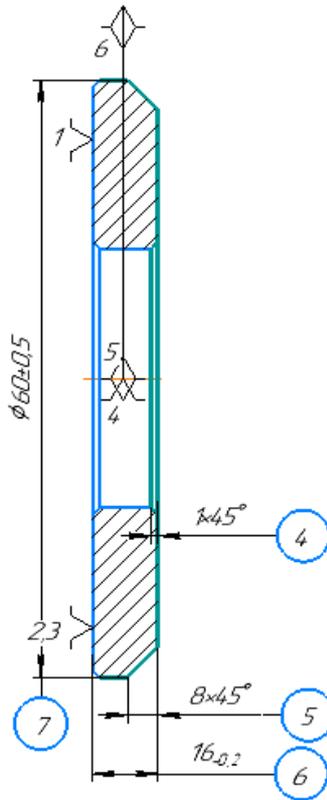
9. Точить фаску, выдерживая размер 5. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 130$  м/мин,  $t = 5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

10. Точить фаски, выдерживая размер 4. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 126$  м/мин,  $t = 1$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Установ А

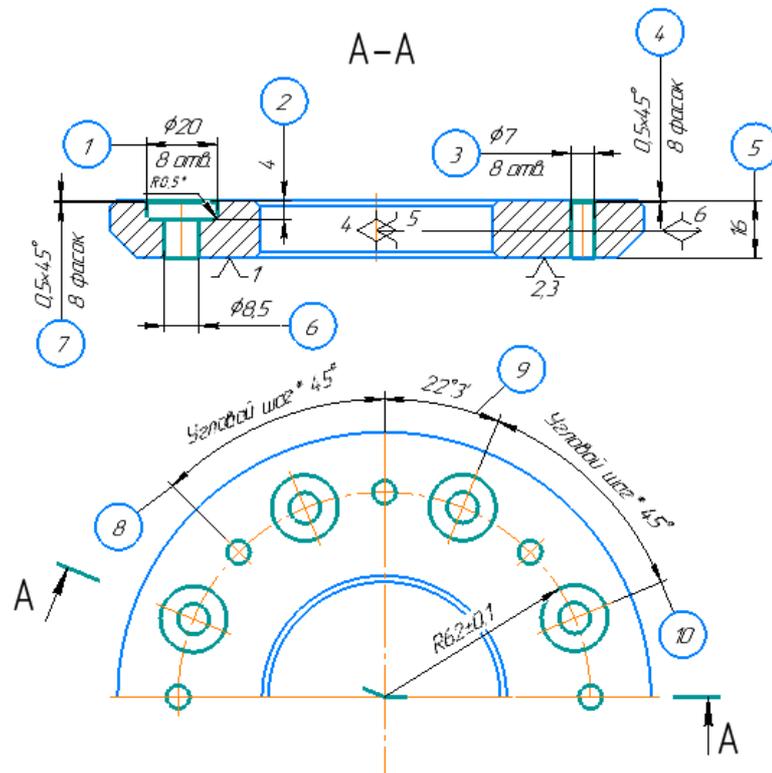


Установ Б



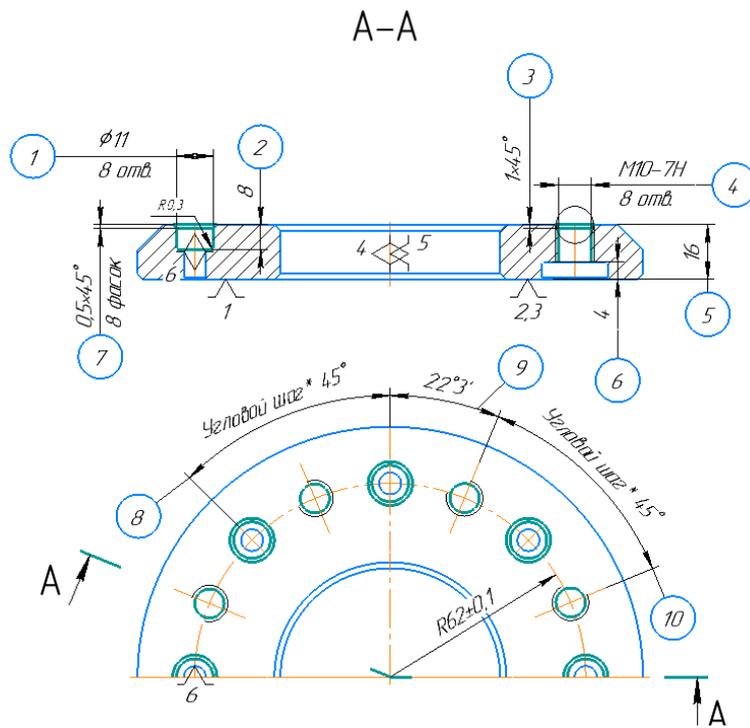
Операционный эскиз на операции 005

010 Сверлильная с ЧПУ. Станок вертикально-сверлильный 2Р135Ф2.



Операционный эскиз на операции 010

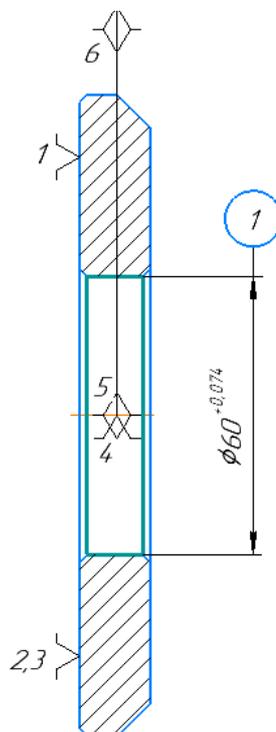
**015 Сверлильная с ЧПУ. Станок вертикально-сверлильный 2Р135Ф2.**



Операционный эскиз на операции 015

**020 Термическая.**

**025 Внутришлифовальная. Станок внутришлифовальный 3К227В.**



Операционный эскиз на операции 025

## 4.2.2 Технологический маршрут изготовления модуля корпусного блочно-модульной торцовой фрезы

### 005 Токарная. Станок токарно-винторезный универсальный 16К20.

1. Установить заготовку. Выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80.

2. Точить торец. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 133$  м/мин,  $t = 3$  мм.

3. Точить поверхности, выдерживая размеры 1,2. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 130$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.

4. Сверлить отверстие, выдерживая размер 1. Режущий инструмент: сверло 2301-1737 Т5К10 ГОСТ 22736-77. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 20$  м/мин,  $t = 12,5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

5. Расточить поверхность, выдерживая размеры 1,4. Режущий инструмент: резец 2141-0009 Т5К10 ГОСТ 18883-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 30$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

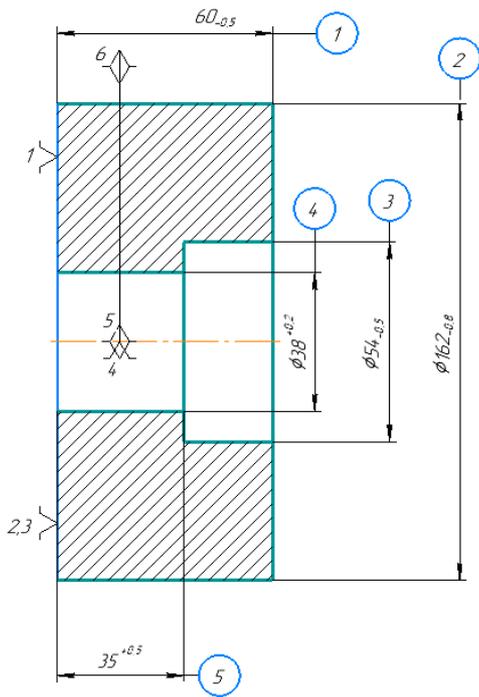
6. Расточить поверхность, выдерживая размеры 3, 5. Режущий инструмент: резец 2141-0009 Т5К10 ГОСТ 18883-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 42$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

7. Переустановить заготовку, выверить и закрепить. Установочно-зажимное устройство: патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80.

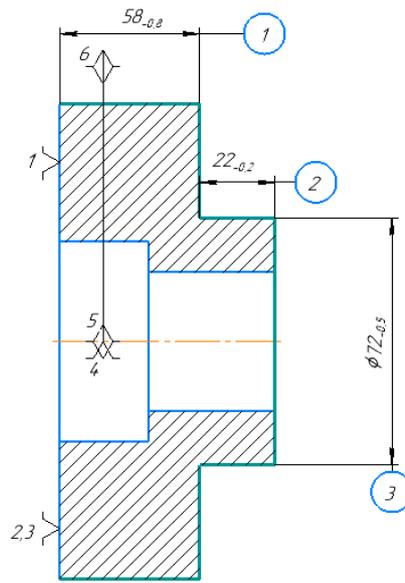
8. Точить торец, выдерживая размер 6. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 133$  м/мин,  $t = 3$  мм.

9. Точить поверхности, выдерживая размеры 7,8. Режущий инструмент: резец 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73. Режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>,  $v = 130$  м/мин,  $t = 2$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Установ А



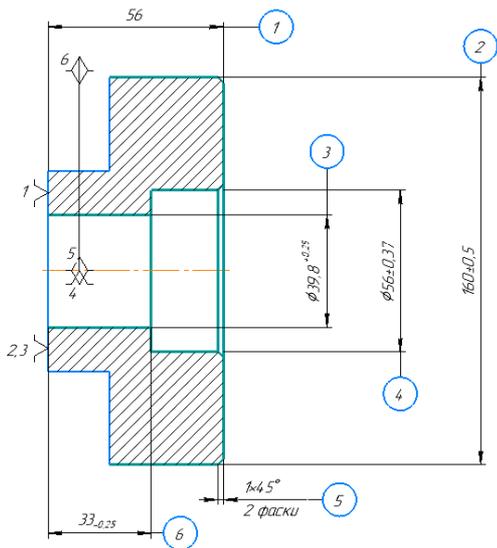
Установ Б



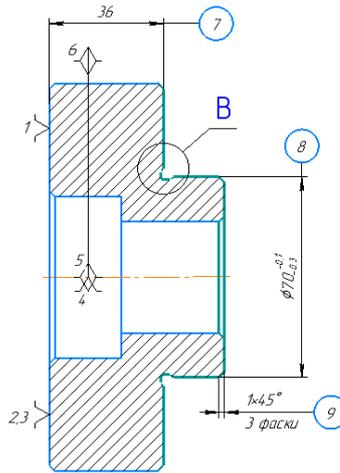
Операционный эскиз на операции 005

**010 Токарная.** Станок токарно-винторезный универсальный 16К20.

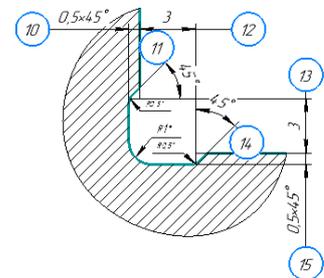
Установ А



Установ Б

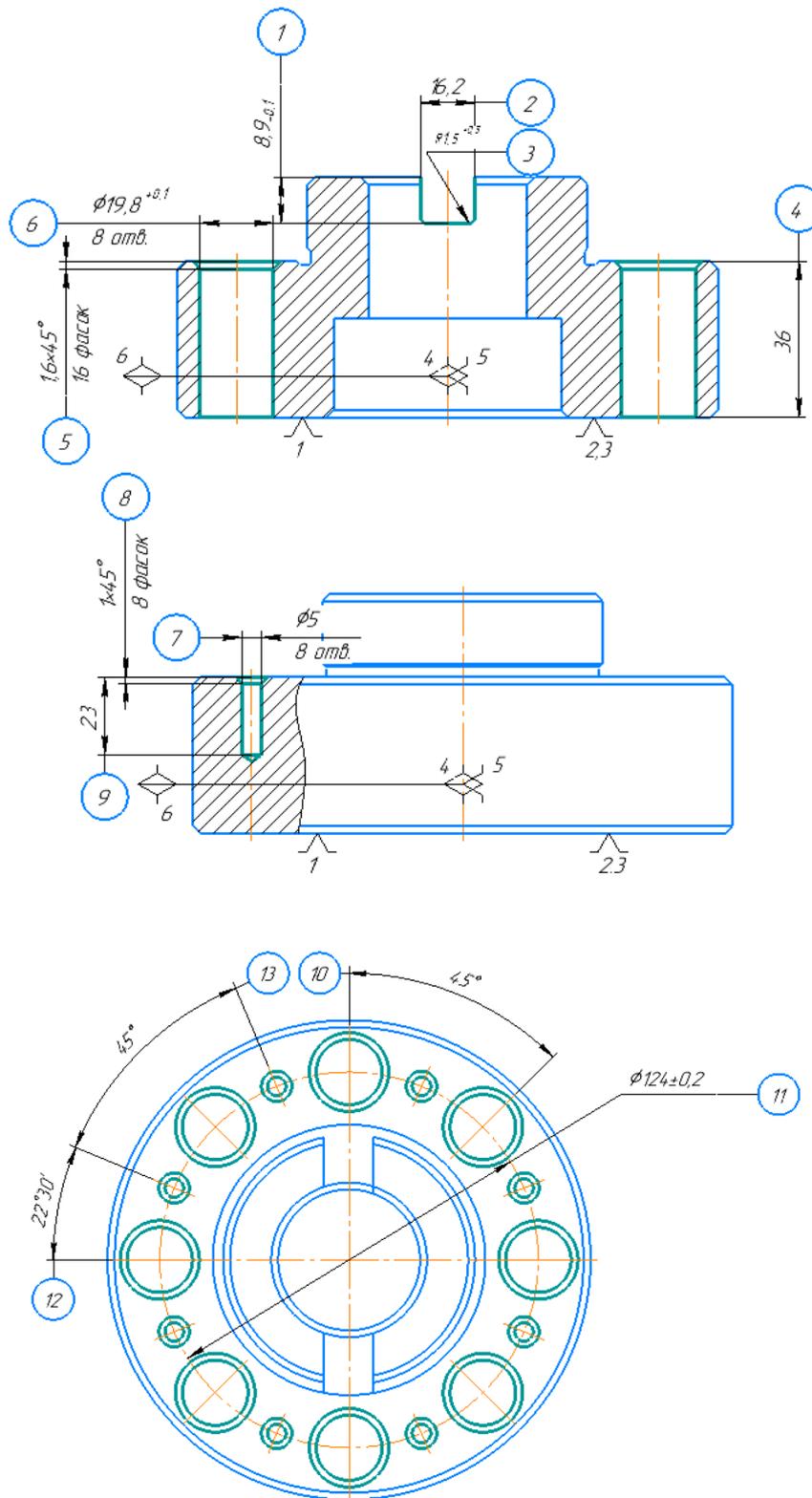


В (Увеличено)



Операционный эскиз на операции 010

**015 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Станок вертикально-фрезерный консольный с числовым программным управлением ГФ2171.**



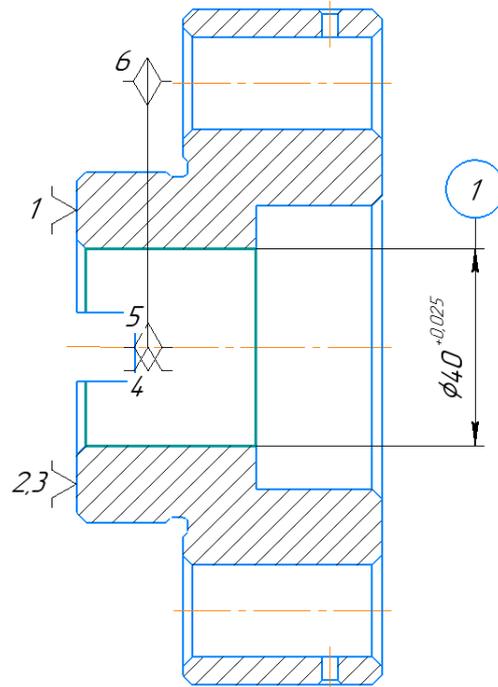
Операционный эскиз на операции 015



**030 Слесарная.**

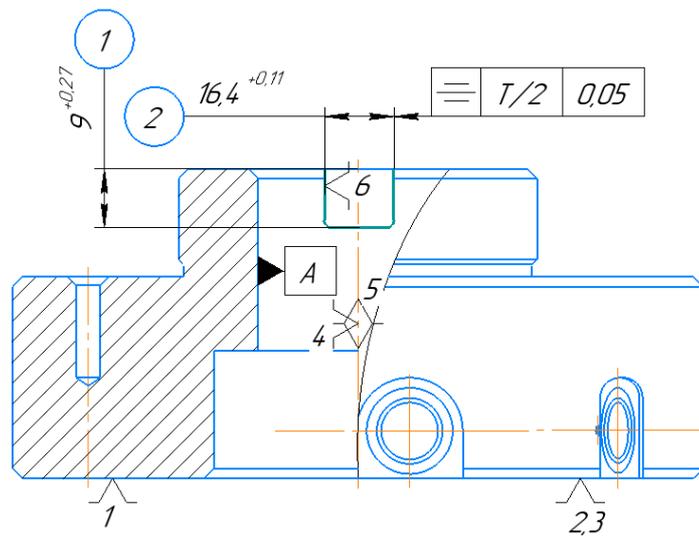
**035 Термическая.**

**040 Внутришлифовальная. Станок внутришлифовальный 3К227В.**



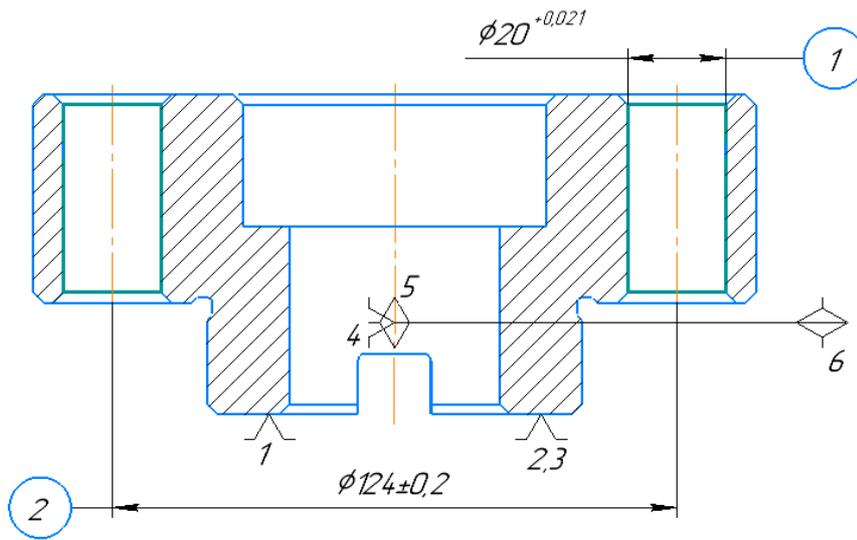
Операционный эскиз на операции 040

**045 Заточная. Станок заточной 3М642.**



Операционный эскиз на операции 045

050 Координатно-шлифовальная. Станок координатно-шлифовальный ЗБ282.



Операционный эскиз на операции 050

### 4.3 Технологический маршрут изготовления корпуса торцовой фрезы

#### 001 Заготовительная.

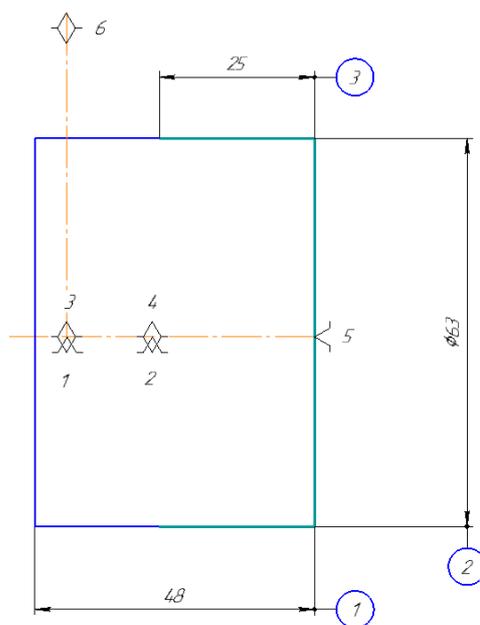
**005 Разрезка.** Станок ленточно-отрезной Pegas Gonda 360×500

**010 Токарная с ЧПУ.** Станок токарный с ЧПУ модификации «Sinumerik».

1. Установить и закрепить заготовку.

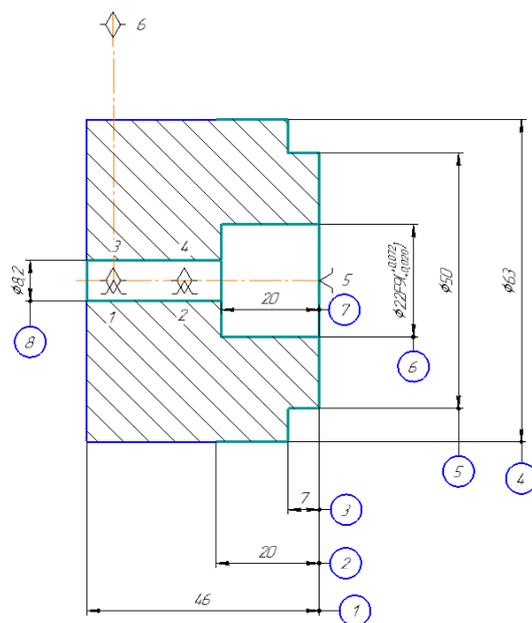
2. Точить торец предварительно, выдерживая размер 1. Режущий инструмент: резец проходной отогнутый PSSNR/L2020K12, материал режущей части – Т5К10. Режимы резания:  $S = 0,15$  мм/об,  $v = 100$  м/мин,  $t = 4$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.

3. Точить поверхность, выдерживая размеры 2, 3. Режущий инструмент: резец проходной отогнутый PSSNR/L2020K12, материал режущей части – Т5К10. Режимы резания:  $S = 0,15$  мм/об,  $v = 100$  м/мин,  $t = 2$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.



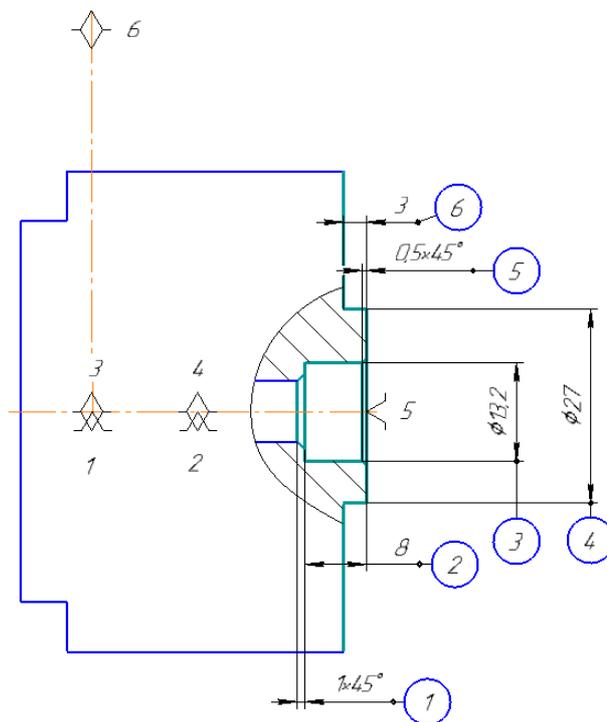
Эскиз обработки на операции 010

**015 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



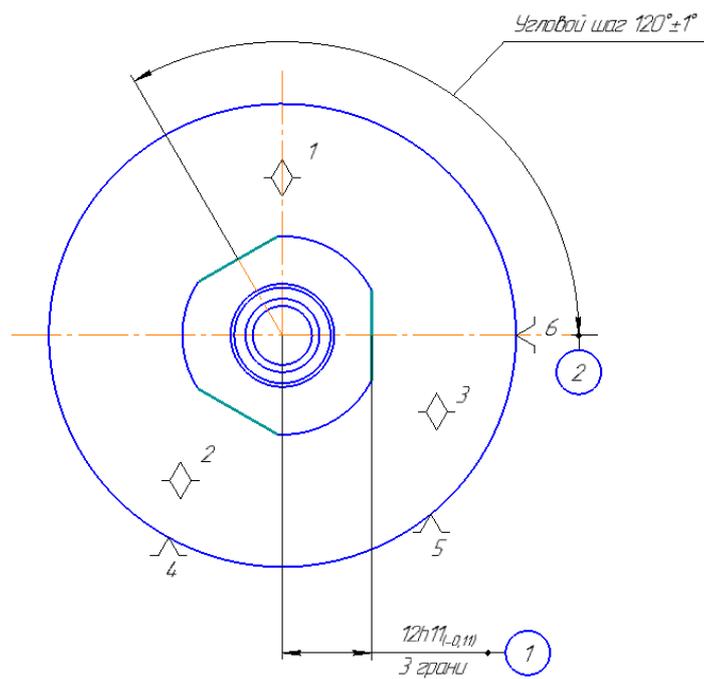
Эскиз обработки на операции 015

**020 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



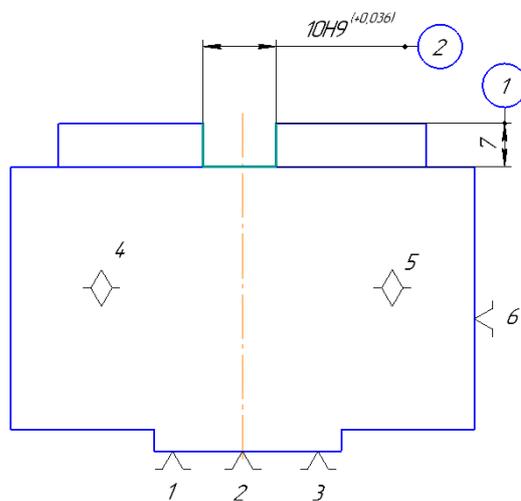
Эскиз обработки на операции 020

**025 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 025

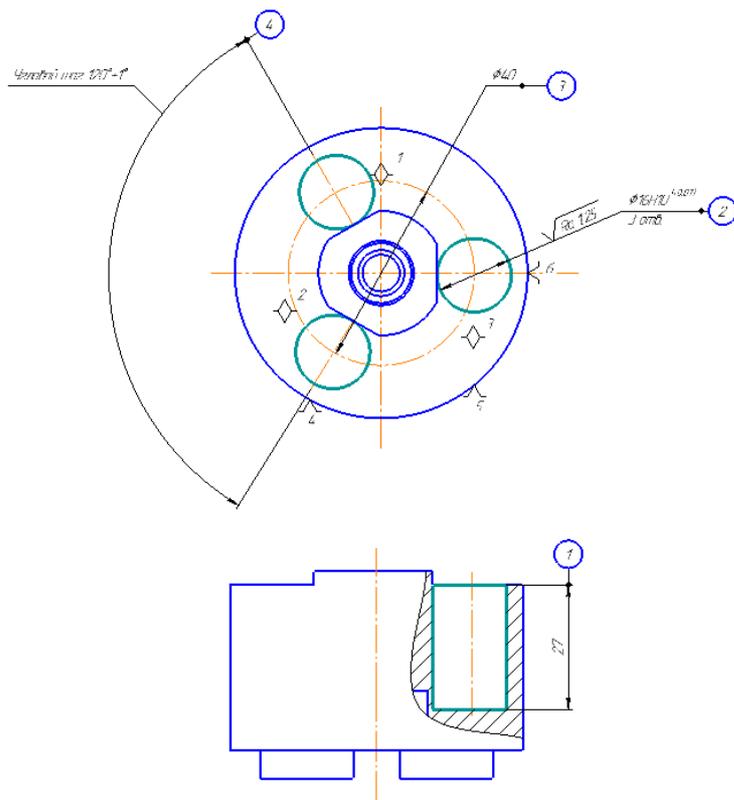
**030 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 030

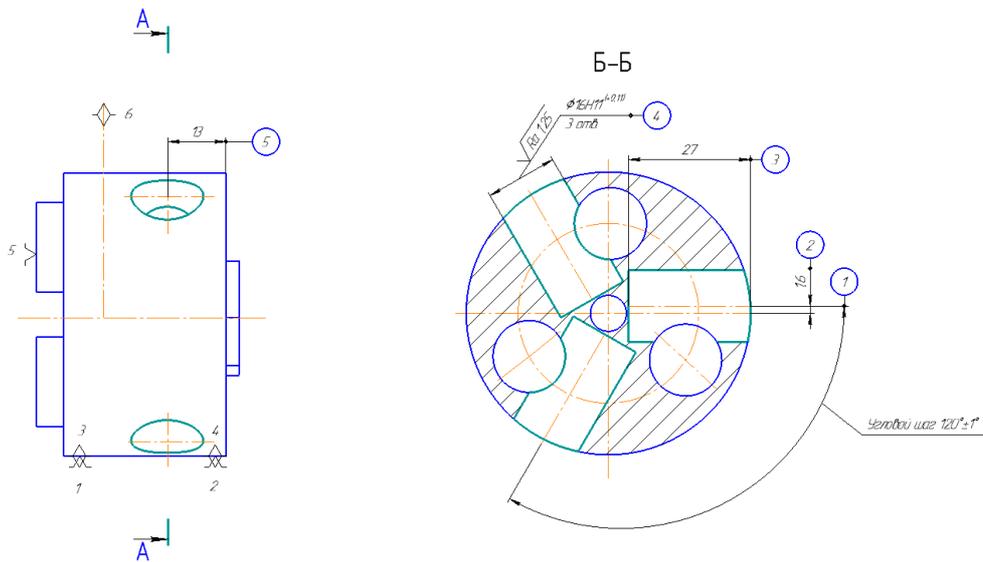
**035 Термическая**

**040 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 040

**045 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



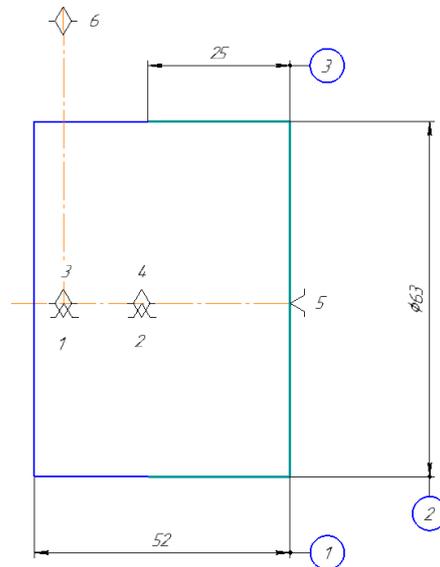
Эскиз обработки на операции 045

#### 4.4 Технологический маршрут изготовления корпуса зенкера

**001 Заготовительная.**

**005 Разрезка.** Станок ленточно-отрезной Pegas Gonda 360×500

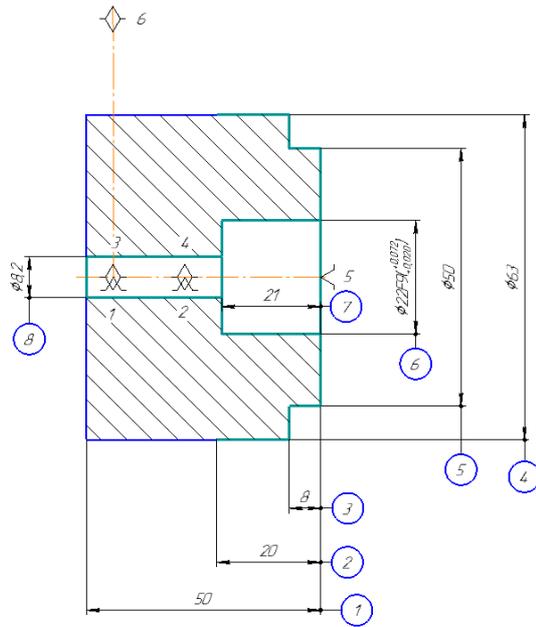
**010 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



Эскиз обработки на операции 010

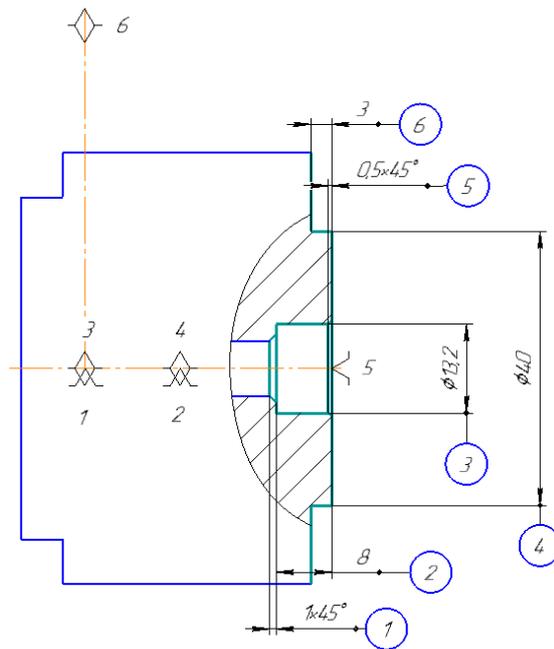
**015 Токарная с ЧПУ.** Станок токарный с ЧПУ модификации «Sinumerik».

1. Установить и закрепить заготовку.
2. Точить поверхность в два прохода, выдерживая размеры 1–5. Режущий инструмент: резец проходной отогнутый PSSNR/L2020K12, материал режущей части – T5K10, режимы резания:  $S = 0,20$  мм/об,  $v = 100$  м/мин,  $t = 4$  мм; резец проходной отогнутый DTGNR/L, материал режущей части – T15K6, режимы резания:  $S = 0,10$  мм/об,  $v = 110$  м/мин,  $t = 2,5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.
3. Сверлить отверстие на проход, выдерживая размер 8. Режущий инструмент: Сверло 2301-1737 T5K10 ГОСТ 22736-77, режимы резания:  $S = 0,2$  мм/об,  $v = 18$  м/мин,  $t = 4,1$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.
4. Расточить отверстие в три прохода, выдерживая размеры 6, 7. Режущий инструмент: резец расточной FSUP1008R/L, материал режущей части – T5K10, режимы резания:  $S = 0,4$  мм/об,  $v = 60$  м/мин,  $t = 3$  мм;  $i = 2$ ; резец расточной FSUP1008R/L, материал режущей части – T15K6, режимы резания:  $S = 0,10$  мм/об,  $v = 80$  м/мин,  $t = 0,9$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.



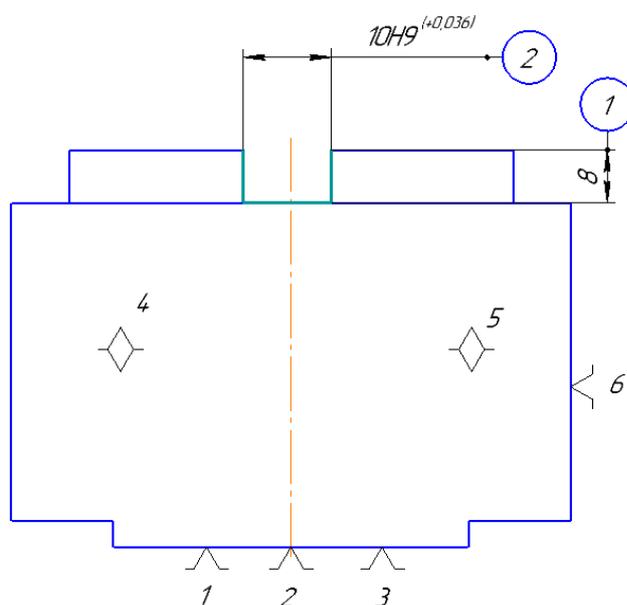
Эскиз обработки на операции 015

**020 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



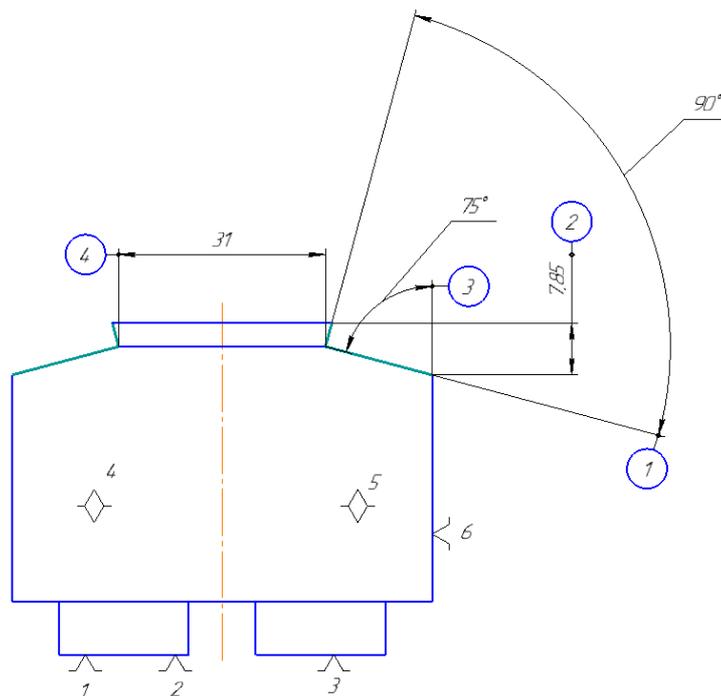
Эскиз обработки на операции 020

**025 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 025

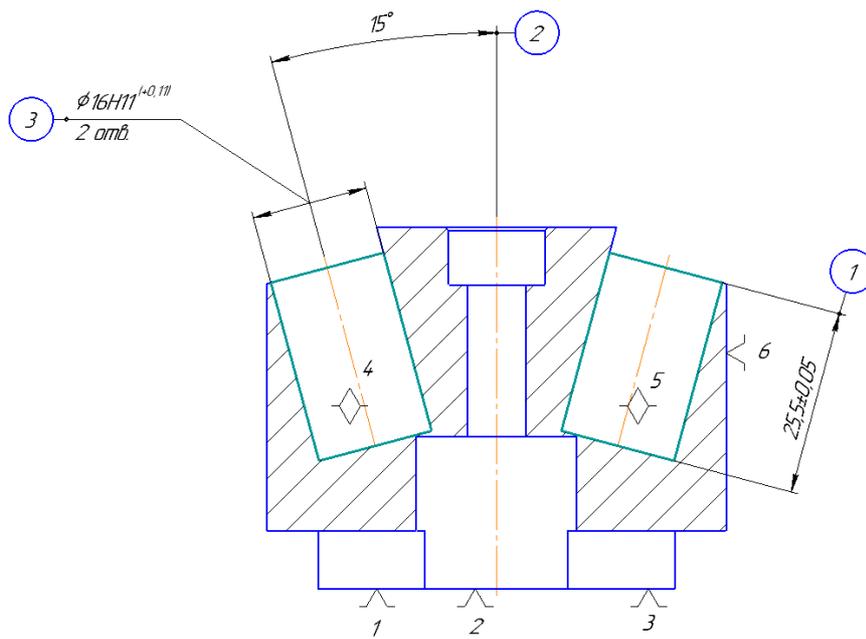
**030 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 030

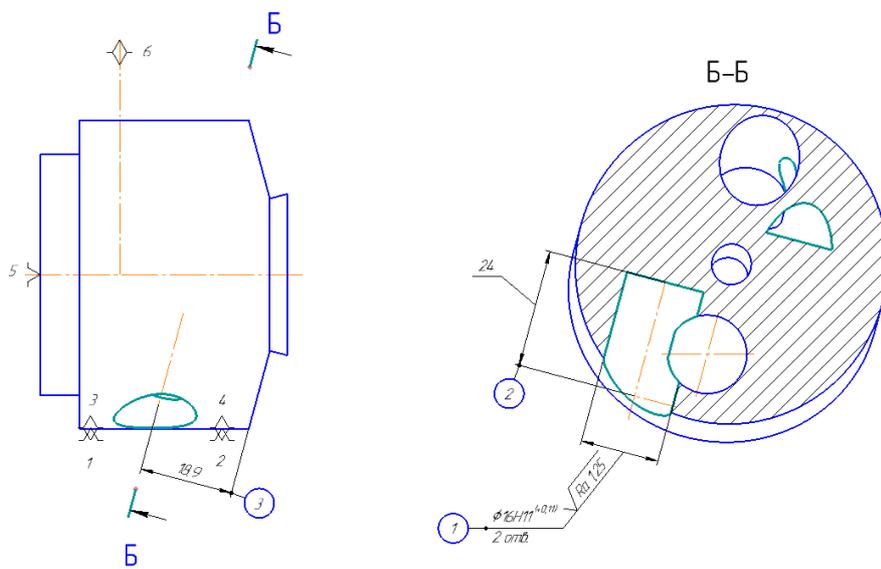
**035 Термическая.**

**040 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 040

**045 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



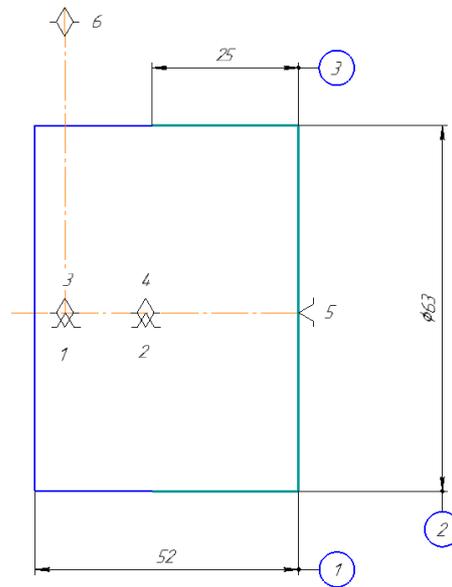
Эскиз обработки на операции 045

#### 4.5 Технологический маршрут изготовления корпуса дисковой фрезы

**001 Заготовительная.**

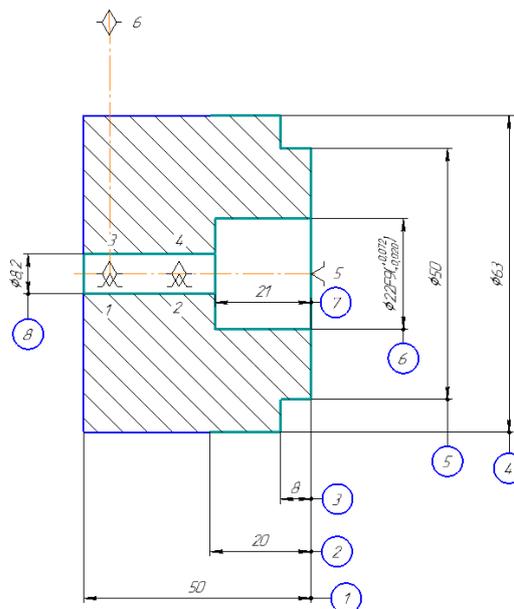
**005 Разрезка.** Станок ленточно-отрезной Pegas Gonda 360×500.

**010 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



Эскиз обработки на операции 010

**015 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



Эскиз обработки на операции 015

## 020 Токарная с ЧПУ.

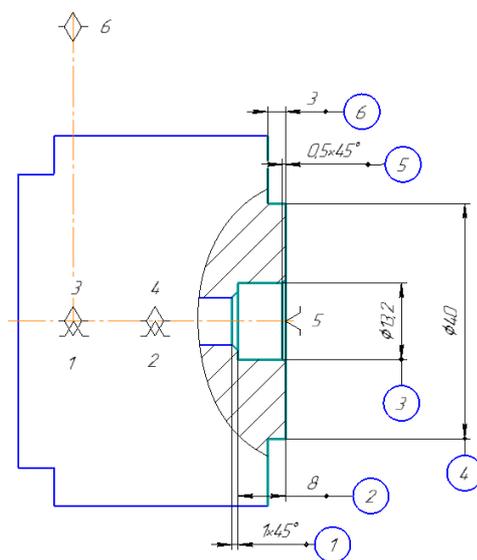
**Оборудование:** станок токарный с ЧПУ модификации «Sinumerik».

1. Установить и закрепить заготовку.

2. Точить поверхности, выдерживая размеры 6, 4. Режущий инструмент: резец проходной отогнутый PSSNR/L2020K12, материал режущей части – Т15К6, режимы резания:  $S = 0,10$  мм/об,  $v = 110$  м/мин,  $t = 0,5$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.

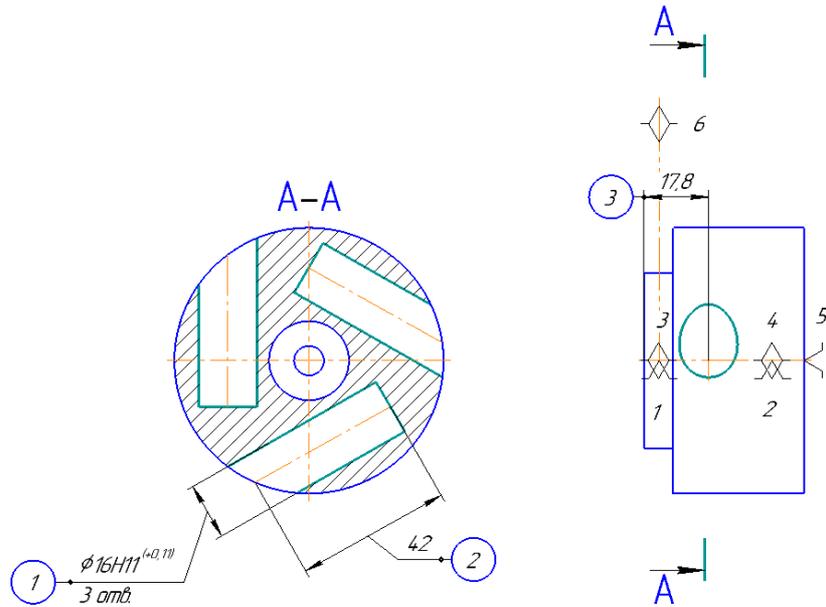
3. Расточить отверстие, выдерживая размеры 2, 3. Режущий инструмент: резец расточной FSUP1008R/L, материал режущей части – Т15К6, режимы резания:  $S = 0,1$  мм/об,  $v = 60$  м/мин,  $t = 0,2$  мм. Средство измерения: штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.

4. Точить фаску, выдерживая размеры 1, 5. Режущий инструмент: резец проходной отогнутый PSSNR/L2020K12, материал режущей части – Т15К6, режимы резания:  $S = 0,10$  мм/об,  $v = 110$  м/мин,  $t = 0,5$  мм



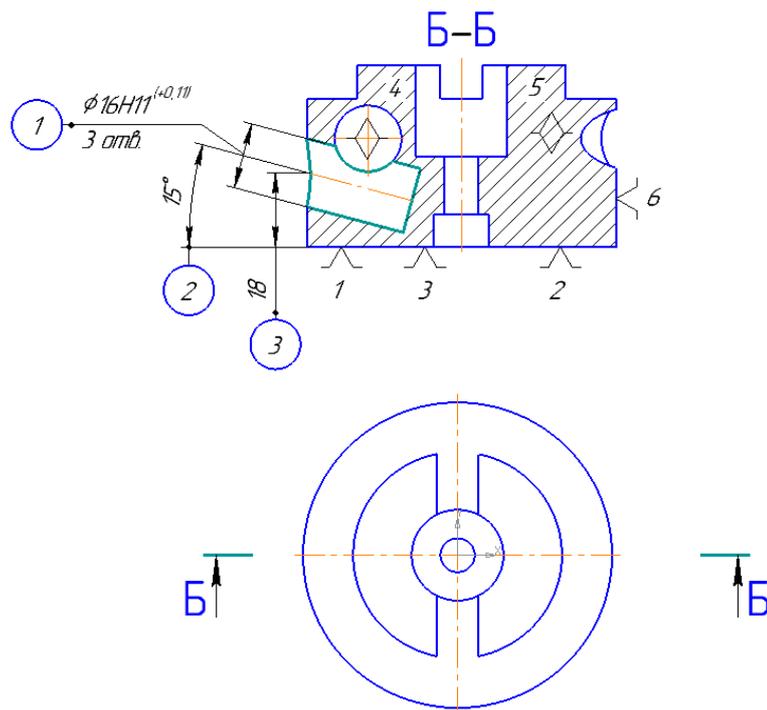
Эскиз обработки на операции 020

**025 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



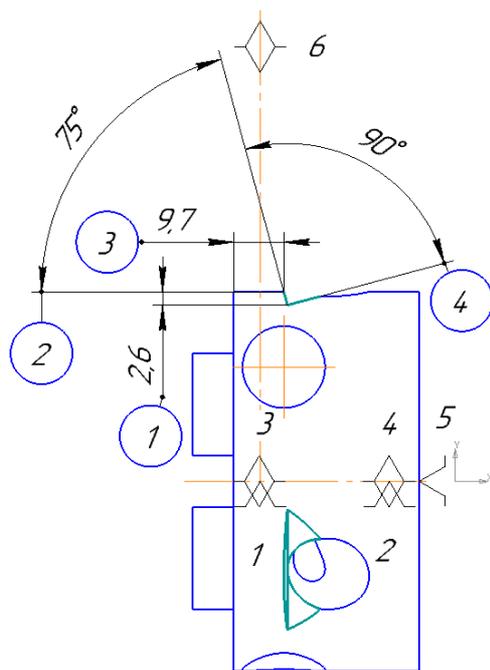
Эскиз обработки на операции 025

**030 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



Эскиз обработки на операции 030

035 Фрезерная с ЧПУ. Фрезерный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



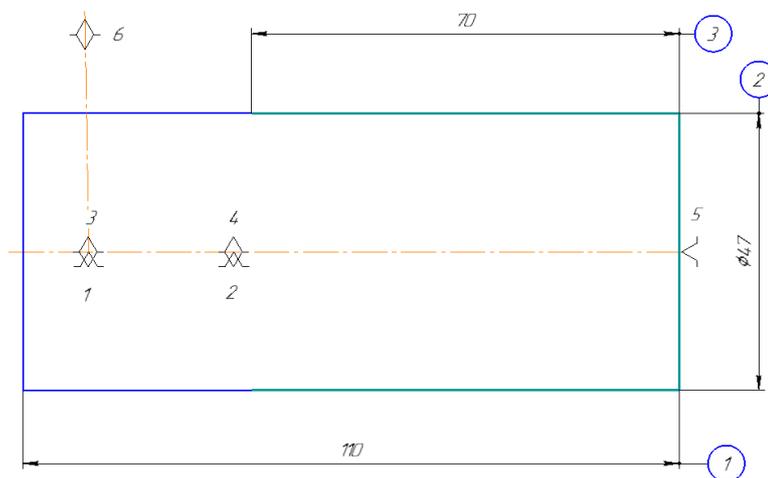
Эскиз обработки на операции 035

#### 4.6 Технологический маршрут изготовления хвостовой части

**001 Заготовительная.**

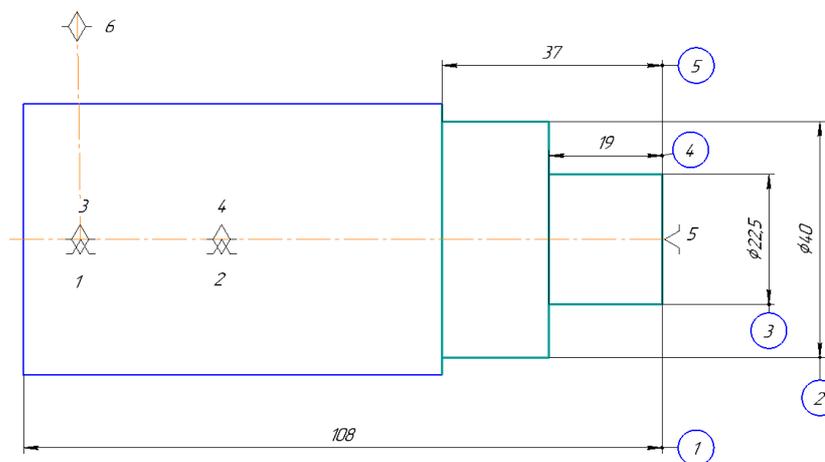
**005 Разрезка.** Станок ленточно-отрезной Pegas Gonda 360×500.

**010 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



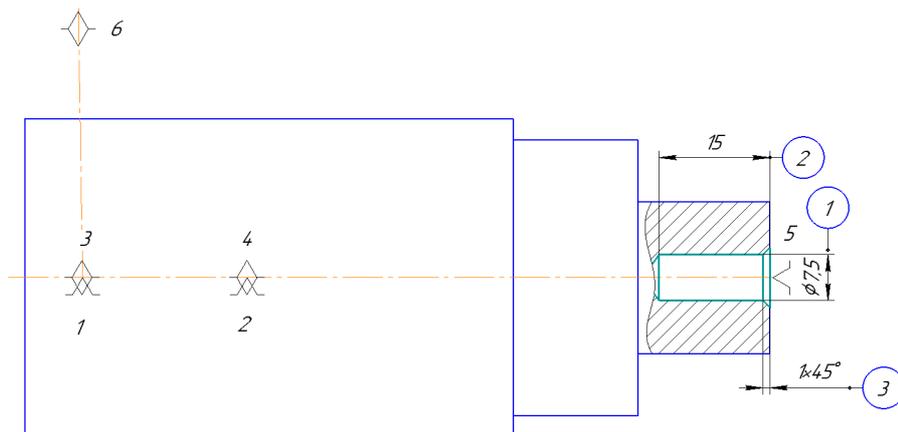
Эскиз обработки на операции 010

**015 Токарная с ЧПУ.** Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».



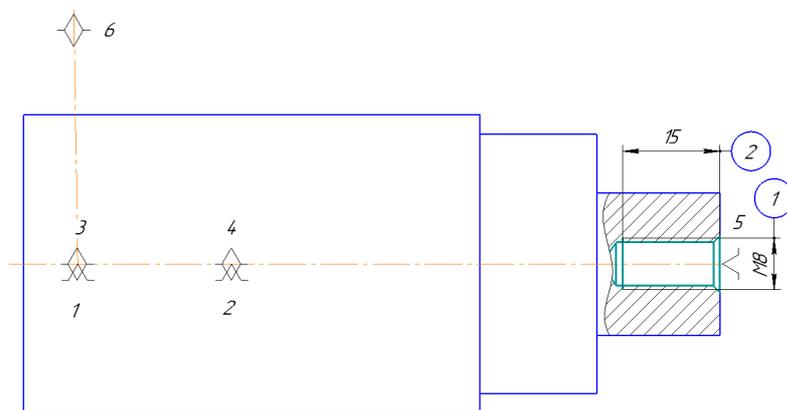
Эскиз обработки на операции 015

**020 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



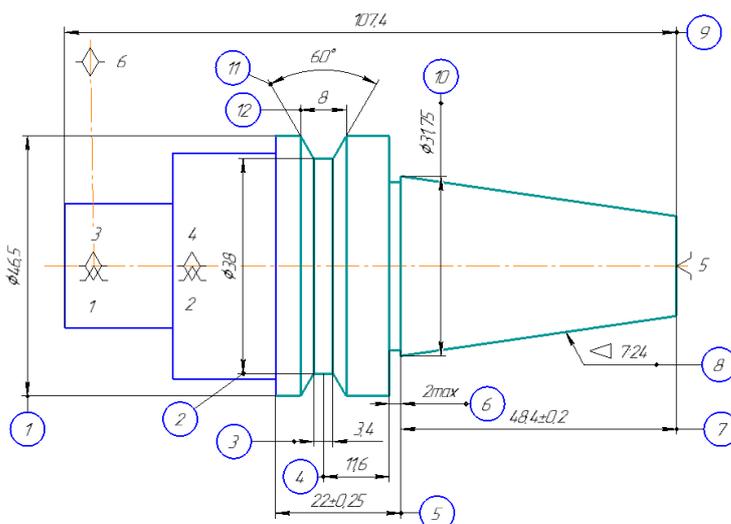
Эскиз обработки на операции 020

**025 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



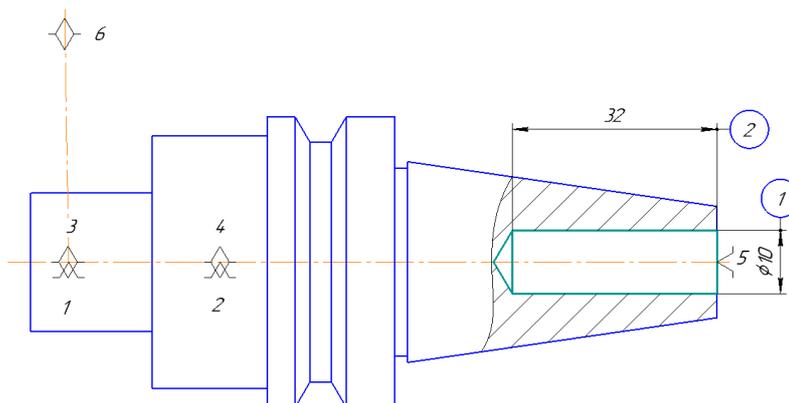
Эскиз обработки на операции 025

**030 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



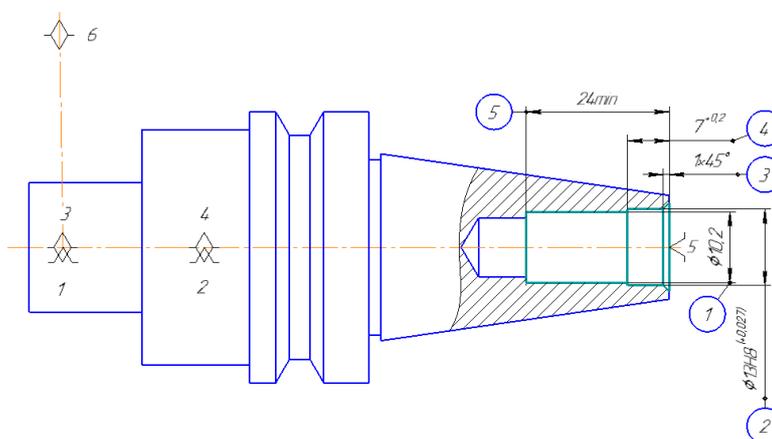
Эскиз обработки на операции 030

**035 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



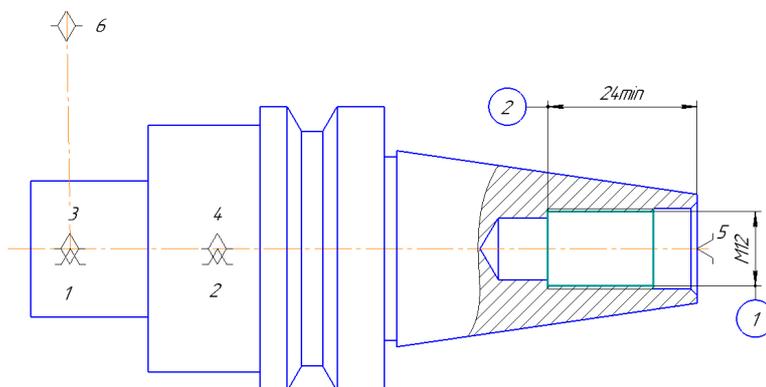
Эскиз обработки на операции 035

**040 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



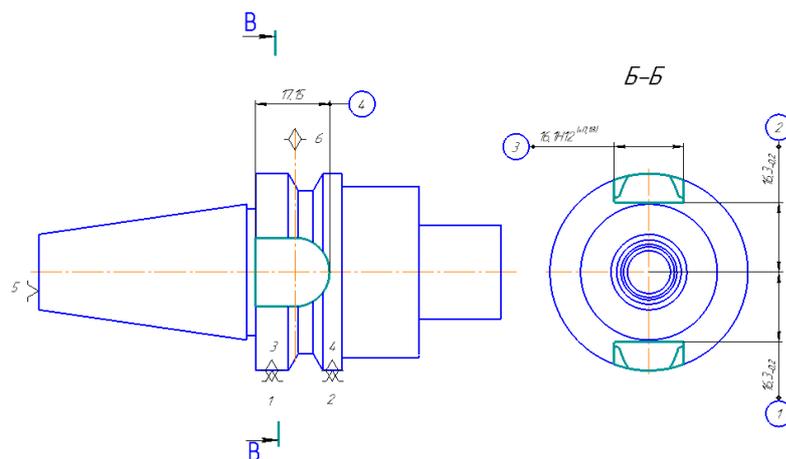
Эскиз обработки на операции 040

**045 Токарная с ЧПУ. Токарный станок с ЧПУ модификации «Sinumerik».**



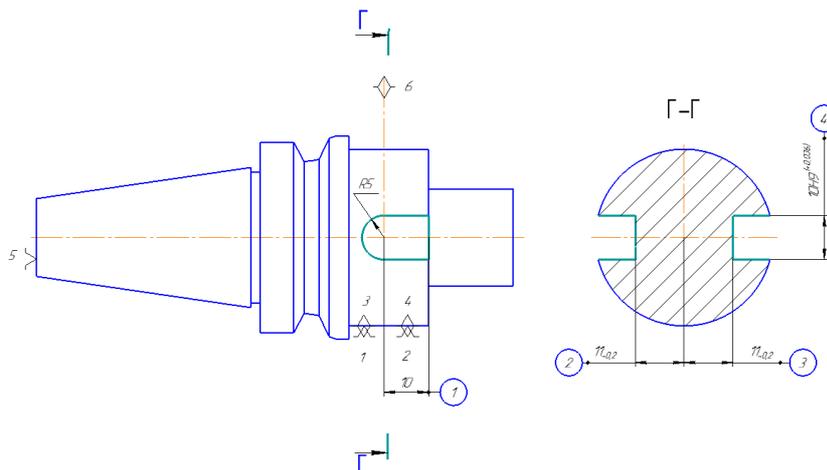
Эскиз обработки на операции 045

**050 Фрезерная.** Станок горизонтально-фрезерный 6Р82.



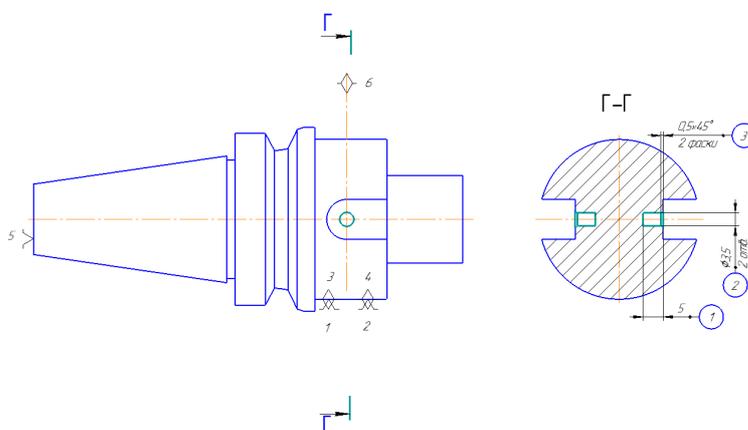
Эскиз обработки на операции 050

**055 Фрезерная.** Станок горизонтально-фрезерный 6Р82.



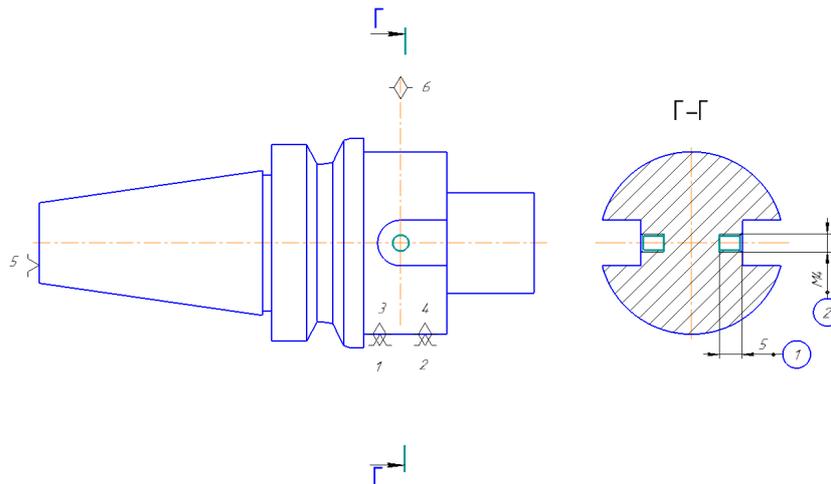
Эскиз обработки на операции 055

**060 Сверлильная.** Станок горизонтально-сверлильный 2Н112.



Эскиз обработки на операции 060

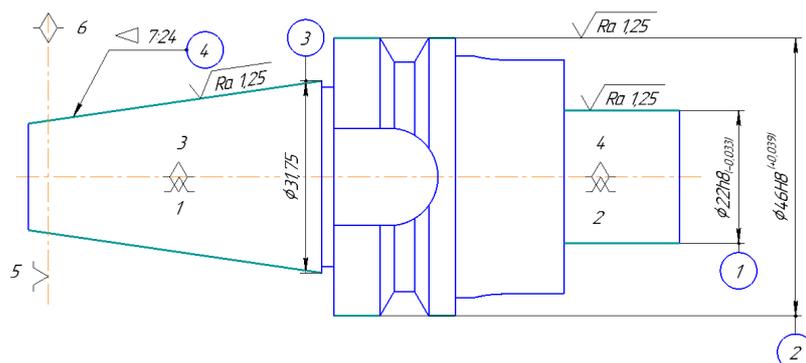
**065 Сверлильная.** Станок горизонтально-сверлильный 2Н112.



Эскиз обработки на операции 065

**070 Термическая.**

**075 Шлифовальная.** Станок круглошлифовальный 3Б151.



Эскиз обработки на операции 075

## 4.7 Технологии 3D-печати

Технология 3D-печати FDM (fused deposition modeling) – моделирование методом послойного нанесения/наплавления. Была разработана С. Скоттом Трампом в конце 1980-х гг. и представлена на рынке компанией STRATASYS, начиная с 1990 г. На данный момент технология получает все большее распространение среди энтузиастов, создающих принтеры с открытым исходным кодом, а также коммерческих компаний ввиду истечения срока действия оригинального патента. Широкое распространение технологии привело к существенному снижению цен на 3D-принтеры, использующие данный метод производства.

### Принцип построения изделия по технологии FDM

3D-модель в формате STL передается в программное обеспечение 3D-принтера. В ручном режиме или с помощью программного обеспечения располагается модель в виртуальной рабочей зоне, затем генерируются элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки) и проводится расчет количества расходных материалов, а также времени выращивания прототипа. Перед запуском процесса печати модель автоматически разделяется на горизонтальные слои и производится расчет путей перемещения печатающей головки.

Затем запускается процесс непосредственной 3D-печати: нагревающая головка с фильерами (экструдер) расплавляет тонкую пластиковую нить (леску) и послойно укладывает ее согласно данным математической 3D-модели (рисунок 4.7.1).

После завершения процесса построения изделия вспомогательные конструкции удаляются (вручную или растворяются в специальном растворе). Готовое изделие может быть использовано в напечатанном виде или подвергнуто любому способу постобработки.

Данной технологией печатаются крупные изделия, которые должны обладать надежными механическими свойствами (прочность, износостойкость, гибкость).

Преимущества: прочные износостойкие изделия, низкая стоимость материалов, широкие возможности пост-обработки.

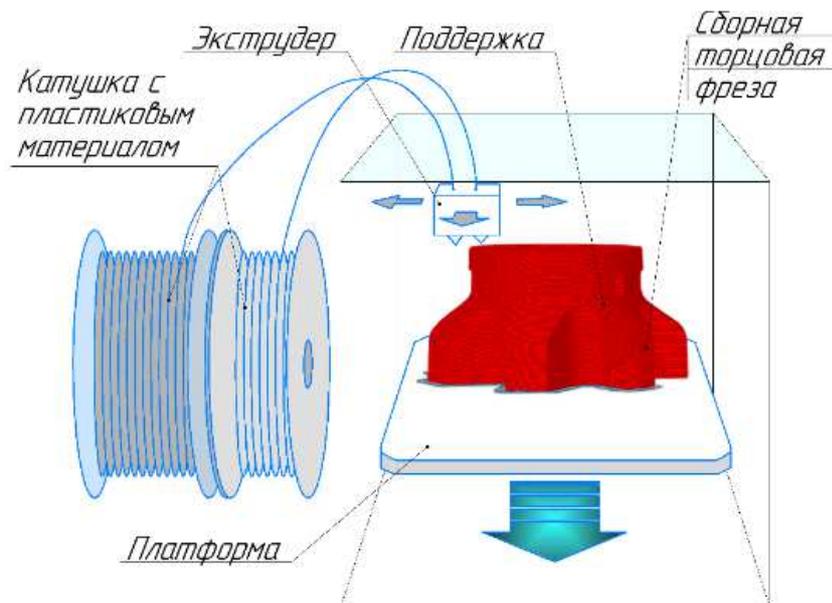


Рисунок 4.7.1. – Процесс печати технологией FDM

### Технология 3D-печати SLA (Stereolithography)

Stereolithography (лазерная стереолитография) (SLA) – технология 3D-печати, основанная на послойном отверждении жидкого материала под действием луча лазера (рисунок 4.7.2).

Принцип работы: в емкость с жидким фотополимером помещается сетчатая платформа, на которой будет происходить выращивание прототипа. Изначально платформа устанавливается на такой глубине, чтобы ее покрывал тончайший слой вещества, толщиной всего 0,05–0,13 мм – по сути это и есть толщина слоя в лазерной стереолитографии. Далее включается лазер, воздействующий на те участки полимера, которые соответствуют стенкам заданного объекта, вызывая их затвердевание. После этого вся платформа погружается ровно на один слой, т.е. на глубину 0,05–0,13 мм.

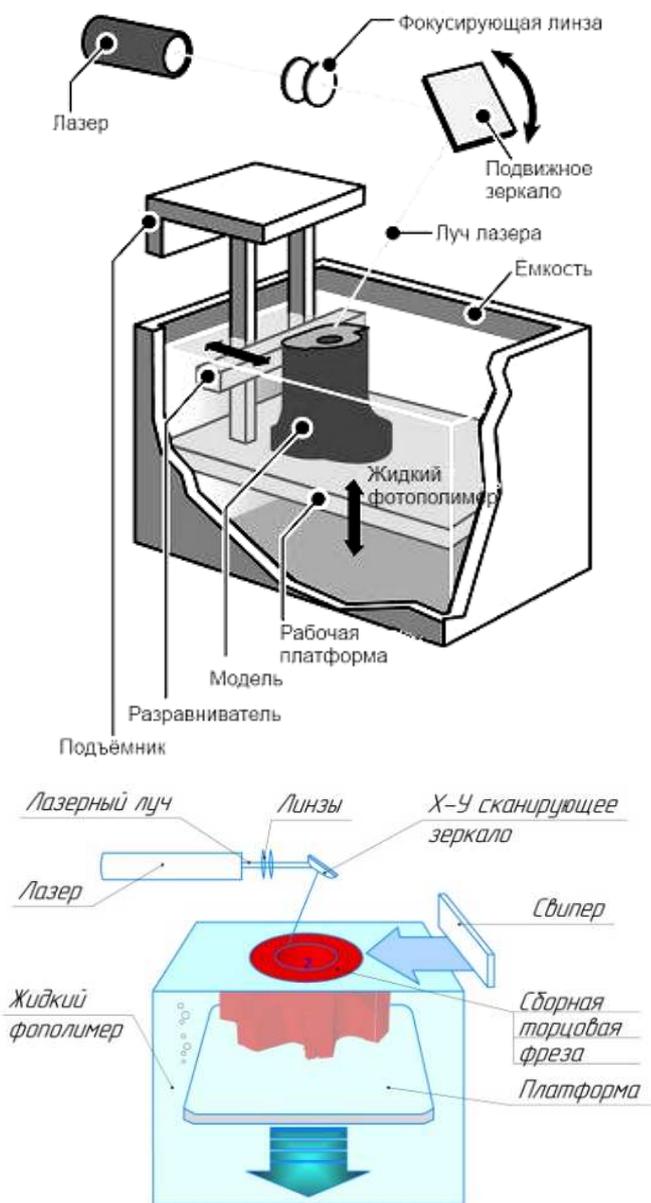


Рисунок 4.7.2. – Процесс печати технологией SLA

По завершению построения объект погружают в ванну со специальным составом для удаления лишних элементов и полной очистки. И, наконец, финальное облучение светом для окончательного отвердевания. Как и многие другие методы 3D-прототипирования, SLA требует введения поддерживающих структур, которые вручную удаляются по завершении строительства.

Преимущества и особенности технологии:

- изготовление моделей любой сложности (тонкостенные детали, мелкие детали);
- легкая обработка изготовленного прототипа;
- высокая точность построения и высокое качество поверхности;
- свойства применяемых полимеров позволяют использовать выращенный прототип в качестве готового изделия;
- большие, чем у других 3D-принтеров, размеры рабочей камеры;
- низкий процент расходного материала на поддержку;
- низкий уровень шума производства деталей.

Большинство 3D-принтеров, работающих по технологии SLA, создают объекты размером примерно 50x50x60 см, но есть и исключения. Американская компания 3D Systems создала аппарат, способный создавать объекты размером значительно больше классических – 1500x750x550 мм, что раскрывает новые горизонты применения данной технологии.

Процесс подготовки к 3D-печати включает следующие этапы настройки программного продукта в Simplify 3D:

- 1) присваивается имя процесса, степень заполнения объекта и обновляется профиль настроек;
- 2) назначается диаметр сопла принтера, коэффициент величины экструзии, а также ее ширина; задается величина подъема сопла над печатающимся объектом;
- 3) в группе настроек «слой» задается высота слоя печати (как правило, величина, равная 1/2 диаметра сопла), количество внешних сплошных слоев и внешних параметров; выбирается привязка стартовых точек начала печати к вымышленной точке с координатами «X» и «Y»;
- 4) выбирается тип (форма) внутреннего заполнения модели (линии, треугольники, сетка, волны, сотовое заполнение); а также настройка материала поддержки, который помогает напечатать нависающие элементы модели;
- 5) настраивается температура печати, стола;
- 6) настраивается скорость печати и система охлаждения модели;
- 7) расширенные настройки высоты начала и окончания процесса, настройки поведения слайсера при обработке моделей, содержащих ошибки, настройки печати тонких стенок.

На операции 3D-печати деталей осуществляется следующая последовательность переходов: 1) передать 3D-модель прототипа в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера; 2) расположить модель в виртуальной рабочей зоне; 3) сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки); 4) произвести расчет путей перемещения печатной головки; 5) произвести расчет времени выращивания прототипа; 6) разогреть стол до температуры 60–120 °С; 7) печатать изделие, выдерживая температуру сопла 210–285 °С, скорость перемещения сопла – 40 мм/с, согласно исходной 3D-модели; 8) убрать вспомогательные конструкции. Основные характеристики 3D-печати деталей блочно-модульной торцевой фрезы (БМТФ) представлены в таблице 4.7.1.

Как следует из таблицы 4.7.1, основное время печати всех элементов БМТФ составляет 19 ч 22 мин (1153 мин); длина пластиковой нити – 149716,4 мм (149,7 м); количество материала печати – 452,61 г (0,45261 кг). Основные затраты печати пластиковых деталей БМФ при стоимости 1 г материала ≈ 10 коп. составляет ≈ 45,3 бел. руб.

Технологическая схема сборки напечатанных конструктивных элементов БМТФ включает следующие операции (рисунок 4.7.3): 005 Комплектовочная; 010 Сборочная «Блока резцового»; 015 Сборочная «Зажимного модуля»; 020 Сборочная «БМТФ».

Предлагается следующая последовательность сборки торцевых фрез:

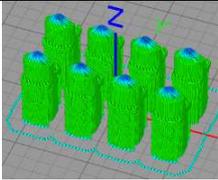
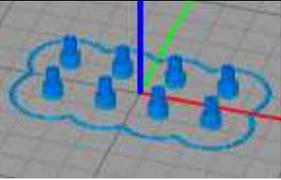
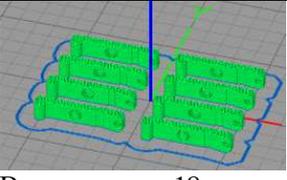
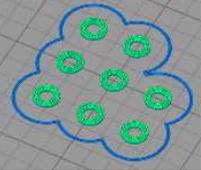
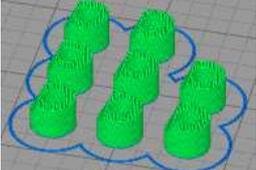
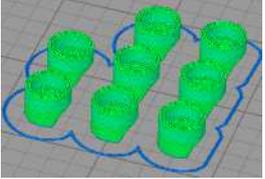
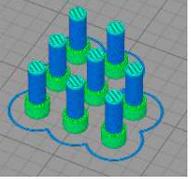
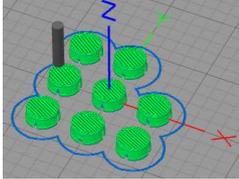
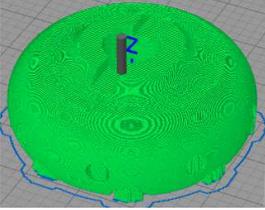
- 1) процесс сборки блока резцового начинается со сборки прихвата и штифта с образованием прихвата в сборе; в отверстии прихвата позиционируется штифт с предварительно

установленной пластиной режущей, ограничивающие перемещение штифта вдоль посадочной поверхности. Полученная сборочная единица устанавливается в пазу державки по посадке и закрепляется с помощью винта с шайбой, обеспечивая прижим основания и боковой поверхности пластины режущей к установочной и направляющей поверхностям державки;

2) сборка торцовых фрез начинается со вставки модуля зажимного (сборочная единица: сухарь упорный и резьбовой с винтом) в соответствующие отверстия модуля корпусного с предварительно ввернутым винтом. Затем последовательно вставляются блоки резцовые в базирующие отверстия модуля корпусного с ориентацией пластины режущей на заданный угол наклона режущей кромки, осуществляется настройка радиального и торцевого биений блока резцового с помощью регулировочных винтов и поворота блока резцового вокруг собственной оси и окончательно закрепляется блок резцовый модулем зажимным;

3) при необходимости устанавливается модуль балансировочный в виде балансировочных заглушек или эксцентриков, или дисков с шариком и производится его регулировка.

Таблица 4.7.1. – Основные характеристики 3D-печати деталей

Деталь	Характеристики 3D-печати	Деталь	Характеристики 3D-печати	Деталь	Характеристики 3D-печати
Державка	 Время печати: 85 мин.; Длина нити: 5108 мм; Количество материала: 15,4 г	Штифт	 Время печати: 4 мин.; Длина нити: 65,9 мм; Количество материала: 0,2 г	Прихват	 Время печати: 18 мин.; Длина нити: 1052,9 мм; Количество материала: 3,7 г
Шайба	 Время печати: 1 мин.; Длина нити: 70 мм; Количество материала: 0,21 г	Винт блока резцового	 Время печати: 11 мин.; Длина нити: 370,8 мм; Количество материала: 1,1 г	Сухарь резьбовой	 Время печати: 21 мин.; Длина нити: 1511 мм; Количество материала: 4,6 г
Сухарь упорный	 Время печати: 17 мин.; Длина нити: 1052,2 мм; Количество материала: 4 г	Винт зажимного модуля	 Время печати: 24 мин.; Длина нити: 1321,0 мм; Количество материала: 4 г	Балансировочная заглушка	 Время печати: 14 мин.; Длина нити: 788 мм; Количество материала: 2,4 г
Корпусной модуль		Время печати: 958 мин.; Длина нити: 138377 мм; Количество материала: 417 г			

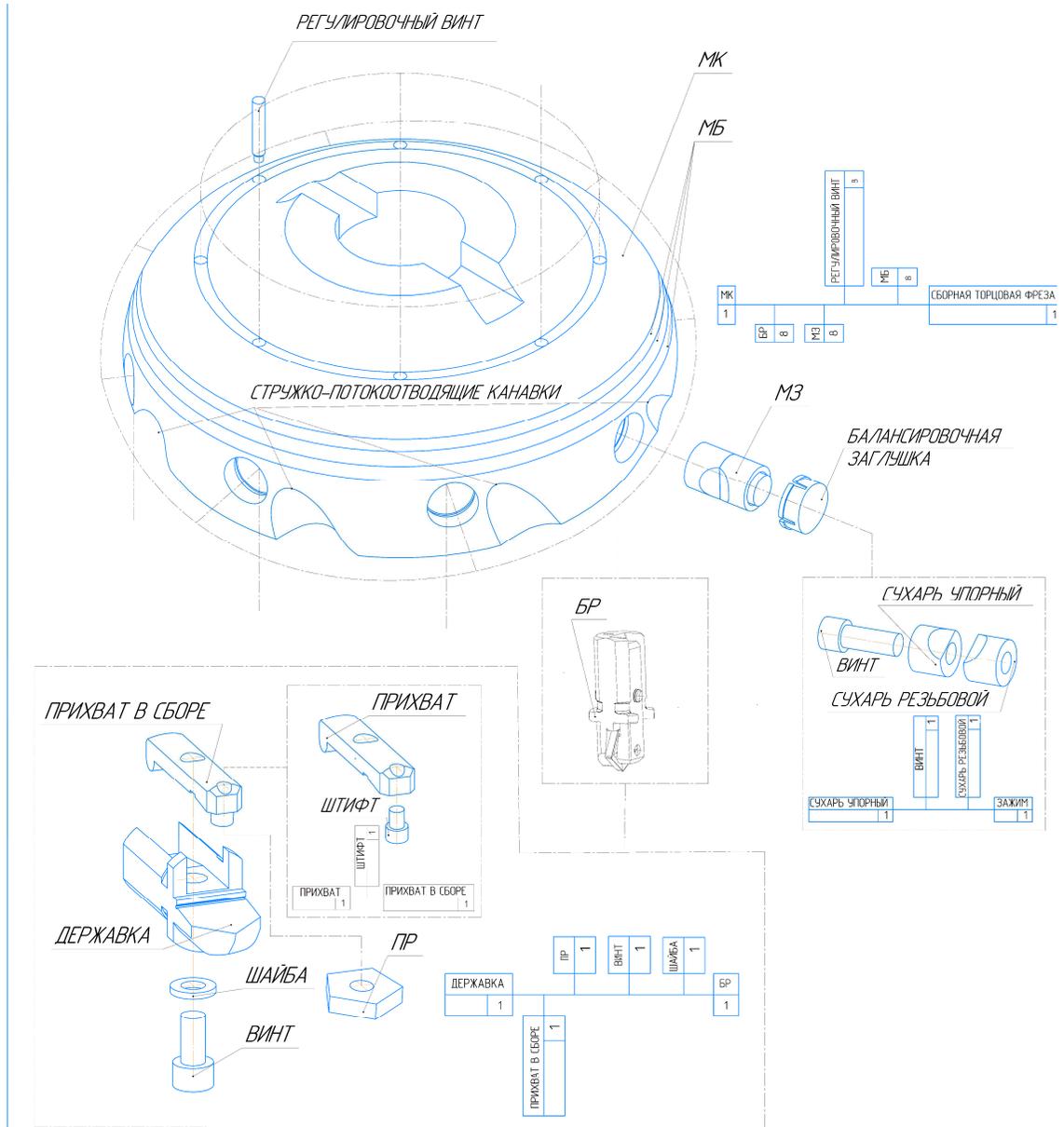
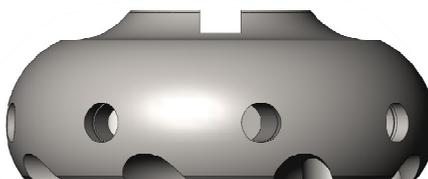


Рисунок 4.7.3. – Технологическая схема сборки БМТФ

## Технологический маршрут изготовления БМТФ

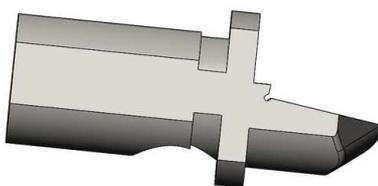
### 3D-печать корпуса

1. Передать 3D-модель «Корпус» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Корпус», выдерживая температуру сопла 210–285 °С, при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### 3D-печать державки

- Передать 3D-модель «Державка» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
1. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
  2. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
  3. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
  4. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
  5. Разогреть стол до температуры 60–120°.
  6. Печатать изделие «Державка» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С, при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
  7. Убрать вспомогательные конструкции.



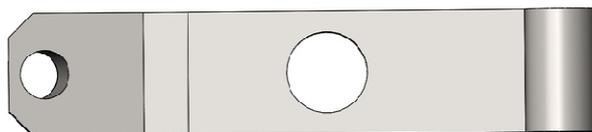
### 3D-печать штифта

1. Передать 3D-модель «Штифт» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Штифт» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С, при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



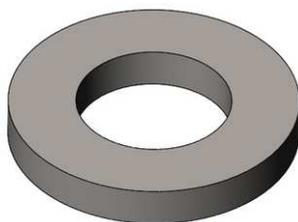
### **3D-печать прихвата**

1. Передать 3D-модель «Прихват» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Прихват» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### **3D-печать шайбы**

1. Передать 3D-модель «Шайба» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Шайба» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### **3D-печать винта резцового блока**

1. Передать 3D-модель «Винт резцового блока» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.

3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Винт резцового блока» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С, при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### **3D-печать кулачка № 1**

1. Передать 3D-модель «Кулачок № 1» в формате STL в программное обеспечение 3D принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Кулачок № 1» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С, при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### **3D-печать кулачка № 2**

1. Передать 3D-модель «Кулачок № 2» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Кулачок № 2» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



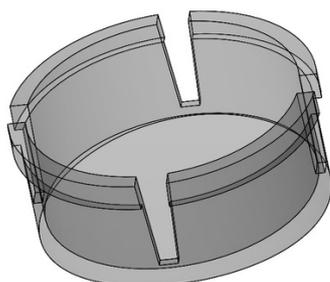
### **3D-печать винта зажимного модуля**

1. Передать 3D-модель «Винт зажимного модуля» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Винт зажимного модуля» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### **3D-печать балансировочной заглушки**

1. Передать 3D-модель «Балансировочная заглушка» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Балансировочная заглушка» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.



### 3D-печать регулировочного винта

1. Передать 3D-модель «Регулировочный винт» в формате STL в программное обеспечение 3D-принтера.
2. Расположить модель в виртуальной рабочей зоне.
3. Сгенерировать элементы вспомогательных конструкций (из специального материала поддержки).
4. Произвести расчет путей перемещения печатной головки.
5. Произвести расчет времени выращивания прототипа.
6. Разогреть стол до температуры 60–120°.
7. Печатать изделие «Регулировочный винт» в количестве 8 штук, выдерживая температуру сопла 210–285 °С при скорости перемещения сопла 40 мм/с согласно исходной 3D-модели.
8. Убрать вспомогательные конструкции.

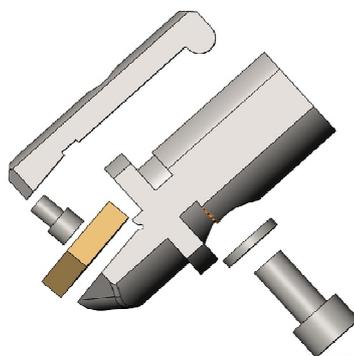


### Комплектовочная

1. Скомплектовать детали согласно спецификации.
2. Подготовить детали к сборке, проверить их на пригодность.

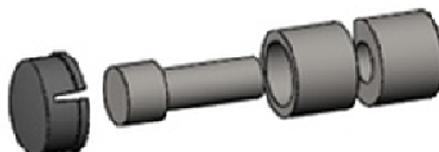
### Сборочная

1. Собрать 8 резцовых блоков. Прикрепить режущую пластину к державке штифтом. Прикрепить прихват к державке винтом резцового блока.



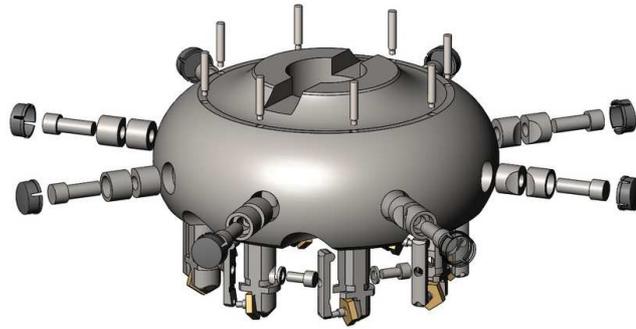
### Сборочная

1. Собрать 8 механизмов зажима. Соединить кулачок № 1 и кулачок № 2, закрепить винтом зажимного модуля.



### Сборочная

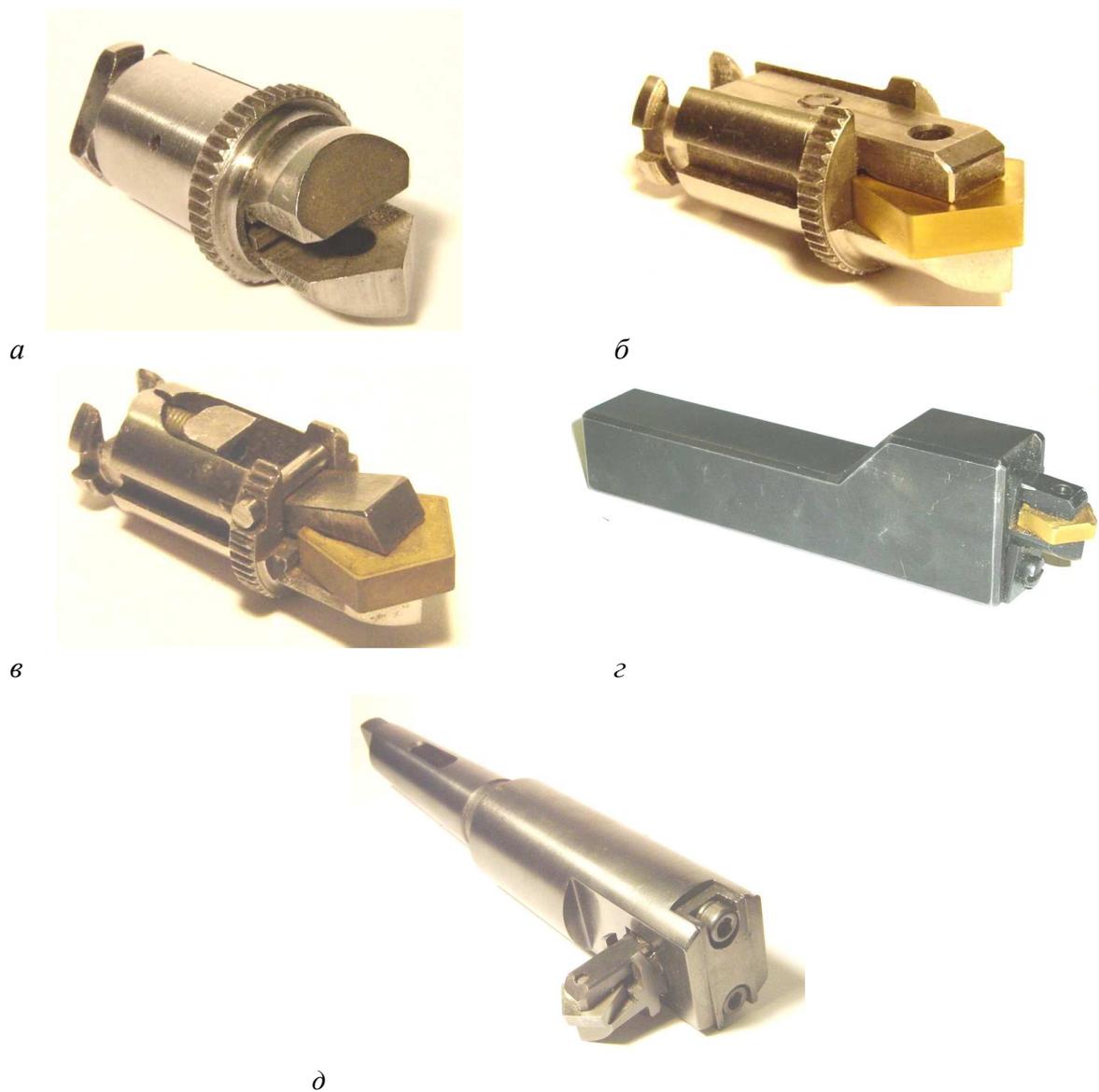
1. Собрать блочно-модульную торцевую фрезу. Вставить резцовые блоки в корпус, закрепить механизмами зажима, балансирующими заглушками и регулировочными винтами.



### Контрольные вопросы

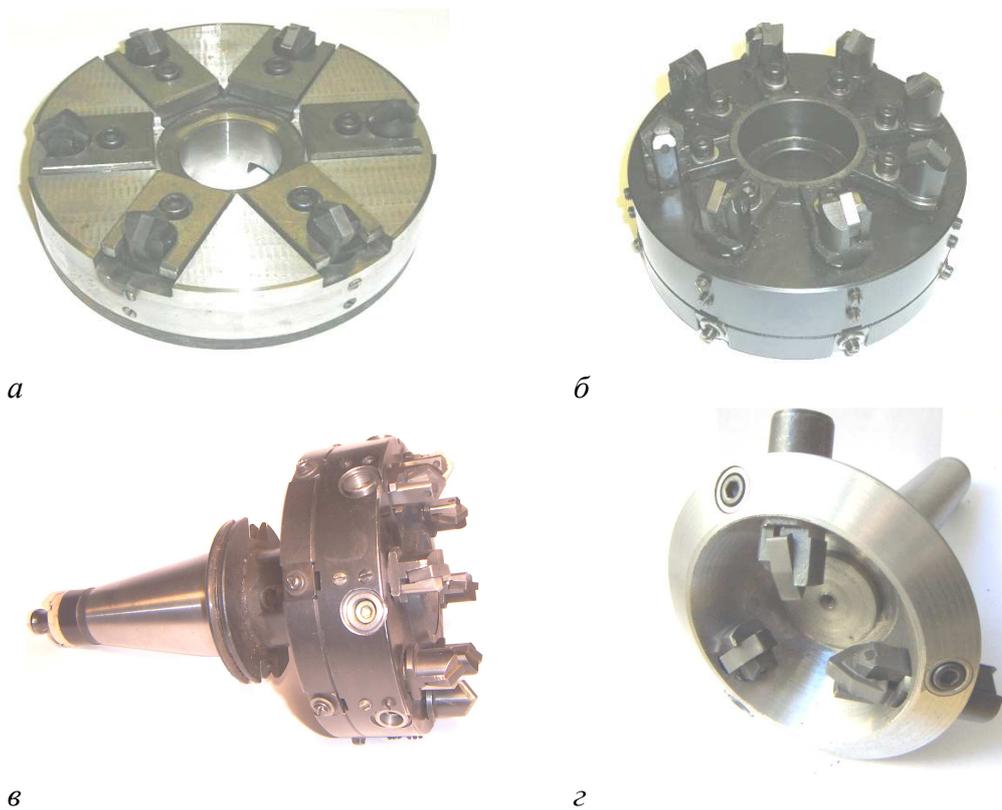
1. Чем оправдано наличие допуска параллельности поверхностей продольного паза державки блока резцового?
2. Технологическое назначение термической обработки.
3. Как обеспечивается принцип совмещения баз в технологическом процессе изготовления детали «фланец» блочно-модульной торцовой фрезы?
4. Как можно контролировать шероховатость полученных поверхностей деталей?
5. Почему нарезание резьбы в элементах БМРИ производится перед термической обработкой?
6. Какие конструктивные элементы БМРИ являются нетехнологичными?
7. Чем оправдано применение горизонтально-расточного станка в операции 020 при изготовлении детали «модуль фрезы корпусной»?
8. Чему равен допуск посадочного отверстия под блок резцовый корпусных элементов БМРИ?
9. Почему шлифование выполняется после термической обработки, а не наоборот?
10. На каких операциях представленных технологических процессов будет использована специальная технологическая оснастка?
11. Что такое аддитивные технологии?
12. Какая разница между субтрактивными и аддитивными технологиями?
13. Назовите основные виды аддитивных технологий.
14. Перечислите основные этапы реализации аддитивных технологий.
15. Перечислите переходы на операциях 3D-печати деталей БМРИ.
16. Поясните устройство и принципы работы 3D-принтеров.
17. Какая скорость и производительность печати на 3D-принтерах?
18. Назовите основные группы материалов, которые применяются при 3D-печати.
19. Какова точность и качество поверхностей деталей, получаемых на 3D-принтерах?
20. Назовите основные преимущества и недостатки аддитивных технологий.
21. Как осуществляется сборка деталей БМРИ, полученных 3D-печатью?

## 5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ



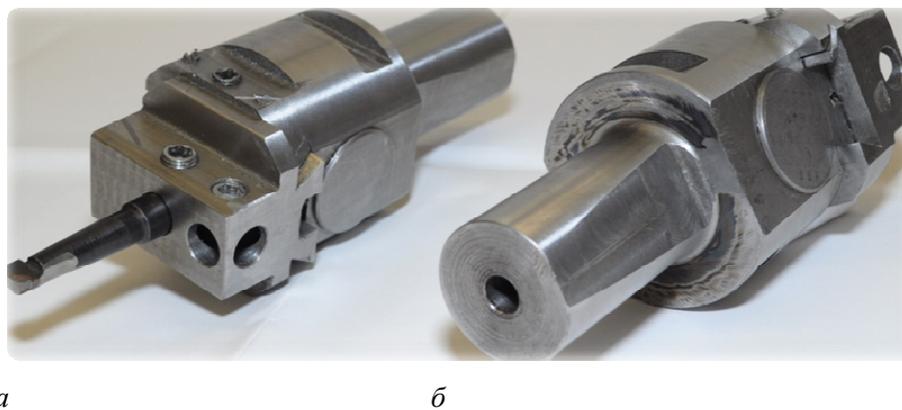
*a* – державка блока резцового; *б* – блок резцовый с «тянущим» прихватом;  
*в* – блок резцовый с цанговым зажимом пластины; *z* – резец токарный проходной;  
*д* – резец токарный расточной

Рисунок 5.1. – Образцы блочно-модульных режущих инструментов



*a-b* – фрезы торцовые;  
*г* – фреза для обработки неполных сферических поверхностей деталей

**Рисунок 5.2. – Образцы блочно-модульных режущих инструментов**



*a* – патрон расточной; *б* – корпусная оправка

**Рисунок 5.3. – Образцы блочно-модульных режущих инструментов**



*a*



*б*

**Рисунок 5.4. – Образцы блочно-модульной торцевой фрезы (*a*) и зенкера (*б*)**



*a*



*б*

***a* – для диапазона диаметров 63÷110 мм;  
*б* – для диапазона диаметров 240÷360 мм**

**Рисунок 5.5. – Образцы расточных головок**



**Рисунок 5.6. – Образцы микроборов**



**Рисунок 5.7. – Гамма блочно-модульных режущих инструментов**

**6 МАКЕТЫ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ,  
ВЫПОЛНЕННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ**



*a* – блока резцового; *б* – блочно-модульной торцевой фрезы обтекаемой формы;  
*в, г* – блочно-модульных торцевых фрез с утопленными блоками резцовыми;  
*д* – расточного патрона; *е* – детали расточного патрона

**Рисунок 6.1. – Макеты блочно-модульных режущих инструментов,  
выполненные с применением технологий трехмерной печати**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В альбоме представлены результаты многолетнего опыта работы авторов в области конструирования, исследования сборных режущих инструментов и применения их при обработке резанием поверхностей деталей, подтвержденные многочисленными научными публикациями – монографиями, статьями и патентами, защищенными докторской, кандидатскими и магистерскими диссертациями.

При проектировании используется модульный принцип, позволяющий унифицировать конструктивные элементы в различных типах режущих инструментов и тем самым снизить себестоимость их изготовления и применения. В основу всех конструкций модульных инструментов положен унифицированный блок резцовый, имеющий оригинальный механизм закрепления режущей пластины и простые поверхности (цилиндрические) для установки блока резцового в корпусном модуле.

Предложенный подход к проектированию блочно-модульных режущих инструментов включает разработку конструктивных схем как отдельных элементов, блоков и модулей, так и в целом инструментальных систем. Рассмотрены различные технологические схемы сборки, позволяющие обобщить сборочный процесс различных типов режущих инструментов.

Представленные эскизы блочно-модульных режущих инструментов дают возможность проследить эволюцию конструкторской мысли при проектировании того или иного типа режущего инструмента, отметить оригинальные технические решения и служат базовым материалом при разработке конкретного варианта технологической оснастки.

Разработанные технологические маршруты изготовления блочно-модульных режущих инструментов для субтрактивного и аддитивного производств являются типовыми и служат основой при проектировании технологий с использованием современных станков с ЧПУ, 3D-принтеров и т.д.

Доведение разработок до экспериментальных и опытных образцов свидетельствует об успешном применении блочно-модульных режущих инструментов в машиностроительном производстве.

Представленный в альбоме материал может служить настольной книгой для студентов, магистрантов, аспирантов и специалистов при проектировании сборной технологической оснастки модульного типа и разработке технологических процессов ее изготовления.

При работе с материалами альбома от обучающихся требуются знания по смежным дисциплинам, таким как «Нормирование точности и технические измерения», «Основы конструирования изделий», «Теория резания», «Режущий инструмент», «Инструментальные системы», «Основы технологии машиностроения» «Технология инструментального производств», в которых рассматриваются базовые понятия и определения приведенных в альбоме терминов.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Разработать конструктивную схему блока резцового с различными типами пластин режущих (пятигранной, четырехгранной, ромбической, трехгранной, круглой и т.п.).
2. Разработать эскизный проект (эскиз) резца (проходного, расточного, подрезного, упорного, резьбового и т.п.).
3. Разработать эскизный проект (эскиз) головки расточной.
4. Разработать эскизный проект (эскиз) зенкера.
5. Разработать эскизный проект (эскиз) фрезы (торцевой, дисковой, концевой и т.п.).
6. Разработать технологическую схему сборки БМРИ (резца, фрезы, зенкера, головки расточной).
7. Разработать технологический маршрут изготовления блока резцового (в условиях единичного, серийного, крупносерийного типа производства).
8. Разработать технологический маршрут изготовления модуля корпусного БМРИ (в условиях единичного, серийного, крупносерийного типа производства).
9. Разработать технологический маршрут изготовления модуля регулировочного (в условиях единичного, серийного, крупносерийного типа производства).
10. Разработать технологический маршрут изготовления модуля станочного (в условиях единичного, серийного, крупносерийного типа производства).
11. Разработать технологический маршрут изготовления БМРИ с использованием 3D-печати.
12. Разработать необходимые переходы в отдельных операциях технологических процессов изготовления конструктивных элементов БМРИ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н.Н. Машиностроительному факультету – 40 лет (1975–2015 гг.) / Н.Н. Попок, В.Э. Завистовский, А.Л. Лисовский ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Н.Н. Попок. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – 124 с.
2. Попок, Н.Н. Анализ тенденций проектирования инструментальных систем : в 3 ч. / Н.Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 3. – Ч. 1 : Термины и системы обозначения режущих пластин, державок и модулей. – С. 71–81.
3. Попок, Н.Н. Анализ тенденций проектирования инструментальных систем : в 3 ч. / Н.Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 11. – Ч. 2 : Механизмы крепления модулей. – С. 11–19.
4. Попок, Н.Н. Анализ тенденций проектирования инструментальных систем : в 3 ч. / Н.Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 3. – Ч. 3 : Инструментальные системы для многоцелевой обработки. – С. 19–37.
5. Попок, Н.Н. Мобильная реорганизация машиностроительного производства / Н.Н. Попок. – Минск : Технопринт, 2001. – 396 с.
6. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М. Русецкий [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 316 с.
7. Способ установки сменной режущей пластины в режущем инструменте : пат. ВУ 19260 / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев, Р.С. Хмельницкий, А.В. Сидикевич, И.Я. Сопиков. – Заявка на изобретение № а 20110025 от 06.01.2011. С1МПКВ23В27/16.
8. Режущий инструмент : пат. ВУ 19226 / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев, Р.С. Хмельницкий, А.В. Сидикевич, И.Я. Сопиков. – Заявка на изобретение № а 20110026 от 06.01.2011. С1МПКВ23В27/16.
9. Многолезвийный блочно-модульный режущий инструмент : полез. модель ВУ 563 / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев. – заявка № а 20010235 от 05.10.2001.
10. Многолезвийный блочно-модульный режущий инструмент : полез. модель ВУ 3127V / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев, А.В. Сидикевич, И.Я. Сопиков. – Заявка на изобретение № 420060015 от 11.04.2006. В2331/00, 27/00.
11. Инструмент для обработки растачиванием : полез. модель ВУ 5407 / Н.Н. Попок, Р.А. Киселев, М.В. Черневич. – Заявка № а 20080966 от 12.03.2009г. МПК В23с3/00.
12. Расточной инструмент : полез. модель ВУ 9108 / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев, А.А. Герасимов. – Заявка № а 20120817 от 2012.09.17.
13. Модель и алгоритм проектирования блочно-модульных режущих инструментов / Н.Н. Попок, М.В. Черневич, Г.И. Гвоздь // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Приклад. науки. Промышленность. – 2017. – № 3 – С. 41–48.
14. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы : ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900-2015. – Введ. 2017-12-01. – М. : Стандартиформ, 2017. – Ч. 1. Термины и определения. – 16 с.
15. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы : ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900-2015. – Введ. 2017-12-01. – М. : Стандартиформ, 2017. – Ч. 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. – 12 с.
16. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы : ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900-15. – Введения 09.08.2017. – М. : Стандартиформ, 2017. – Ч. 3. Общие требования. – 12 с.
17. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы : ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900-15. – Введ. 09.08.2017. – М. : Стандартиформ, 2017. – Ч. 4. Обработка данных. – 26 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	5
<b>1 Общие положения.....</b>	<b>6</b>
Контрольные вопросы.....	12
<b>2 Конструктивные схемы блочно-модульных режущих инструментов.....</b>	<b>13</b>
2.1. Блоки резцовые.....	13
2.2 Установка и закрепление блоков резцовых.....	18
2.3 Регулировка и настройка блоков резцовых.....	20
2.4 Конструктивные схемы механизмов регулирования в расточных инструментах.....	22
2.5 Инструментальные системы блочно-модульных режущих инструментов.....	27
2.6 Система блочно-модульных расточных режущих инструментов.....	31
2.7 Технологические схемы сборки блочно-модульных режущих инструментов.....	36
Контрольные вопросы.....	44
<b>3 Эскизы блочно-модульных режущих инструментов.....</b>	<b>45</b>
3.1. Блоки резцовые.....	45
3.2 Резцы токарные.....	55
3.2.1 Резцы токарные проходные.....	55
3.2.2 Резцы токарные расточные.....	59
3.3 Головки расточные.....	61
3.4 Модули расточные.....	90
3.5 Микроборы.....	96
3.6 Патрон расточной.....	102
3.7 Модуль резца расточного.....	104
3.8 Зенкер блочно-модульный.....	107
3.9 Фрезы торцовые блочно-модульные.....	108
Контрольные вопросы.....	121
<b>4 Технологические маршруты изготовления блочно-модульных режущих инструментов.....</b>	<b>122</b>
4.1 Технологический маршрут изготовления блока резцового.....	122
4.1.1 Технологический маршрут изготовления державки блока резцового.....	122
4.1.2 Технологический маршрут изготовления прихвата блока резцового.....	127
4.2 Технология изготовления блочно-модульной торцовой фрезы.....	130
4.2.1 Технологический маршрут изготовления фланца блочно-модульной торцовой фрезы.....	130
4.2.2 Технологический маршрут изготовления модуля корпусного блочно-модульной торцовой фрезы.....	133
4.3 Технологический маршрут изготовления корпуса торцовой фрезы.....	139
4.4 Технологический маршрут изготовления корпуса зенкера.....	143
4.5 Технологический маршрут изготовления корпуса дисковой фрезы.....	147
4.6 Технологический маршрут изготовления хвостовой части.....	151
4.7 Технологии 3D-печати.....	156
Контрольные вопросы.....	166
<b>5 Экспериментальные и опытные образцы блочно-модульных режущих инструментов.....</b>	<b>167</b>
<b>6 Макеты блочно-модульных режущих инструментов, выполненные с применением технологий 3D-печати.....</b>	<b>171</b>
Заключение.....	172
Задания для самостоятельной работы.....	173
Литература.....	174

*Учебное издание*

ПОПОК Николай Николаевич  
ТЕРЕНТЬЕВ Виктор Александрович  
ГВОЗДЬ Галина Игоревна и др.

**БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ.  
АЛЬБОМ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области машиностроительного оборудования и технологий  
в качестве пособия для студентов специальностей  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»*

Редактор *Т. А. Дарьянова*  
Дизайн обложки *М. А. Мухоморовой*

---

Подписано в печать 07.03.2022. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная 80 г/м<sup>2</sup>.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 19,52. Уч.-изд. л. 20,46. Тираж 30 экз. Заказ 87.

---

Издатель и полиграфическое исполнение –  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.