





## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа, 92 с., 31 рис., 16 табл., 20 источн., 3 прил.

КОНВЕЙЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, РОЛИКИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ, ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА, РАСКРОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МАРШРУТНАЯ КАРТА, ВЫРУБКА, ВЫТЯЖКА, ВЫТЯЖКА С УТОНЕНИЕМ СТЕНКИ, МАТРИЦА, ПУАНСОН, ШТАМП

Объектом исследования является деталь «Вкладыш» ролика ленточного конвейера.

Цель работы – спроектировать комплект штамповой оснастки для изготовления детали «Вкладыш» ролика ленточного конвейера на основе изучения технологий изготовления аналогичных деталей.

В процессе работы разработан технологический процесс, который включает в себя: две разделительные операции – вырубка, пробивка, совмещенная с калибровкой; пять формоизменяющих операций – три последовательные прямые вытяжки с прижимом, обратная вытяжка и вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру. Рассчитаны технологические параметры процессов вырубки, всех вытяжек и пробивки. Спроектирована штамповая оснастка для изготовления детали «Вкладыш» по усовершенствованной технологии.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ И ОБЛАСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ .....	7
1.1 Назначение детали и варианты конструктивного исполнения .....	7
1.2 Оценка изделия по конструктивно-технологическим признакам	13
1.3 Обзор способов изготовления вкладышей конвейерных роликов .....	16
1.4 Выводы и задачи исследования .....	21
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ .....	22
2.1 Выбор способа изготовления и анализ технологичности конструкции детали.....	22
2.2 Расчет размеров исходной заготовки и выбор исходного проката .....	27
2.3 Расчет технологических параметров процесса вырубки .....	34
2.4 Расчет технологических параметров процесса вытяжки заготовки с широким фланцем .....	37
2.5 Расчет технологических параметров процесса обратной вытяжки .....	48
2.6 Расчет технологических параметров процесса калибровки- пробивки .....	53
2.4 Расчет технологических параметров процесса вытяжки с утонением стенки по внутреннему контуру .....	56
2.6 Выбор оборудования и разработка маршрутной карты .....	63

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ .....	69
3.1 Основные требования, предъявляемые к штампам .....	69
3.2 Выбор принципиальных схем штампов .....	70
3.3 Принцип действия и классификация штампов .....	72
3.4 Расчет на прочность рабочего инструмента.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	101

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день почти любое предприятие в сфере машино- или приборостроения, горнорудной, сельскохозяйственной или любых других отраслей добывающей или обрабатывающей промышленности стремится к полной или частичной автоматизации своего производства. Внедрение конвейерных установок, входящих в состав конвейерных линий на предприятии, способствует повышению уровня автоматизации, что гарантирует рост уровня безопасности и производительности труда, а также способствует повышению общей эффективности работы предприятия.

Высокий спрос на оборудование конвейерных установок выявил низкую конкурентоспособность производимой в России продукции в плане цены и качества по сравнению с зарубежными аналогами. К тому же согласно Постановлению Правительства РФ, государство взяло курс на импортозамещение товаров в отрасли машиностроения [1], в следствие чего необходимость в производстве высококачественного и конкурентного оборудования конвейерных установок является крайне острой.

Из опыта эксплуатации конвейерных установок видно, что затраты на ремонт и обслуживание роликов конвейеров составляют до 40 % всех затрат на обслуживание конвейерной линии [2]. Тяжёлые условия работы побуждают производителей проектировать все более сложные конструкции роликов для их надёжной работы вне зависимости от условий среды и мест применения. В частности, деталь «Вкладыш», так как она является основополагающей деталью всего ролика и от качества ее изготовления зависит надёжность и долговечность работы всего ролика.

Сложная конструкция и широкая номенклатура деталей ролика при крупносерийном производстве заставляют искать ресурсоёмкую и эффективную технологию их производства. Вкладыш служит для установки лабиринтного уплотнения и крепления подшипника.

Следовательно, повышение эффективности технологии производства деталей ролика является актуальной задачей в условиях быстрорастущего рынка.

Цель работы – спроектировать комплект штамповой оснастки для изготовления детали «Вкладыш» ролика ленточного конвейера на основе изучения технологий изготовления аналогичных деталей. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить назначение детали и варианты ее изготовления;
- дать оценку технологичности конструкции изделия;
- разработать технологический процесс изготовления детали и произвести расчёт технологических параметров всех операций;
- выбрать необходимое для производства изделия оборудование и разработать маршрутную карту;
- спроектировать штамповую оснастку и произвести расчет на прочность рабочего инструмента.

Объектом исследования является деталь «Вкладыш» ролика ленточного конвейера.

Предмет исследования – технология изготовления детали «Вкладыш» ролика ленточного конвейера.

Для изготовления детали выбран метод листовой штамповки.

Листовая штамповка позволяет обеспечить точные и сложные детали с минимальной массой при заданной прочности с высоким коэффициентом использования материала. К тому же листовая штамповка позволяет повысить производительность за счет широких возможностей механизации и автоматизации процессов [3].



# 1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ И ОБЛАСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

## 1.1 Назначение детали и варианты конструктивного исполнения

Конвейерные установки для транспортировки сыпучих грузов предназначены для непрерывного перемещения сырья или отходов из мелко и крупнодисперсных частиц между производственными пунктами в условиях внутрицехового или внешнего пространства [4].

Конвейерные установки – важный составной элемент современного технологического процесса. Они используются не только для выполнения транспортно-технологических функций, а также необходимы для механизации и автоматизации складских и погрузочно-разгрузочных операций. Простои конвейерных линий недопустимы, так как их остановки приводят к остановке всего производства, что может привести к значительным финансовым издержкам.

Область применения конвейерных установок широка: машино- и приборостроение, химическая, металлургическая и многие другие отрасли промышленности, строительство и сельское хозяйство.

Разнообразие видов конвейерных установок обусловлено различными факторами: условиями среды, свойствами транспортируемых грузов, расстоянием между производственными пунктами, требуемой производительностью и необходимым уровнем механизации производства.

Наиболее широкое распространение в современной промышленности получили ленточные конвейеры. Их применяют в открытых горных разработках и шахтах для транспортировки руды на большие расстояния; для погрузки или разгрузки массовых грузов; для транспортировки ископаемых на обогатительных фабриках; для перевозки топлива и сырья на металлургических заводах и электростанциях.

Конвейеры стационарные ленточные трубчатые (рис. 1.1).



Эти конвейеры предназначены для транспортировки сыпучих грузов в процессе их технологической обработки, а также при транспортировании на склады, в отвалы, где требуется изолировать их от окружающей среды.

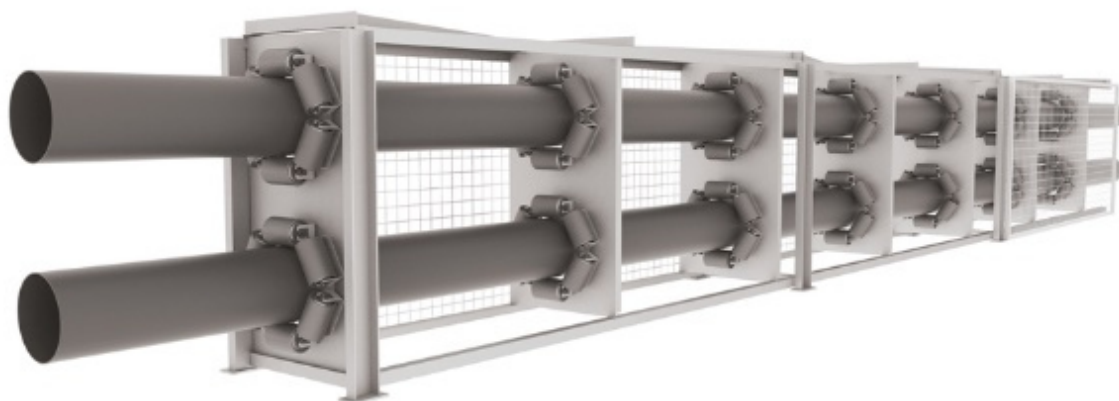


Рисунок 1.1 – Конвейер стационарный ленточный трубчатый

Соблюдение данных требований необходимо для защиты обслуживающего персонала и оборудования от вредного воздействия переносимого груза, а также для защиты грузов от воздействий окружающей среды [6].

Конвейеры ленточные катучие реверсивные (рис. 1.2).

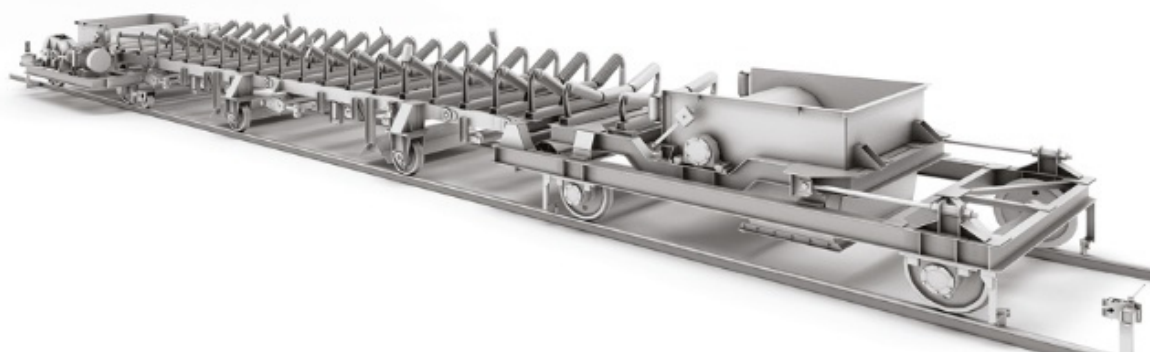


Рисунок 1.2 – Конвейер ленточный катучий реверсивный

Конвейеры такого типа предназначены для транспортировки и загрузки сыпучих и кусковых материалов насыпной плотностью до  $3500 \text{ кг/м}^3$  и

максимальным размером кусков до 0,5 м при массе до ста килограмм. Они применяются для загрузки или усреднения материалов в бункерах и складах[5].

Неотъемлемой частью современных конвейерных установок является ролик (рис. 1.4), входящий в состав роlikоопоры (рис 1.3).

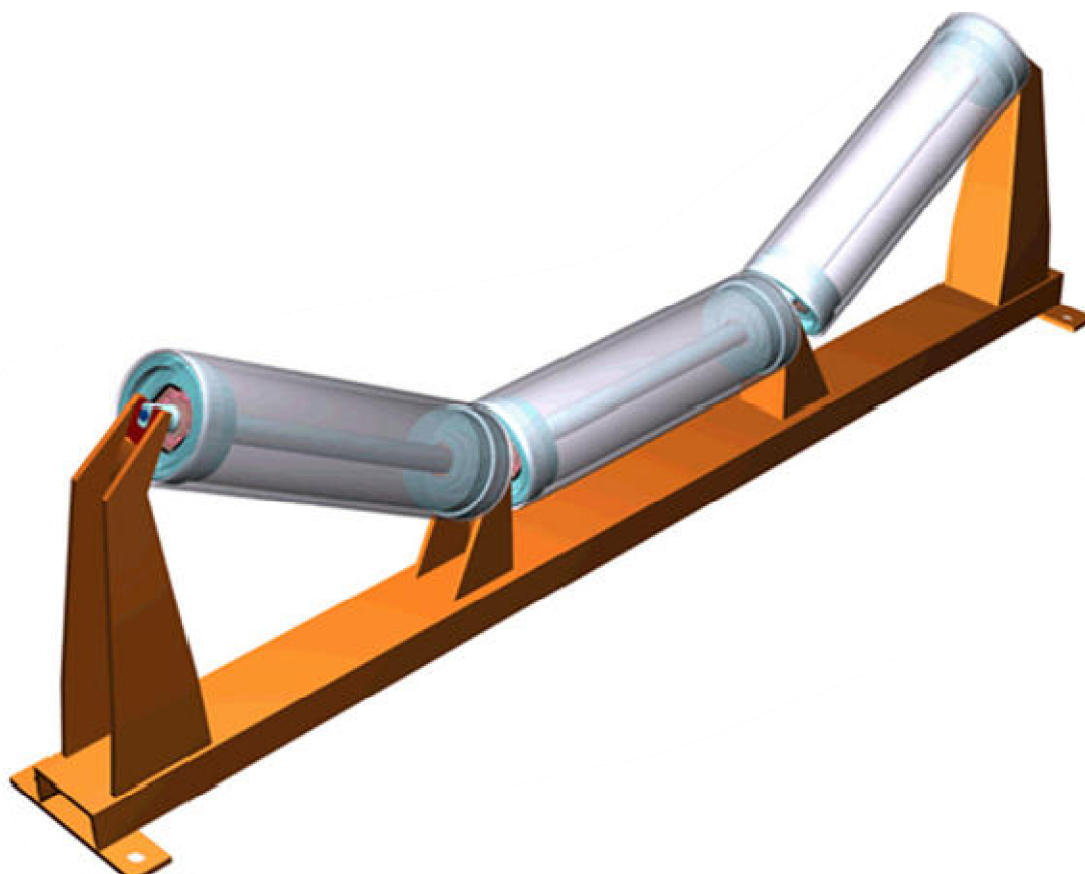


Рисунок 1.3 – Роlikоопора ленточного конвейера

Роlikоопора служит для поддержания грузонесущего органа и для центрирования его хода. В связи с тяжелыми условиями работы пространство внутри ролика должно быть изолировано от окружающей среды. Долговечность и надежность ролика зависит от динамики его работы, герметичности конструкции, соосности и плотности посадки элементов.

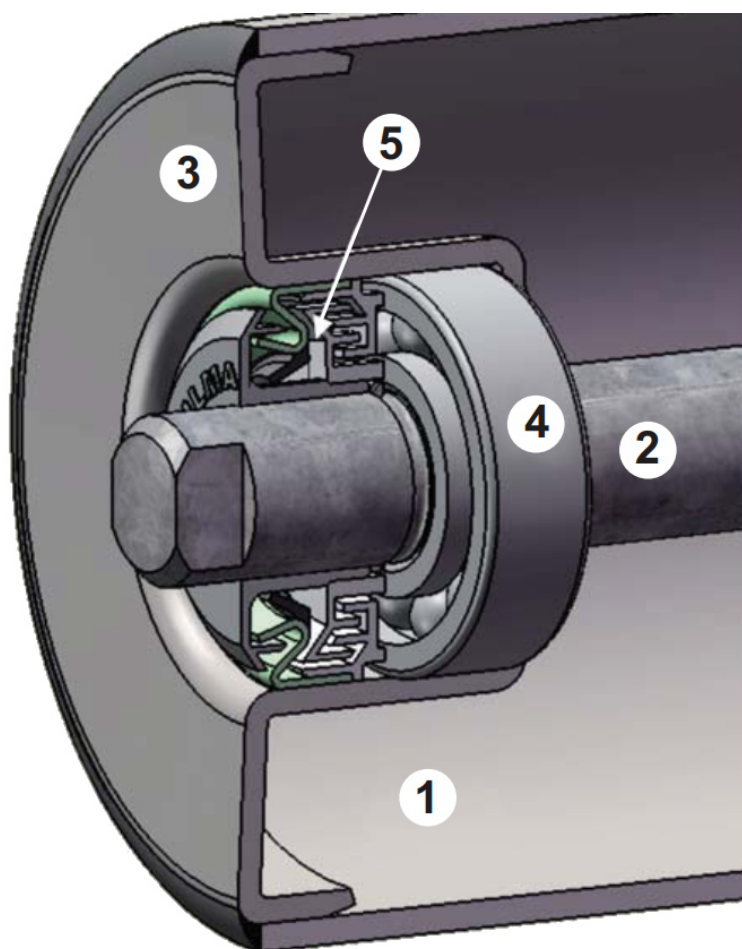


Рисунок 1.4 – Опорный ролик конвейерной установки:  
1 – обечайка; 2 – ось; 3 – вкладыш; 4 – подшипник; 5 – лабиринтное уплотнение

Одной из важнейших и трудоемких в производстве деталей ролика является вкладыш. Он служит для установки лабиринтного уплотнения во втулочной части и крепления подшипника, а соединение с обечайкой фланцевой части может производиться как за счет сварки, так и вальцовкой. В следствие чего к точности и качеству изготовления вкладыша применяют высокие требования, к тому же для уменьшения динамических нагрузок эта деталь должна быть металлоемкой. Так же важно отметить типовой характер производства и широкую номенклатуру подобных деталей. Все эти факторы заставляют искать ресурсосберегающую и эффективную технологию их изготовления.

Помимо длины основным размером ролика является его диаметр. Согласно ГОСТ 22646 – 77 для роликов установлен ряд диаметров 63, 89, 108, 127, 133, 159, 194мм. Для конвейеров среднего и легко типа применяют

ролики диаметром до 133 мм, а ролики диаметром свыше 133 мм в конвейерах тяжелого типа. Но стоит отметить, что ГОСТ никак не регламентирует конструкции и материалы ролика, типы применяемых подшипников и уплотнений, что побуждает изготовителей на создание большого разнообразия новых конструктивных решений для всевозможных условий эксплуатации.

Существует огромное многообразие конструктивного исполнения роликов для ленточных конвейеров в зависимости от условий эксплуатации. Для легких условий эксплуатации с допустимой нагрузкой до 600 Н применяют ролики малых диаметров (до 63 мм) из легких полимерных материалов и с простой конструкцией вкладыша и обечайки (рис 1.5) [8].

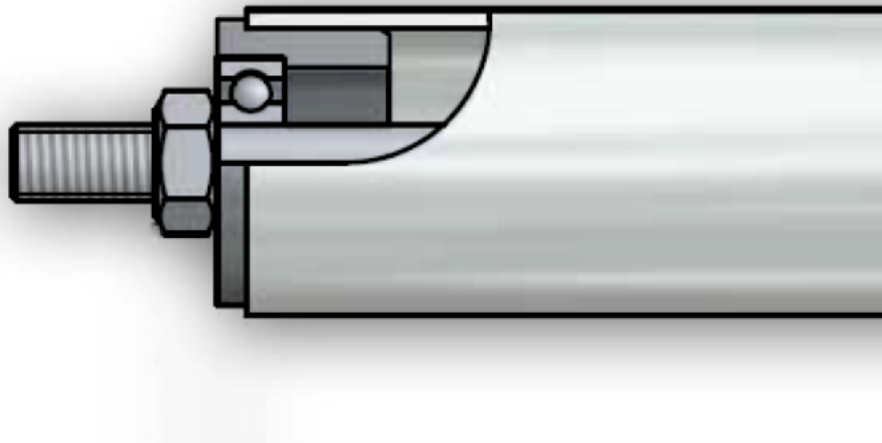


Рисунок 1.5 – Ролик ЛК для легких условий эксплуатации

Для конвейерных установок, используемых при нормальных условиях эксплуатации с допустимой нагрузкой до 2500 Н применяют, как правило, ролики диаметром до 108 мм, детали которых выполнены методом листовой штамповки из конструкционной стали (рис. 1.6). Также применяют подшипники со специальной низкотемпературной смазкой [8].

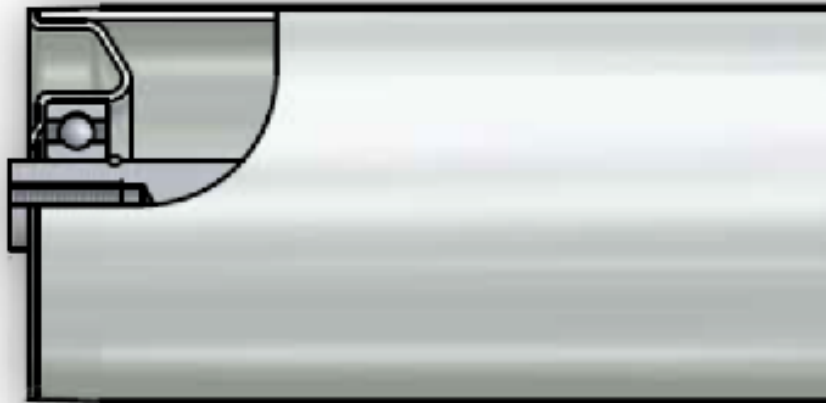


Рисунок 1.6 – Ролик ЛК для нормальных условий эксплуатации

Для тяжелых условий эксплуатации с допустимой нагрузкой выше 2500 Н применяют ролики больших диаметров, вкладыш которых изготавливают методом горячей объемной штамповки (рис 1.7).

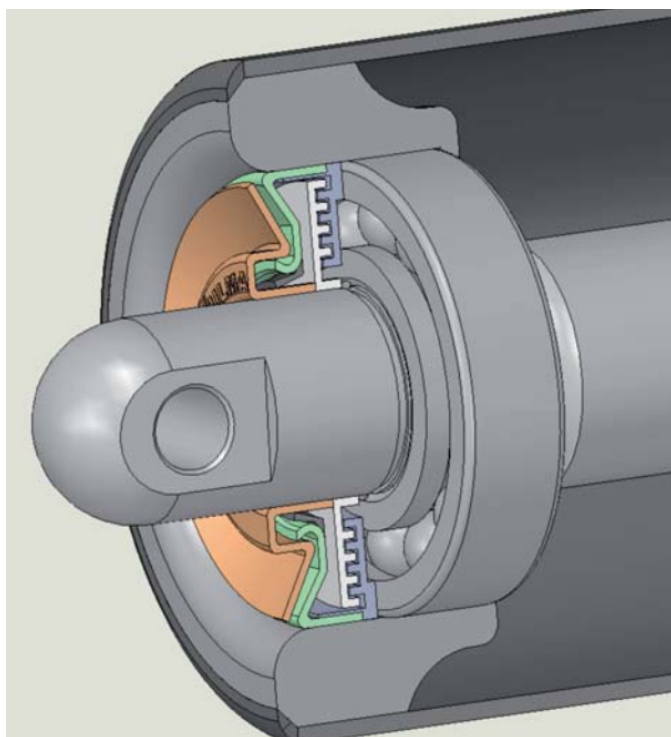


Рисунок 1.7 – Ролик ЛК для тяжелых условий эксплуатации

Можно сделать вывод, что для всех представленных конструкций характерна разная форма вкладыша.

## 1.2 Оценка изделия по конструктивно-технологическим признакам

Предмет исследования – вкладыш ролика ленточных конвейеров (рис. 1.8). Объемная втулочная часть детали в сочетании с широким фланцем со значительным буртом при небольших радиусах закруглений создает благоприятные условия для локализации напряжений на сопрягаемых участках при большом числе операций вытяжки. Это может привести к разрушению заготовки и к неравномерному распределению толщины стенки детали. Также видимую сложность при изготовлении данного вкладыша представляет придание необходимого рельефа внутренней поверхности и обеспечение высокой точности размеров под установку подшипника при посадке К7/н6. Чертеж детали «Вкладыш» представлен в приложении А.

Деталь «Вкладыш» изготавливают из стали СтЗсп. Это сталь с высокими показателями пластичности, низким содержанием примесей, не дефицитная, не дорогая.

Химический состав стали СтЗсп представлен в таблице 1.1, механические свойства в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали СтЗсп по ГОСТ 380-2015

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
0,14 - 0,22	0,15- 0,30	0,40 - 0,65	не более							~97
			0,3	0,05	0,04	0,3	0,008	0,3	0,08	

Таблица 1.2 – Механические свойства стали СтЗсп

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{cp}$ , МПа	$\sigma_{iy}$ , МПа	$\sigma_{ip}$ , МПа	$\sigma_{02}$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$	$\epsilon_{iy}$	$\epsilon_{ip}$	$\Psi_y$	$\Psi_p$
400	350	490	1050	260	245	0.25	0,20	1,14	0,18	0,68

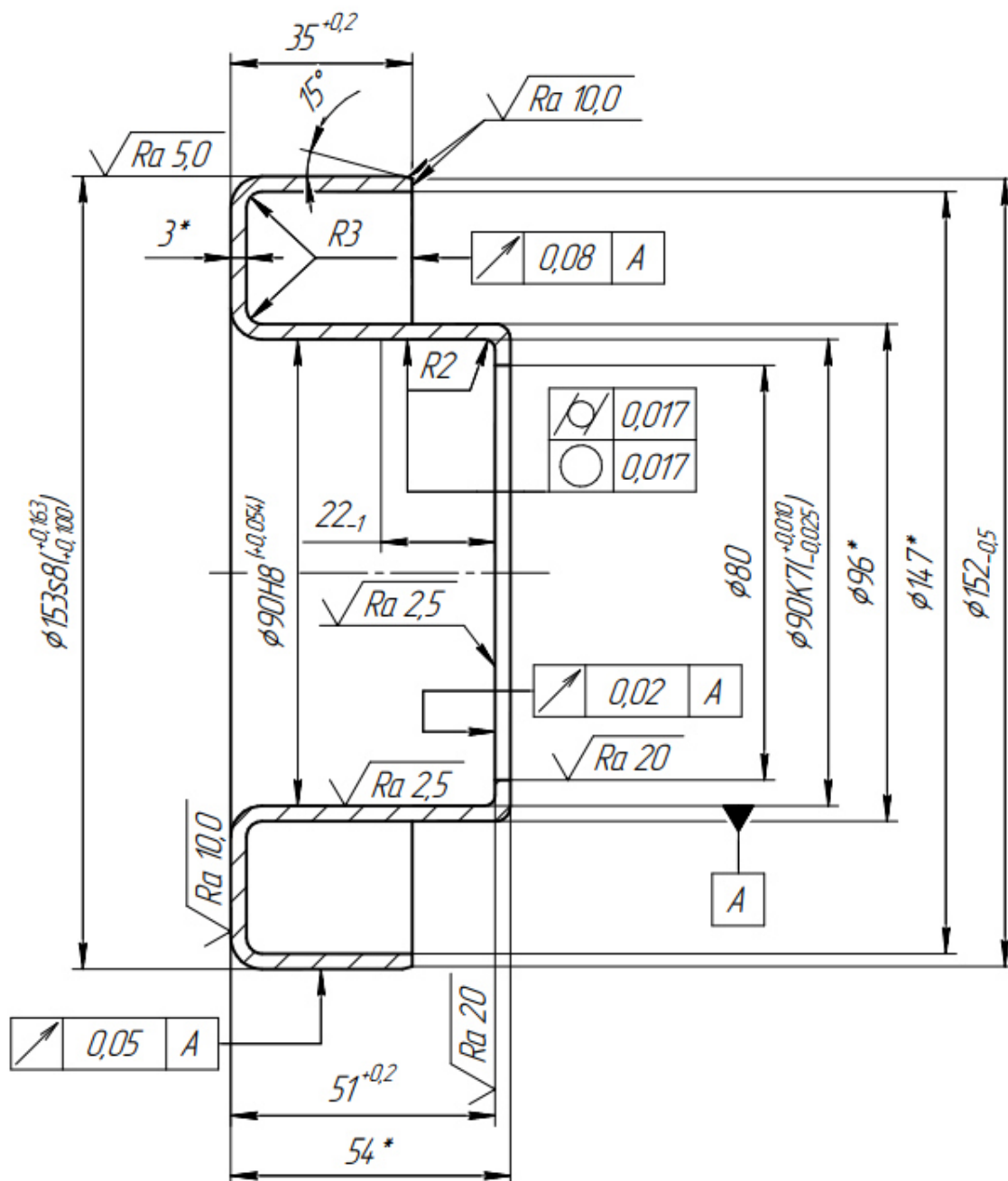


Рисунок 1.8 – Эскиз детали «Вкладыш»

Для деталей, получаемых методом листовой штамповки крайне важно учитывать технологичность конструкции детали и обеспечение оптимального раскроя при проектировании.

Технологичность конструкции изделия (ТКИ) – это совокупность всех свойств, которые определяют пригодность изделия для производства и использования с минимальными временными и материальными затратами при достижении всех необходимых технико-эксплуатационных свойств.



Основные показатели технологичности деталей, изготавливаемых методом ЛШ:

- 1) расход материала;
- 2) количество и трудоемкость операций;
- 3) наличие этапов механообработки;
- 4) количество необходимого оборудования и занимаемое им рабочее пространство;
- 5) сокращение затрат и времени на подготовку производства, при необходимом количестве оснастки;
- 6) производительность всего цеха и каждой операции, в частности.

В качестве предварительной оценки технологичности изделия была проведена оценка по безразмерным геометрическим параметрам. Результаты оценки по безразмерным геометрическим параметрам приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты оценки технологичности детали по безразмерным геометрическим параметрам

Общая форма детали	цилиндрическая с фланцем, симметричная	СТ
Общее количество конструктивных элементов	3	СТ
Относительная высота детали, %	35	ВТ
Относительная толщина стенки детали, %	1,17	НТ
Перепад толщины дна и стенки	более 0,95	ВТ
Относительный радиус сопряжения стенки и дна	менее 2	НТ
Относительный радиус сопряжения фланца и стенки	менее 10	НТ
Относительный диаметр фланца	1,25...2,00	СТ

По результатам предварительной оценки технологичности по безразмерным геометрическим параметрам можно сделать вывод, что деталь является низко технологичной.

### 1.3 Обзор способов изготовления вкладышей конвейерных роликов

Широко известным производителем конвейерных роликов в России является предприятие ОАО «Завод ПИРС», которое изготавливает конвейерные ролики (рис. 1.9) с диаметрами: 51, 55, 57, 60, 63,5, 70, 76, 89, 102, 108, 114, 127, 133,159, 194, 219 мм, длиной до 3000 мм.

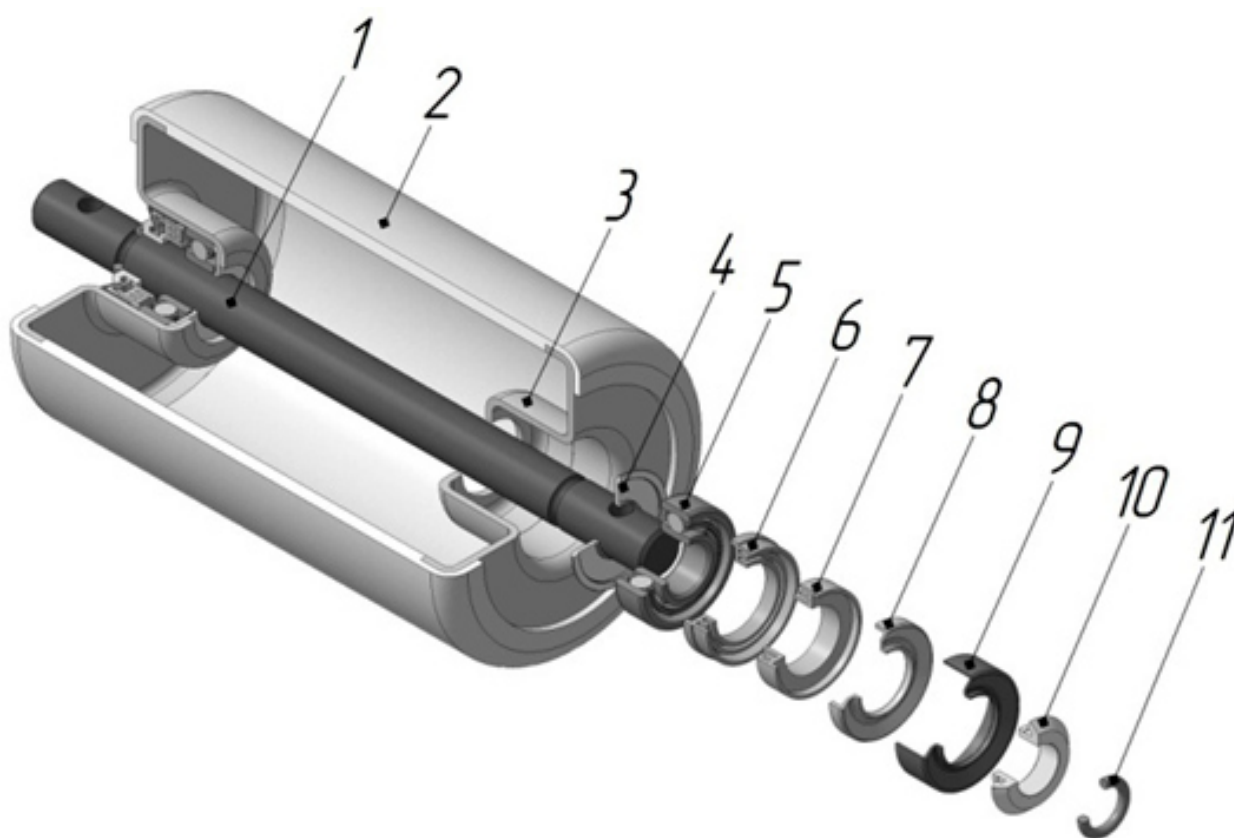


Рисунок 1.9 – Ролик ленточного конвейера, изготавливаемый на предприятии ОАО «Завод ПИРС»:

1 – главная ось; 2 – обечайка; 3 – вкладыш; 4 – внутренняя защитная шайба; 5 – подшипник; 6 – внутренний лабиринт; 7 – наружный лабиринт; 8 – защитный кожух; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – наружная защитная шайба; 11 – стопорное кольцо

Рассмотрен способ изготовления детали «вкладыш» конвейерного ролика диаметром 127 мм, предложенный предприятием (рис. 1.10).

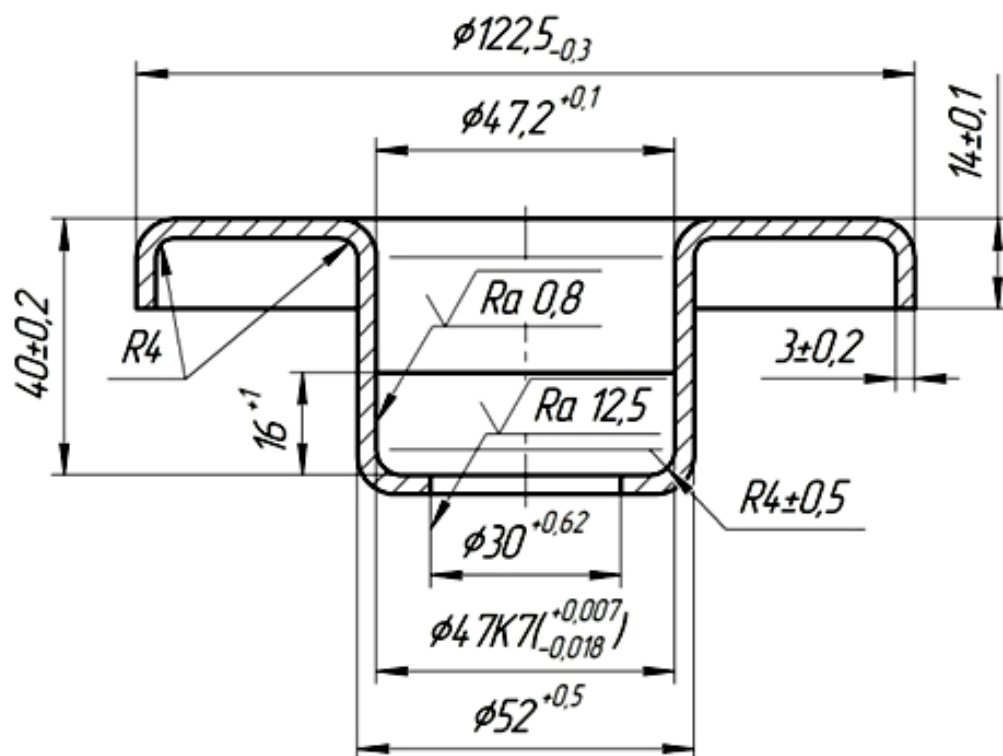


Рисунок 1.10 – Эскиз детали «вкладыш» ролика ленточного конвейера, изготавливаемого на предприятии ОАО «Завод ПИРС»

На заводе был принят технологический процесс изготовления детали «вкладыш», включающий в себя три последовательные вытяжки с прижимом для преобразования плоской заготовки в виде кружка в полый стакан с широким фланцем (рис. 1.11, а, б, в).

Преимуществом выбранного процесса является его простота. Процесс прямой вытяжки деталей с широким фланцем глубоко изучен и повсеместно применяется в машиностроении и приборостроении долгие годы. Однако достижение необходимого качества (точности размеров под посадку подшипника и шероховатости поверхности внутренней полости) изготавливаемой детали было невозможно, ограничиваясь только этими операциями. Заводу-изготовителю потребовалось внедрить операцию калибровки (обжатие втулки полиуретаном). Это усложнило технологический процесс в результате чего повысило себестоимость продукта, но при этом требуемое качество детали так и не было достигнуто.

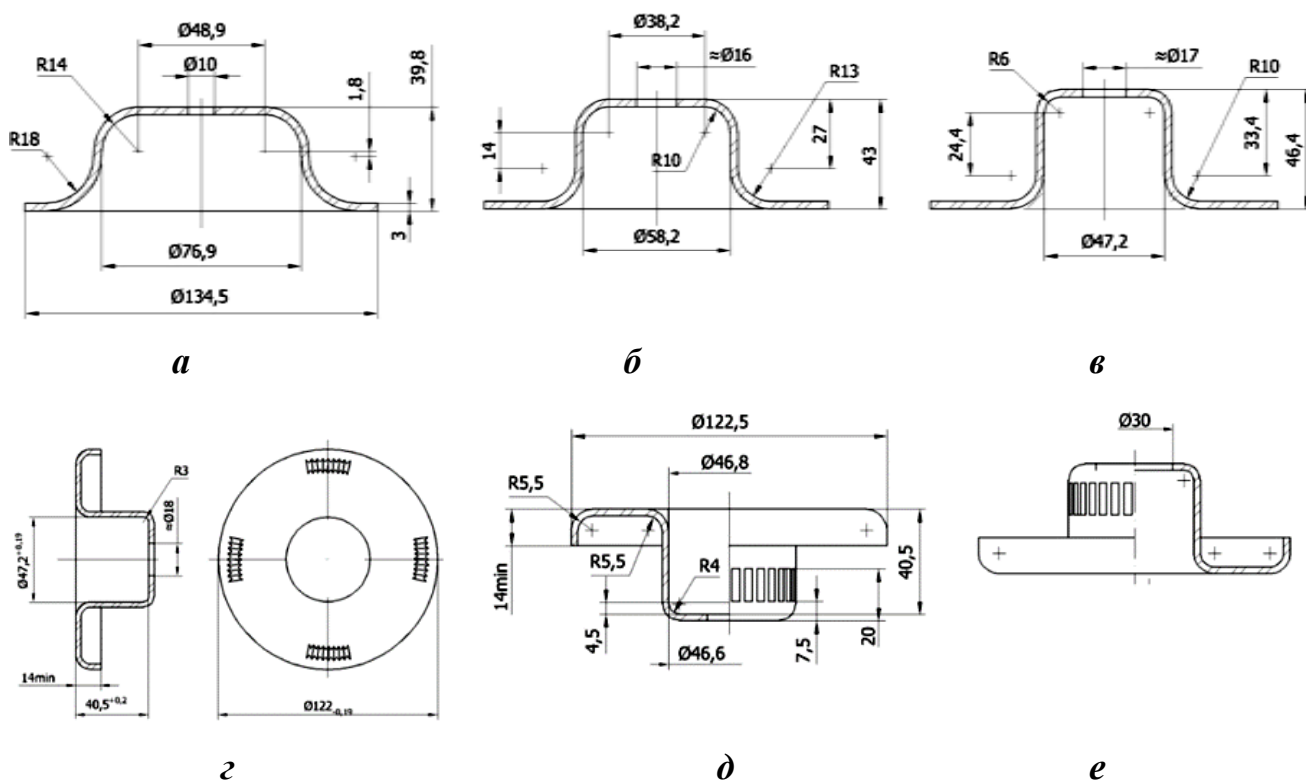


Рисунок 1.11 – Эскизы полуфабрикатов производства детали «вкладыш», действующего напредприятия ОАО «Завод ПИРС»:

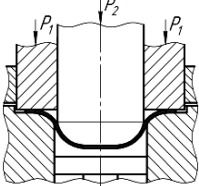
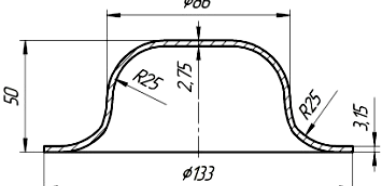
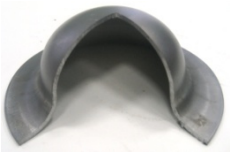
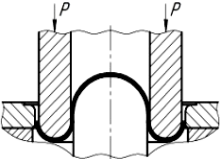
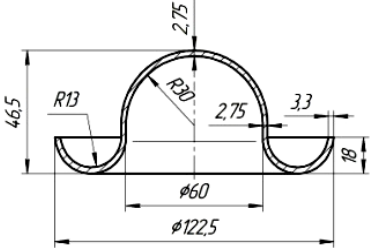

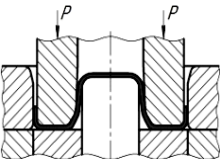
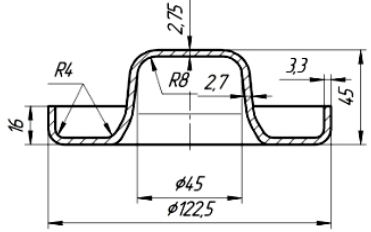
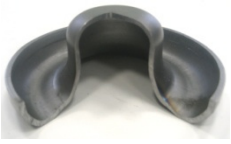
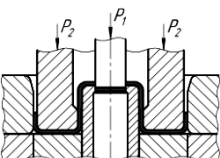
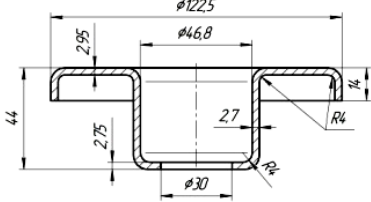

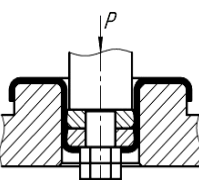
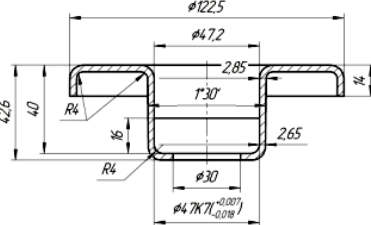

- а, б, в – 1-ая, 2-ая и 3-ья вытяжки детали с широким фланцем;  
 г – отбортовка; д – калибровка; е – пробивка отверстия

Следовательно, главный недостаток принятой технологии – не отвечающее требованиям чертежа качество внутренней поверхности втулочной части при большом числе формоизменяющих операций.

Совместно с ОАО «Завод ПИРС» кафедрой Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем» была разработана усовершенствованная технология изготовления детали «вкладыш» (таблица 1.4) за счет сокращения числа операций по формоизменению и повышения качества внутренней поверхности втулочной части.

Главная особенность разработанного процесса – применение реверсивной вытяжки полуфабриката купольной формы с фланцем на начальном этапе. В результате чего вторая вытяжка совмещается с предварительным оформлением бурта. К тому же на данной операции не происходит локальное утонение стенки, за счет использования сферического пуансона.

Таблица 1.4 – Технологический процесс изготовления детали «вкладыш», разработанный на кафедре Е4 совместно с ОАО «Завод ПИРС»[9]

№ п/п	Наименование операции	Технологическая схема процесса	Эскиз полуфабриката	Внешний вид полуфабриката
1	Вырубка-вытяжка			
2	Реверсивная вытяжка			
3	Вытяжка-обжим			
4	Калибровка-пробивка			
5	Вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру			

Третья операция предусматривает промежуточное оформление втулки вытяжкой без утонения. Ее особенность заключается в коническом переходе втулочной части во фланец за счет обжима.

Четвертая операция также является комбинированной. Втулке придается цилиндрическая форма совместно с пробивкой отверстия в донной части полуфабриката.

На заключительном этапе происходит оформление ступенчатого рельефа на внутренней поверхности втулки. Для этого применяют малоизученный метод вытяжки – вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру составным пуансоном с «плавающими» роликами. Вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру – процесс уменьшения толщины стенки в зазоре между матрицей и пуансоном путем приложения осевой растягивающей силы к внутренней поверхности полой заготовки с фланцем [9]. За счет применения этой технологии удалось получить требуемую чертежом точность внутреннего диаметра и уменьшить шероховатость поверхности.

В итоге разработанный кафедрой Е4 технологический процесс позволил сократить количество технологических операций, совмещая формоизменение с калибровкой. А применение малоизученного метода вытяжки пуансоном с «плавающими» роликами позволило повысить качество изготавливаемой детали. Но не смотря на все преимущества, предложенный процесс имеет свои недостатки. Существует риск появления трещин на поверхности детали (рис. 1.12, *а*), при наличии больших степеней деформации, или даже риск разрушения детали (рис. 1.12, *б*). Также возможно налипание частичек металла заготовки на пуансон (рис. 1.12, *в*), для чего необходимо применять фосфатирование заготовки перед вытяжкой, а инструмент изготавливать из твердых сплавов (например, ВК6, ВК8).

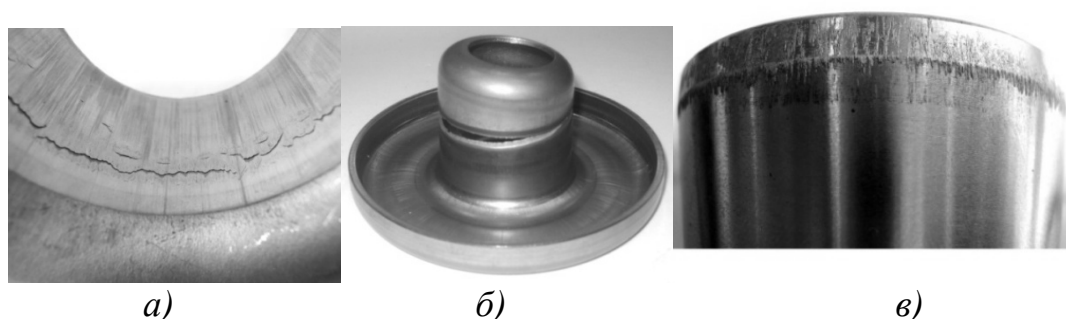


Рисунок 1.12 – Виды брака при вытяжке с утонением стенки:  
*а* – растрескивание металла на поверхности стенки; *б* – разрушение детали;  
*в* – налипание металла на пуансон

#### 1.4 Выводы и задачи исследования

По результатам анализа составлены следующие выводы.

1. Деталь «Вкладыш» изготавливают из стали СтЗсп. Это сталь с высокими показателями пластичности, низким содержанием примесей, не дефицитная, не дорогая.

2. Деталь является низко технологичной.

3. Анализ технологического процесса, принятого на предприятии ОАО «Завод ПИРС» показал, что основными недостатками действующей технологии являются:

- большое количество формоизменяющих операций;
- низкая точность посадочного диаметра под подшипник;
- высокое значение шероховатости поверхности внутренней полости.

Исходя из приведенных выводов, сформулированы следующие задачи исследования:

- изучить назначение детали и варианты ее изготовления;
- дать оценку технологичности конструкции изделия;
- разработать технологический процесс изготовления детали и произвести расчёт технологических параметров всех операций;
- выбрать необходимое для производства изделия оборудование и разработать маршрутную карту;
- спроектировать штамповую оснастку и произвести расчет на прочность рабочего инструмента.

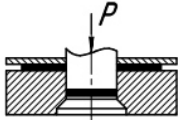
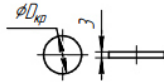
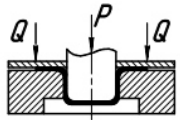
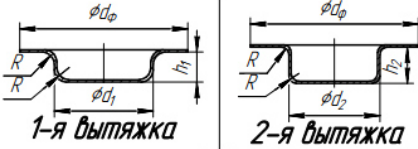
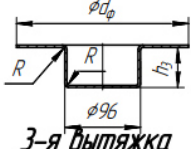
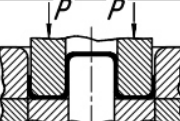
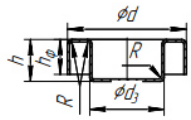
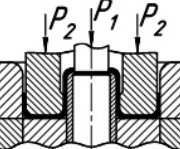
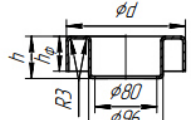
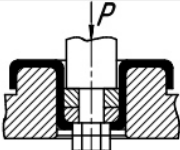
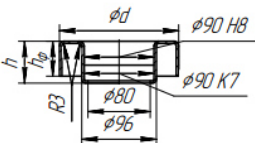
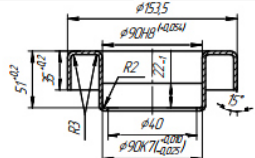


## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Выбор способа изготовления и анализ технологичности конструкции детали

Учитывая главные недостатки действующей на предприятии ОАО «Завод ПИРС» технологии, был разработан новый технологический процесс (таблица 2.1). Для уменьшения количества операций была внедрена комбинированная операция, которая заключается в калибровке радиусных сопряжений и придании втулке цилиндрической формы совместно с пробивкой отверстия в дне детали.

Таблица 2.1 – Предлагаемый технологический процесс

<i>Операция</i>	<i>Эскиз процесса</i>	<i>Эскиз полуфабриката</i>
<i>Вырубка</i>		
<i>Вытяжка</i>		
		
<i>Обратная вытяжка</i>		
<i>Калибровка-пробивка</i>		
<i>Вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру</i>		
<i>Обрезка и обточка бурта</i>	-	

Но главной отличительной особенностью предложенного технологического процесса является внедрение малоизученного процесса вытяжки с утонением стенки по внутреннему контуру (ВУСВК) составным пуансоном с двумя «плавающими» роликами. Внедрение этой операции позволяет обеспечить необходимый ступенчатый внутренней рельеф, снизив шероховатость внутренней поверхности, и повысить класс точности внутреннего диаметра изделия [9].

На заключительном этапе необходимо провести подрезку и обточку бурта на токарном станке.

Важным при проектировании изделий, получаемых методом листовой штамповки, является учет технологичности конструкции детали.

Технологичность конструкции изделия (ТКИ) – это сочетание его свойств, характеризующая пригодность изделия для производства и эксплуатации при минимальных затратах средств и времени с обеспечением необходимых эксплуатационных параметров (ГОСТ 14.205 – 83).

ТКИ принято разделять на производственную, ремонтную и эксплуатационную.

Производственная ТКИ заключается в сокращении материальных и временных затрат и ресурсов на конструкторскую подготовку производства; монтаж и сборку на последующих предприятиях, на процессы технической подготовки производства. Ремонтная ТКИ – отвечает за сокращение затрат на любой ремонт, помимо текущего. Эксплуатационная ТКИ – на текущий ремонт, логистику (хранение, транспортировка), диагностику и списание [10].

Технологичность изделий листовой штамповки – это совокупность главных конструктивных элементов изделия, которое позволяет обеспечить его высокоэкономичное и простое изготовление, при соблюдении предъявляемых к нему эксплуатационных и технических требований.

Показатели ТКИ для операции вырубki представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Показателей ТКИ для вырубки [10]

Номер группы показателей ТКИ	Наименование группы показателей ТКИ	Вид показателя ТКИ	Показатели ТКИ	Оценка ТКИ
1	Расход материала	Масса детали, кг	0,98	СТ
		Цена материала, руб./кг	менее 200 (50)	ВТ
		Коэффициент использования металла, %	74	СТ
2	Штампруемость материала	Сопротивление срезу, МПа	350	СТ
3	Сложность формы	Общая форма детали	Пространственная	НТ
		Общее количество конструктивных элементов	1	ВТ
		Габаритные размеры, мм	100...500	СТ
		Относительная толщина для вырубки	0,012	ВТ
		Относительная ширина выступов	-	ВТ
		Допускаемые размеры	менее Н14	СТ

Показатели ТКИ для вытяжки представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показателей ТКИ для вытяжки [10]

Номер группы показателей ТКИ	Наименование группы показателей ТКИ	Вид показателя ТКИ	Показатели ТКИ	Оценка ТКИ
1	Расход материала	Коэффициент использования металла, %	более 75	ВТ
2	Штампруемость материала	Временное сопротивление, МПа	более 350	НТ
		Предельная устойчивая деформация $\epsilon_{iy}$	0,20	СТ
3	Сложность формы	Общая форма детали	Одноступенчатые цилиндрические с фланцем, скриволинейной образующей, симметричные	СТ
		Общее количество конструктивных элементов	3	СТ
		Габаритные размеры, мм	153 x 54	СТ
		Относительная высота детали, %	35	ВТ
		Относительная толщина стенки детали, %	1,17	НТ

Продолжение таблицы 2.3

		Перепад толщины дна и стенки	более 0,95	ВТ
		Относительный радиус сопряжения стенки и дна	менее 2	НТ
		Относительный радиус сопряжения фланца и стенки	менее 10	НТ
		Относительный диаметр фланца	1,25...2,00	СТ

Показатели ТКИ для операции пробивки представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Показателей ТКИ для пробивки отверстия [10]

Номер группы показателей ТКИ	Наименование группы показателей ТКИ	Вид показателя ТКИ	Показатели ТКИ	Оценка ТКИ
1	Расход материала	Масса детали, кг	0,98	СТ
		Цена материала, руб./кг	менее 200 (50)	ВТ
		Коэффициент использования металла, %	90	ВТ
2	Штампуемость материала	Сопротивление срезу, МПа	350	СТ
3	Сложность формы	Общая форма детали	Пространственная	НТ

Продолжение таблицы 2.4

		Общее количество конструктивных элементов	1	ВТ
		Габаритные размеры, мм	80	ВТ
		Относительная толщина для пробивки	0,012	ВТ
		Относительная ширина выступов	–	ВТ
		Допускаемые размеры	менее Н14	СТ

## 2.2 Расчет размеров исходной заготовки и выбор исходного проката

Построена 3D модель детали «Вкладыш» в программе КОМПАС-3DV18. С помощью инструментов для определения объема найден объем детали (без пробивки отверстия), который составляет  $V = 140115 \text{ мм}^3$ .

Исходной заготовкой является кружок. Его размеры определяются по эмпирическим зависимостям с учетом припуска на обрезку, который необходим для удаления фестонов.

Диаметр исходной заготовки определен по формуле:

$$D_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{4 * \left(\frac{V}{S_0} * 1,1\right)}{\pi}}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем детали без пробивки отверстия;

$S_0$  – толщина заготовки,  $S_0 = 3 \text{ мм}$ .

Диаметр исходной заготовки составил:

$$D_{кр} = \sqrt{\frac{4 * \left(\frac{140115}{3} * 1,1\right)}{\pi}} = 256 \text{ мм.}$$

Раскрой – это целесообразное и технически оптимальное расположение деталей на исходной заготовке, обеспечивающее наименьший отход и наибольший выход деталей [10].

Принято выделять три вида раскроя:

- с отходом;
- малоотходный;
- безотходный.

Если существует возможность сопряжения контуров деталей простых форм, которые не требуют высокой точности размеров, применяют безотходный раскрой. Для деталей со сложными криволинейными контурами и (или) требующих повышенной точности размеров как правило применяют раскрой с отходами, который уходит на перемычки.

Так как исходная заготовка имеет форму круга со значительными размерами выбран однорядный раскрой с перемычками. Расход металла на перемычки должен быть оптимальный и их величина для заготовки диаметром 256 мм и толщиной 3 мм приведена в таблице 2.5. Размеры перемычек выбирают, исходя из рекомендаций, так чтобы обеспечить вырубку детали по всему контуру, без их втягивания или разрыва [10].

Таблица 2.5 – Размеры перемычек [10]

Толщина материала Ст3сп, мм	Ширина перемычек, мм	
	<i>a</i>	<i>a<sub>1</sub></i>
3	3,6	3,1

ПРИМЕЧАНИЕ: *a<sub>1</sub>* – ширина перемычки между контурами соседних деталей, *a* – ширина перемычек между краями детали и кромками листа, ленты (полосы), причем,  $a = (1,15 \dots 1,30) a_1$ .

В качестве возможного проката следует рассмотреть листы: горячекатаные – по ГОСТ 19903-2015 и холоднокатаные – по ГОСТ 19904-



90; а также ленты горячекатаные – по ГОСТ 6009-74, и холоднокатаные – по ГОСТ 503-81 толщиной  $S_0 = 3$  мм.

Так как для детали «Вкладыш» предъявляют высокие требования по качеству поверхности и точности размеров, целесообразно использовать холоднокатаный прокат. Холоднокатаный прокат в отличие от горячекатаного обладает меньшей разнотолщинностью и более высоким качеством поверхности. К тому же напряжение в холоднокатаных изделиях распределено равномерней, что снижает шансы разрушения заготовки при штамповке.

Рассмотрен вариант изготовления полуфабриката в виде кружка из холоднокатаного листа высокой точности по ГОСТ 19904-90 (рисунок 2.2). Проведя анализ размеров сортамента, выбран лист с оптимальными размерами 1600x4750 мм. Согласно ГОСТ 19904-90, предельное отклонение по толщине проката не должно превышать  $\pm 0,18$  мм, а по ширине (с обрезанными кромками) +3 мм. При выборе листа в качестве исходного проката целесообразно рассмотреть ручную подачу заготовок в штампе.

Лист необходимо разрезать на полосы (рисунок 2.2, а). При условии, что разделение листа на полосы происходит на дисковых ножницах, допуск на отрезку составляет  $\Delta n = 0,5$  мм [3].

Ширина полосы определена по формуле:

$$B = D_{кр} + 2 * a + \Delta n, \quad (2)$$

где  $D_{кр}$  – диаметр кружка;

$a$  – перемычка между заготовкой и краем полосы;

$\Delta n$  – допуск на полосу.

Ширина полосы составила:

$$B = 256 + 2 * 3,6 + 0,5 = 264 \text{ мм.}$$

Поскольку размер деталей велик, а подача заготовок в штамп осуществляется вручную, полосу необходимо разделить на штучные

заготовки(рисунок 2.2,б), из которых в последующем будут вырублены 2 кружка. Длина штучной заготовки рассчитана по формуле:

$$L = 2D_{кр} + 2 * a + a_1 + \Delta n. \quad (3)$$

Длина штучной заготовки под вырубку составила:

$$L = 2 * 256 + 2 * 3,6 + 3,1 + 0,5 = 524 \text{ мм.}$$

Эскиз рассчитанной штучной заготовки под вырубку кружков представлен на (рисунок 2.2 в).

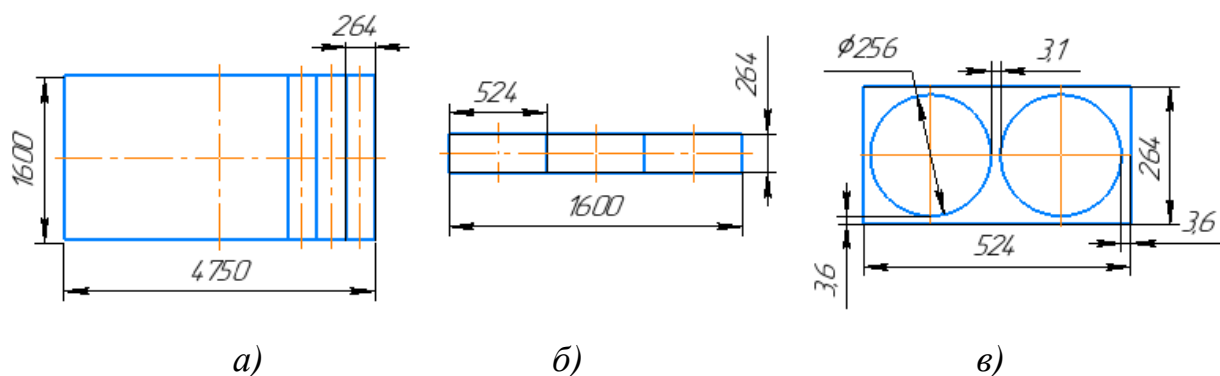


Рисунок 2.2 – Раскрой листа на штучные заготовки:  
*а* – отрезка полос от листа; *б* – резка полос на штучные заготовки;  
*в* – штучная заготовка для вырубки кружков

Коэффициент использования металла при резке листа на полосы определен по формуле:

$$\text{КИМ}_{р.п} = F_{п} * \frac{n_{п}}{F_{л}} * 100\%, \quad (4)$$

где  $F_{п}$  – площадь полосы с учетом допуска;

$n_{п}$  – количество полос в листе;

$F_{л}$  – площадь листа.

Коэффициент использования металла при резке листа на полосы составил:

$$\text{КИМ}_{\text{р.л}} = 1,253 * 10^6 * \frac{6}{7,6 * 10^6} * 100\% = 98,9\%.$$

Коэффициент использования металла при резке полосы на штучные заготовки определен по формуле:

$$\text{КИМ}_{\text{р.з}} = F_3 * \frac{n_{\text{п}}}{F_{\text{л}}} * 100\%, \quad (5)$$

где  $F_3$  – площадь заготовки под вырубку с учетом допуска;  
 $n_3$  – количество заготовок под вырубку в полосе.

Коэффициент использования металла при резке полосы на штучные заготовки под вырубку составляет:

$$\text{КИМ}_{\text{р.з}} = 13,799 * 10^4 * \frac{9}{1,253 * 10^6} * 100\% = 99,1\%.$$

Коэффициент использования металла при вырубке кружков определен по формуле:

$$\text{КИМ}_{\text{выр}} = \frac{F_{\text{кр}}}{F_3} * 100\%, \quad (6)$$

где  $F_{\text{кр}}$  – площадь кружка.

Площадь кружка определена по формуле:

$$F_{\text{кр}} = \pi * \frac{D_{\text{кр}}^2}{4}. \quad (7)$$

Площадь кружка составляет  $F_{\text{кр}} = 51470 \text{ мм}^2$ . Следовательно, коэффициент использования металла при вырубке кружков:

$$\text{КИМ}_{\text{выр}} = \frac{51470 * 2}{137990} * 100\% = 74,6\%.$$

Коэффициент использования металла при пробивке отверстия:

$$\text{КИМ}_{\text{проб}} = \frac{F_{\text{д1}}}{F_{\text{д2}}} * 100\%, \quad (8)$$

где  $F_{\text{д1}}$  – площадь детали с отверстием,  $\text{мм}^2$ ;

$F_{\text{д2}}$  – площадь деталей без отверстия,  $\text{мм}^2$ .

$$\text{КИМ}_{\text{проб}} = \frac{46446}{51470} * 100\% = 90,2\%.$$

Определен общий КИМ при изготовлении детали из листа через массу детали и массу исходного материала. Масса одной детали  $m_{\text{д}} = 0,98$  кг, масса всей исходной заготовки в виде листа  $m_{\text{з}} = 179,12$  кг. Количество деталей из листа  $n_{\text{д}} = 108$  шт. Общий КИМ определен по формуле:

$$\text{КИМ}_{\text{общ,лс}} = \frac{m_{\text{д}} * n_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} * 100\%. \quad (9)$$

Общий КИМ при изготовлении деталей из листа составил:

$$\text{КИМ}_{\text{общ,лс}} = \frac{0,98 * 108}{179,12} * 100\% = 59,1\%.$$

Рассмотрен вариант изготовления полуфабриката в виде кружка из холоднокатаной ленты нормальной точности по ГОСТ 503-81. Проведя анализ размеров сортамента, выбрана лента шириной 270 мм. Согласно ГОСТ 503-81, предельное отклонение по толщине для ленты не должны превышать  $-0,18$  мм, а по ширине при обрезанных кромках  $-0,8$  мм. При

выборе ленты в качестве исходного проката целесообразно рассматривать автоматическую подачу заготовок в штамп. Однооперационный штамп предполагает вырубку по контуру детали (рисунок 2.3).

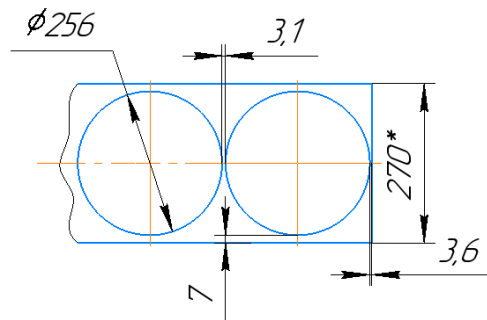


Рисунок 2.3 – Операционный эскиз вырубki кружка из ленты

Определен общий КИМ при изготовлении детали из ленты через массу деталей и массу отрезка ленты для изготовления  $n$ -го числа заготовок. Масса одной детали  $m_d = 0,98$  кг, количество деталей  $n = 10$  шт. Масса участка ленты для изготовления  $n$ -го числа заготовок определена по формуле:

$$m_l = B_l * L * \rho * S_0, \quad (10)$$

где  $L = h * n$  – длина участка ленты для изготовления  $n$  деталей;

$B_l$  – ширина ленты;

$\rho$  – плотность материала. Для стали СтЗсп  $\rho = 7,856 * 10^{-6}$  кг/мм<sup>3</sup>.

Масса участка ленты для изготовления  $n$ -го числа заготовок составила:

$$m_l = 270 * 2594,6 * 7,856 * 10^{-6} * 3 = 16,6 \text{ кг.}$$

Общий КИМ при изготовлении кружков из ленты определен по формуле:

$$\text{КИМ}_{\text{общ.лн}} = \frac{m_d * n}{m_l} * 100\%. \quad (11)$$

Общий КИМ при изготовлении деталей из ленты составил:

$$\text{КИМ}_{\text{общ.лн}} = \frac{0,98 * 10}{16,4} * 100\% = 58,7 \%$$

Выбран вариант изготовления из листа, так как при изготовлении полуфабриката из листового проката общий КИМ выше, к тому же ленту необходимо выпрямлять при подаче в штамп, для чего необходимо правильное устройство.

В итоге в качестве исходной заготовки выбран холоднокатаный тонколистовой прокат, высокой точности прокатки (А), высокой плоскостности ПВ, с обрезной кромкой (О), размером 3x1600x4750 мм по ГОСТ 19903-74. класса прочности 315 из стали марки СтЗсп:

Лист  $\frac{\text{А – ПВ – О – 3x1600x4750 ГОСТ 19904-90}}{315 – СтЗсп ГОСТ 380-2015}$  .

### 2.3 Расчет технологических параметров процесса вырубки

Однооперационный штамп предполагает вырубку по контуру детали.

Сила деформирования при вырубке/пробивке определена по формуле:

$$P_{\text{выр/проб}} = \omega * L * S_0 * \sigma_{\text{ср}}, \quad (12)$$

где L – периметр пробиваемого отверстия/вырубаемой детали;

$\omega$  – коэффициент притупления кромок матрицы и пуансона, принят равным 1,3.

Сила деформирования при вырубке кружка составила:

$$P_{\text{выр}} = 1,3 * 804,24 * 3 * 350 = 1,098 \text{ МН.}$$

Силу съема отхода (детали) с пуансона и проталкивания детали (отхода) через отверстие матрицы обычно определяют в долях от силы разделения [4].

Усилие снятия для вырубки определено по формуле:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} * P_{\text{выр/проб}}, \quad (13)$$

где  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент снятия, для стали, принят  $k_{\text{сн}} = 0,07$ .

Тогда усилие снятия вырубки составляет:

$$P_{\text{сн}} = 0,07 * 1,098 * 10^6 = 76,85 \text{ кН.}$$

Определение требуемых усилий проталкивания детали (отхода) сквозь матрицу произведено по формуле:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} * P_{\text{выр/проб}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент проталкивания, для стали, принят  $k_{\text{сн}} = 0,09$  [10], тогда:

$$P_{\text{пр}} = 0,09 * 1,098 * 10^6 = 98,80 \text{ кН.}$$

Общее усилие для выбора оборудования определено по формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{выр/проб}} + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}}. \quad (15)$$

Общее усилие для выбора оборудования при вырубке составило:

$$P_{\text{общ}} = 1,098 * 10^6 + 98,80 * 10^3 + 76,85 * 10^3 = 1,273 \text{ МН.}$$



Расчет исполнительных размеров инструмента вырубке/пробивки.  
 Схема назначения размеров инструмента приведена на рисунке 2.4.

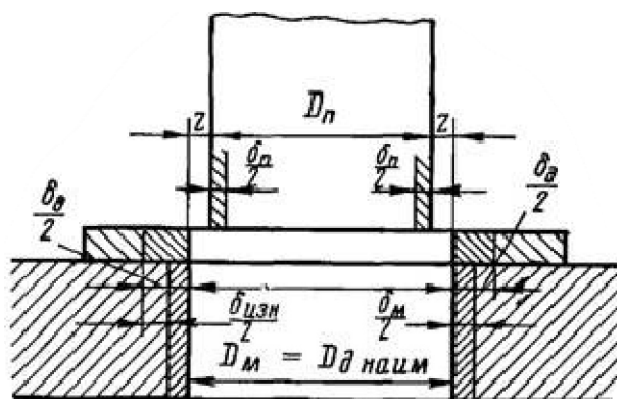


Рисунок 2.4 – Схема к расчету размеров матрицы и пуансона при вырубке/пробивке

Выбор зазора зависит от конкретного материала и его толщины. Для стали СтЗсп толщиной 3 мм наименьший двухсторонний зазор  $z_{\min}$  составляет 0,210 мм, а допускаемое отклонения в сторону увеличения зазора  $\Delta z$  составляет +0,050 [7].

Размеры пуансона и матрицы при отдельном изготовлении определены по формулам:

$$D_M = (D_H - \Pi_{и}) + \delta_M; \quad (16)$$

$$D_{\Pi} = (D_H - \Pi_{и} - z_{\min}) - \delta_{\Pi}, \quad (17)$$

где  $D_M, D_{\Pi}$  – диаметры матрицы и пуансона при вырубке/пробивке;  
 $D_H$  – номинальный диаметр изделия;  
 $z_{\min}$  – минимальный зазор между матрицей и пуансоном;  
 $\Pi_{и}$  – припуск на износ пуансона и матрицы;  
 $\delta_M, \delta_{\Pi}$  – предельные отклонения исполнительного размера пуансона и матрицы.

Допуски на изготовление пуансона и матрицы при вырубке кружка составляют:  $\delta_{M_{в}} = +0,063(H8)$ ;  $\delta_{\Pi_{в}} = -0,040 (h7)$ . Припуск на износ в соответствии с  $\varnothing 256$  мм (h12) –  $\Pi_{ив} = 0,40$ [11].

Допуски на изготовление пуансона и матрицы при пробивке отверстия в заготовке составляют:  $\delta_{МП} = +0,054(H8)$ ;  $\delta_{Пп} = -0,035 (h7)$ . Припуск на износ в соответствии с  $\varnothing 80$  мм (h12) –  $\Pi_{ип} = 0,25$  [11].

При отдельном изготовлении матрицы и пуансона необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\delta_M + \delta_{\Pi} \leq \Delta z. \quad (18)$$

Численное значение условия для вырубki кружка составило:  $0,013 \leq 0,050$ .

Размеры пуансона и матрицы для вырубki заготовки составляют:

$$D_{МВ} = (256 - 0,40)^{+0,063} = 255,6^{+0,063} \text{ мм};$$
$$D_{Пв} = (256 - 0,40 - 0,210)_{-0,040} = 255,39_{-0,040}$$

#### **2.4 Расчет технологических параметров процесса вытяжки заготовки с широким фланцем**

Общий коэффициент вытяжки определен по формуле:

$$m = \frac{d}{D_{\text{заг}}}, \quad (19)$$

где  $d = 96$  мм – диаметр вытягиваемого «стакана».

Общий коэффициент вытяжки составляет:

$$m = \frac{96}{256} = 0,375.$$

При вытяжке деталей с широким фланцем обычный коэффициент вытяжки  $m_1$  не дает представление об общей степени деформации. Рекомендовано использовать условный коэффициент первой вытяжки [7]:

$$m_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 4h/d}} \quad (20)$$

где  $h$  – высота вытягиваемого «стаканчика»  $h = 51$  мм.

Условный коэффициент первой вытяжки для вытяжки с широким фланцем составляет:

$$m_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 4 * 51/96}} = 0,577.$$

Коэффициент вытяжки для второго перехода, согласно рекомендациям [7], составил  $m_2 = 0,76$ . И тогда коэффициент вытяжки для 3-го перехода составляет:

$$m_3 = \frac{m}{m_1 * m_2} = \frac{0,375}{0,76 * 0,577} = 0,855.$$

Тогда диаметры по переходам равны:

$$d_1 = m_1 * D_{\text{заг}} = 0,577 * 256 = 147,7 \text{ мм};$$

$$d_2 = m_2 * d_1 = 0,76 * 147,7 = 112,3 \text{ мм}.$$

Радиусы закруглений пуансонов принимают равными радиусам закруглений матриц для первых 2-ух переходов. Рекомендованные радиусы закруглений для данных условий вытяжки:  $r_1 = 18$  мм,  $r_2 = 9$  мм [4].

Высота «стакана» по переходам определена по формуле:

$$h_n = 0,25 \left( \frac{D_{\text{заг}}}{m_n} - \frac{d_{\phi}^2}{d_n} + 3,44r_n \right), \quad (21)$$

где  $d_{\phi}^2$  – диаметр фланца, вычисленный из графических расчетов по закону сохранения объемов;

$$d_{\phi}^2 = 218 \text{ мм};$$

индекс  $n$  – номер перехода.

Высоты «стакана» по переходам составили:

$$h_1 = 0,25 \left( \frac{256}{0,577} - \frac{218^2}{147,7} + 3,44 * 18 \right) = 47,2 \text{ мм};$$

$$h_2 = 0,25 \left( \frac{256}{0,76} - \frac{218^2}{112,3} + 3,44 * 9 \right) = 49,5 \text{ мм};$$

На последнем этапе вытяжки необходимо получить разные радиусы закруглений у фланца  $r_{3\phi} = 6$  мм и донной части  $r_{3\delta} = 5$  мм, поэтому используют формулу:

$$h_n = \frac{D_{\text{заг}}^2 - d_{\phi}^2}{4d_n} - (r_{n\phi} + r_{n\delta}) * \left[ 0,14 \left( \frac{r_{n\phi} + r_{n\delta}}{d_n} \right) - 0,43 \right]. \quad (22)$$

Тогда высота «стакана» для третьей вытяжки составила:

$$h_3 = \frac{256^2 - 218^2}{4 * 96} - (6 + 5) * \left[ 0,14 \left( \frac{6 + 5}{96} \right) - 0,43 \right] = 50 \text{ мм}.$$

Эскиз рассчитанной заготовки с широким фланцем представлен на рисунке 4.

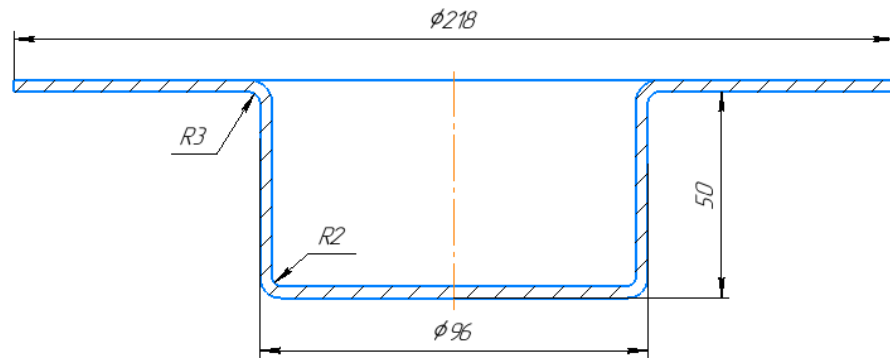


Рисунок 2.5 – Эскиз заготовки с широким фланцем

Необходимость прижима по переходам вытяжки оценивают условием [10]:

$$\frac{S_0}{D_{\text{заг}}} \leq \frac{1 - 1.09m_n}{1.07 * \left( 5.5 + r_{\phi n} / S_0 \right)}, \quad (23)$$

где  $S_0$  – толщина листовой заготовки.

Сила прижима определена по формуле:

$$Q_n = q * F_{\text{пр}n}, \quad (24)$$

где  $q$  – давление прижима, МПа;

$F_{\text{пр}n}$  – площадь части заготовки, находящейся под прижимом при  $n$ -ой вытяжке, мм<sup>2</sup>.

Для аустенитных сталей  $q = 2,0 \dots 2,5$ , МПа [3].

Площадь части заготовки, находящейся под прижимом определена по формуле:

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi}{4} \left[ \left( D_{\text{заг}}^2 - (d_n + 2r_{\phi n})^2 \right) \right]. \quad (25)$$

Толщина стенки кромки определена по формуле:

$$S_{крп} = S_0 * \sqrt{\frac{1}{m_n}} \quad (26)$$

Условие прочности в опасном сечении оценивают соотношением:

$$[\sigma]_n > \sigma_{pn}, \quad (27)$$

где  $[\sigma]_n$  – допустимое напряжение на  $n$ -ой вытяжке, МПа;  
 $\sigma_{pn}$  – меридианальное напряжение при  $n$ -ой вытяжке.

$$[\sigma]_n = \frac{r_{дп}}{r_{дп} + 0,5 * S_0} * \left( \sigma_{iy} + \frac{\sigma_{ip} - \sigma_{iy}}{\varepsilon_{ip} - \varepsilon_{iy}} * (0,5 * \varepsilon_{ip} - \varepsilon_{iy}) \right), \quad (28)$$

где  $r_{пп}$  – радиус закругления кромки пуансона;  
 $\sigma_{iy}, \sigma_{ip}$  – истинный предел прочности и предел сопротивления материала разрушению при испытании образцов на растяжение;  
 $\varepsilon_{iy}, \varepsilon_{ip}$  – устойчивая и предельная логарифмическая деформация при испытании образца на растяжение.

Меридиональное напряжение для опасного сечения на  $n$ -ой операции вытяжки рассчитано по формуле:

$$\sigma_{pn} = 1,1 * \sigma_{in} * \left( \ln \frac{1}{m_n} + \frac{2 * q * f_M}{1,1 * \sigma_{in}} + \frac{S_0}{4 * (r_{фп} + 0,5 * S_0)} \right) * e^{f_M * \varphi}, \quad (29)$$

где  $\sigma_{in}$  – интенсивность напряжений на  $n$ -ой вытяжке;

$$\sigma_{in} = \sigma_B * \left( \frac{1 - m_n}{\psi_y} \right)^{\psi_y / (1 - \psi_y)};$$

$r_{фп}$  – радиус закругления кромки матрицы;

$\psi_y$  – относительное равномерное сужение при испытании образцов на растяжение;

$f_M$  – коэффициент трения по матрице, принято  $f_M = 0,08$  для минерального масла с графитовым наполнителем;

$\varphi$  – угол охвата кромки матрицы заготовкой в зоне ОПД, принято  $\varphi = \frac{\pi}{2} = 1,57$ .

Сила деформирования при  $n$ -ой вытяжке определена по формуле:

$$P_n = \sigma_{\rho n} * F_n, \quad (30)$$

где  $\sigma_{\rho n}$  – меридиональное напряжение при  $n$ -ой вытяжке, МПа;

$F_n$  – площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном.

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном:

$$F_n = \frac{\pi}{4} * (d_n^2 - (d_n - 2 * S_0)^2) \quad (31)$$

Первая вытяжка.

Численное значения условия для первой вытяжки составило:

$$\frac{3}{112,3} \leq \frac{1 - 1,09 * 0,577}{1,07 * \left(5,5 + \frac{18}{3}\right)};$$

$0,012 \leq 0,03$  – условие выполняется, следовательно, необходимо использовать прижим.

Площадь части заготовки, находящейся под прижимом для первой вытяжки составила:

$$F_{\text{пр1}} = \frac{\pi * (256^2 - (147,7 + 2 * 18)^2)}{4} = 24960 \text{ мм}^2.$$

Тогда сила прижима для первой вытяжки составила:

$$Q_1 = 2,2 * 24960 = 54,92 \text{ кН.}$$

Допустимое напряжение при 1-ой вытяжке составило:

$$[\sigma]_1 = \frac{18}{18 + 0,5 * 3} * \left( 0,2 + \frac{1050 - 490}{1,14 - 0,2} * (0,5 * 1,14 - 0,2) \right) = 655,8 \text{ МПа.}$$

Интенсивность напряжений при первой вытяжке составила:

$$\sigma_{i1} = 400 * \left( \frac{1 - 0,577}{0,18} \right)^{0,18 / (1 - 0,18)} = 482,5 \text{ МПа.}$$

Меридиональное напряжение при 1-ой вытяжке составило:

$$\sigma_{\rho 1} = 1,1 * 482,5 * \left( \ln \frac{1}{0,577} + \frac{2 * 2,2 * 0,08}{1,1 * 482,5} + \frac{3}{4 * (18 + 0,5 * 3)} \right) * e^{f_m * \varphi} = 354,5 \text{ МПа.}$$

По условию прочности (24) для первой вытяжки:  $655,8 \text{ МПа} > 354,5 \text{ МПа}$ , следовательно разрушение заготовки не произойдет.

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном:



$$F_1 = \frac{\pi}{4} * (147,7^2 - (147,7 - 2 * 3)^2) = 1364 \text{ мм}^2.$$

Сила деформирования при 1-ой вытяжке:

$$P_1 = 354,5 * 1364 = 483,5 \text{ кН} \quad P_1 = 354,5 * 1364 = 483,5 \text{ кН.}$$

Вторая вытяжка.

Численное значение условия для второй вытяжки составило:

$$\frac{3}{147,7} \leq \frac{1 - 1,09 * 0,76}{1,07 * \left(5,5 + \frac{9}{3}\right)};$$

$0,02 \leq 0,019$  – условие не выполняется, следовательно, нет необходимости в прижиме.

Допустимое напряжение на 2-ой вытяжке составило:

$$[\sigma]_2 = \frac{9}{9 + 0,5 * 3} * \left(0,2 + \frac{1050 - 490}{1,14 - 0,2} * (0,5 * 1,14 - 0,2)\right) = 608,9 \text{ МПа.}$$

Интенсивность напряжений при второй вытяжке составила:

$$\sigma_{i2} = 400 * \left(\frac{1 - 0,76}{0,18}\right)^{0,18/(1-0,18)} = 426,1 \text{ МПа.}$$

Меридиональное напряжение при 2-ой вытяжке составило:

$$\sigma_{\rho 2} = 1,1 * 426,1 * \left(\ln \frac{1}{0,76} + \frac{2 * 2,2 * 0,08}{1,1 * 426,1} + \frac{3}{4 * (9 + 0,5 * 3)}\right) * e^{f_M * \varphi} =$$

$$= 330,6 \text{ МПа.}$$

По условию прочности (24) для второй вытяжки:  $608,9 \text{ МПа} > 330,6 \text{ МПа}$ , следовательно разрушение заготовки не произойдет.

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном составила:

$$F_2 = \frac{\pi}{4} * (112,3^2 - (112,3 - 2 * 3)^2) = 1030 \text{ мм}^2.$$

Сила деформирования при 2-ой вытяжке:

$$P_2 = 330,6 * 1030 = 340,4 \text{ кН.}$$

Третья вытяжка.

Численное значение условия для третьей вытяжки составило:

$$\frac{3}{256} \leq \frac{1 - 1,09 * 0,855}{1,07 * \left(5,5 + \frac{6}{3}\right)};$$

$0,012 \leq 0,010$  – условие не выполняется, следовательно, нет необходимости использовать прижим.

Допустимое напряжение при 3-ей вытяжке составило:

$$[\sigma]_3 = \frac{25}{5 + 0,5 * 3} * \left(0,2 + \frac{1050 - 490}{1,14 - 0,2} * (0,5 * 1,14 - 0,2)\right) = 406 \text{ МПа.}$$

Интенсивность напряжений при третьей вытяжке составила:

$$\sigma_{i3} = 400 * \left( \frac{1 - 0,855}{0,18} \right)^{0,18 / (1 - 0,18)} = 381,3 \text{ МПа.}$$

Меридиональное напряжение при 3-ей вытяжке:

$$\sigma_{\rho 3} = 1,1 * 381,3 * \left( \ln \frac{1}{0,855} + \frac{2 * 2,2 * 0,08}{1,1 * 381,3} + \frac{6}{4 * (6 + 0,5 * 3)} \right) * e^{f_m * \varphi} =$$

$$= 154,1 \text{ МПа.}$$

По условию прочности (22) для третьей вытяжки:  $406 \text{ МПа} > 154,1 \text{ МПа}$ , следовательно разрушение заготовки не произойдет.

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном составила:

$$F_3 = \frac{\pi}{4} * (112,3^2 - (112,3 - 2 * 3)^2) = 876,5 \text{ мм}^2.$$

Сила деформирования при 3-ей вытяжке составила:

$$P_3 = 154,1 * 876,5 = 135,1 \text{ кН.}$$

Расчет исполнительных размеров инструмента вытяжки.

Односторонние зазоры при вытяжке цилиндрических заготовок с широким фланцем определены отношениями:  $z_1 = (1,2 \div 1,4)S_0 = 3,9 \text{ мм}$  для первой вытяжки;  $z_2 = (1,1 \div 1,2)S_0 = 3,6 \text{ мм}$  для второй вытяжки;  $z_3 = (1,1 \div 1,2)S_0 = 3,3 \text{ мм}$  для третьей вытяжки.

Диаметры матрицы на вытяжке приняты равным внешнему диаметру вытягиваемого изделия на каждом из переходов.

Диаметр пуансона для n-ой вытяжки определен по формуле:

$$d_{pn} = d_{mn} - 2 * z_n, \quad (32)$$

где  $d_{mn}$  – диаметр матрицы на n-ом переходе.

Диаметр матрицы для первой вытяжки заготовки с широким фланцем составляет:

$$d_{m1} = 147,7 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона для первой вытяжки заготовки детали с широким фланцем составляет:

$$d_{п1} = 147,7 - 2 * 3,9 = 139,9 \text{ мм.}$$

Диаметр матрицы второй вытяжки заготовки с широким фланцем составляет:

$$d_{m2} = 112,3 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона для второй вытяжки заготовки с широким фланцем составляет:

$$d_{п2} = 112,3 - 2 * 3,6 = 105,1 \text{ мм.}$$

Диаметр матрицы 3-ей вытяжки заготовки с широким фланцем составляет:

$$d_{m3} = 96 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона для 3-ей вытяжки заготовки с широким фланцем составляет:

$$d_{\text{пз}} = 96 - 2 * 3,3 = 89,4 \text{ мм.}$$

## 2.5 Расчет технологических параметров процесса обратной вытяжки

Общий коэффициент обратной вытяжки определен по формуле:

$$m_{\phi} = \frac{d}{d_{\phi}}, \quad (33)$$

где  $d$  – диаметр вытяжки,  $d = 153,5$  мм.

Общий коэффициент обратной вытяжки составил:

$$m_{\phi} = \frac{153,5}{218} = 0,707.$$

Необходимость прижима оценивают условием [10]:

$$\frac{S_0}{d_{\phi}} \leq \frac{1 - 1,09m_{\phi}}{1,07 * \left(5,5 + r_{\phi}/S_0\right)}, \quad (34)$$

где  $S_0$  – толщина листовой заготовки,  $r_{\phi}$  – радиус закругления пуансона.

Численное значение условия для вытяжки составляет:

$$\frac{3}{218} \leq \frac{1 - 1,09 * 0,707}{1,07 * \left(5,5 + 3/S_0\right)};$$

$0,014 \leq 0,033$  – условие выполняется, следовательно, необходимо использовать прижим.

Сила прижима определена по формуле:

$$Q_{\phi} = q * F_{\text{пр}\phi}, \quad (35)$$

где  $q$  – давление прижима, МПа;

$F_{\text{пр}\phi}$  – площадь части заготовки, находящейся под прижимом,  $\text{мм}^2$ .

Для аустенитных сталей  $q = 2,0 \dots 2,5$ , МПа.

Площадь части заготовки, находящейся под прижимом определена по формуле:

$$F_{\text{пр}\phi} = \frac{\pi}{4} [(d_{\phi}^2 - (d + 2r_{\phi})^2)]. \quad (36)$$

Площадь части заготовки под прижимом составила:

$$F_{\text{пр}\phi} = \frac{\pi}{4} [(218^2 - (153,5 + 2 * 6)^2)] = 16890 \text{ мм}^2.$$

Сила прижима составила:

$$Q_{\phi} = 2,2 * 16890 = 37,160 \text{ кН}.$$

Толщина стенки кромки определена по формуле:

$$S_{\text{кр}\phi} = S_0 * \sqrt{\frac{1}{m_{\phi}}}. \quad (37)$$

Толщина стенки кромки составила:

$$S_{\text{кр}\phi} = 3 * \sqrt{\frac{1}{0,707}} = 3,5 \text{ мм.}$$

Условие прочности в опасном сечении оценивают соотношением:

$$[\sigma]_{\phi} > \sigma_{\rho\phi}, \quad (38)$$

где  $[\sigma]_{\phi}$  – допустимое напряжение при вытяжке, МПа;

$\sigma_{\rho\phi}$  – меридианальное напряжение при вытяжке.

$$[\sigma]_{\phi} = \frac{r_{\text{дн}}}{r_{\text{д}\phi} + 0,5 * S_0} * \left( \sigma_{iy} + \frac{\sigma_{ip} - \sigma_{iy}}{\varepsilon_{ip} - \varepsilon_{iy}} * (0,5 * \varepsilon_{ip} - \varepsilon_{iy}) \right), \quad (39)$$

где  $r_{\text{д}\phi}$  – радиус закругления кромки пуансона;

$\sigma_{iy}, \sigma_{ip}$  – истинный предел прочности и предел сопротивления материала разрушению при испытании образцов на растяжение;

$\varepsilon_{iy}, \varepsilon_{ip}$  – устойчивая и предельная логарифмическая деформация при испытании образца на растяжение.

Меридианальное напряжение для опасного сечения при обратной вытяжке рассчитано по формуле:

$$\sigma_{\rho\phi} = 1,1 * \sigma_{i\phi} * \left( \ln \frac{1}{m_{\phi}} + \frac{2 * q * f_m}{1,1 * \sigma_{i\phi}} + \frac{S_0}{4 * (r_{\phi} + 0,5 * S_0)} \right) * e^{f_m * \varphi}, \quad (40)$$

где  $\sigma_{i\phi}$  – интенсивность напряжений при вытяжке,

$$\sigma_{i\phi} = \sigma_B * \left( \frac{1 - m_n}{\psi_y} \right)^{\psi_y / (1 - \psi_y)};$$

$r_{\phi}$  – радиус закругления кромки матрицы;

$\psi_y$  – относительное равномерное сужение при испытании образцов на растяжение;

$f_m$  – коэффициент трения по матрице, принято  $f_m = 0,08$  для минерального масла;  $\varphi$  – угол охвата кромки матрицы заготовкой в зоне ОПД, принято  $\varphi = \frac{\pi}{2} = 1,57$ .

Допустимое напряжение при обратной вытяжке:

$$[\sigma]_{\phi} = \frac{3}{6 + 0,5 * 3} * \left( 0,2 + \frac{1050 - 490}{1,14 - 0,2} * (0,5 * 1,14 - 0,2) \right) = 473,6 \text{ МПа.}$$

Интенсивность напряжений при вытяжке составила:

$$\sigma_{i\phi} = 400 * \left( \frac{1 - 0,707}{0,18} \right)^{0,18/(1-0,18)} = 445,5 \text{ МПа.}$$

Меридиональное напряжение при вытяжке составило:

$$\sigma_{\rho\phi} = 1,1 * 445,5 * \left( \ln \frac{1}{0,707} + \frac{2 * 2,2 * 0,08}{1,1 * 445,5} + \frac{3}{4 * (6 + 0,5 * 3)} \right) * e^{f_m * \varphi} = 248,1 \text{ МПа.}$$

По условию прочности (38) для вытяжки:  $473,6 \text{ МПа} > 248,1 \text{ МПа}$ , следовательно разрушение заготовки не произойдет.

Сила деформирования при обратной вытяжке определена по формуле:

$$P_{\phi} = \sigma_{\rho\phi} * F_{\phi}, \quad (41)$$

где  $\sigma_{\rho\phi}$  – меридиональное напряжение при вытяжке, МПа;



$F_{\phi}$  – площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном.

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном определена по формуле:

$$F_{\phi} = \frac{\pi}{4} * (d^2 - (d - 2 * S_0)^2), \quad (42)$$

Площадь поперечного сечения заготовки в месте сопряжения стенки с дном составила:

$$F_{\phi} = \frac{\pi}{4} * (153^2 - (153 - 2 * 3)^2) = 1414 \text{ мм}^2.$$

Сила деформирования при обратной вытяжке составила:

$$P_{\phi} = 248,1 * 1414 = 350,7 \text{ кН}.$$

Эскиз заготовки после вытяжки фланца представлен на рисунке 2.6.

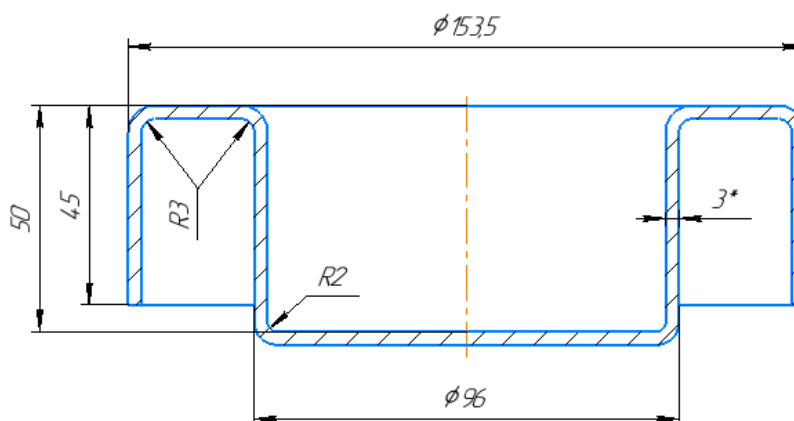


Рисунок 2.6 – Эскиз заготовки после обратной вытяжки фланца

Расчет исполнительных размеров инструмента обратной вытяжки.

Односторонний зазор при обратной вытяжке:

$$z_{\phi} = (1,1 \div 1,2)S_0 = 3,6 \text{ мм.}$$

Диаметр матрицы для обратной вытяжки составляет:

$$d_{\text{мф}} = 153,5 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона для обратной определен по формуле:

$$d_{\text{пф}} = d_{\text{мф}} - 2 * z_{\phi}. \quad (43)$$

Диаметр пуансона для обратной вытяжки составляет:

$$d_{\text{пф}} = 153,5 - 2 * 3,6 = 146,3 \text{ мм.}$$

## **2.6 Расчет технологических параметров процесса калибровки-пробивки**

Сила деформирования при пробивке отверстия по формуле (12) составила:

$$P_{\text{проб}} = 1,3 * 251,2 * 3 * 350 = 342,88 \text{ кН.}$$

Расчет усилия снятия для пробивки проведен по формуле (13):

$$P_{\text{сн}} = 0,07 * 342,88 * 10^3 = 24,00 \text{ кН.}$$

Определение требуемых усилий проталкивания детали (отхода) сквозь матрицу произведено по формуле (14):

$$P_{\text{пр}} = 0,09 * 342,88 * 10^3 = 30,85 \text{ кН.}$$

Общее усилие для выбора оборудования при пробивке отверстия составило:

$$P_{\text{общ}} = 24,00 + 30,85 + 342,88 = 397,73 \text{ кН.}$$

Эскиз заготовки после операции пробивки-калибровки представлен на рисунке 2.7.

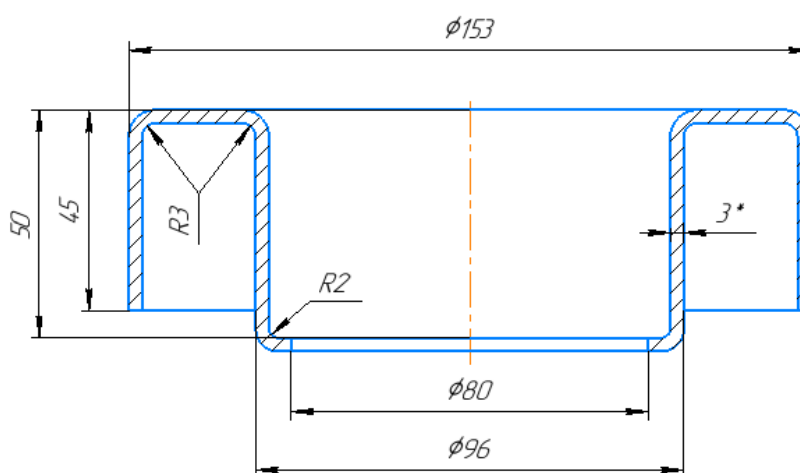


Рисунок 2.7 – Эскиз заготовки после операции пробивки-калибровки

Расчет исполнительных размеров инструмента пробивки.

Допуски на изготовление пуансона и матрицы при пробивке отверстия в заготовке составляют:  $\delta_{\text{МП}} = +0,054(\text{H8})$ ;  $\delta_{\text{МП}} = -0,035(\text{h7})$ . Припуск на износ в соответствии с  $\phi 80$  мм (h12) –  $\Pi_{\text{ип}} = 0,25$  [11].

Численное значение условия для пробивки отверстия по формуле (18) составило:  $0,019 \leq 0,050$ .

Размеры пуансона и матрицы для пробивки отверстия заготовки по формулам (16, 17) составили:

$$D_{\text{МП}} = (80 - 0,25)^{+0,054} = 79,75^{+0,054} \text{ мм;}$$

$$D_{\text{МП}} = (80 - 0,25 - 0,210)_{-0,035} = 79,54_{-0,035} \text{ мм.}$$

Расчет исполнительных размеров инструмента калибровки.

Диаметр матрицы калибровки принят равным внешнему диаметру калибруемого изделия.

Односторонний зазор между пуансоном и матрицей при калибровке определен по формуле:

$$z_{\text{кал}} = K_1 * S_0 + S_{\text{min}}, \quad (44)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от толщины заготовки;

$S_{\text{min}}$  – минимальная толщина металла.

Принимаем  $K_1 = 0,05$  [12]. Односторонний зазор между пуансоном и матрицей при калибровке составляет:

$$z_{\text{кал}} = 0,05 * 3 + 3 = 3,15 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона для калибровки определен по формуле:

$$d_{\text{Пкал}} = d_{\text{м.к}} - 2 * z_{\text{кал}}, \quad (45)$$

где  $d_{\text{м.к}}$  – диаметр матрицы калибровки.

Диаметр пуансона для калибровки составляет:

$$d_{\text{Пкал}} = 93 - 2 * 3,15 = 86,7 \text{ мм.}$$

## 2.4 Расчет технологических параметров процесса вытяжки с утонением стенки по внутреннему контуру

При ВУСВК происходит деформация только стенки детали, вследствие этого выбран способ частичной вытяжки. Коэффициент утонения стенки определен по формуле:

$$m_s = \frac{S}{S_0}, \quad (46)$$

где  $S$  – толщина стенки после деформации.

Относительная толщина стенки заготовки определена по формуле:

$$S_d = \frac{S_0}{D_0},$$

где  $D_0$  – диаметр заготовки (наружный) до деформации.

Для нижнего ролика назначен следующий коэффициент утонения стенки:

$$m_{сн} = \frac{S}{S_0} = \frac{2,8}{3,0} = 0,93.$$

Для верхнего ролика назначен следующий коэффициент утонения стенки:

$$m_{св} = \frac{S}{S_0} = \frac{2,9}{3,0} = 0,97.$$

Относительная толщина стенки при деформации нижним и верхним роликом составляет:

$$S_d = \frac{3}{96} = 0,031.$$

Угол конусности ролика  $\alpha = 10^\circ$ , коэффициент трения между роликом и заготовкой  $f_{\text{тр}} = 0,15$ .

Для определения технологических параметров операции ВУСВК необходимо произвести оценку предельного формоизменения полуфабриката.

Расчет  $e_{i \text{ вн}}$  проводят по математической модели:

$$e_{i \text{ вн}} = 0,537 - 0,319 \cdot \left( \frac{m_s - 0,7}{0,2} \right) + 0,09 \cdot \left( \frac{\alpha - 20}{10} \right) + 0,082 \cdot \left( \frac{S_d - 0,175}{0,125} \right) + 0,044 \cdot \left( \frac{m_s - 0,7}{0,2} \right) \cdot \left( \frac{\alpha - 20}{10} \right) - 0,035 \cdot \left( \frac{m_s - 0,7}{0,2} \right) \cdot \left( \frac{S_d - 0,175}{0,125} \right) + 0,102 \cdot \left( \frac{m_s - 0,7}{0,2} \right)^2, \quad (47)$$

с учетом границ ее применимости.

Предельную степень деформации  $[e_i]_{\text{вн}}$  вычисляют по формуле:

$$[e_i] = \varepsilon_{ip} \cdot (1,5 - 0,5K), \quad (48)$$

где  $K = \frac{1+m}{\sqrt{1-m+m^2}},$

$$m_{\text{вн}} = \frac{\ln \frac{H_k}{H_0} + 2 \cdot \ln \frac{d_k}{d_0}}{2 \cdot \ln \frac{H_k}{H_0} + \ln \frac{d_k}{d_0}}.$$

$H_0, H_k$  – высота заготовки до и после деформации.

Неравномерность упрочнения полуфабриката после ВУСВК оценивают по уравнению:

$$e_i = -\operatorname{tg}\varphi \cdot (S_0/S_{\text{н}}) + e_{i\text{вн}} \cdot \quad (49)$$

Значение градиента неравномерности  $\varphi$  определено по модели [14, (2.24)].

Приращение высоты  $\Delta h$  после вытяжки части заготовки нижним роликом, при высоте деформированного участка  $h_{\text{дн}} = 22$  мм составляет  $\Delta h_{\text{в}} = 0,6$  мм – для участка деформируемого верхним роликом, а для верхнего при высоте деформированного участка  $h_{\text{дв}} = 21$  мм  $\Delta h_{\text{н}} = 0,5$  мм, согласно рекомендациям [16]. Следовательно, общая высота полуфабриката после деформации пуансоном с двумя плавающими роликами складывается из высоты детали после калибровки-пробивки  $H_{\text{кп}} = 50$  мм и приращений высоты на обоих участках и составляет:  $H_{\text{бу}} = H_{\text{кп}} + \Delta h_{\text{в}} + \Delta h_{\text{н}} = 50 + 0,6 + 0,5 = 51,1$  мм, что укладывается в допуск на размер указанный чертежом.

Результаты оценки предельного формоизменения приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты оценки предельного формоизменения при ВУСВК

Параметр	$m_{\text{вн}}$	$K$	$[e_i]_{\text{вн}}$	$e_{i\text{вн}}$	$\varphi$
Значение	0,331	1,421	0,576	0,142	2,26°

Эскиз заготовки после операции пробивки-калибровки представлен на рисунке 2.8.

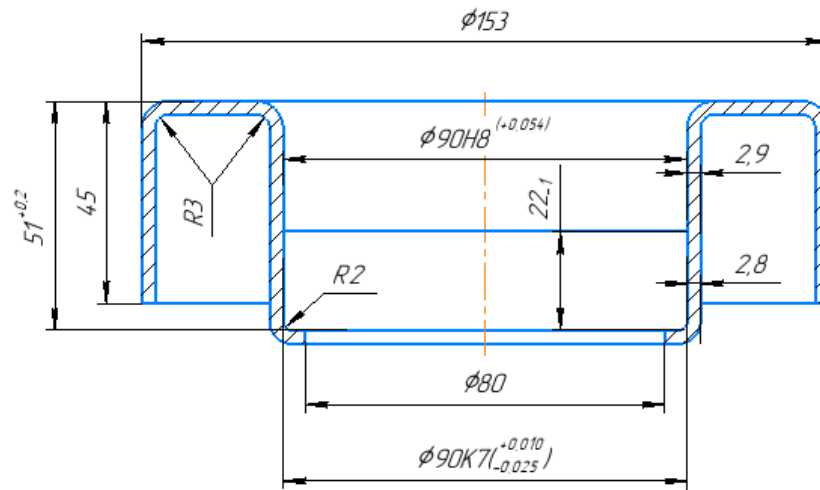


Рисунок 2.8 – Эскиз заготовки после операции ВУСВК

Максимальная сила процесса ВУСВК определена по формуле:

$$P_{\text{ВУ}} = (1,2m_s - m_s * S_d) * (P_1 + P_2 + P_3), \quad (50)$$

$$\text{где } P_1 = f_{\text{тр}} * \pi * \sigma_i * \ln\left(\frac{A}{B}\right) * A * \left(\frac{\sin 2\theta_0 - \sin \alpha}{2}\right);$$

$$P_2 = -1,7 * \sigma_i * B * (\cos \alpha - \cos 2\theta_0) * \left[ \ln\left(\frac{A}{B}\right) + \frac{E * (A - B)}{A * B} \right];$$

$$P_3 = \frac{1,155 * \sigma_i * \pi * (A + E) * (1 - \omega)}{A} * [(A + B + 2E) * 0,25 * \left\{ \left(\frac{\pi * \theta_0}{90}\right) - \sin 2\theta_0 - \left(\frac{\pi * \alpha}{180}\right) + \sin \alpha \right\} - E * \sin^2 \theta_0 * \left\{ \left(\frac{\pi * \theta_0}{90}\right) - \left(\frac{\pi * \alpha}{180}\right) \right\}];$$

$$A = \frac{d_k^2 * D_0^2}{4 \sin^2(\alpha/2)};$$

$$B = \frac{S_0 * (S_0 - D_0)}{\sin^2(\alpha/2)};$$

$$E = \left( \frac{D_0}{2 \sin^2(\alpha/2)} \right)^2;$$

$$\omega = \frac{D_0^2 - d_k^2}{D_0^2 - d_0^2};$$

$$\theta_0 = 0,5 * \left[ \arcsin\left(\frac{D_0 * \sin(\alpha/2)}{d_k}\right) + \arcsin\left(\frac{D_0 * \sin(\alpha/2)}{d_0}\right) \right].$$



Величину  $\sigma_i$  – определяют по зависимости  $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ . Так как деформация монотонная, значение  $\sigma_i$  определяют для среднего значения  $e_i \approx \varepsilon_i$ . Согласно оценке показателей неравномерности распределения  $e_i(\varepsilon_i)$  для детали со схожими параметрами по результатам МКЭ, принято  $\varepsilon_i = 0,142$  [14]. Согласно кривой упрочнения для стали СтЗсп  $\sigma_i = 440$  МПа.

Максимальная сила деформирования при ВУСВК по формуле (47) для верхнего ролика составляет  $P_{ВУВ} = 22,7$  кН; для нижнего ролика  $P_{ВУН} = 45,8$  кН.

Расчет исполнительных размеров инструмента для вытяжки с утонением стенки по внутреннему контуру.

При проектировании инструмента для ВУСВК необходимо учитывать упругую деформацию (для изготовления точных деталей по 10 квалитет).

Из-за давления со стороны заготовки происходит уменьшение диаметра пуансона  $d_{\text{п}}$  на величину  $2\delta_{\text{уп}}$  (в области пояска), и увеличение диаметра матрицы  $d_{\text{м}}$  на величину  $2\delta_{\text{ум}}$ . Когда нагрузка снимается, происходит увеличение наружного диаметра  $D_{\text{к}}$  заготовки на величину разгрузки нар  $2\delta_{\text{уз}}$ , а внутренний диаметр  $d_{\text{к}}$  уменьшится на величину  $2\delta_{\text{уз}}^{\text{вн}}$ .

Схема упругой разгрузки приведена на рисунке 2.9.

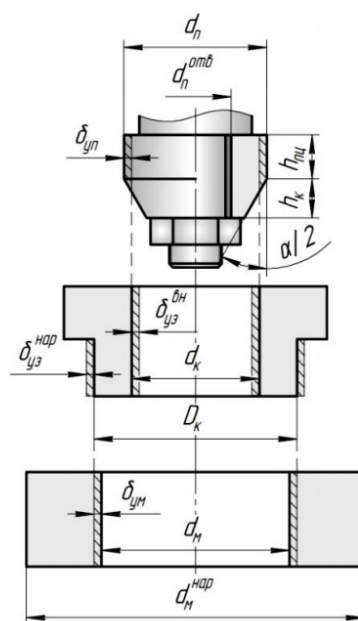


Рисунок 2.9 – Схема упругой разгрузки

Параметры упругой разгрузки рассчитаны по эмпирическим зависимостям, определенным из уравнений Ламе-Гадолина [13]:

$$2\delta_{y3}^{BH} = \frac{\sigma_{iBH}}{E_3} \cdot \frac{(1 - \mu_3^2) \cdot d_0 \cdot [4 - (D_0/d_0 - 1)^2]}{4 \cdot (1 + \mu_3) + (1 - \mu_3) \cdot (D_0/d_0 + 1)^2}; \quad (51)$$

$$2\delta_{y3}^{HAP} = \frac{\sigma_{iHAP}}{E_3} \cdot \frac{(1 - \mu_3^2) \cdot d_0 \cdot [(D_0/d_0) \cdot (3 \cdot D_0/d_0 - 2) - 1]}{[4 \cdot (1 + \mu_3) + (1 - \mu_3) \cdot (D_0/d_0 + 1)^2] \cdot (D_0/d_0)}; \quad (52)$$

$$2\delta_{y\Pi} = \chi_{\Pi} \cdot \frac{\sigma_{icp} \cdot d_{\Pi}}{E_{\Pi}} \cdot \left( \frac{1 + (d_{\Pi}^{OTB} / d_{\Pi})^2}{1 - (d_{\Pi}^{OTB} / d_{\Pi})^2} - \mu_{\Pi} \right); \quad (53)$$

$$2\delta_{yM} = \chi_M \cdot \frac{\sigma_{icp} \cdot d_M}{E_M} \cdot \left( \frac{1 + (d_M / d_M^{HAP})^2}{1 - (d_M / d_M^{HAP})^2} - \mu_M \right), \quad (54)$$

где  $E_M$ ,  $E_{\Pi}$ ,  $E_3$ , – модули упругости материала матрицы, пуансона, заготовки, соответственно;

$\mu_M$ ,  $\mu_{\Pi}$ ,  $\mu_3$  – коэффициент Пуассона материала матрицы, пуансона, заготовки, соответственно;

$d_M^{HAP}$  – диаметр матрицы (наружный);

$d_{\Pi}^{OTB}$  – диаметр отверстия ролика пуансона;

$\chi_{\Pi}$ ,  $\chi_M$  – коэффициенты, зависящие от соотношения размеров заготовки, определяемые по формулам:

$$\chi_{\Pi} = \frac{1}{1 + 0,185 \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \alpha}{(d_K - d_0) / d_0} \right)^{1,3}}; \quad \chi_M = \frac{1}{(1 + \mu_M) + (D_0/d_0)^2 \cdot (1 - \mu_M)}. \quad (55)$$

Значения напряжений  $\sigma_i^{BH}$  и  $\sigma_i^{HAP}$  определяют по зависимости  $\sigma_i = f(e_i)$  в соответствии со значениями  $e_i^{BH}$  и  $e_i^{HAP}$ . Интенсивность напряжений для стали СтЗсп:  $\sigma_i^{BH} = 440$  МПа,  $\sigma_i^{HAP} = 420$ ,  $\sigma_{icp} = 430$  МПа.

Характеристики  $E_3 = 212$  ГПа (для стали СтЗсп),  $E_M = E_{\Pi} = 200$  ГПа (для стали ХВГ),  $\mu_M = \mu_{\Pi} = \mu_3 = 0,33$  [7].

Оптимальный зазор между роликами и пуансоном при  $S_0 = 2,8$  мм.:  
 $2\zeta/S_0 = 0,07$ ;  $\zeta = 0,1$  мм, согласно рекомендациям[14].

Припуски на износ матрицы и пуансона для ВУСВК (рисунок 2.10)определяют по формулам:

$$\Pi_M = T_d^{\text{нар}} - T_M ; \quad \Pi_{\Pi} = T_d^{\text{вн}} - T_{\Pi} , \quad (56)$$

где  $T_d^{\text{нар}}$ ,  $T_d^{\text{вн}}$  – допуски на изготовление детали;

$T_M$ ,  $T_{\Pi}$  – допуски на изготовление инструмента.

Допуски на изготовление верхнего ролика и матрицы – по 7-ому качеству, нижнего ролика – по 6-ому.

Финальные размеры матрицы и пуансона для ВУСВК с учетом полей допусков определены по формулам:

$$d_M = (D_{\text{кmax}} - \Pi_M - T_M - 2\delta_{\text{уз}}^{\text{нар}} - 2\delta_{\text{ум}})^{+T_M} = (D_{\text{кmax}} - T_d^{\text{нар}} - 2\delta_{\Sigma\text{у}}^{\text{нар}})^{+T_M} ; \quad (57)$$

$$d_{\Pi} = (d_{\text{кmin}} + \Pi_{\Pi} + T_{\Pi} + 2\delta_{\text{уз}}^{\text{вн}} + 2\delta_{\text{уп}})_{-T_{\Pi}} = (d_{\text{кmin}} + T_d^{\text{вн}} + 2\delta_{\Sigma\text{у}}^{\text{вн}})_{-T_{\Pi}} , \quad (58)$$

где  $D_{\text{кmax}}$  – максимальный диаметр полуфабриката (наружный);

$d_{\text{кmin}}$  – минимальный внутренний диаметр полуфабриката.

Значение исполнительных размеров матрицы и пуансона для ВУСВК представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Исполнительные размеры рабочего инструмента на ВУСВК

$2\delta_{\text{уз}}^{\text{вн}}$	$2\delta_{\text{уз}}^{\text{нар}}$	$2\delta_{\text{уп}}$	$2\delta_{\text{ум}}$	$\Pi_M$	$\Pi_{\text{пн}}$	$\Pi_{\text{пв}}$	$d_M$	$d_{\text{пн}}$	$d_{\text{пв}}$
мм									
0,047	0,007	0,121	0,92	0,235	0,010	0,089	$95,65^{+0,035}$	$90,2_{-0,030}$	$90,15_{-0,022}$

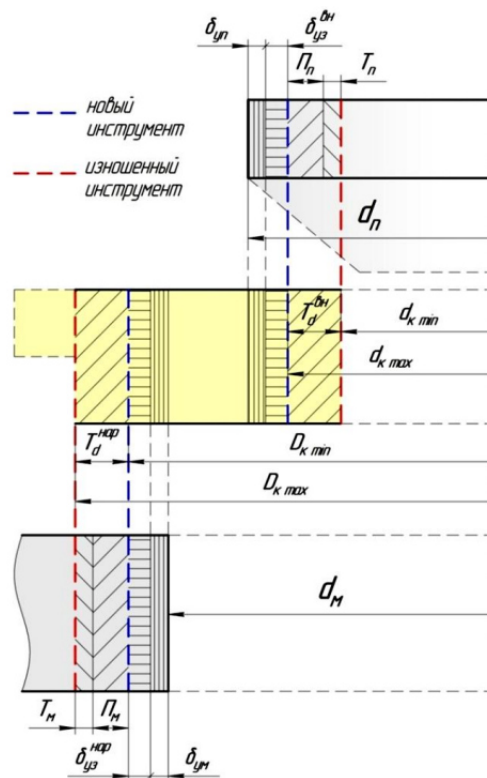


Рисунок 2.10 – Схема полей допусков детали и инструмента

## 2.6 Выбор оборудования и разработка маршрутной карты

Наибольшее общее усилие оборудования требуется для операции вырубки:

$$P_{\text{общ}} = 1,098 * 10^6 + 98,80 * 10^3 + 76,85 * 10^3 = 1,273 \text{ МН.}$$

Минимальную необходимую силу прессы определяют по эмпирической зависимости:

$$P_{\text{пр}} > 1,3 * P_{\text{общ}}. \quad (59)$$

Сила прессы должна быть более:

$$P_{\text{пр}} > 1,3 * 1273 = 1655 \text{ кН.}$$

Величина рабочего хода ползуна определяют по зависимости:

$$H_{\text{раб}} > 10 * S_0. \quad (60)$$

Величина рабочего хода ползуна должна быть более:

$$H_{\text{раб}} > 10 * 3 > 30 \text{ мм.}$$

Величина закрытой высоты штампа определяется по зависимости:

$$H_{\text{зак}} = 150 * S_0. \quad (61)$$

Расстояние между столом и ползуном в его в верхнем положении не должно превышать закрытой высоты штампа:

$$H_{\text{зак}} = 150 * 3 = 450 \text{ мм.}$$

Диаметр заготовки  $D_0 = 256$  мм не должен превышать диаметр провального отверстия в столе прессы.

В результате оценки в качестве оборудования формоизменяющих операций был выбран пресс КИ2135, технические характеристики которого представлены в таблице 2.8.

Пресс механический КИ2135 предназначен для выполнения операций холодной штамповки листового металла. Может работать как на одиночных, так и на непрерывных ходах. Общий вид прессы представлен на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Общий вид пресса KI2135

Таблица 2.8 – Технические характеристики пресса KI2135

Усилие, кН	3150
Регулируемый ход ползуна, мм	30...240
Размеры стола, мм	1400x850
Расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении и в верхнем положении стола, мм	120...600
Толщина подштамповой плиты, мм	215
Расстояние между пазами, мм	600
Толщина паза, мм	28
Диаметр отверстия в ползуне под хвостовик штампа, мм	65
Глубина отверстия в ползуне под хвостовик штампа, не менее, мм	100
Диаметр провального отверстия в столе пресса, мм	355
Мощность двигателя при ПВ = 40%, кВт	21
Габаритные размеры, мм	4500x2810x2080
Масса, кг	29650

В качестве пресс-ножниц для отрезки штучных заготовок выбраны ножницы НП 400 (рисунок 2.12). Технические характеристики ножниц НП 400 представлены в таблице 2.9.

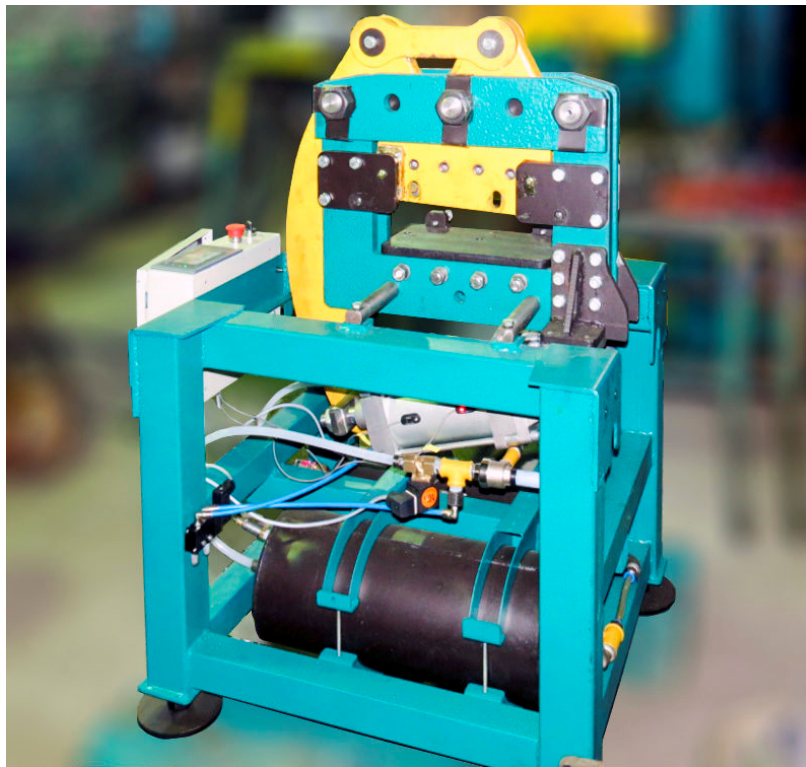


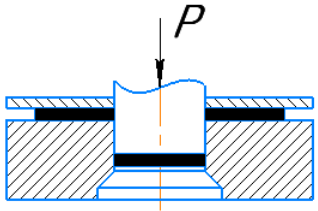
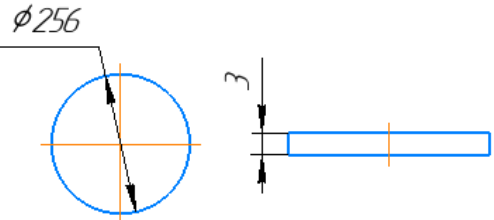
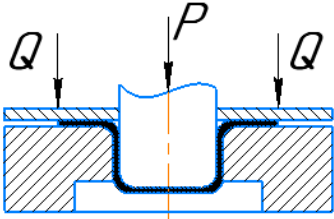
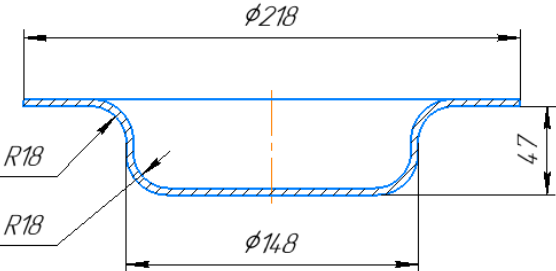
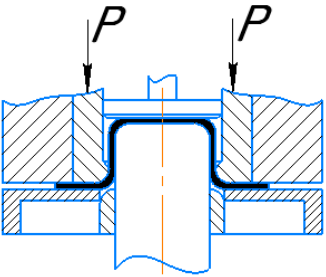
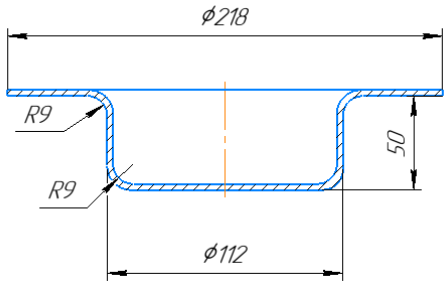
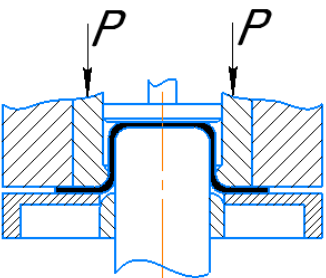
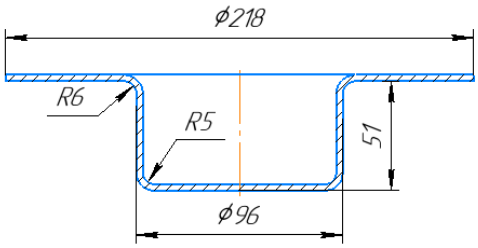
Рисунок 2.12 – Общий вид ножниц НП 400

Таблица 2.9 – Технические характеристики ножниц НП 400 [7]

Наибольшая ширина полосы(ленты), мм	400
Угол наклона ножа, град	2,5
Наибольшее число включений, ход/мин	60
Наибольшая толщина ленты, мм	4
Ход ножа наибольший, мм	25
Длинна, мм	700
Ширина, мм	760
Высота, мм	1200
Масса, кг	275

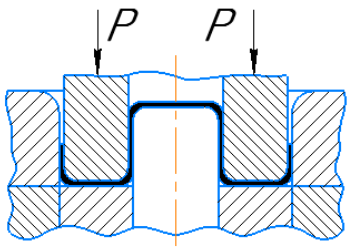
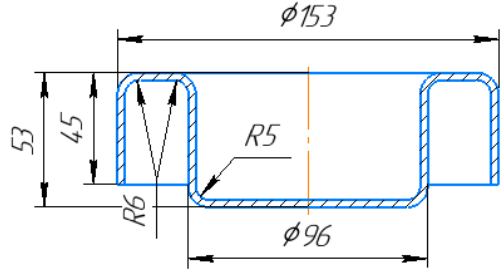
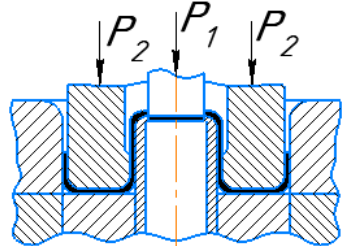
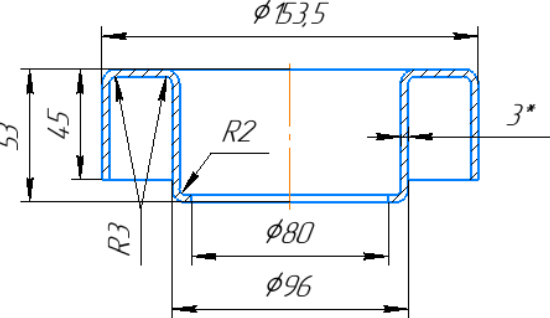
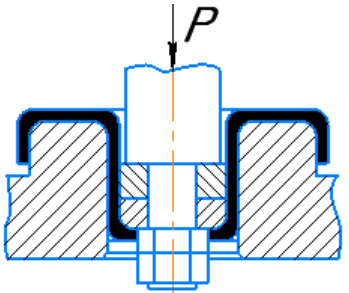
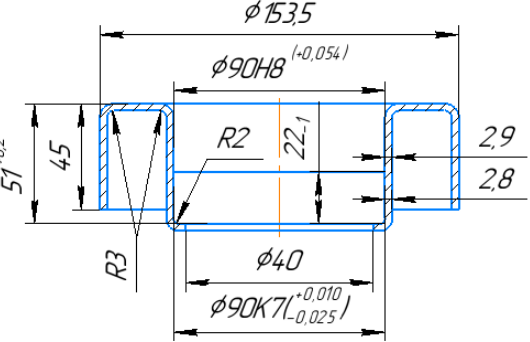
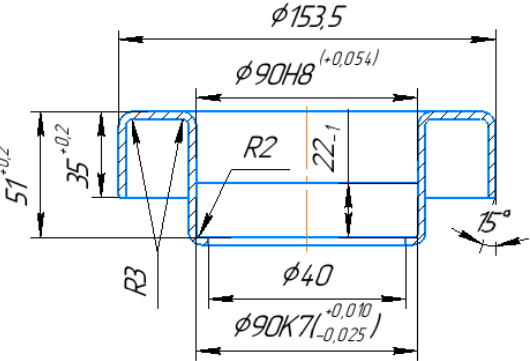
Окончательный технологический процесс изготовления детали «вкладыш» представлен в таблице 2.10. По представленному технологическому процессу составлена маршрутная карта (приложение Б).

Таблица 2.10 – Окончательный технологический процесс изготовления детали «Вкладыш»

Наименование операции	Схема операции	Эскиз полуфабриката после операции
Вырубка кружка		
Вытяжка первая		
Вытяжка вторая		
Вытяжка третья		



Продолжение таблицы 2.10

<p>Обратная вытяжка</p>		
<p>Калибровка- пробивка</p>		
<p>ВУСВК</p>		
<p>Обрезка и обточка бурта</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	

## 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

### 3.1 Основные требования, предъявляемые к штампам

При проектировании штампов необходимо основываться на Государственных стандартах. Общие технические условия, предъявляемые к штампам для листовой штамповки, регламентирует ГОСТ 22472-87. Для определения некоторых качественных характеристик и точности размеров используют ГОСТ 13139 -74 и ГОСТ 22472-87, регламентирующий условия на приемку штампов.

Можно выделить наиболее важные требования, которые необходимо учитывать при конструировании любых штампов [18]:

1. Штамп должен обеспечивать получение деталей в соответствии с чертежом и техническими требованиями.
2. Штамп должен обеспечивать безопасность работы и возможность ремонта и транспортировки.
3. Штамп должен обеспечивать заданную производительность процесса.
4. Штамп должен быть недорогим.
5. В конструкции штампа, в основном, должны использоваться стандартные детали, а количество специальных должно быть сведено к минимуму.

Чем выше требуемое качество и точность штампуемых изделий, тем выше требования к точности и качеству производства его главных элементов и сборки штампа в целом.

Производительность, как правило, зависит от типа штампа и способа подачи заготовки. Для повышения производительности следует применять комбинированные штампы, которые выполняют сразу несколько операций при автоматической подаче заготовки.

До 80% цены составляет стоимость металла, согласно анализу действующих технологий штамповки различных деталей, из листового

материала [18]. На стоимость штампа также влияют: тип штампа; точность выполнения его узлов; количество стандартизованных и нормализованных деталей; запас прочности и возможность восстановления изношенных частей.

### **3.2 Выбор принципиальных схем штампов**

Выбор принципиальной схемы штампа – наиболее важный этап разработки конструкции штампа. Необходимо выбрать штамп, который позволяет обеспечить требуемые технические показатели детали, с соблюдением норм техники безопасности и экономики (простота конструкции, применение нормализованных узлов и деталей и др.), а также учесть возможность обеспечения заданной программы выпуска [19].

Основными данными для проектирования штампов являются [19]:

- сведения об операции;
- программа выпуска деталей;
- оборудование;
- справочные материалы конструкций штампов;
- нормативы и стандарты;
- правила техники безопасности и т.д.

Основные схемы устройства штампов показаны на рис. 3.1.

По конструктивному признаку штампы делятся на штампы с направляющими устройствами и без них.

За основу взята схема штампов с направляющими устройствами (плиты, втулки, колонки). Штампы с направляющими устройствами позволяют автоматически обеспечивать заданное положение элементов штампа в ходе его эксплуатации не требуя поднастройки, а это рационально при крупносерийном и среднесерийном производстве. Использование штампов без направляющих устройств рационально главным образом в условиях единичного и мелкосерийного производства, так как они требуют постоянно наладки.

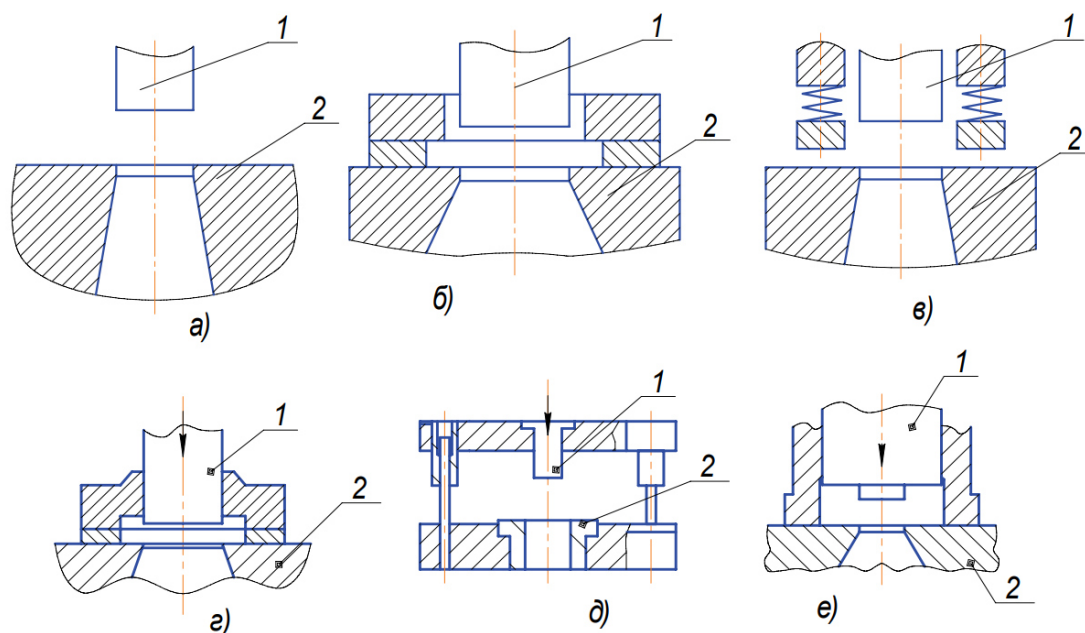


Рисунок 3.1 – Схемы устройства штампов:

1 – пуансон, 2 – матрица

*а* – открытые: без направляющих; *д* – открытые: с направляющими;  
*б* – закрытые с неподвижным съемником, *в* – с подвижным съемником;  
*г* – с направляющей плитой; *е* – с направляющим плунжером

Блок штампа включает в себя нижнюю и верхнюю плиты, направляющие узлы и хвостовик(и). Блоки классифицируют по количеству (двухколонные и четырёхколонные) и расположению направляющих устройств (рисунок 3.1) по ГОСТ 15830-84.

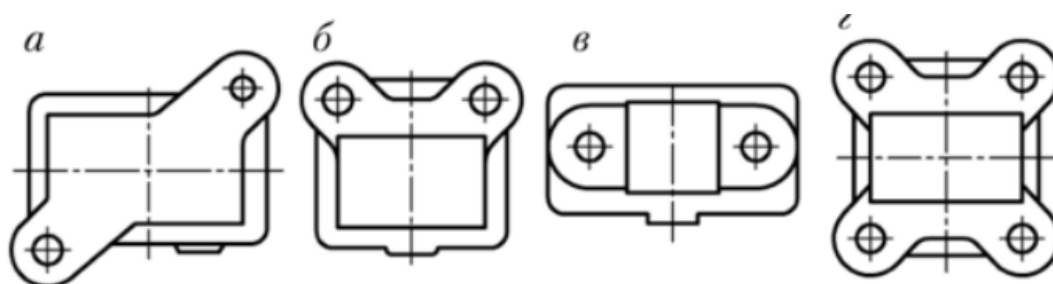


Рисунок 3.2 – Расположение направляющих узлов в блоках штампов:

*а* – диагональное; *б* – заднее; *в* – симметричное; *г* – угловое

Выбрана схема блока с диагональным расположением направляющих узлов (рисунок 3.2, *а*). Применение данной схемы обеспечивает достаточную

жесткость и точность хода достаточную для изготовления деталей 7-8 квалитетов.

Поскольку деталь имеет сравнительно большие размеры и обладает низкой технологичностью рационально использовать для каждой операции штампы простого действия. Отличными схемами должны обладать штампы для вырубки и для первой операции вытяжки, так как к штампам для вырубки предъявляют отличные от штампов для вытяжки требования, к тому же они значительно отличаются размерами. Для операции вырубки выбрана схема открытого штампа с неподвижным съёмником.

В ходе расчетов было установлено, что для первой операции вытяжки и для обратной вытяжки необходимо использовать прижим, следовательно, конструкция штампа изменится. Для всех последующих операций рационально использовать штампы одних схем с комплектом сменных рабочих инструментов. Для комбинированной операции калибровки-пробивки необходимо использовать штамп совмещенного действия.

### **3.3 Принцип действия и классификация штампов**

Штамп вырубки.

Толщину матрицы  $H_M$  определена по формуле [15]:

$$H_M = S_0 + K_M \sqrt{1,57 * D_M} + 7, \quad (62)$$

где  $D_M$  – внутренний диаметр матрицы, мм;

$K_M$  – коэффициент, зависящий от временного сопротивления штампуемого материала. Принимаем  $K_M = 1,0$  [15].

Толщина матрицы для вырубки составила:

$$H_M = 3,0 + 1,0 \sqrt{1,57 * 255,6} + 7 = 31 \text{ мм.}$$

Дополнительная проверка достаточности толщины матрицы произведена по формуле:

$$H_M = \sqrt[3]{100P_{\text{выр}}}, \quad (63)$$

где  $P_{\text{выр}}$  – требуемое технологическое усилие штамповки, кН.

Толщина матрицы для вырубки составила:

$$H_M = \sqrt[3]{100 * 1273} = 50,3 \text{ мм.}$$

Значение  $H_M$  необходимо округлить до ближайшего большего числа из следующего ряда чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80. Таким образом, окончательная толщина матрицы  $H_M = 56$  мм.

Диаметры винтов и штифтов: винт М20 (ГОСТ 1491-80) и штифт (ГОСТ 3128-70) диаметром 16 мм.

Конструктивные значения размеров для деталей пакетно-плитовых штампов приблизительно определяют по эмпирическим зависимостям:

Толщина нижней плиты определена по эмпирической зависимости:

$$H_{\text{нп}} = (1,0 \dots 1,5)H_M. \quad (64)$$

Толщин нижней плиты равна:

$$H_{\text{нп}} = 1,2 * 56 = 67,2 \text{ мм.}$$

Округлив по ряду Ra20, толщина нижней плиты:  $H_{\text{нп}} = 71$  мм.

Толщина пуансонодержателя определена по формуле:

$$H_{\text{пд}} = (0,6 \dots 0,9)H_M. \quad (65)$$

Толщина пуансонодержателя составляет:  $H_{\text{пд}} = 56$  мм.

Толщина верхней плиты штампа определена по зависимости:

$$H_{\text{вп}} = (0,8 \dots 1,2)H_{\text{М}} \quad (66)$$

Примем толщину верхней плиты равной толщине нижней плиты:  
 $H_{\text{вп}} = 71$  мм.

Таким образом, закрытая высота штампа определяется по сумме всех составляющих деталей в нижнем положении при высоте пуансона  $H_{\text{п}} = 200$  мм:  $H = 380$  мм.

Наибольшая высота штампа для установки определена по формуле:

$$H_{\text{ш}}^{\text{max}} = H - H_{\text{плт}} + \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{2}, \quad (67)$$

где  $H_{\text{плт}}$  —толщина подштамповой плиты, мм;

$h_{\text{max}}, h_{\text{min}}$  —максимальный и минимальный ход ползуна, мм.

Наибольшая высота штампа составила:

$$H_{\text{ш}}^{\text{max}} = 600 - 215 + \frac{240 - 30}{2} = 490 \text{ мм.}$$

Минимальная закрытая высота прессы:

$$H_{\text{ш}}^{\text{min}} = H - H_{\text{плт}} - \Delta_{\text{ш}}, \quad (68)$$

Наименьшая высота штампа составляет:

$$H_{\text{ш}}^{\text{min}} = 600 - 215 - 120 = 265 \text{ мм.}$$





относительно оси ползуна прессы. Штучная заготовка для вырубki 2-ух кружков подается до упора по трафарету 7 на матрицу 8, которая крепится к нижней плите 9 с помощью матрицедержателя 7. Таким образом движение верхней плиты 2 вызывает движение пуансона, который врезается в заготовку и производит вырубку кружка. Соосность пуансона и матрицы достигается при помощи направляющих колонок 11, которые перемещаются внутри втулок 10. При обратном движении ползуна съемник 5 снимает заготовку с пуансона. После очередной операции вырубki заготовка вынимается из трафарета, производится ее поворот на 180° и вновь подается по трафарету до упора для вырубki 2-го кружка.

Спроектированный штамп вырубki, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: простого действия;
- по характеру работ: для разделительных;
- по виду штамповочной операции: для вырубki;
- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: напровал.

Штамп первой вытяжки.

Для первой вытяжки использован однооперационный штамп, главный вид которого представлен на рисунке 3.4.

Пуансон 13 крепится к верхней плите штампа 1 с помощью пуансонодержателя 9. От ползуна прессы усилие передается на верхнюю плиту, на которой закреплен хвостовик 8 для установки штампа относительно оси ползуна прессы. Заготовка в виде кружка подается на трафарет матрицы 12, которая крепится к нижней плите 7 на матрицедержателе 6 с помощью крепежного кольца 5. Таким образом

движение верхней плиты 2 вызывает движение пуансона, который вытягивает плоскую заготовку в виде кружка в полый стакан с широким фланцем. При движении верхней плиты вниз пружины 15, установленные на винтах 10, сжимаются, воздействуя на плиту 4, которая выступает в роли складкодержателя, прижимая фланец заготовки к матрице. Соосность пуансона и матрицы достигается при помощи направляющих колонок 3, которые перемещаются внутри втулок 2. При обратном движении ползуна сжатая пружина 14 выталкивает заготовку из полости матрицы с помощью втулки выталкивателя 11.

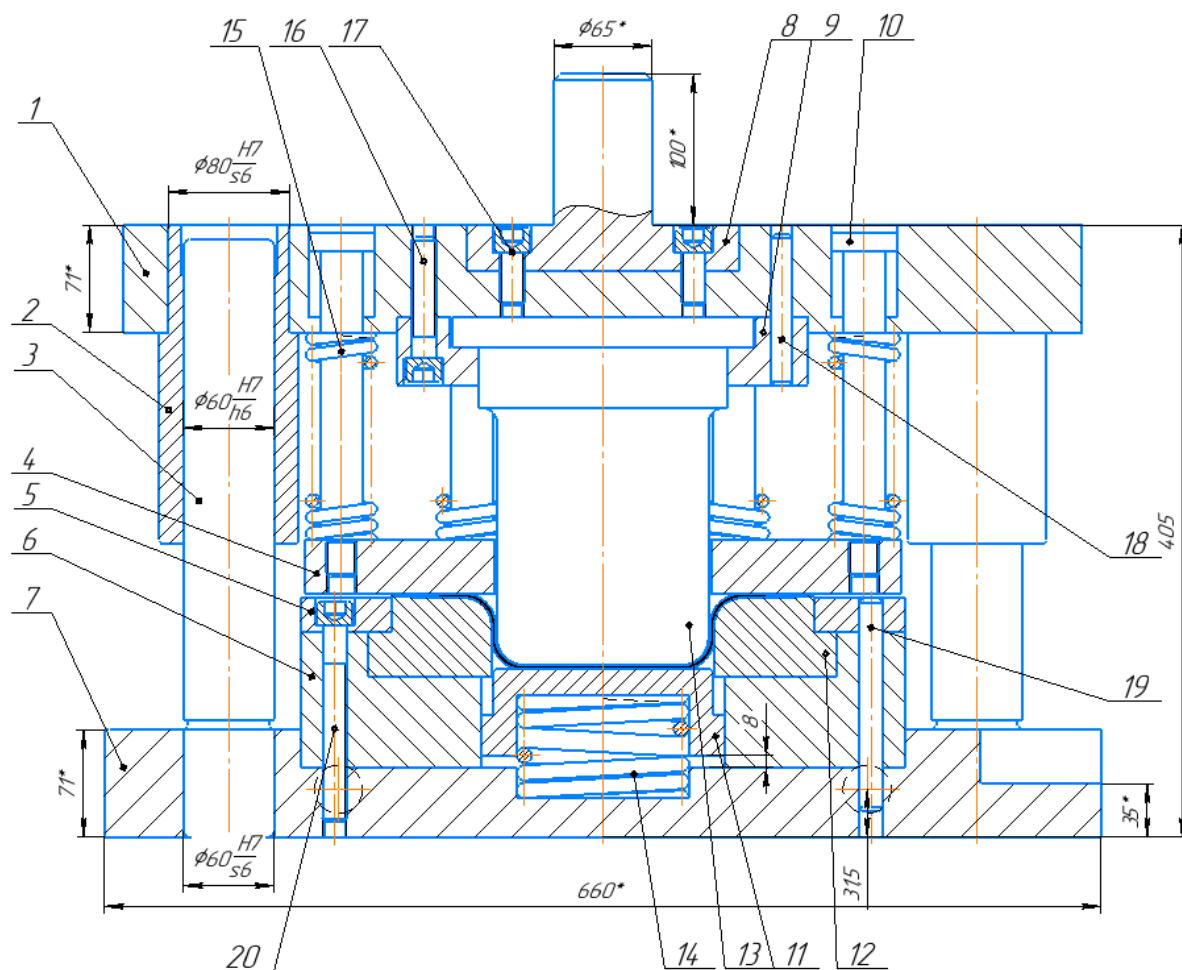


Рисунок 3.4 – Общий вид штампа для первой вытяжки:

- 1 – верхняя плита; 2 – направляющая втулка; 3 – направляющая колонка; 4 – прижимная плита; 5 – фиксирующее кольцо;
- 6 – матрицедержатель; 7 – нижняя плита; 8 – хвостовик;
- 9 – пуансонодержатель; 10 – винт; 11 – втулка выталкивателя; 12 – матрица;
- 13 – пуансон; 14 – пружина выталкивателя; 15 – пружина прижима;
- 16, 17, 20 – винты; 18, 19 – штифты

Спроектированный штамп первой вытяжки, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: простого действия;
- по характеру работ: для формоизменяющих;
- по виду штамповочной операции: для вытяжки;
- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением.

Штампы второй и третьей вытяжек.

Для последующих вытяжек использован однооперационный штамп со сменным комплектом рабочего инструмента, главный вид которого представлен на рисунке 3.5.

Матрица 12 крепится к верхней плите штампа 1 с помощью матрицедержателя 6. От ползуна пресса усилие передается на верхнюю плиту, на которой закреплен хвостовик 8 для установки штампа относительно оси ползуна пресса. Полуфабрикат в виде стакана с широким фланцем устанавливается на подпружиненную втулку 9, установленную в столе 7. Пуансон 9 закреплён на нижней плите с помощью пуансонодержателя 6. Таким образом движение верхней плиты 1 вызывает движение матрицы, которая вытягивает заготовку до нужного диаметра. Соосность пуансона и матрицы достигается при помощи направляющих колонок 3, которые перемещаются внутри втулок 2. При обратном движении ползуна, выступающий за пределы хвостовика толкатель 11, упираясь, воздействует на выталкиватель 13, который выталкивает заготовку из полости матрицы.

Спроектированный штамп для последующих вытяжек, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: простого действия;
- по характеру работ: для формоизменяющих;
- по виду штамповочной операции: для вытяжки;
- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением.

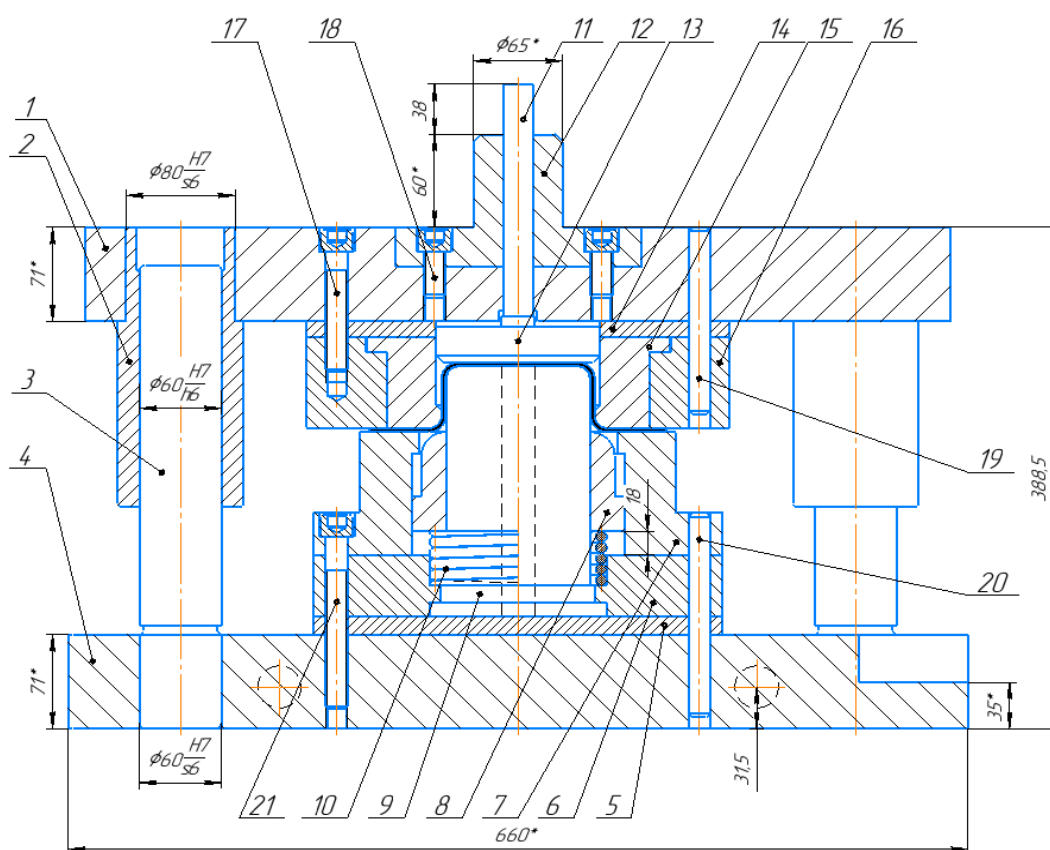


Рисунок 3.5 – Общий вид штампа для второй и третьей вытяжек:

- 1 – верхняя плита; 2 – направляющая втулка; 3 – направляющая колонка; 4 – нижняя плита; 5 – подкладная плита; 6 – пуансонодержатель; 7 – стол; 8 – фиксирующая втулка; 9 – пуансон; 10 – пружина; 11 – толкатель; 12 – хвостовик; 13 – выталкиватель; 14 – подкладная плита; 15 – матрица; 16 – матрицедержатель; 17, 18, 21 – винты; 19, 20 – штифты

### Штамп обратной вытяжки.

Для обратной вытяжки использован однооперационный штамп, главный вид которого представлен на рисунке 3.6.

Пуансон-матрица 17 крепится к верхней плите штампа 1 с помощью пуансонодержателя 18. От ползуна пресса усилие передается на верхнюю плиту, на которой закреплен хвостовик 14 для установки штампа относительно оси ползуна пресса. Полуфабрикат в виде стакана с широким фланцем подается на трафарет матрицы 11, установленной в матрицедержателе 7 с помощью фиксирующего кольца 12 на нижней плите 4. Пуансон 9 закреплен на нижней плите с помощью пуансонодержателя 6. Таким образом движение верхней плиты 1 вызывает движение пуансон-матрицы, которая производит отбортовку заготовки. При движении верхней плиты вниз пружины 20, установленные на колонках 19, сжимаются, воздействуя на плиту 21, которая выступает в роли складкодержателя. Соосность рабочих инструментов достигается при помощи направляющих колонок 3, которые перемещаются внутри втулок 2. При обратном движении ползуна, выступающий за пределы хвостовика толкатель 13, упираясь, воздействует на выталкиватель 15, который выталкивает заготовку из полости пуансон-матрицы, а сжатая пружина 10 с помощью выталкивателя 8 выталкивает заготовку из полости матрицы.

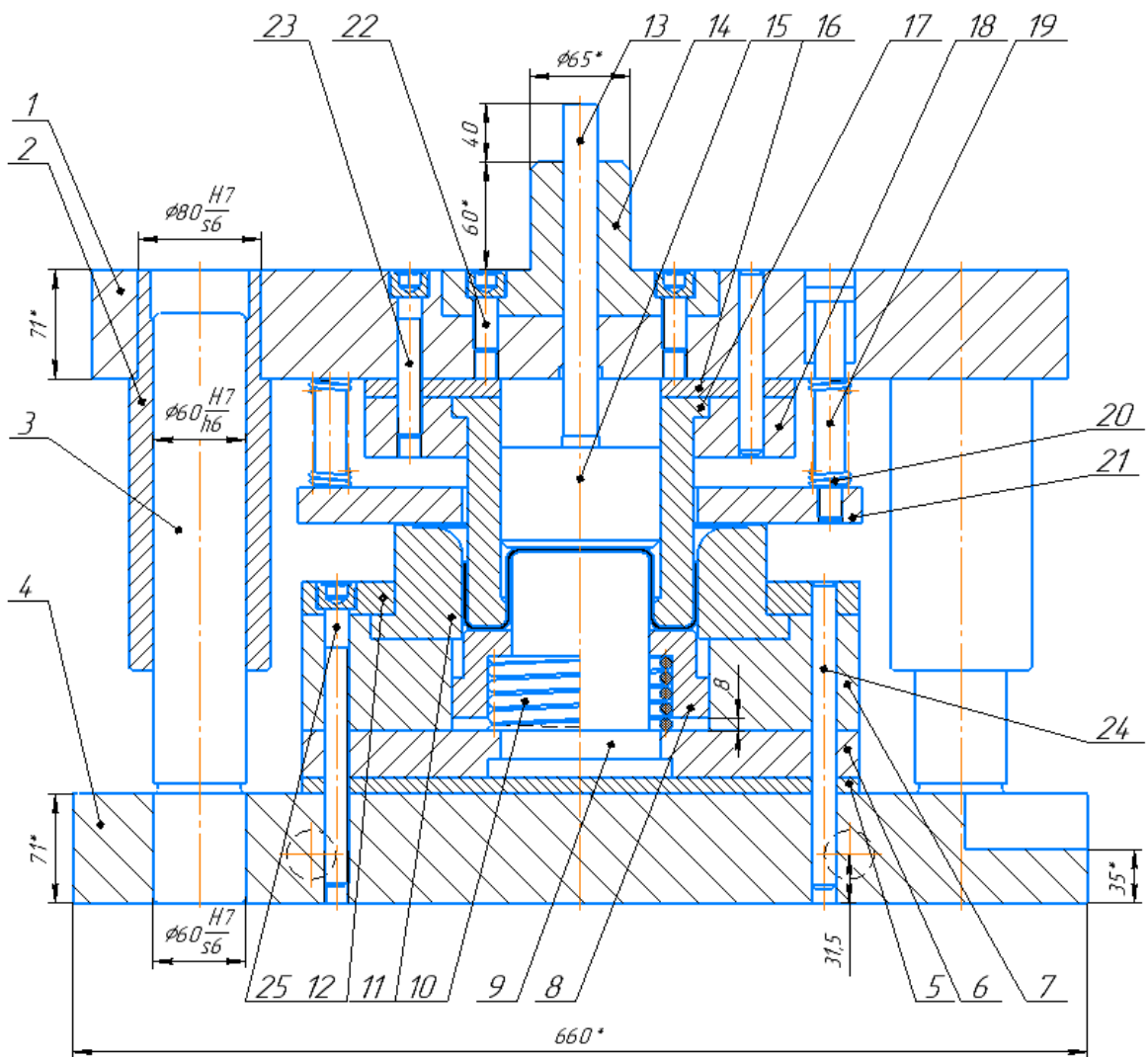


Рисунок 3.6 – Общий вид штампа для обратной вытяжки:

1 – верхняя плита; 2 – направляющая втулка; 3 – направляющая колонка; 4 – нижняя плита; 5 – подкладная плита; 6 – пуансонодержатель; 7 – матрицедержатель; 8 – втулка выталкивателя; 9 – пуансон; 10 – пружина; 11 – матрица; 12 – фиксирующее кольцо; 13 – толкатель; 14 – хвостовик; 15 – выталкиватель; 16 – подкладная плита; 17 – пуансон-матрица; 18 – матрицедержатель; 19 – винт; 20 – пружина; 21 – плита; 22, 23, 25 – винты; 23, 24 – штифты

Спроектированный штамп для обратной вытяжки, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: простого действия;
- по характеру работ: для формоизменяющих;

- по виду штамповочной операции: для отбортовки;
- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением.

#### Штамп калибровки-пробивки.

Для калибровки радиусных закруглений и пробивки отверстия использован однооперационный штамп, главный вид которого представлен на рисунке 3.7.

Пуансон-матрица для калибровки 16 крепится к верхней плите штампа 1 с помощью пуансонодержателя 17. В свою очередь пуансон пробивки 14 крепится к верхней плите с помощью пуансон-матрицы. От ползуна прессы усилие передается на верхнюю плиту, на которой закреплен хвостовик 13 для установки штампа относительно оси ползуна прессы. Полуфабрикат в виде стакана с двойной стенкой подается на матрицу 11, установленную в матрицедержателе 7 с помощью фиксирующего кольца 12 на нижней плите 4. Пуансон-матрица 9 закреплена на нижней плите с помощью пуансонодержателя 6. Таким образом движение верхней плиты 1 вызывает движение пуансон-матрицы, которая производит калибровку радиусных закруглений заготовки, затем пуансон пробивки 14 производит пробивку отверстия в дне полуфабриката. При движении верхней плиты вниз пружины 19, установленные на винтах 18, сжимаются, воздействуя на плиту 20, которая выступает в роли съемника. Соосность рабочих инструментов достигается при помощи направляющих колонок 3, которые перемещаются внутри втулок 2. При обратном движении ползуна, пружина 10 разжимается и с помощью выталкивателя 8 выталкивает заготовку из полости матрицы.

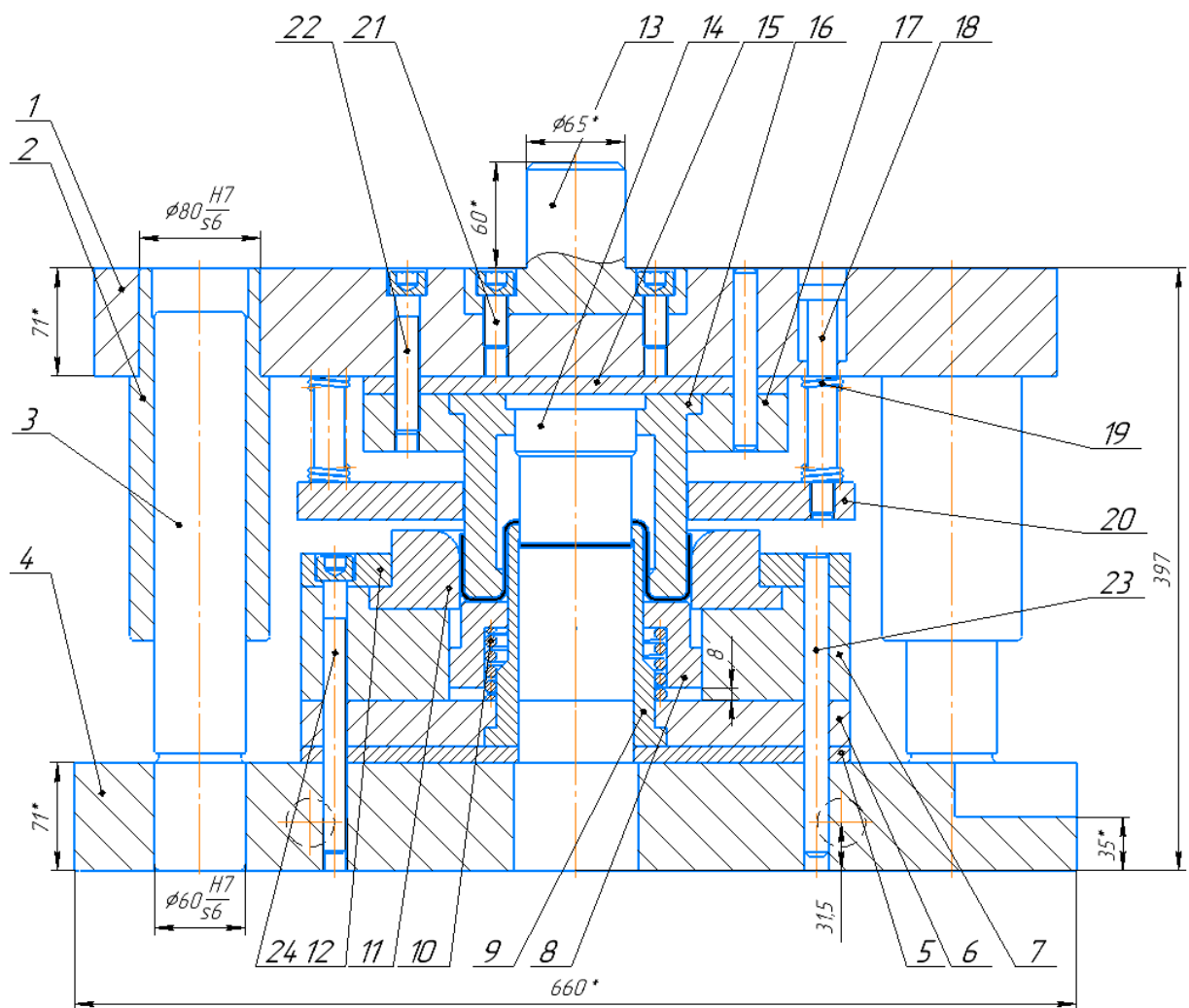


Рисунок 3.7 – Общий вид штампа для калибровки-пробивки:

1 – верхняя плита; 2 – направляющая втулка; 3 – направляющая колонка; 4 – нижняя плита; 5 – подкладная плита; 6 – пуансонодержатель; 7 – матрицедержатель; 8 – втулка выталкивателя; 9 – пуансон-матрица; 10 – пружина; 11 – матрица; 12 – фиксирующее кольцо; 13 – хвостовик; 14 – пуансон пробивки; 15 – подкладная плита; 16 – пуансон-матрица; 17 – матрицедержатель; 18 – винт; 19 – пружина; 20 – плита; 21, 22, 24 – винты; 23 – штифт

Спроектированный штамп для калибровки-пробивки, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: совмещенного действия;
- по характеру работ: для формоизменяющих и разделительных;
- по виду штамповочной операции: для калибровки и пробивки;



- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением.

Штамп для ВУСВК.

Для ВУСВК использован однооперационный штамп, главный вид которого представлен на рисунке 3.8.

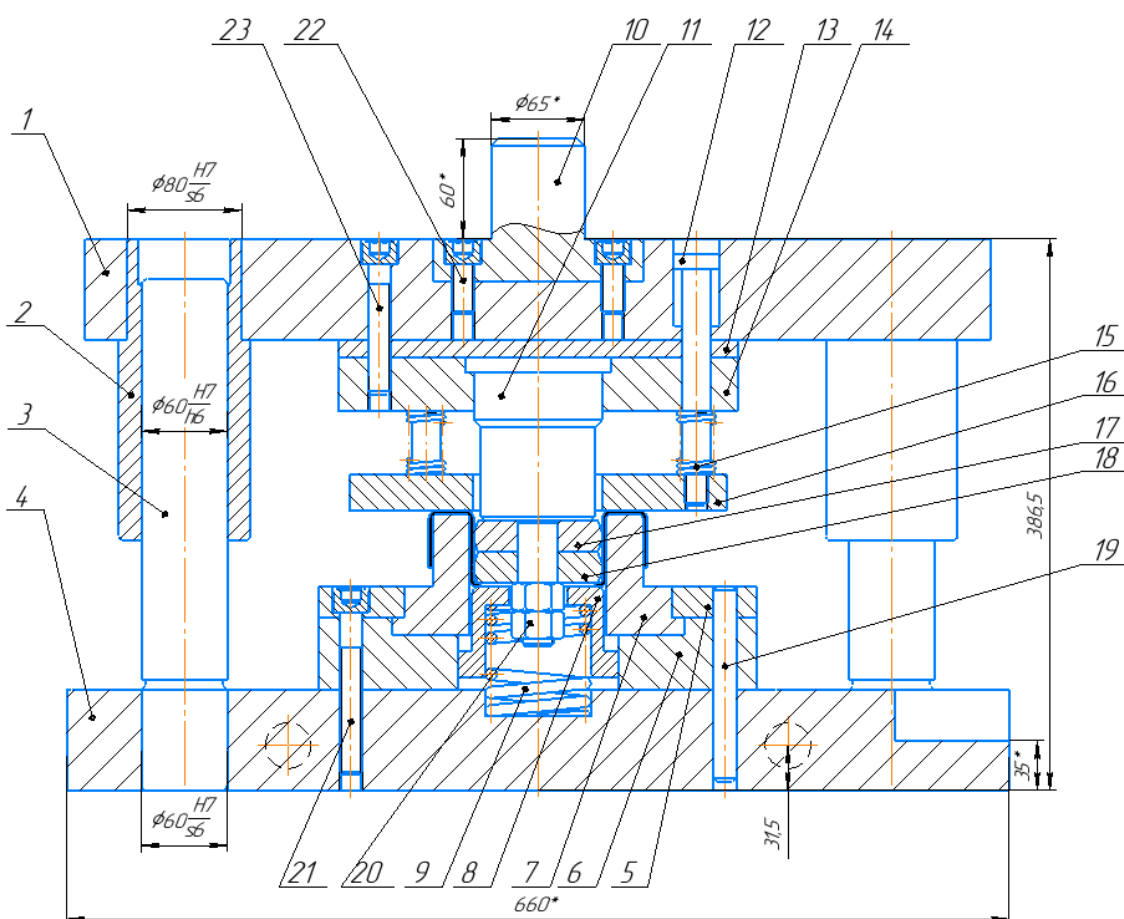


Рисунок 3.8 – Общий вид штампа для ВУСВК:

1 – верхняя плита; 2 – направляющая втулка; 3 – направляющая колонка; 4 – нижняя плита; 5 – кольцо; 6 – матрицедержатель; 7 – матрица; 8 – втулка выталкивателя; 9 – пружина; 10 – хвостовик; 11 – стержень; 12 – винт; 13 – подкладная плитка; 14 – пуансонодержатель; 15 – пружина; 16 – плита; 17, 18 – ролики; 19 – штифт; 20 – гайка; 21, 22, 23 – винты

Стержень 11, на котором установлены верхний 17 и нижний 18 ролики, крепится к верхней плите штампа 1 с помощью пуансонодержателя 14. От ползуна пресса усилие передается на верхнюю плиту, на которой закреплен хвостовик 10 для установки штампа относительно оси ползуна пресса. Заготовка подается на матрицу 7, которая крепится к нижней плите 4 на матрицедержателе 6 с помощью крепежного кольца 5. Таким образом движение верхней плиты 1 вызывает движение пуансона с двумя плавающими роликами, который производит вытяжку с утонением стенки. При движении верхней плиты вниз пружины 15, установленные на колонках 12, сжимаются, воздействуя на плиту 16, которая выступает в роли съемника. Соосность пуансона и матрицы достигается при помощи направляющих колонок 3, которые перемещаются внутри втулок 2. При обратном движении ползуна сжатая пружина 9 выталкивает заготовку из полости матрицы с помощью втулки выталкивателя 8.

Спроектированный штамп ВУСВК, классифицирован следующим образом:

- по виду исходной заготовки: для листовой штамповки;
- по способу действия: простого действия;
- по характеру работ: для формоизменяющих;
- по виду штамповочной операции: для вытяжки с утонением стенки;
- по типу направляющих устройств: с цилиндрическими направляющими колонками и втулками;
- по способу подачи заготовки: ручная;
- по способу удаления заготовки: с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением.

Чертежи штамповой оснастки и рабочего инструмента представлены в приложении В.

### 3.4 Расчет на прочность рабочего инструмента

Расчет пуансонов вырубки и пробивки на прочность произведен из условия смятия поверхности головки:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_{\text{п.в(п)}}}{F_{\text{п.в(п)}}} \leq [\sigma_{\text{см}}], \quad (69)$$

где  $P_{\text{п.в(п)}}$  – усилие вырубки (пробивки), Н;

$F_{\text{п.в(п)}}$  – площадь поверхности головки пуансона;

$[\sigma_{\text{см}}]$  – допускаемое напряжение смятия,  $[\sigma_{\text{см}}] = 100$  МПа для стали У8А [7].

Расчет на прочность пуансонов вытяжки произведен из условия сжатия:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{п.выт}}}{F_{\text{п.выт}}} \leq [\sigma_{\text{сж}}], \quad (70)$$

где  $P_{\text{п.выт}}$  – усилие вытяжки;

$F_{\text{п.выт}}$  – площадь поперечного сечения рабочей части пуансона вытяжки;

$[\sigma_{\text{сж}}]$  – допустимое напряжение сжатия, для стали ХВГ  $[\sigma_{\text{сж}}] = 1400$  МПа [7].

Результаты расчета на прочность пуансонов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета на прочность пуансонов

Операция	Усилие $P_{\text{п.выт}}, (P_{\text{п.в(п)}}),$ кН	Площадь $F_{\text{п.выт}},$ мм <sup>2</sup>	Напряжение сжатия $\sigma_{\text{сж}},$ (смятия $\sigma_{\text{см}}),$ МПа	Результат
Вырубка	1273,0	510700	25	Разрушение не произойдет
Вытяжка 1	483,5	153900	31	–//–
Вытяжка 2	340,4	8171	42	–//–
Вытяжка 3	135,1	6362	21	–//–
Обратная вытяжка	350,7	9733	36	–//–
Пробивка	397,7	5037	79	–//–
ВУСВК	45,8	707	64	–//–

По результатам расчета пуансонов на прочность выявлено, что ни один из них не разрушится.

Расчет матриц на прочность произведен из условия растяжения:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p], \quad (71)$$

где  $\sigma_p$  – растягивающее напряжение в тангенциальном направлении;  
 $[\sigma_p]$  – допустимое напряжение на разрыв,  $[\sigma_p] = 450$  МПа для стали ХВГ [7].

Растягивающие напряжения на внутренней и внешней поверхностях соответственно определены по формулам:

$$\sigma_{p(\text{вн})} = q * \frac{1 + n^2}{1 - n^2} \quad (72)$$

$$\sigma_{p(\text{нр})} = q * \frac{2n^2}{1 - n^2} \quad (73)$$

где  $q$  – внутреннее давление в матрице;  
 $n$  – отношение диаметров матрицы.

Отношение диаметров матрицы  $n$  определено по формуле:

$$n = \frac{D_{\text{внт}}}{D_{\text{внш}}}, \quad (74)$$

где  $D_{\text{внт}}$  – внутренний диаметр;  
 $D_{\text{внш}}$  – внешний диаметр матрицы.

Внутреннее давление определено по формуле:

$$q = \frac{0,3 * P_M}{0,5 * \pi * H_M * D_{\text{внт}}}, \quad (75)$$

где  $P_M$  – усилие, действующее на матрицу, Н.

$H_M$  – высота матрицы.

Результаты расчета на прочность матриц приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчета на прочность матриц

Операция		$P_M$ , кН	$D_{внт}$ , мм	$D_{внш}$ , мм	n	H, мм	$\sigma_{p(вн)}$ , МПа	$\sigma_{p(нр)}$ , МПа	Результат
Вырубка		1273,0	256	320	0,80	56	76	59	Разрушение не произойдет
Вытяжка 1		483,5	146	280	0,50	53	20	8	--
Вытяжка 2		340,4	108	193	0,53	69	16	7	--
Вытяжка 3		135,1	96	192	0,47	68	7	2	--
Обр. вытяжка	Пуансон-матрица	350,7	96	147	0,65	99	37	20	--
	Матрица		147	242	0,61	54	17	10	--
Пробивка		397,7	5037	90	0,89	70	115	102	--
ВУСВК		45,8	707	90	0,33	44	8	2	--

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были рассмотрены и проанализированы 2 способа изготовления детали «Вкладыш». Разработан технологический процесс, который включает в себя: две разделительные операции – вырубка, пробивка, совмещенная с калибровкой; пять формоизменяющих операций – три последовательные прямые вытяжки с прижимом, обратная вытяжка и вытяжка с утонением стенки по внутреннему контуру. Разработанный технологический процесс позволил:

- снизить количество формоизменяющих операций за счет внедрения комбинированных процессов;
- обеспечить необходимый ступенчатый внутренней рельеф
- обеспечить необходимую точность размеров и показатели шероховатости поверхности.

Рассчитаны технологические параметры процессов вырубки, вытяжки и пробивки, по результатам которых выбрано подходящее прессовое оборудования.

Спроектирована штамповая оснастка для изготовления детали «Вкладыш» по новой технологии. Всего спроектировано семь штампов, в основе которых лежит схема штампов с направляющими устройствами.

Для операций вырубки, ВУСВК, первой и обратной вытяжек использованы однооперационные штампы простого действия с цилиндрическими направляющими колонками и втулками.

Для последующих вытяжек использованы однооперационные штампы со сменным комплектом рабочего инструмента с цилиндрическими направляющими колонками и втулками.

Для калибровки и пробивки отверстия использован комбинированный штамп совмещенного действия с цилиндрическими направляющими колонками и втулками.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Постановление Правительства РФ от 14 июля 2014 г. № 656 «Об установлении запрета на допуск отдельных видов товаров машиностроения, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
- 2 Конвейерные ролики улучшенной конструкции: информ. журн. ОАО «Завод ПИРС», №3, 2001.
- 3 Шевельков В.В., Былеев А.С., Корж Г.А. Основы проектирования технологических операций холодной листовой штамповки. Методические указания и справочные материалы для студентов машиностроительных специальностей. – Псков: Изд. ППИ, 2011. – 86 с.
- 4 Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: учебное пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. 487 с.
- 5 ОАО «ТЯЖМАШ». Каталог. Конвейерное оборудование: сайт. – URL:<https://www.tyazhmash.com/products/conveyor-equipment/belt-s/> (дата обращения: 05.04.2020). – Текст: электронный.
- 6 Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. 432с.
- 7 Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1979. 520 с.
- 8 ROLLEX Förderelemente GmbH & Co. Каталог. Общий каталог конвейерных роликов: сайт. – URL:[https://easy-systems.eu/wp-content/uploads/2016/05/rollex\\_konstruktionskatalog\\_en-1.pdf](https://easy-systems.eu/wp-content/uploads/2016/05/rollex_konstruktionskatalog_en-1.pdf) (дата обращения: 23.03.2020). – Текст: электронный.
- 9 Гуменюк Ю.И., Лобов В.А. Повышение качества штампуемых металлических изделий с фланцем на основе использования процесса вытяжки с утонением стенки по внутреннему контуру. Сборник трудов IV ОМНТК «Молодежь. Техника. Космос». – СПб.: БГТУ, 2012. 195-197 с.

- 10 Нестеров Н. И., Киреев О. Л. Технология листовой штамповки: методические указания к выполнению курсового проекта. – СПб.: БГТУ, 2015. 61 с.
- 11 Хесин Г. И. Штампы для листовой штамповки. Расчеты и конструирование – под редакцией Белова В. В и Хесина Г. И. – 292с.
- 12 Шпунькин Н. Ф., Типалин С. А, Афанасьева Н. И. – Расчет технологических параметров листовой штамповки осесимметричных деталей: учебное пособие по курсу «Технология листовой штамповки» – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 139 с.
- 13 Проскуряков В.Г., В.Н. Романов, А.Н. Исаев. Остаточные напряжения при дорновании отверстий в толстостенных цилиндрах по схемам сжатия и растяжения – М.: Машиностроение, Томск 1984. – 224 с.
- 14 Лобов В. А. Технология изготовления полых фланцевых деталей ответственного назначения вытяжкой с утонением стенки по внутреннему контуру: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.02.09: М., – 2018. – 236 с.
- 15 Белов В. В, Хесин Г. И. Штампы для листовой штамповки. Расчёты и конструирование. Справочник. М.: Машиностроение, 1992 – 292 с.
- 16 Воронцов А. Л. Исследование вытяжки по внутренней поверхности для повышения эффективности изготовления или реновации деталей типа ступенчатых втулок – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». –2011. 87- 101 с.
- 17 Каталог. Прессы однокривошипные открытые простого действия: сайт. – URL:<http://www.bzmp.ru/kuznechno-pressovoe-oborudovanie/pressy-odnokrivoshipnye-otkrytye-prostogo-dejstviya/nenaklonyaemye/seriya-ki/> (дата обращения: 23.03.2020). – Текст: электронный.
- 18 Никитенко В. М., Курганова Ю. А. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1 – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 68 с.



19 Смирнов Г. Д. Проектирование разделительных штампов (в среде «Компас-штамп») Электронные методические указания к лабораторной работе. – Самара.: СГТУ, 2010. – 64 с.

20 Схиртладзе А. Г. Автоматизированное проектирование штампов: учеб. пособие – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 284 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Чертеж детали «Вкладыш»



## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

Маршрутная карта









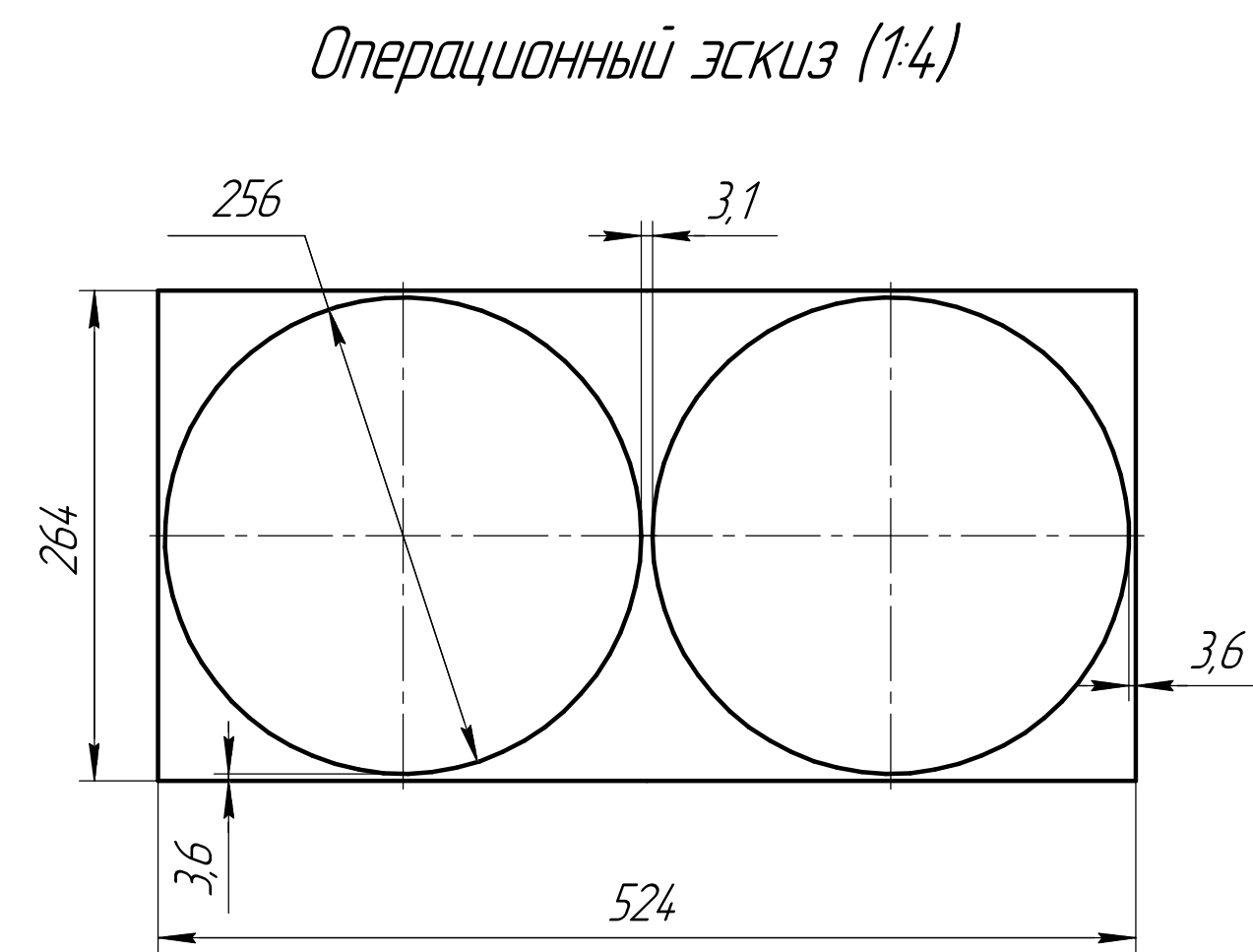
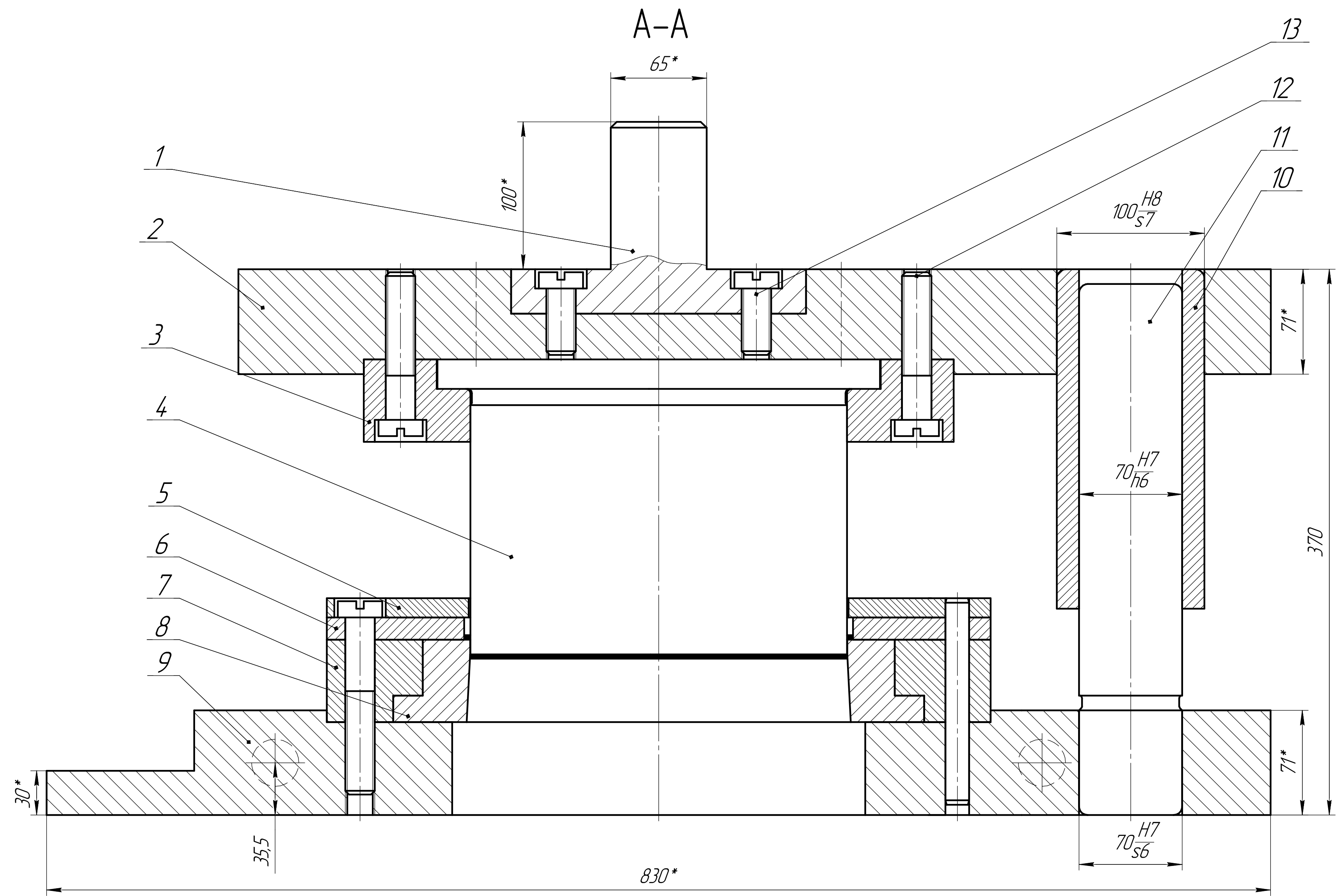




## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

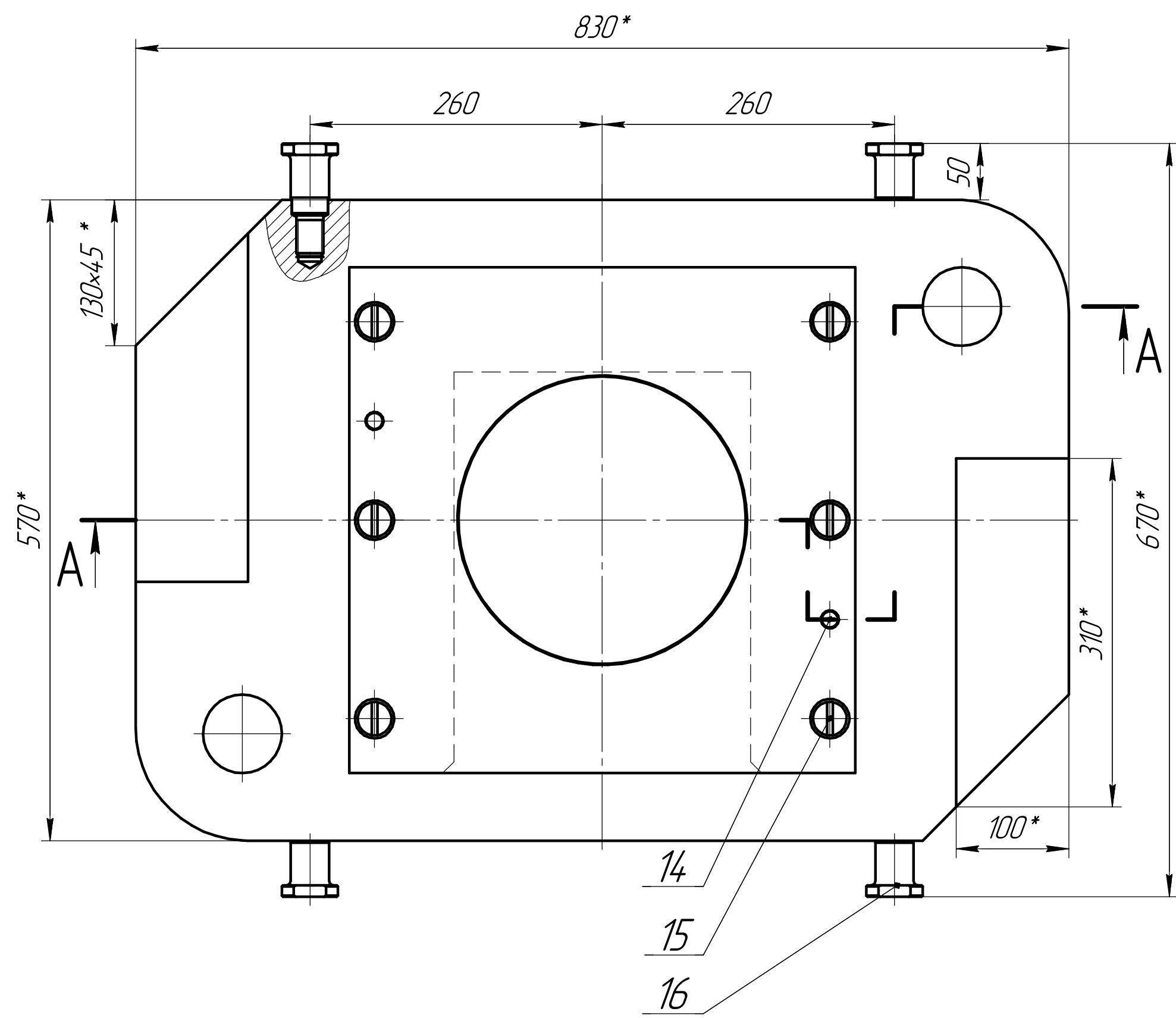
Чертежи штамповой оснастки и рабочего инструмента

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			КП.464.001.001.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1		Хвостовик	1	
		2		Верхняя плита	1	
		3		Пуансонодержатель	1	
A3		4	КП.464.001.004	Пуансон	1	
		5		Съемник	1	
		6		Трафарет	1	
		7		Матрицедержатель	1	
A3		8	КП.464.001.008	Матрица	1	
		9		Нижняя плита	1	
		10		Втулка	2	
		11		Направляющая колонка	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винт В.М20-6дх100-70 ГОСТ 1491-80	8	
		13		Винт В.М20-6дх45-70 ГОСТ 1491-80	4	
		14		Штифт 2.16x140 ГОСТ 3128-70	2	
		15		Винт В.М20-6дх100-70 ГОСТ 1491-80	6	
		16		Штырь 1097-0004 ГОСТ 18816-80	4	
		17		Штифт 2.16x110 ГОСТ 3128-70	2	
			<b>ВКР.464.000.001</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Герасимов К. Д.			Лит.	Лист
Пров.		Лодов. В. А.				Листов
						1
Н.контр.					<b>БГТУ</b>	
Утв.		Нестеров Н. И.				

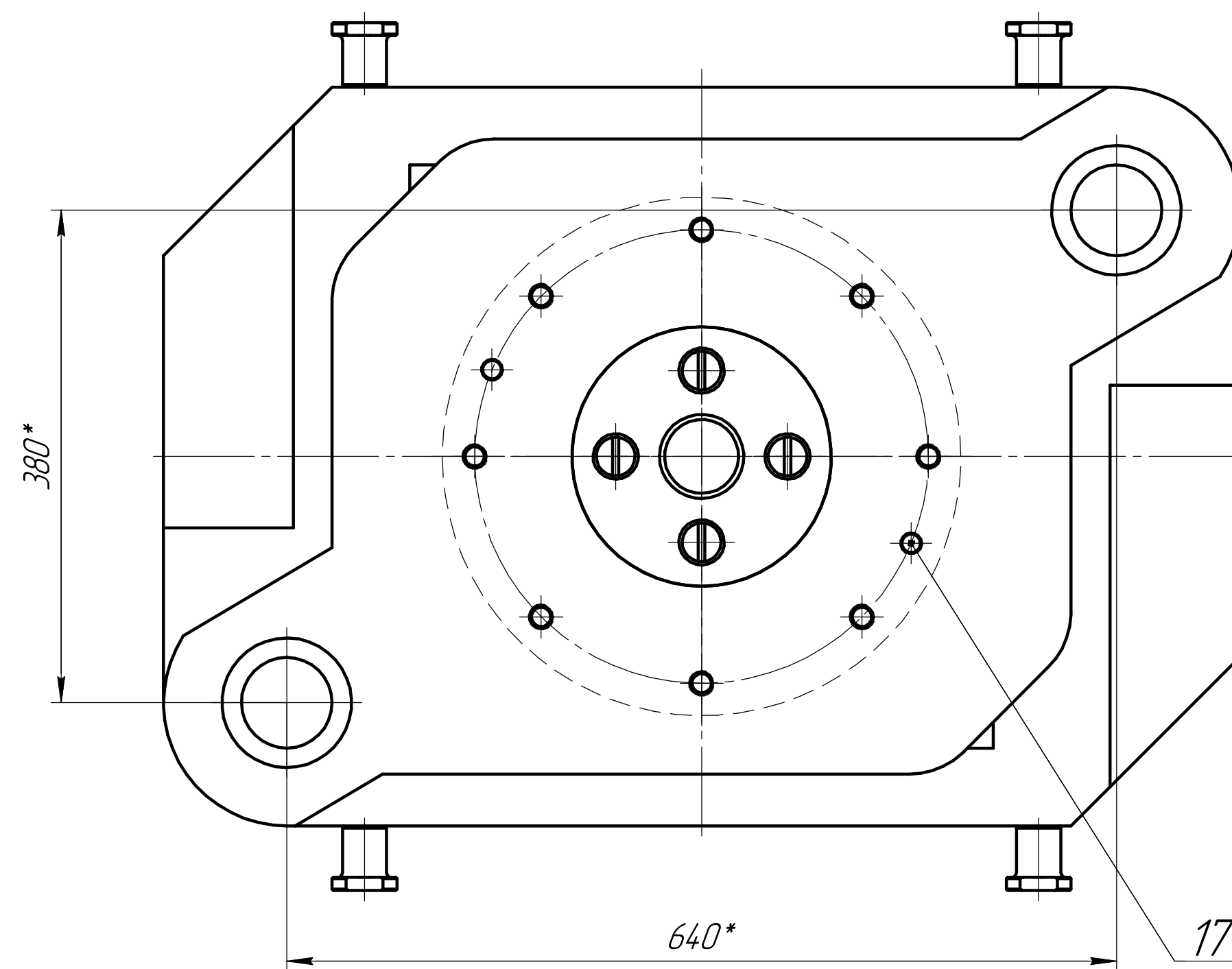


1. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
2. Технологическое усилие 1273 кН
3. Пресс КИ2135 силой 3150 кН

План низа (1:4)



План верха (1:4)



- 1 \*Размеры для справок
- 2 При сборке обеспечить двухсторонний зазор между пуансоном и матрицей z=0,210
- 3 Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
- 4 Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
- 5 Маркировать ударным способом
- 6 Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

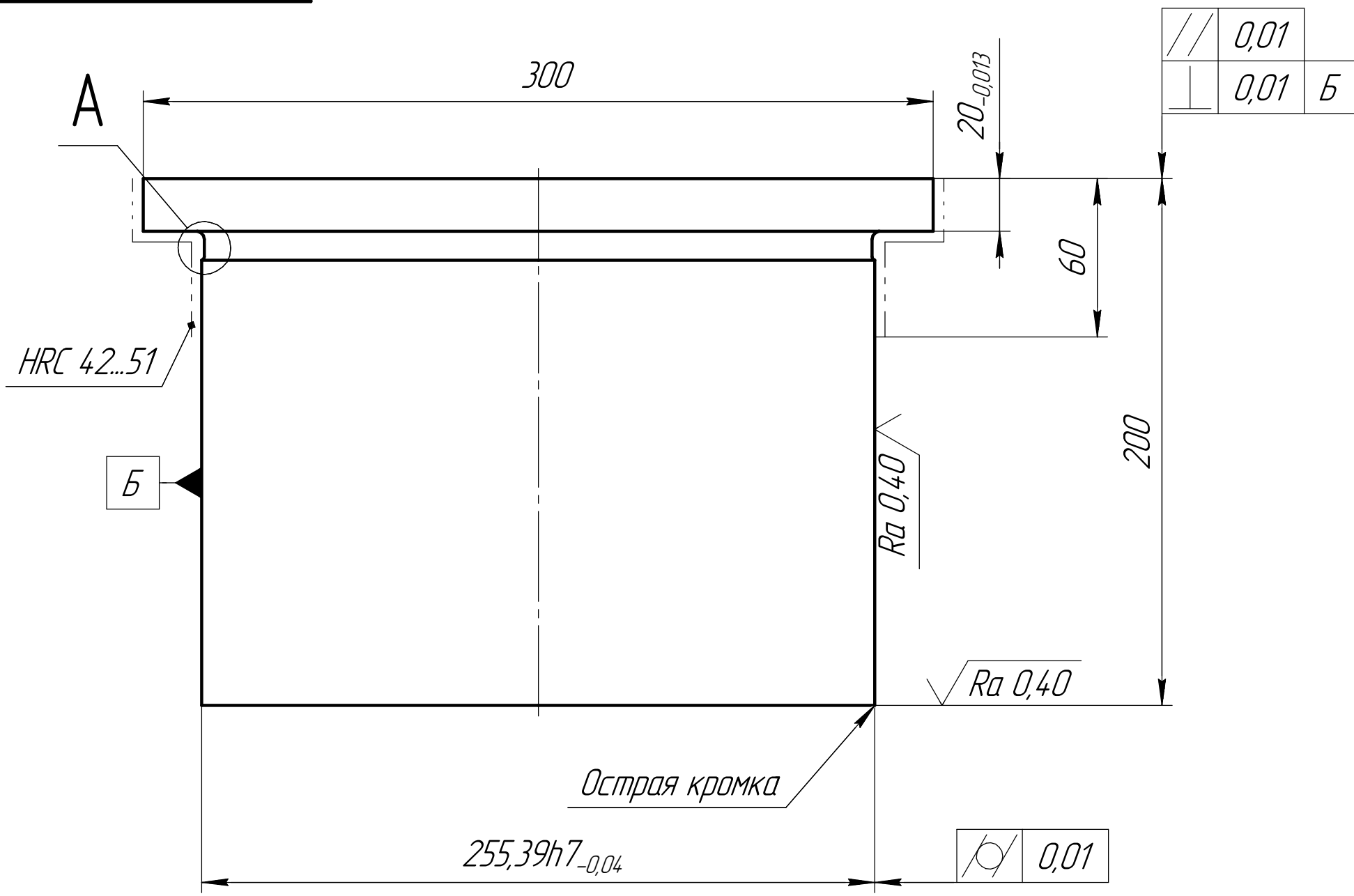
				ВКР.464.000.001.СБ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Уверасимов К. В.				589,21	1,2
Проб.	Лобов В. А.				Лист	Листов
Т. контр.						1
Инж. контр.					БГТУ	
Утв.	Нестеров Н. И.					

Лист № 1  
 План и детали  
 Взам. инв. №  
 Инв. № докум.  
 Справ. №  
 Перв. измен.

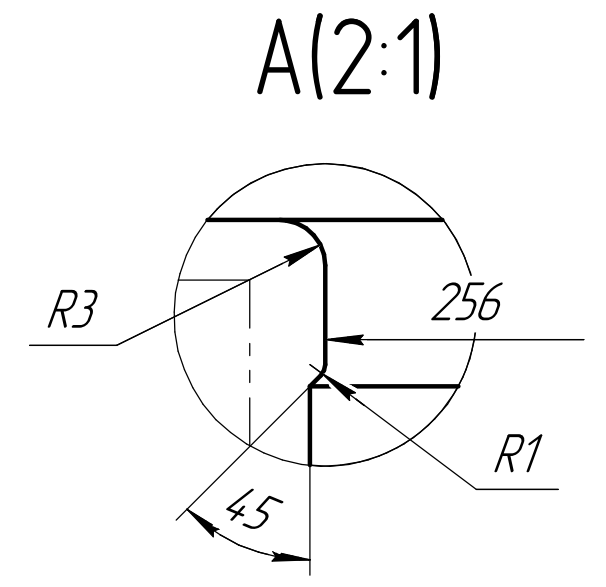
ВКР.464.000.004

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

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



///	0,01	
┴	0,01	Б

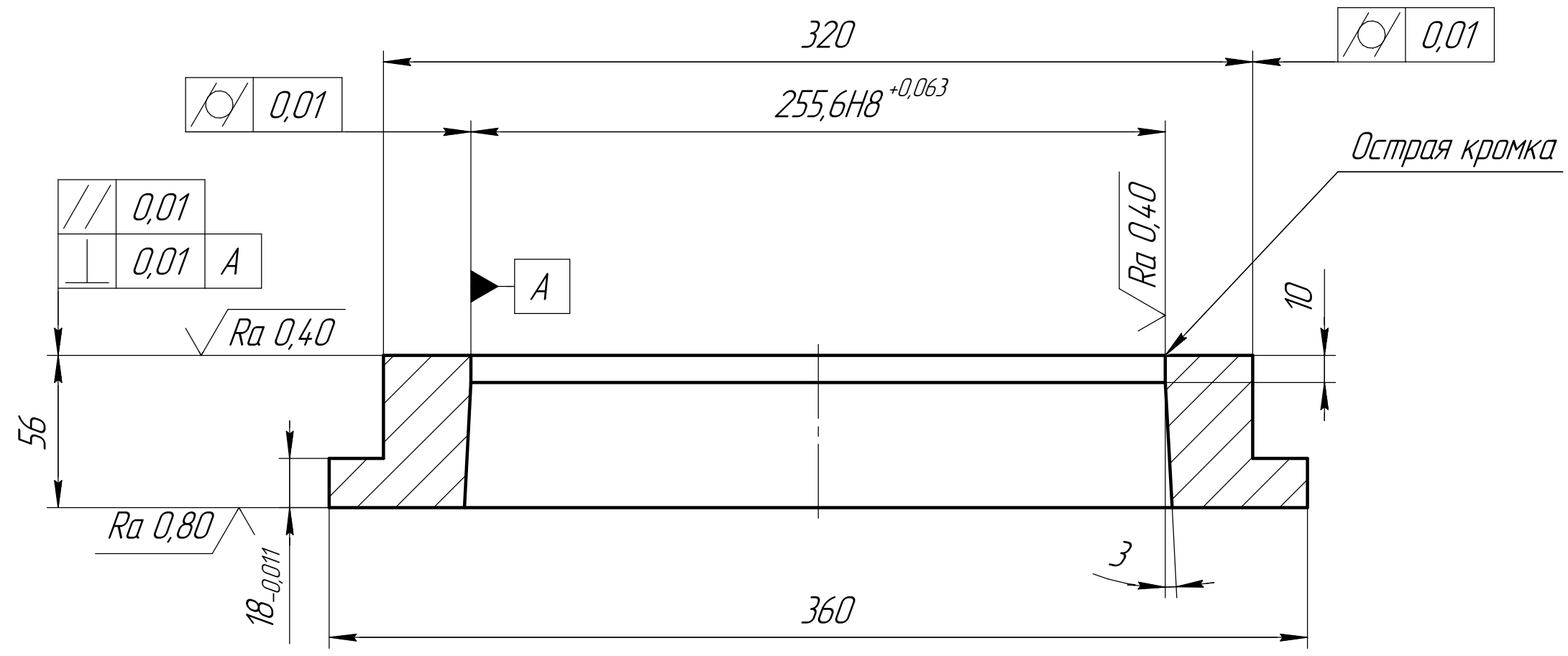


- 1 57...61 HRC
- 2 Неуказанные отклонения по H12, h12,  $\frac{IT12}{2}$
- 3 Острые кромки притупить

					ВКР.464.000.004			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пуансон вырубки	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Герасимов К. Д.					83,49	1:2
Проб.		Лодов В. А.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.					Сталь У8А ГОСТ 1435-99	БГТУ		
Утв.		Нестеров Н. И.			Копировал			Формат А3

ВКР.464.000.008

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



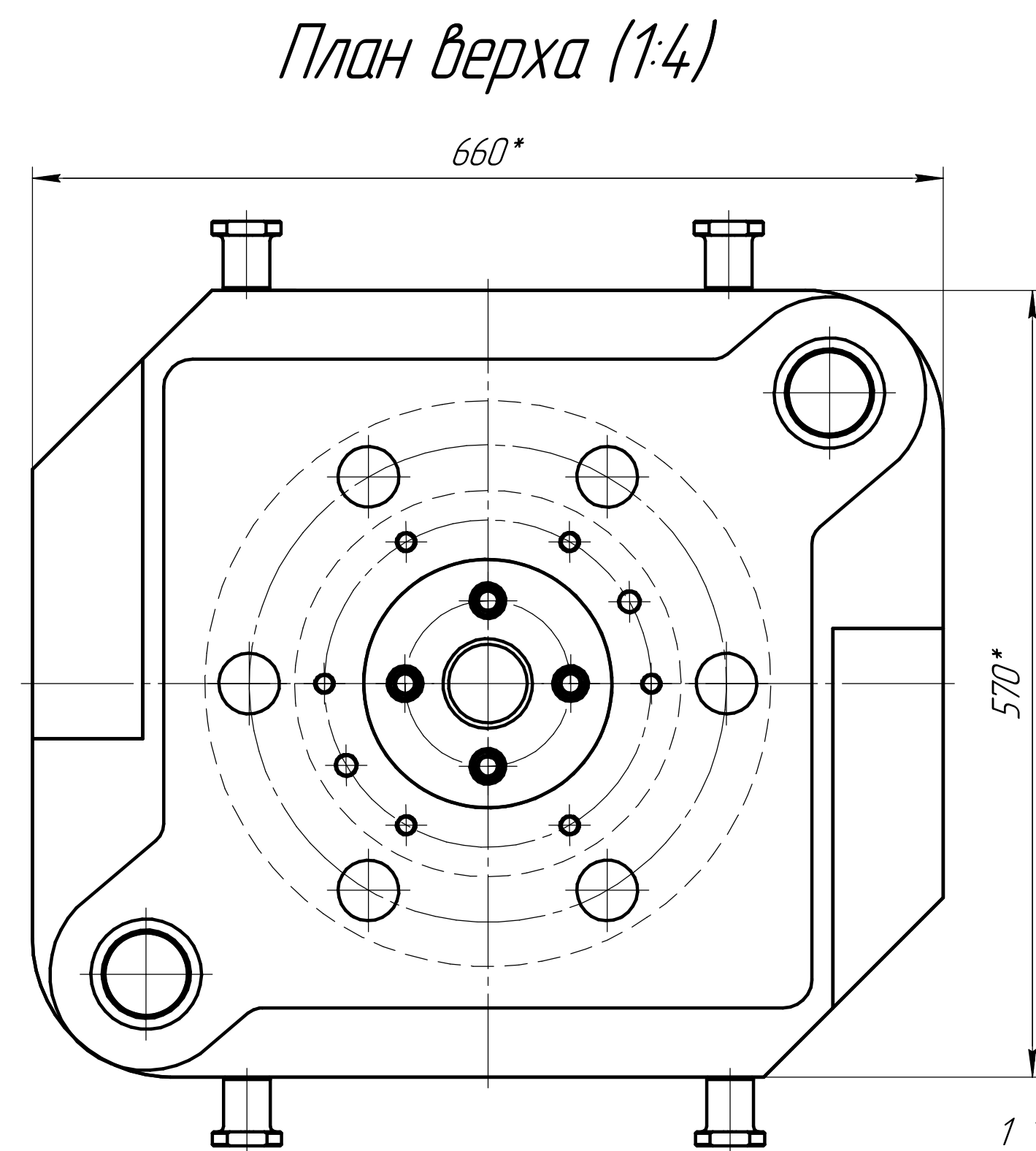
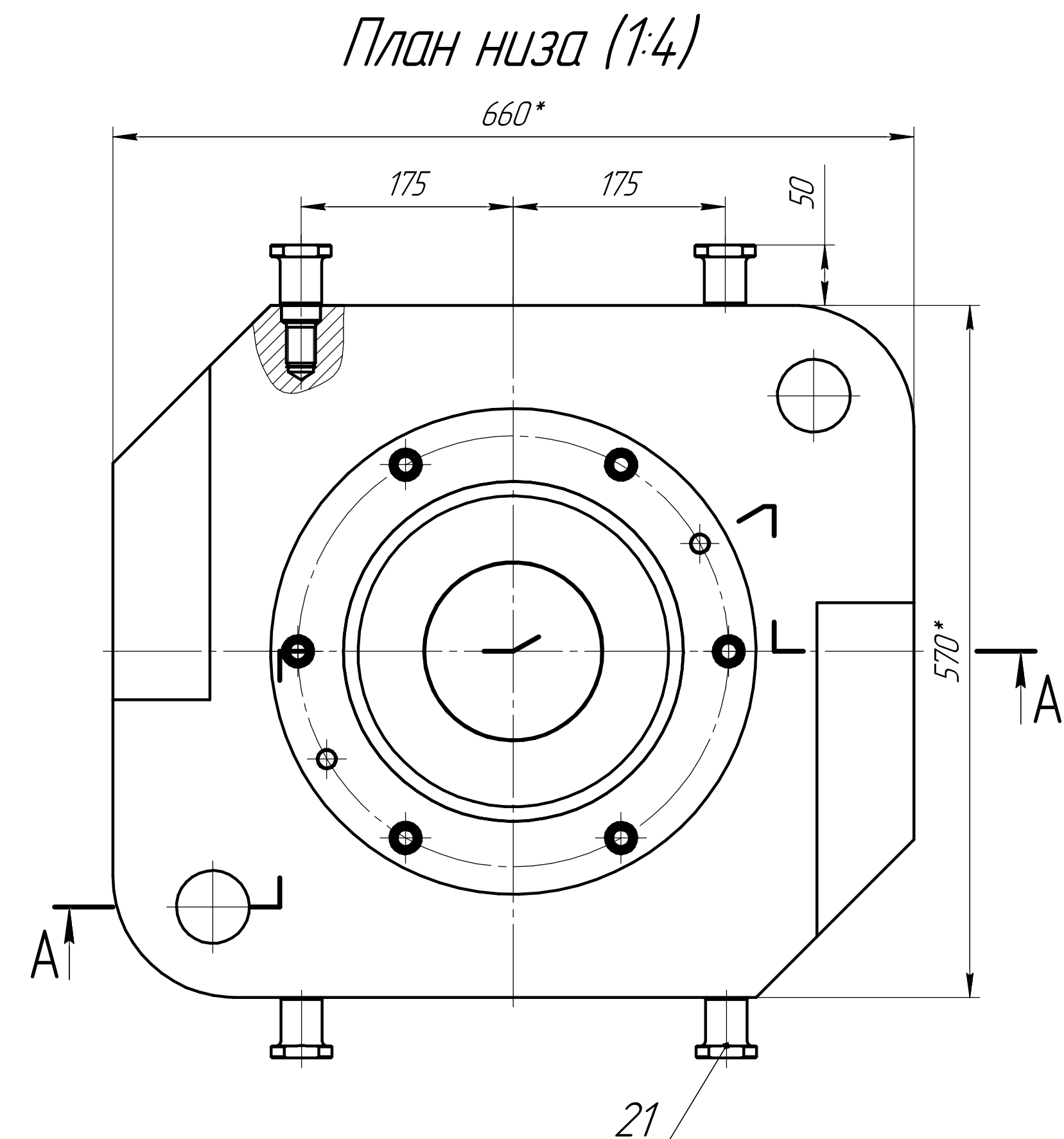
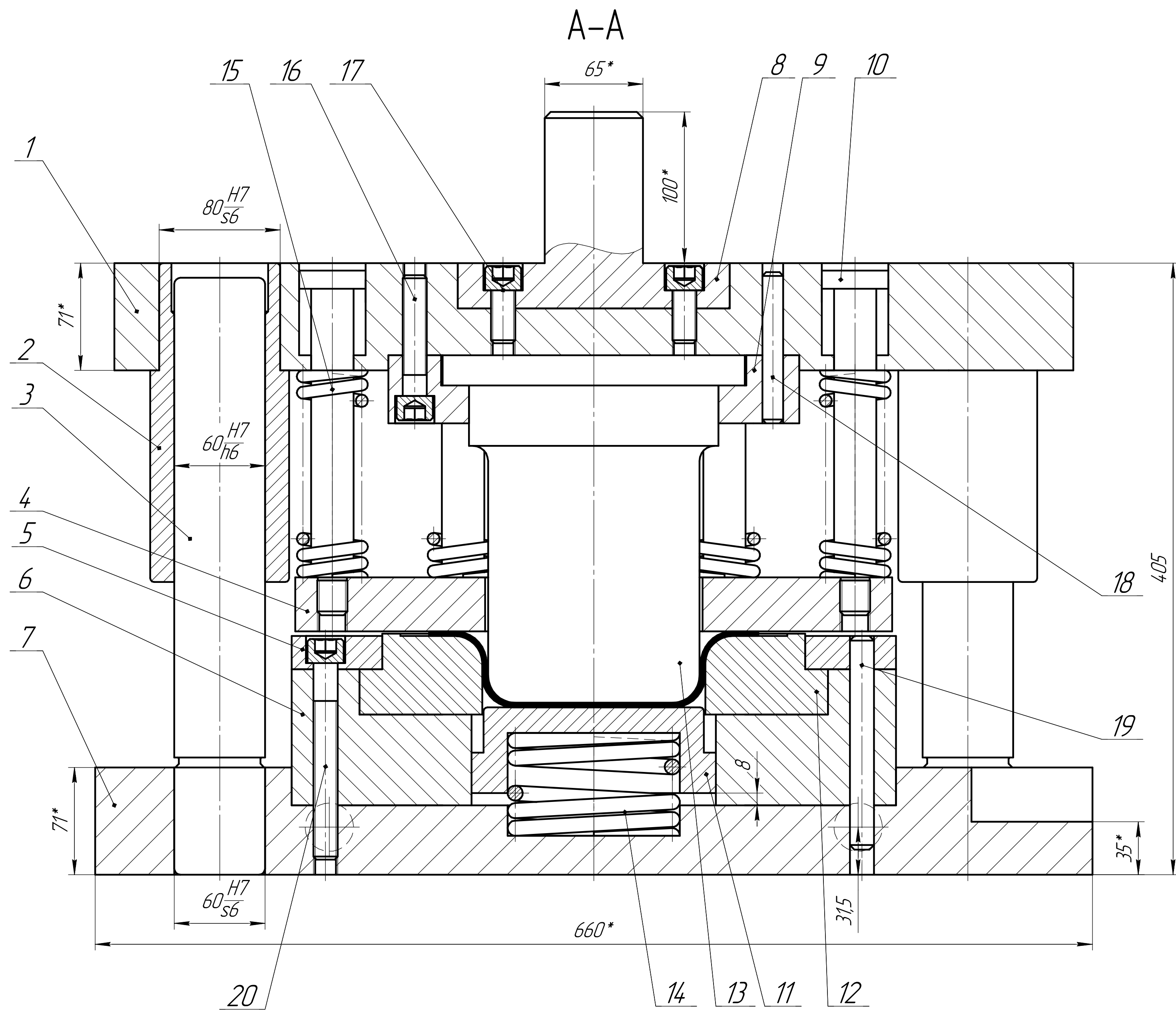
1. 59..63 HRC
2. Неуказанные отклонения по H12, h12,  $\frac{IT12}{2}$
3. Острые кромки притупить

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

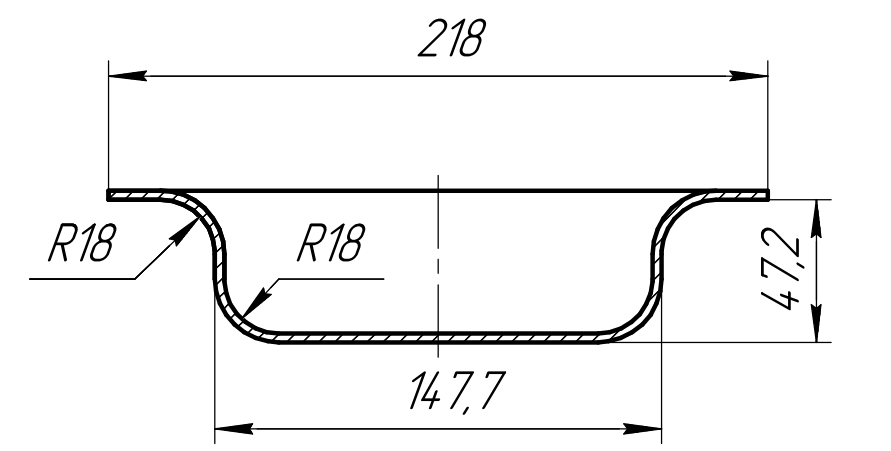
					<b>ВКР.464.000.008</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Матрица вырубки</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Герасимов К. Д.					15,48	1:2
Проб.		Лодов В. А.				Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.					<b>Сталь X12M ГОСТ 5950-2000</b>			
Утв.		Нестеров Н. И.			<b>БГТУ</b>			

Копировал

Формат А3



Операционный эскиз (1:2,5)



1. Материал сталь Ст3сп ГОСТ 380-2005
2. Технологическое усилие 4,83 кН
3. Пресс КИ2135

- 1 \*Размеры для справок
- 2 При сборке обеспечить односторонний зазор между пуансоном и матрицей z=3,9 мм
- 3 Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
- 4 Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
- 5 Маркировать ударным способом
- 6 Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

				ВКР.464.001.001.СБ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
					469	12
Штамповый чертеж 1 Сборочный чертеж					Лист	Листов
						1
					БГТУ	
					Копировал	

Вид, № листа / Подп. и дата / Взам. инв. № / Инв. № докум. / Справ. № / Перв. примен.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			ВКР.464.001.001.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1		Верхняя плита	1	
		2		Втулка	2	
		3		Колонка	2	
		4		Прижимная плита	1	
		5		Фиксирующее кольцо	1	
		6		Матрицедержатель	1	
		7		Нижняя плита	1	
		8		Хвостовик	1	
		9		Пуансонодержатель	1	
		10		Колонка прижима	6	
		11		Выталкиватель	1	
A4		12	ВКР.464.001.012	Матрица вытяжки 1	1	
A4		13	ВКР.464.001.013	Пуансон вытяжки 1	1	
		14		Пружина выталкивателя	1	
		15		Пружина прижима	6	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		16		Винт М16-6дх35 ГОСТ 11738-84	4	
		17		Винт М16-6дх80 ГОСТ 11738-84	6	
			<b>ВКР.464.001.001</b>			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Герасимов К. Д.		
			Пров.	Лодов В. А.		
			Н.контр.			
			Утв.	Нестеров Н. И.		
			<b>Штамп вытяжки 1</b>			Лит.
						Лист
						Листов
						1
						2
						<b>БГТУ</b>



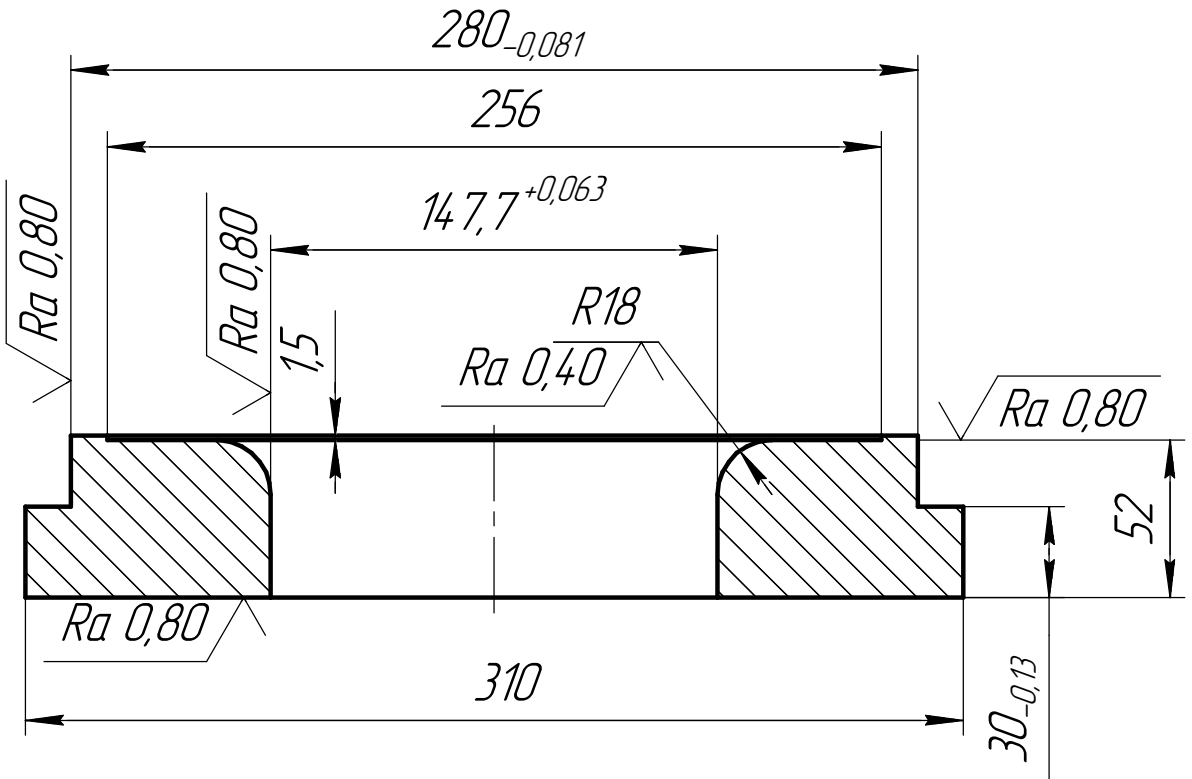


ВКР.464.001.012

$\sqrt{Ra\ 2,5 (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Подп. и дата

Инд. № подл.

ВКР.464.001.012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

Матрица  
вытяжки 1

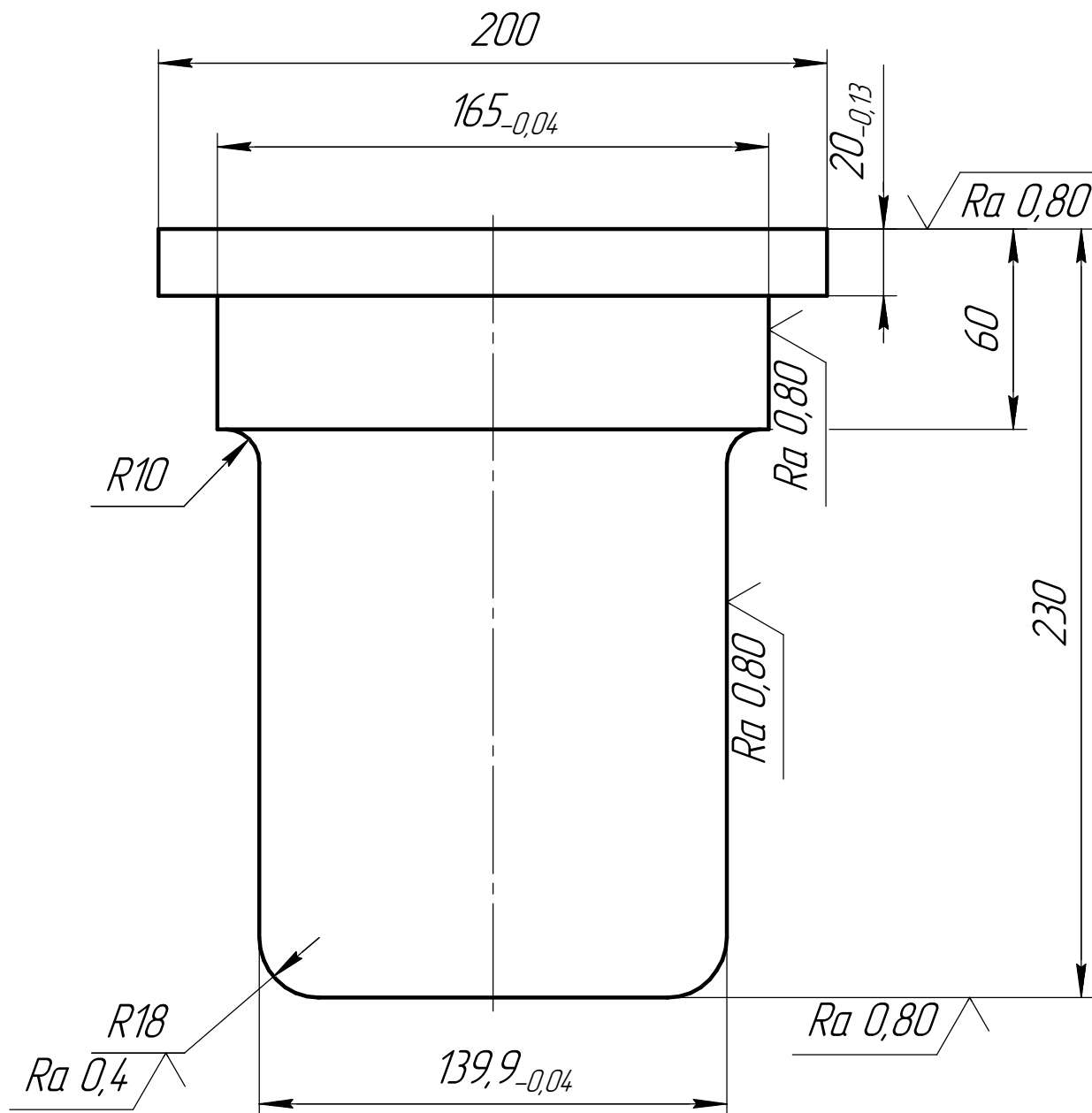
Лит.	Масса	Масштаб
	21,2	1:2,5
Лист	Листов	1

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

БГТУ

ВКР.464.001.013

$\sqrt{Ra\ 2,5}$  ( $\checkmark$ )



1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

ВКР.464.001.013

ПУАНСОН  
ВЫТЯЖКИ 1

Лит.	Масса	Масштаб
	32,01	1:2
Лист	Листов	1

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

БГТУ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

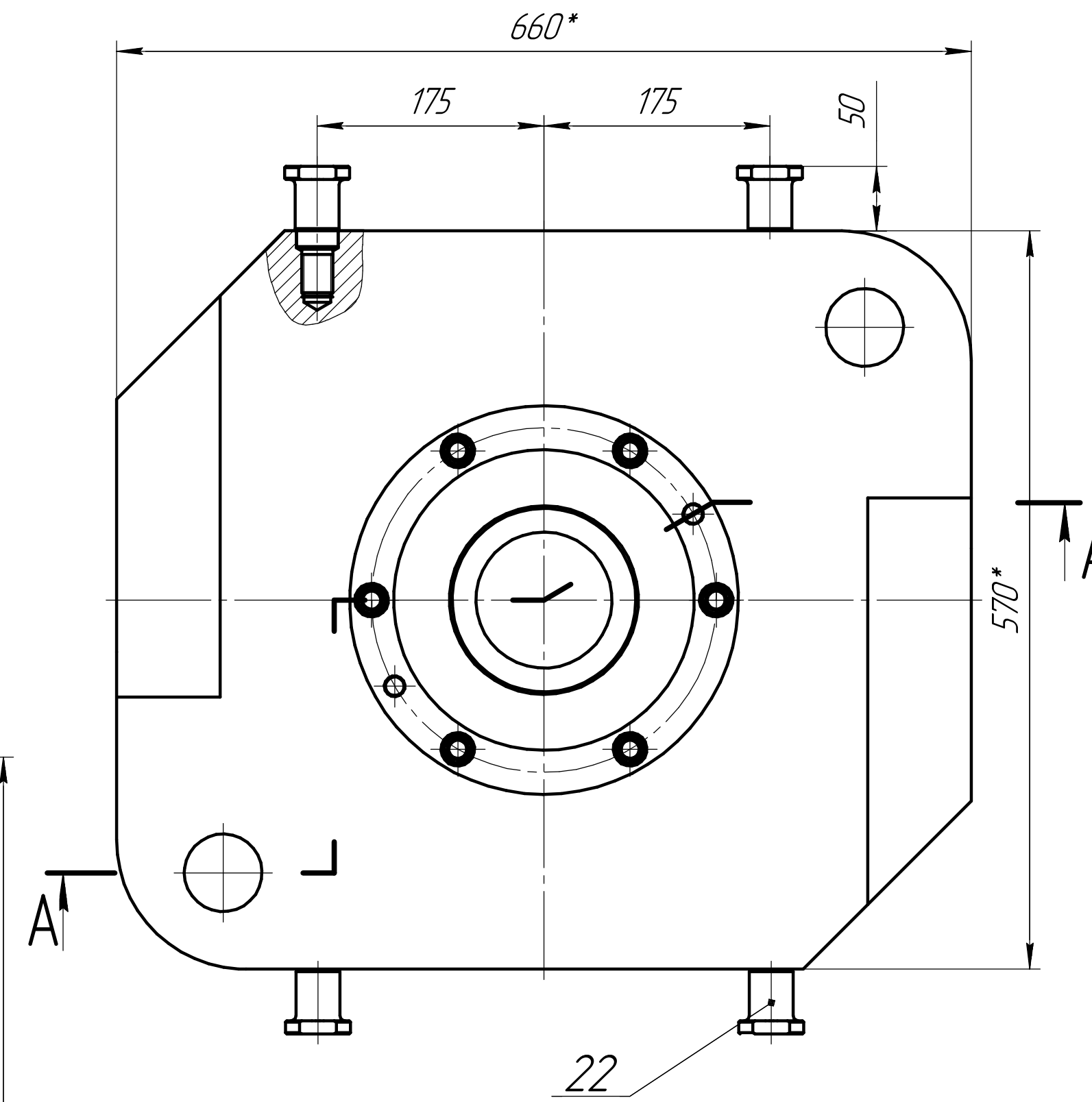
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

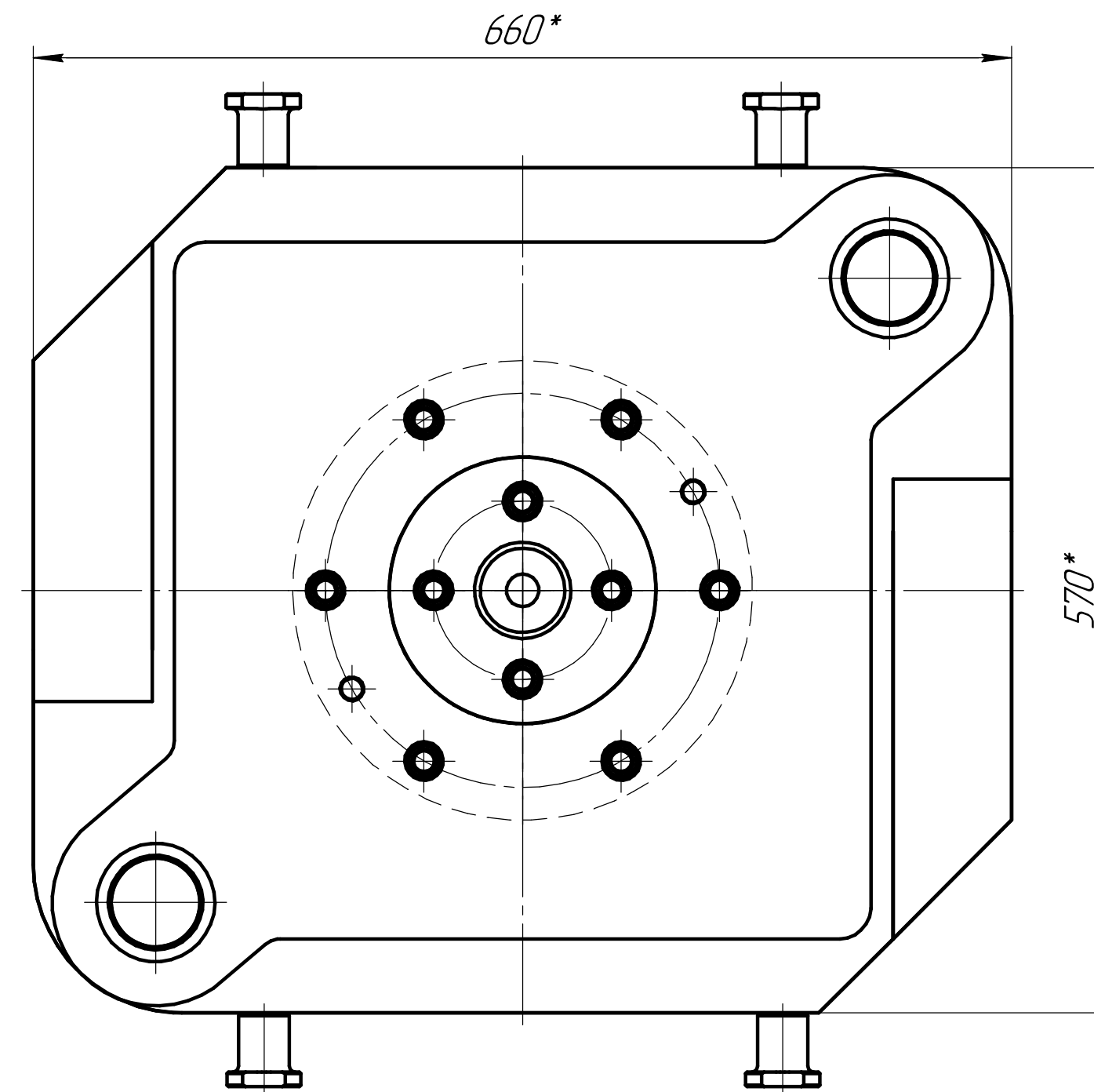




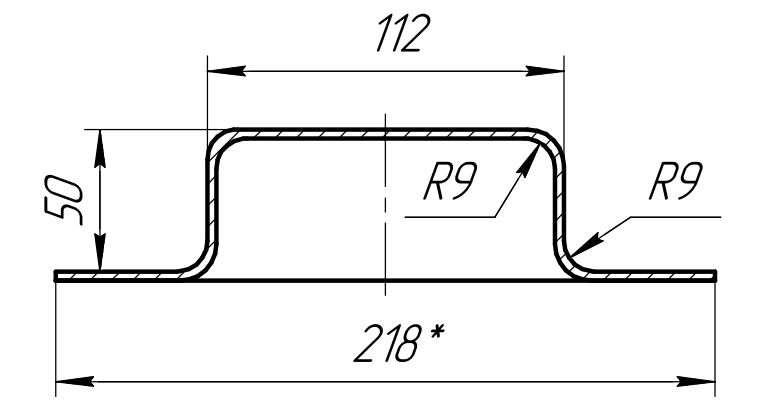
План низа (1:4)



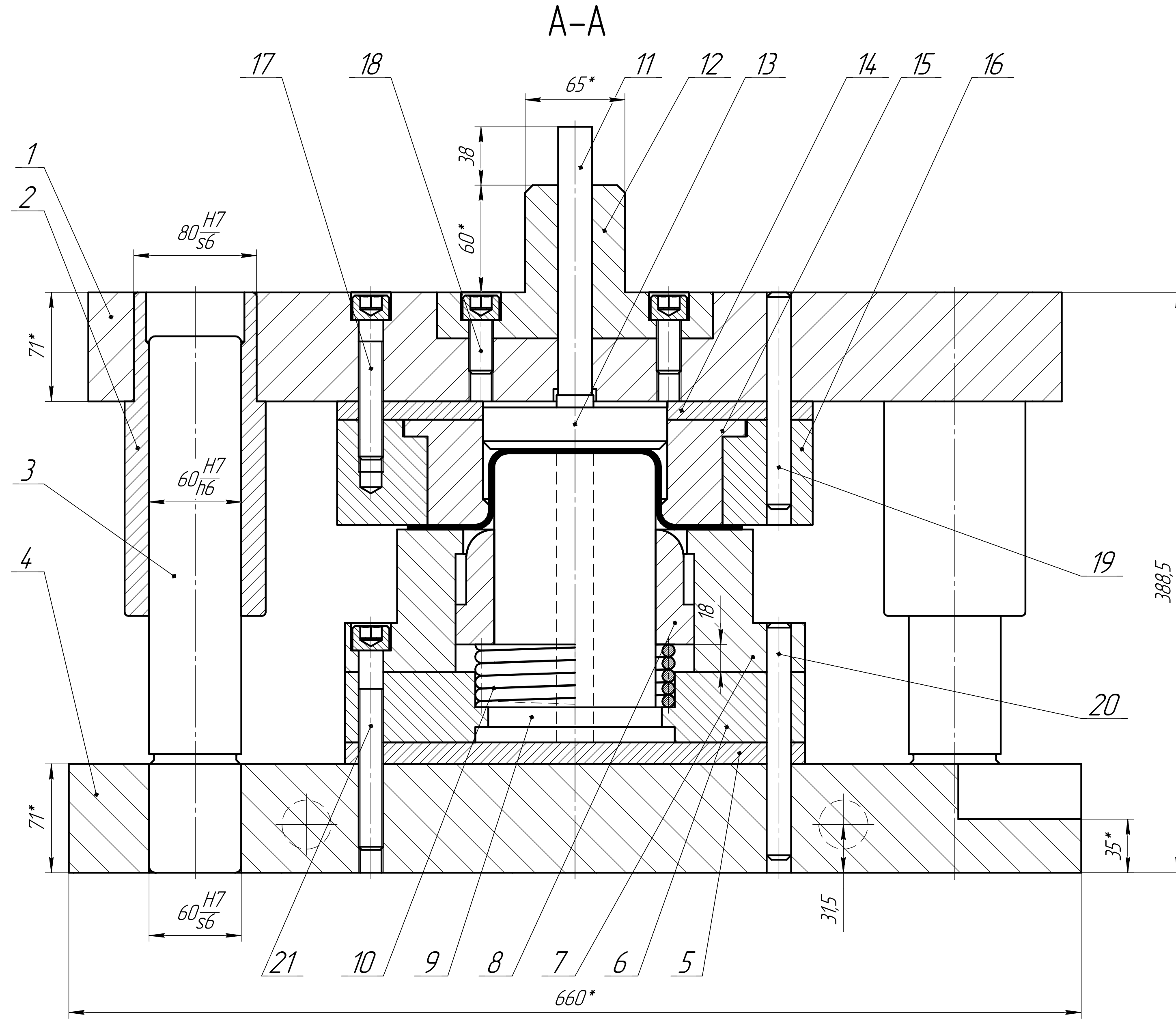
План верха (1:4)



Операционный эскиз (1:2,5)



- 1 \*Размеры для справки
2. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
3. Технологическое усилие 340 кН
4. Пресс КИ2135 силой 3150 кН



- 1 \*Размеры для справок
- 2 При сборке одеспечить односторонний зазор между пуансоном и матрицей z=3,6 мм
- 3 Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
- 4 Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
- 5 Маркировать ударным способом
- 6 Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

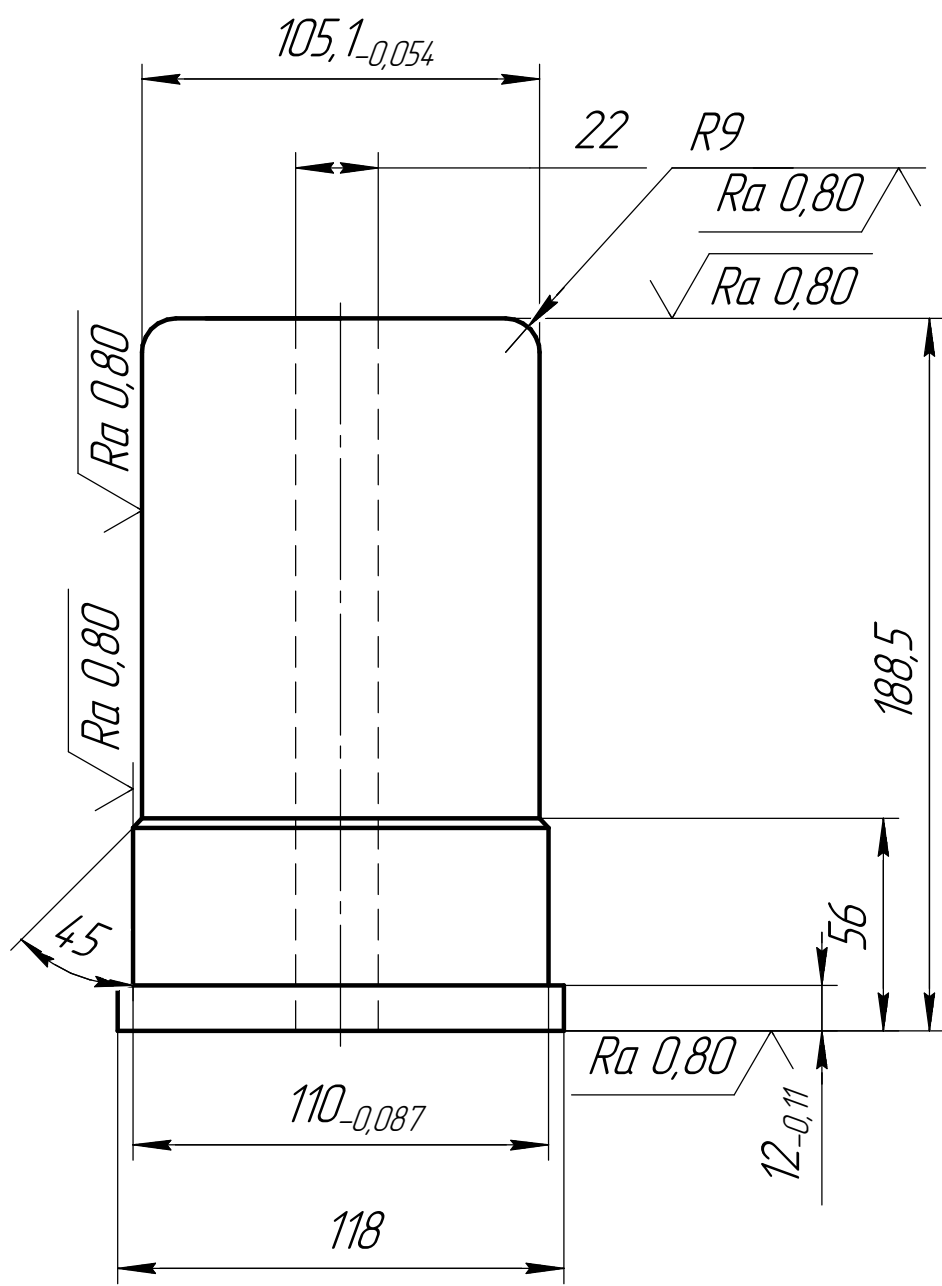
				ВКР.464.002.001.СБ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит	Масса
Разраб.	Лобов В. А.				444	12
Проб.					Лист	Листов
Т.контр.						1
Н.контр.					БГТУ	
Утв.	Нестеров Н.И.				Формат А1	

Лист № 1

Лист № 1

ВКР.464.002.009

$\sqrt{Ra\ 2,5}$  ( $\checkmark$ )



1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Инв. № дробл.  
Взам. инв. №

Подп. и дата  
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

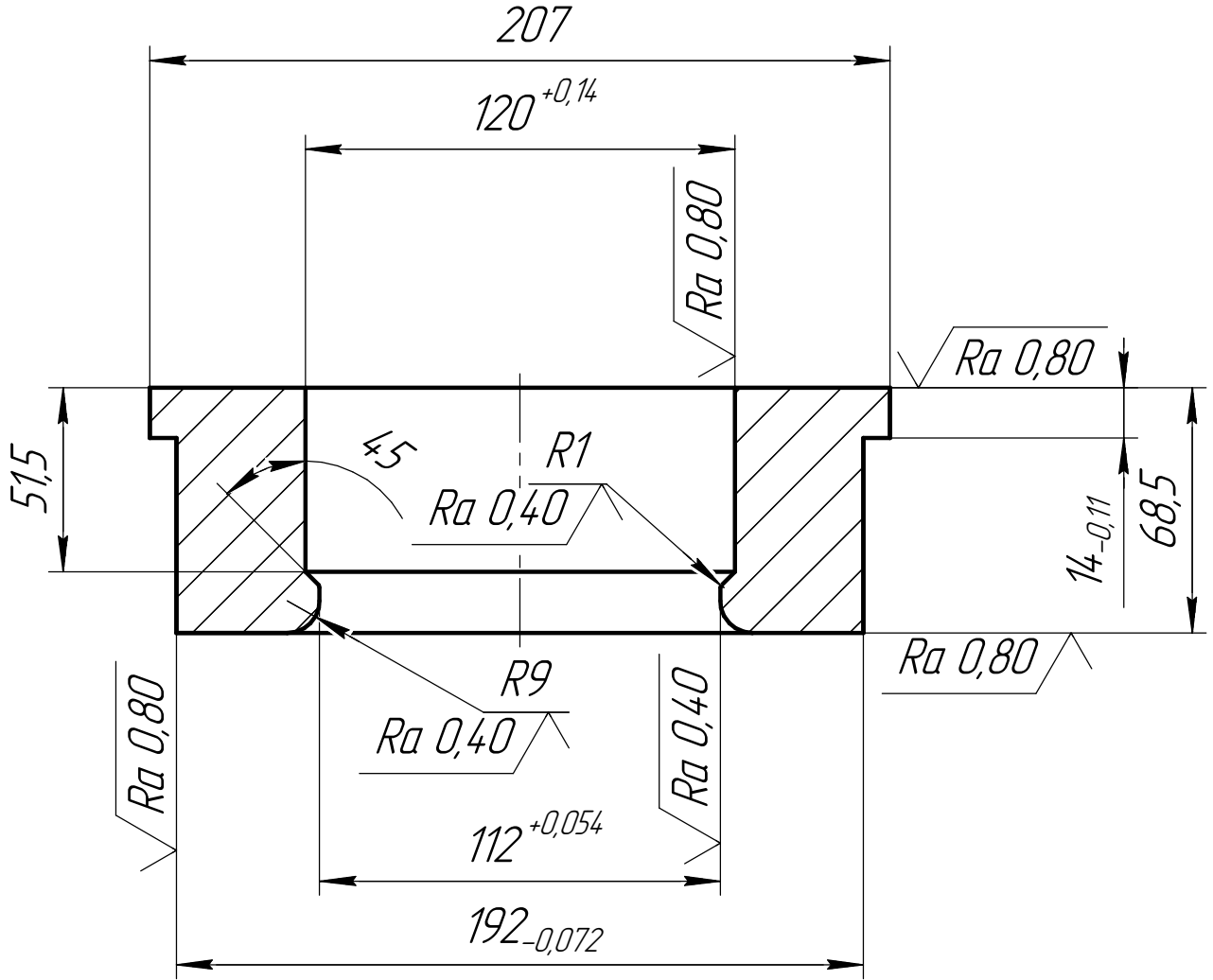
ВКР.464.002.009				
Плансон вытяжки 2		Лит.	Масса	Масштаб
			12,2	1:2
		Лист	Листов	1
Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000		БГТУ		

ВКР.464.002.014

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ВКР.464.002.014

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

Матрица  
вытяжки 2

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

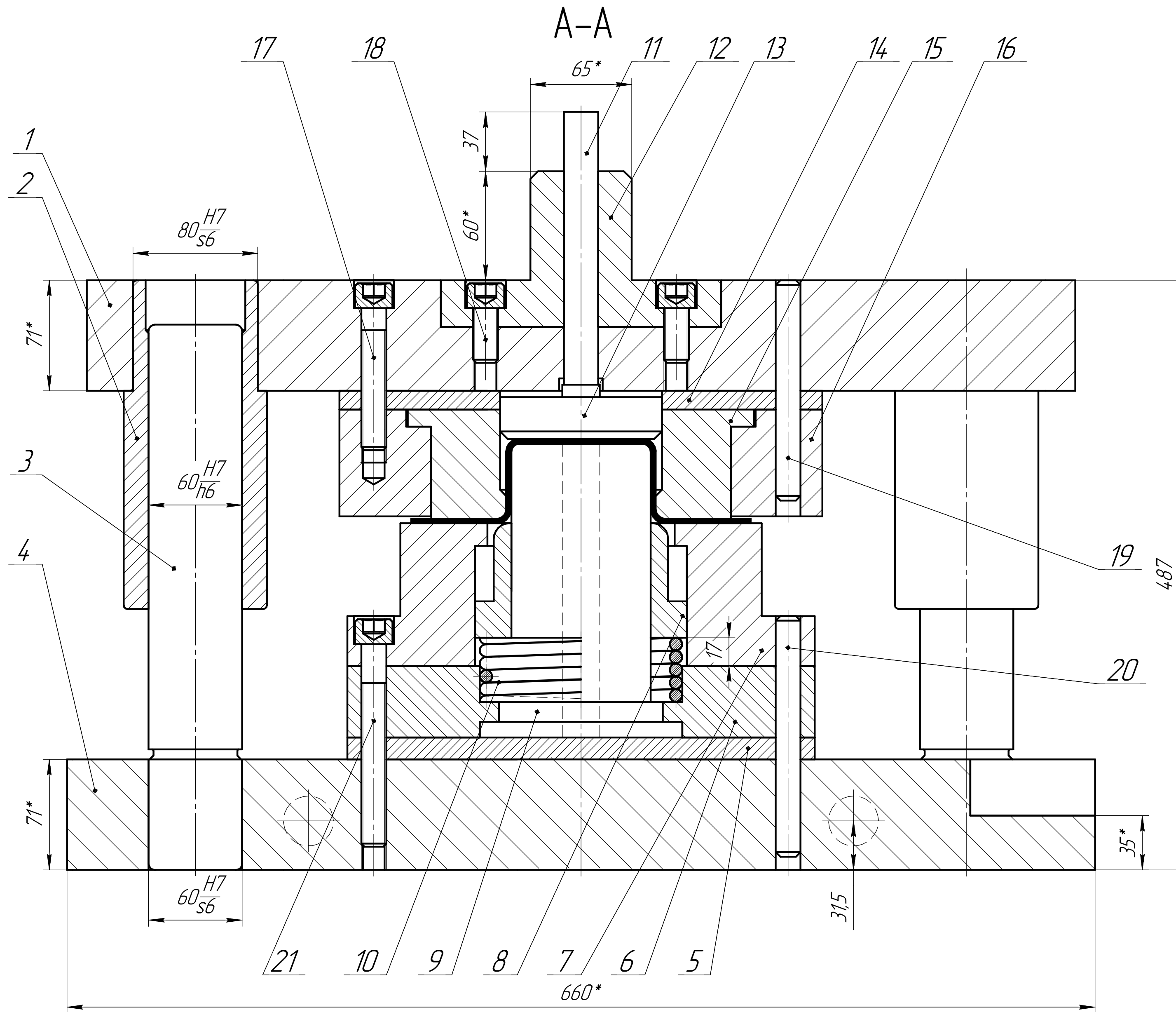
Лит.	Масса	Масштаб
	10,13	1:2
Лист	Листов	1

БГТУ

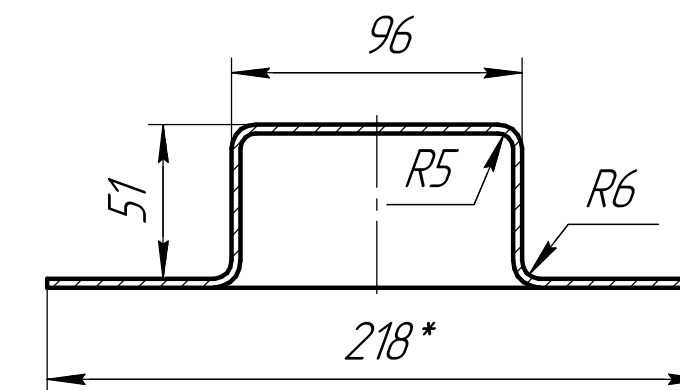


Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			ВКР.464.003.001.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1		Верхняя плита	1	
		2		Втулка	2	
		3		Колонка	2	
		4		Нижняя плита	1	
		5		Нижняя подкладная плита	1	
		6		Пуансонодержатель	1	
		7		Стол	1	
		8		Фиксирующая втулка	1	
		9	ВКР.464.003.009	Пуансон вытяжки 3	1	
		10		Пружина	1	
A4		11		Толкатель	1	
		12		Хвостовик	1	
		13		Выталкиватель	1	
		14		Верхняя подкладная плита	1	
A4		15	ВКР.464.003.015	Матрица вытяжки 3	1	
		16		Матрицедержатель	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		17		Винт М16-6dх90 ГОСТ 11738-84	4	
			<b>ВКР.464.003.001</b>			
Изм. Лист			№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.			Герасимов К. Д.			
Пров.			Лодов В. А.			
Н.контр.						
Утв.			Нестеров Н. И.			
<b>Штамп</b>				Лит.	Лист	Листов
<b>вытяжки 3</b>					1	2
<b>БГТУ</b>						





Операционный эскиз (1:2,5)



1. \*Размеры для справки
2. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
3. Технологическое усилие 135 кН
4. Пресс КИ2135 силой 3150 кН

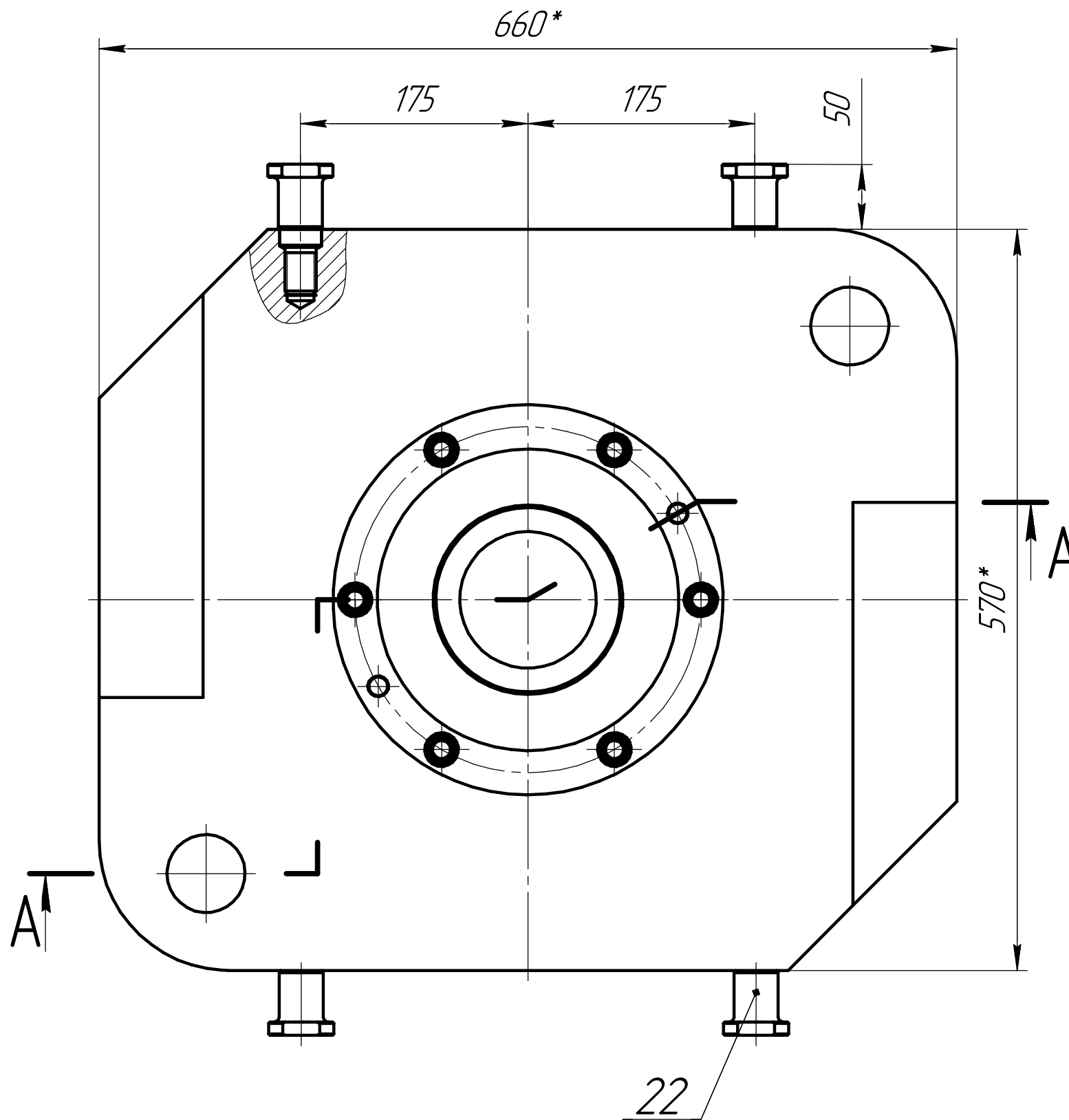
Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Инв. № дробл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

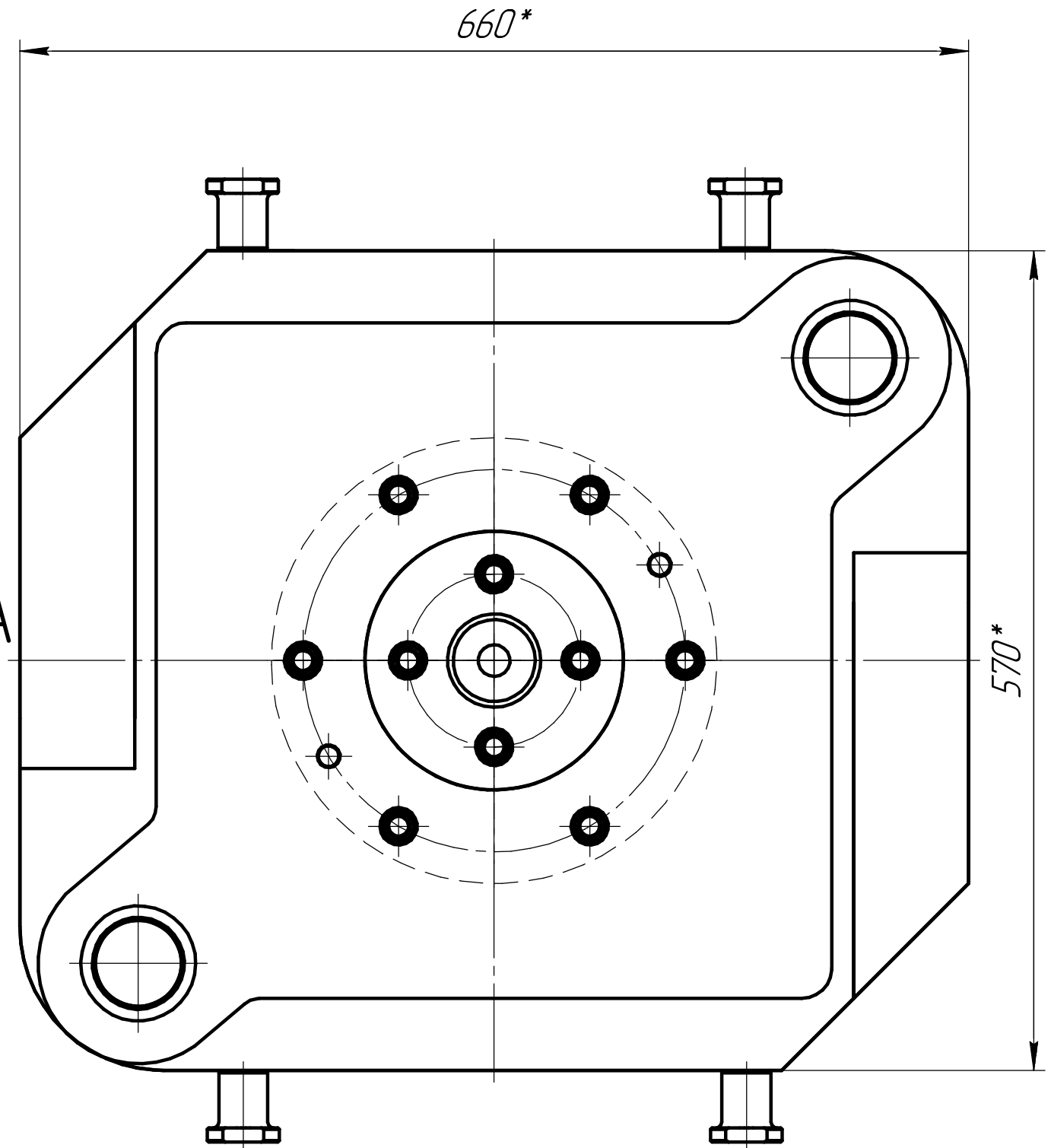
1. \*Размеры для справок
2. При сборке обеспечить односторонний зазор между пуансоном и матрицей z=3,3 мм
3. Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
4. Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
5. Маркировать ударным способом
6. Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

				ВКР.464.003.001.СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Штамп третьей вытяжки Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Герасимов К. Д.					420	1:2
Проб.		Лодов В. А.			Лист	1	Листов	2
Т.контр.					БГТУ			
Н.контр.		Нестеров Н. И.						
Утв.								

План низа (1:4)



План верха (1:4)



Инд. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	Инв. № дцкл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР.464.003.001.СБ

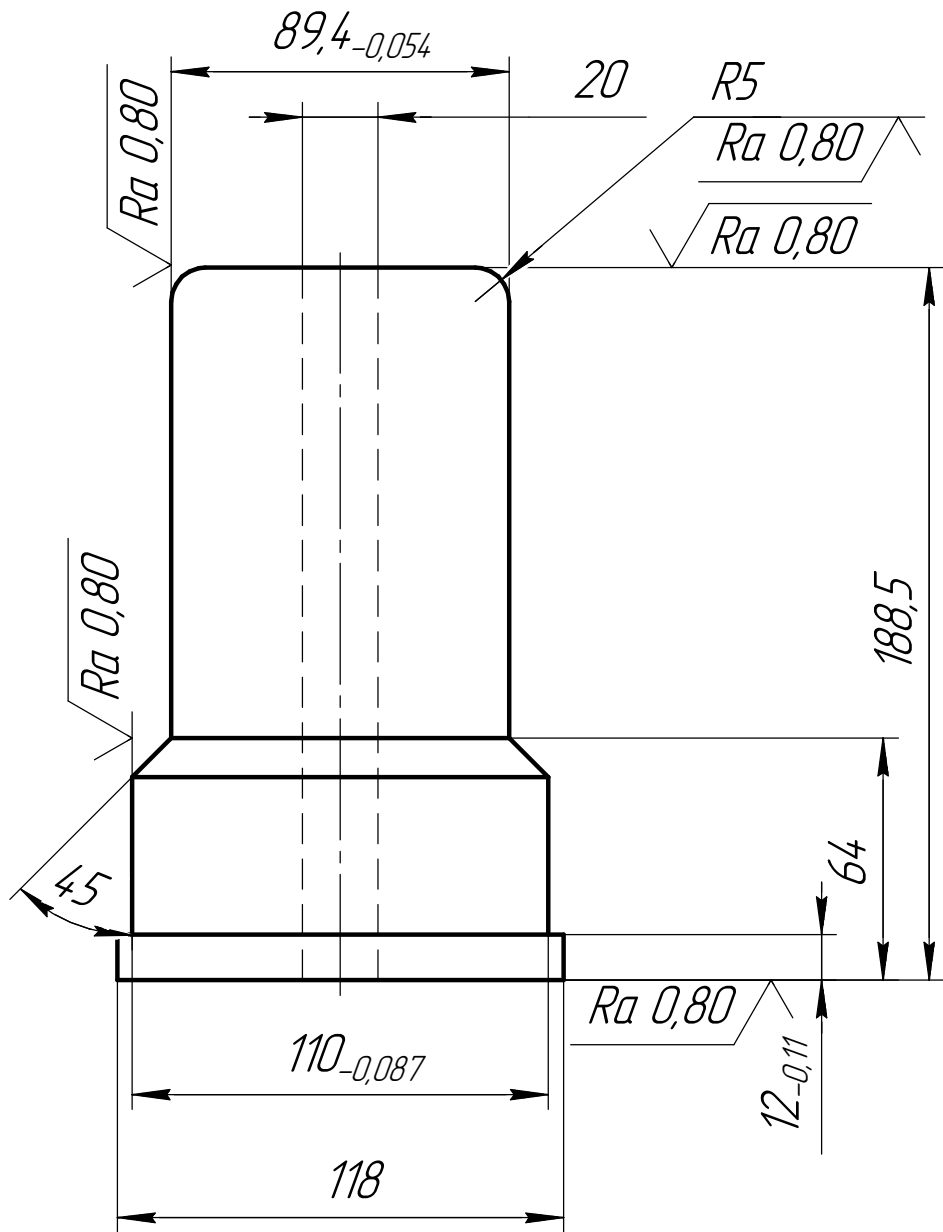
Копировал

Формат А3

Лист  
2

ВКР.464.003.009

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$



1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.003.009

Плансон  
вытяжки 3

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	10,13	1:2
Лист	Листов	1

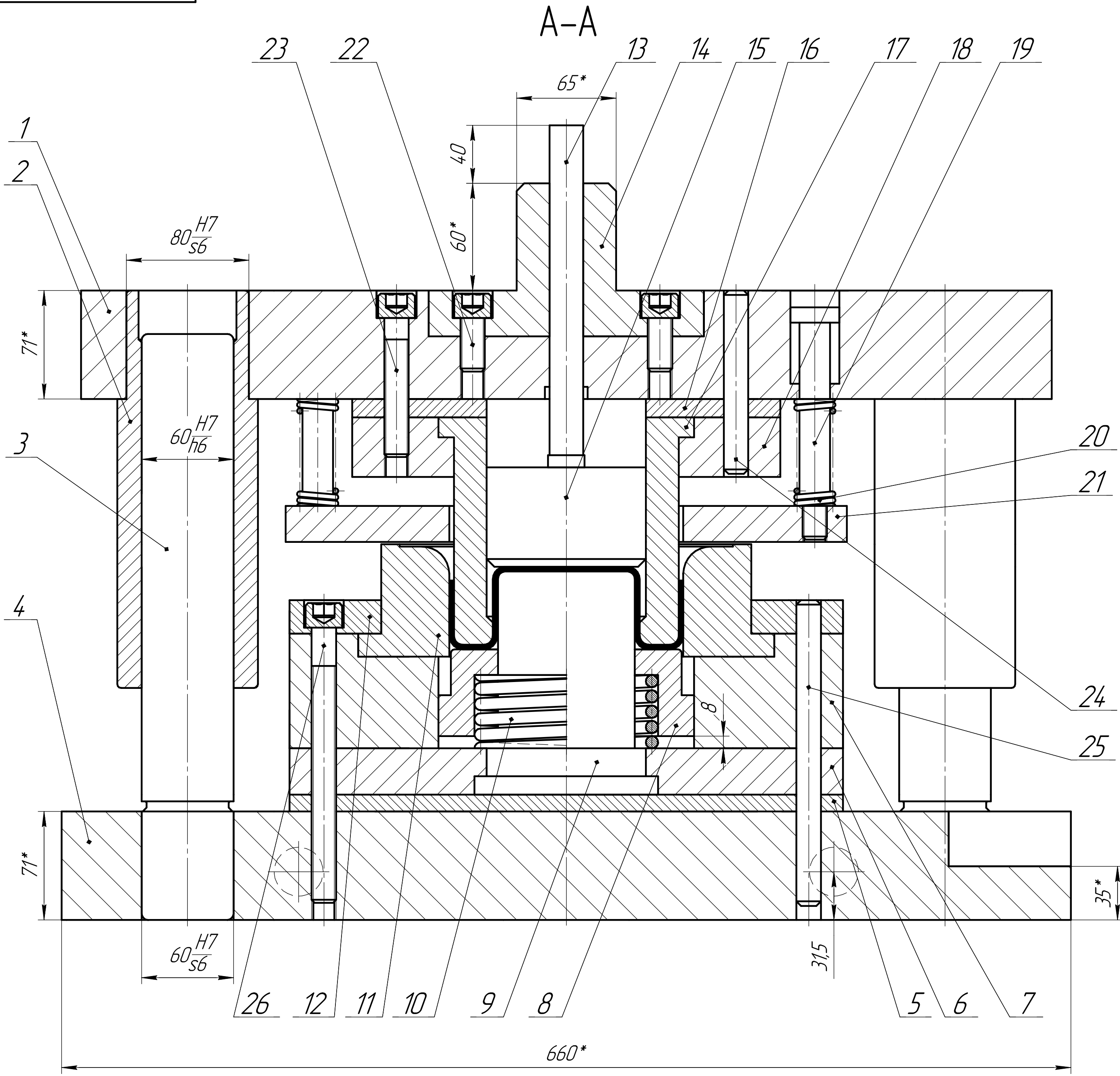
БГТУ



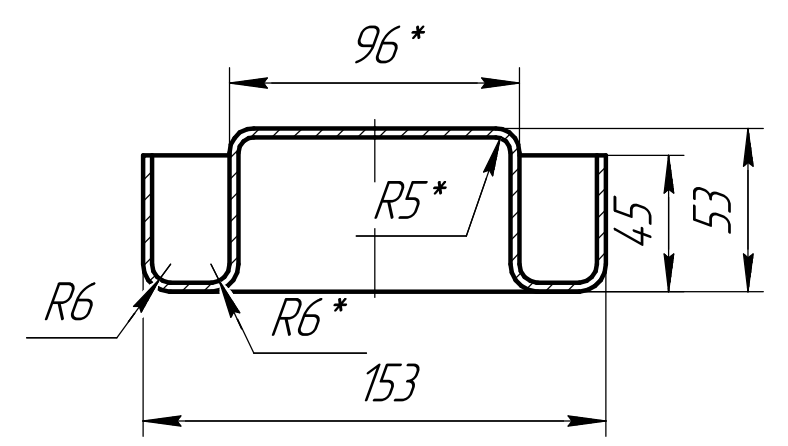
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A2			ВКР.464.004.001.СБ	Сборочный чертеж			
						<u>Детали</u>			
				1		Верхняя плита	1		
				2		Втулка	2		
				3		Колонка	2		
				4		Нижняя плита	1		
				5		Нижняя подкладная плита	1		
				6		Пуансонодержатель	1		
				7		Нижний матрицедержатель	1		
				8		Втулка выталкивателя	1		
		A4		9	ВКР.464.004.009	Пуансон обратной вытяжки	1		
				10		Пружина	1		
		A4		11	ВКР.464.004.011	Матрица	1		
				12		Фиксирующее кольцо	1		
				13		Толкатель	1		
				14		Хвостовик	1		
				15		Выталкиватель	1		
				16		Верхняя подкладная плита	1		
		A4		17	ВКР.464.004.017	Пуансон-матрица	1		
				18		Верхний матрицедержатель	1		
				19		Винт прижима	6		
				20		Пружина прижима	6		
				21		Плита прижима	1		
		ВКР.464.004.001							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Герасимов К. Д.						
		Пров.	Лодов В. А.						
		Н.контр.							
		Утв.	Нестеров Н. И.						
		Штамп					Лит.	Лист	Листов
		Обратной вытяжки						1	2
		БГТУ							







Операционный эскиз (1:2,5)



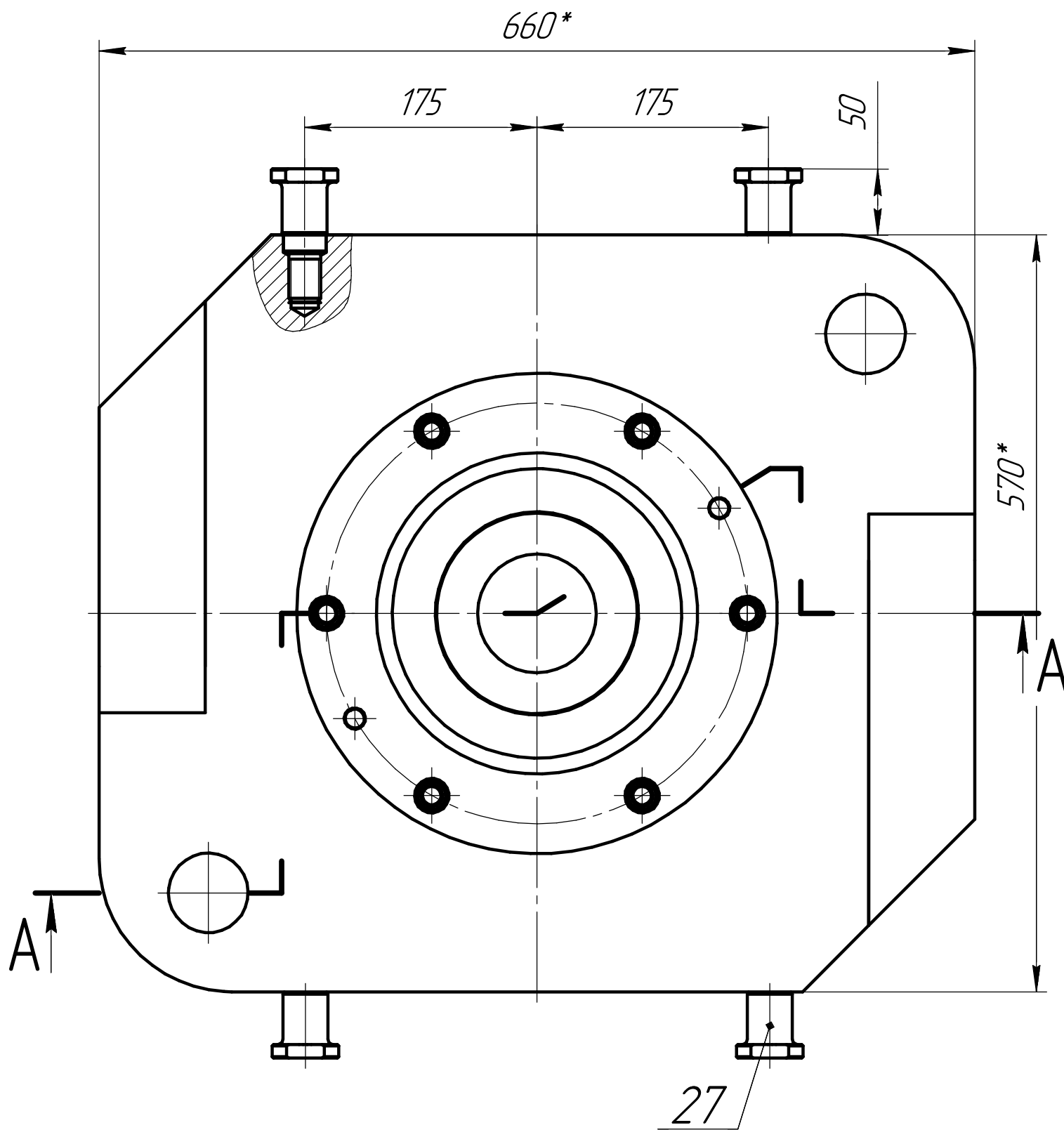
1. \*Размеры для справки
2. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
3. Технологическое усилие 350 кН
4. Пресс КИ2135 силой 3150 кН

1. \*Размеры для справок
2. При сборке обеспечить односторонний зазор между пуансоном и матрицей z=3,6 мм
3. Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
4. Рабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
5. Маркировать ударным способом
6. Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

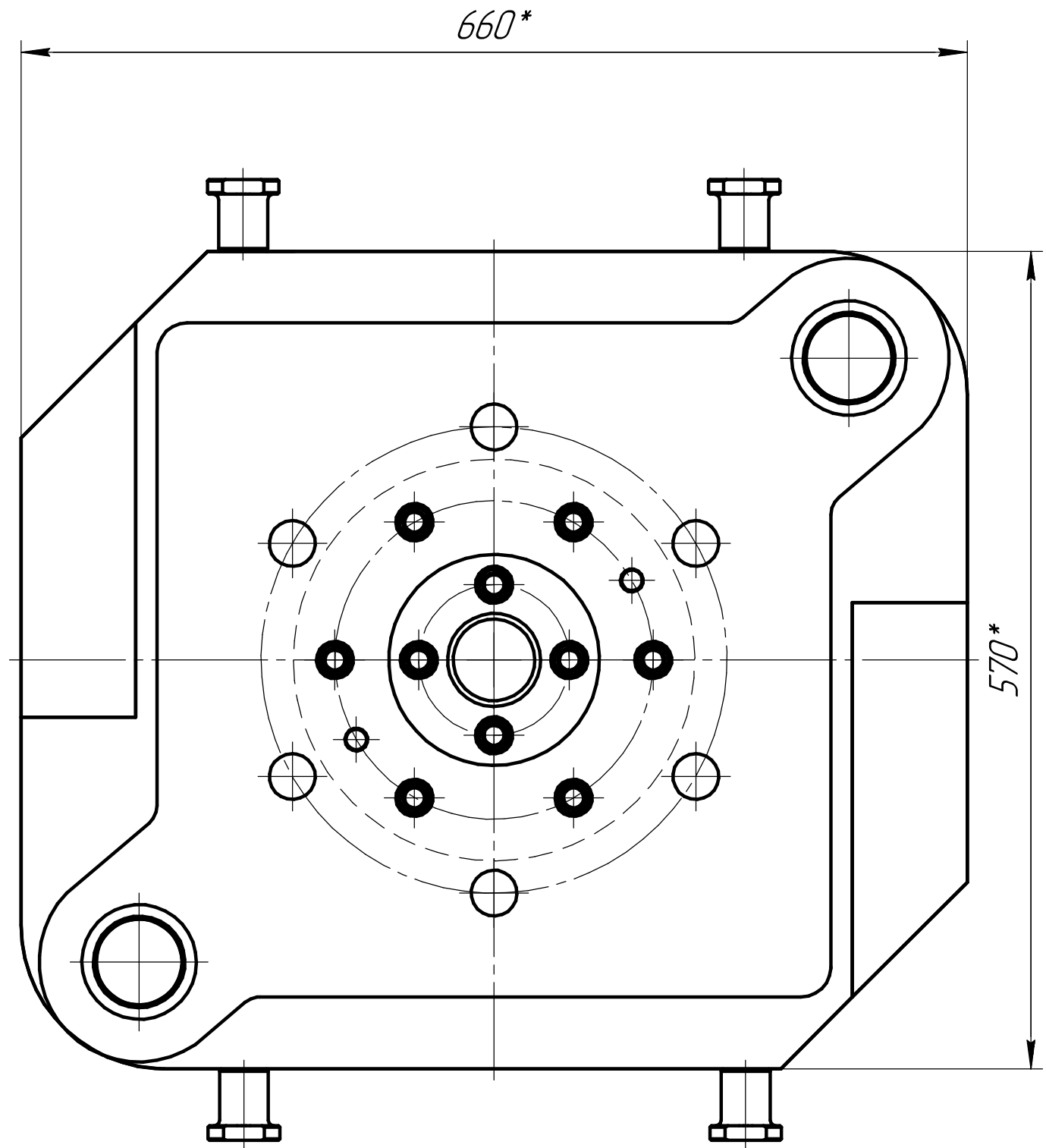
Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инв. № дробл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

				ВКР.464.004.001.СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Штамп обратной вытяжки	Лит.	Масса	Масштаб
					Сборочный чертеж		456,1	1:2
Разраб.		Герасимов К. Д.				Лист	1	Листов
Проб.		Лодов В. А.			БГТУ			
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.		Нестеров Н. И.						

План низа (1:4)



План верха (1:4)



Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дцкл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР.464.004.001.СБ

Копировал

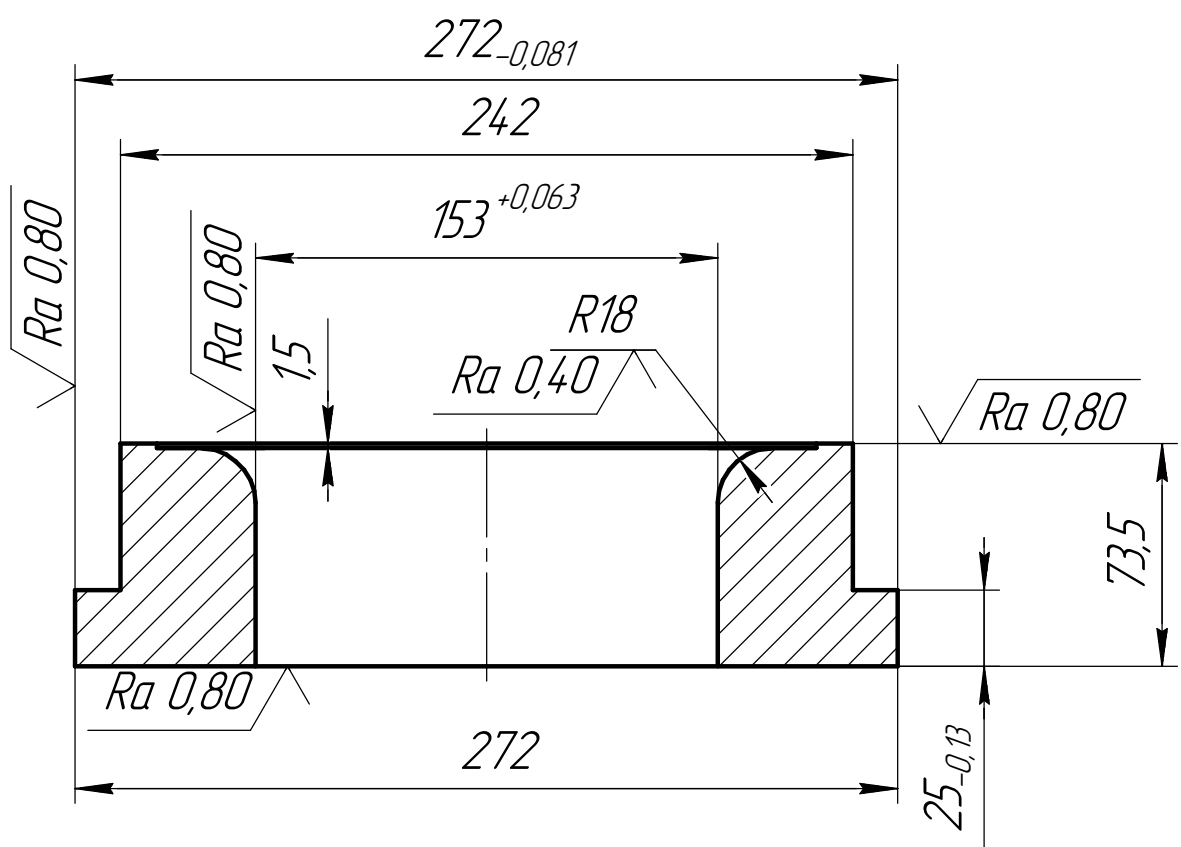
Формат А3

ВКР.464.004.011

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

ВКР.464.004.011

Матрица  
обратной вытяжки

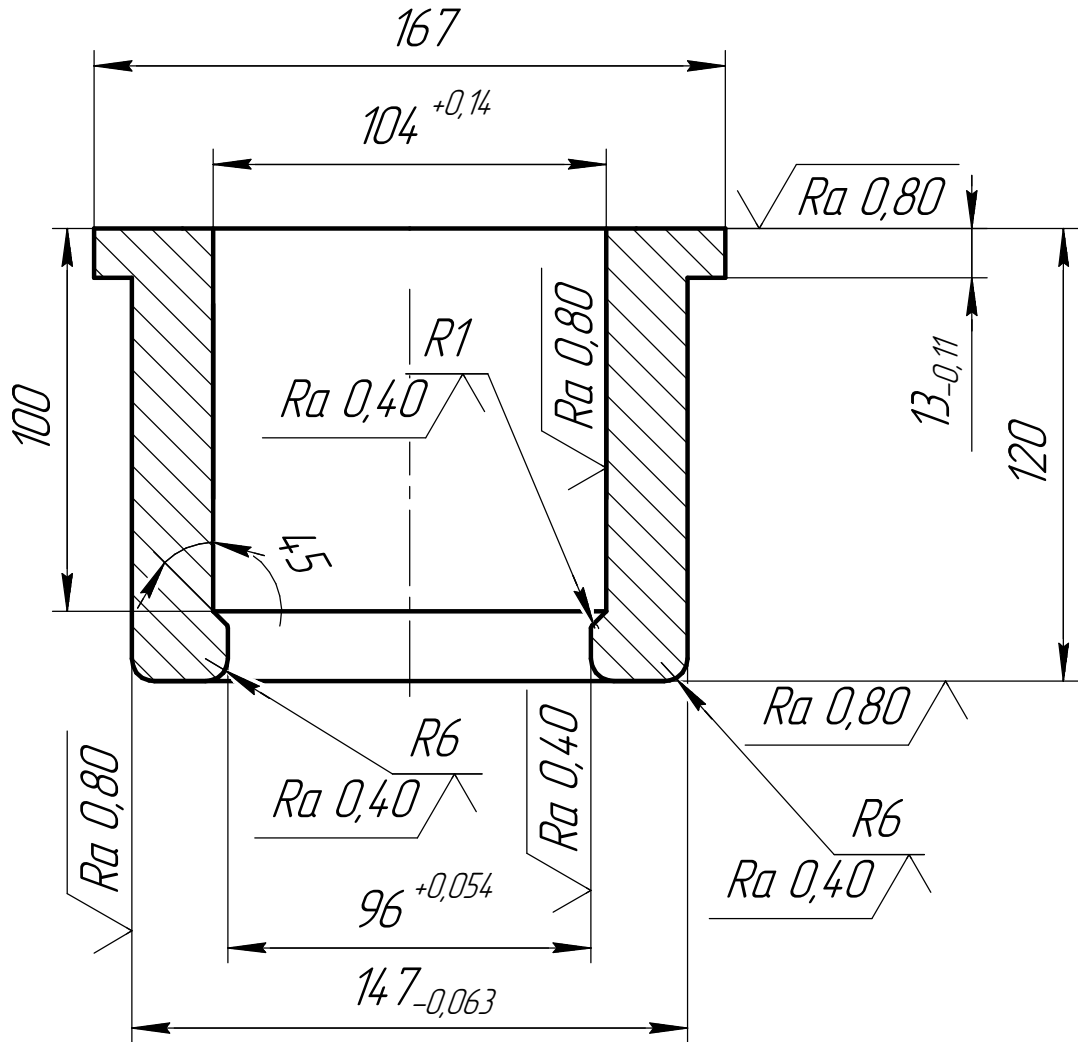
Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	21,2	1:2,5
Лист	Листов	1

БГТУ

ВКР.464.004.014

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$



1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.004.014

Пуансон-матрица  
обратной вытяжки

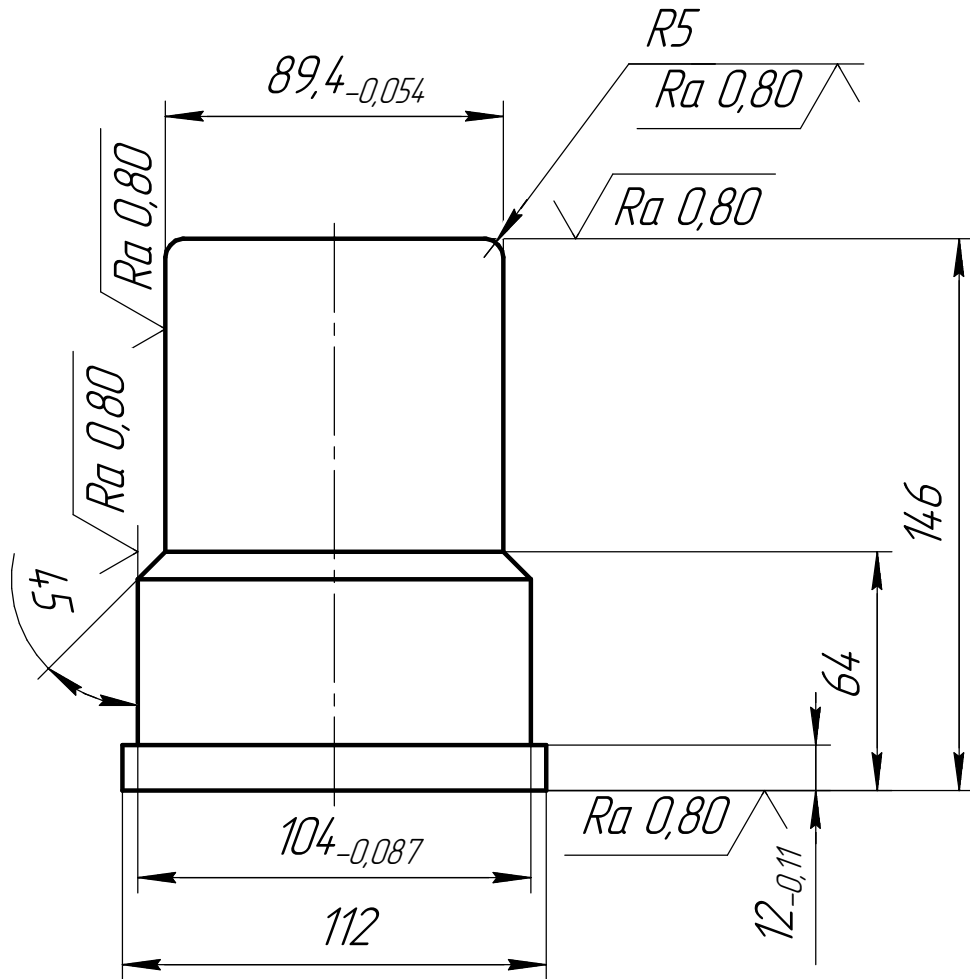
Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	14,8	1:2
Лист	Листов	1

БГТУ

ВКР.464.004.017

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$



1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.004.017

Пуансон  
обратной вытяжки

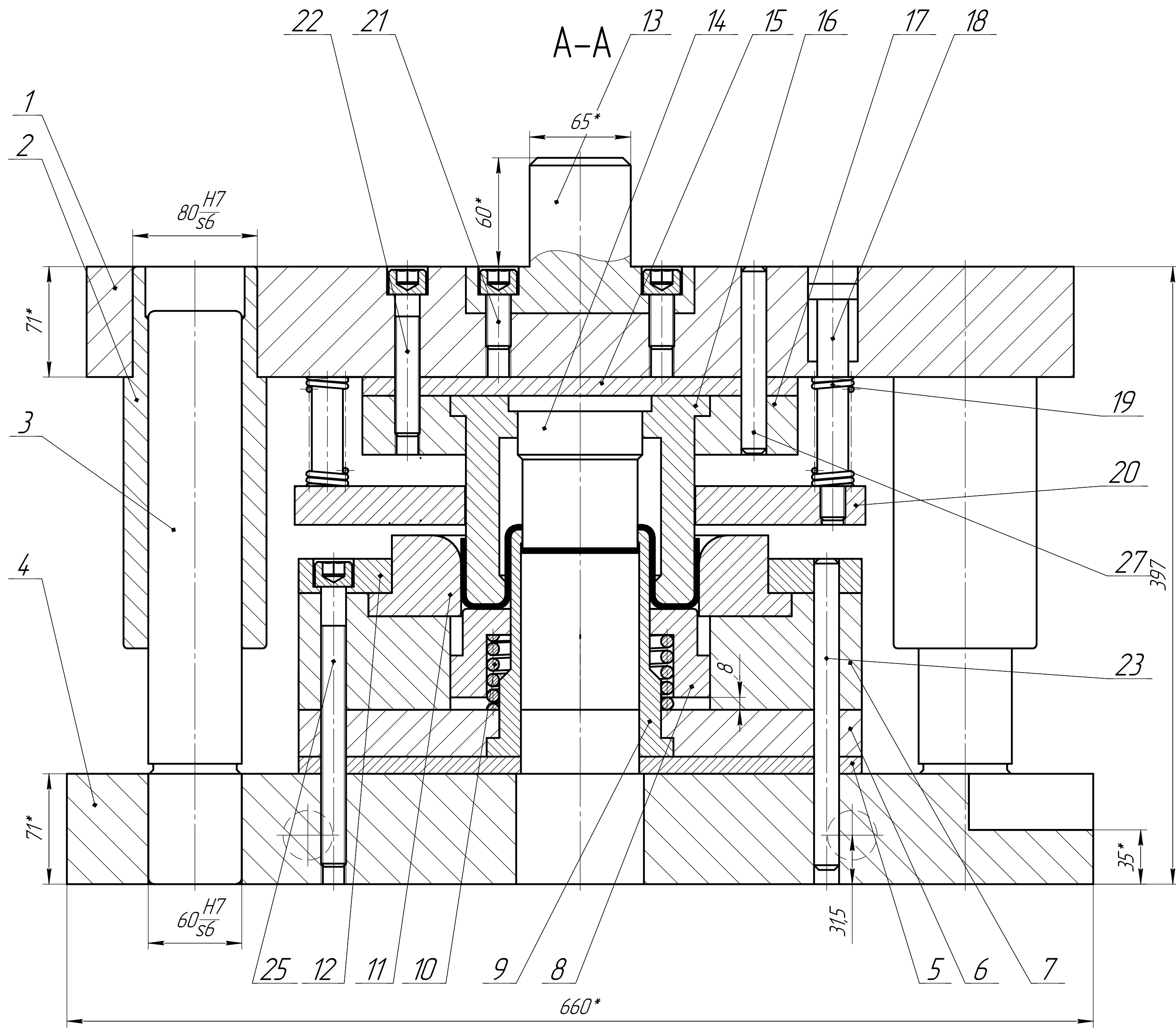
Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	11,6	1:2
Лист	Листов	1

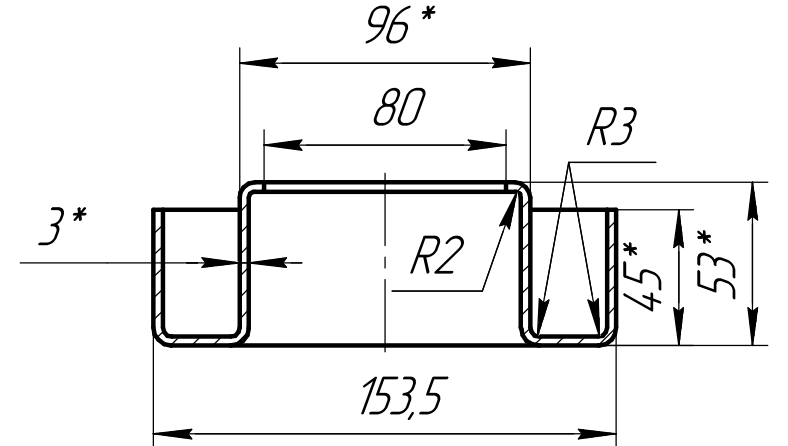
БГТУ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			ВКР.464.005.001.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1		Верхняя плита	1	
		2		Втулка	2	
		3		Колонка	2	
		4		Нижняя плита	1	
		5		Нижняя подкладная плита	1	
		6		Пуансонодержатель	1	
		7		Нижний матрицедержатель	1	
		8		Втулка выталкивателя	1	
A4		9	ВКР.464.005.009	Пуансон-матрица калибровки	1	
		10		Пружина	1	
A4		11	ВКР.464.005.011	Матрица	1	
		12		Фиксирующее кольцо	1	
		13		Хвостовик	1	
A4		14	ВКР.464.005.014	Пуансон пробивки	1	
		15		Верхняя подкладная плита	1	
A4		16	ВКР.464.005.016	Пуансон-матрица	1	
		17		Верхний матрицедержатель	1	
		18		Колонка съемника	6	
		19		Пружина съемника	6	
		20		Плита съемника	1	
			<b>ВКР.464.005.001</b>			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Герасимов К. Д.		
			Пров.	Лодов В. А.		
			Н.контр.			
			Утв.	Нестеров Н. И.		
			<b>Штамп</b>			Лит.
			<b>Калибровки-пробивки</b>			Лист
						Листов
						1
						2
						<b>БГТУ</b>





Операционный эскиз (1:2,5)



- 1. \*Размеры для справки
- 2. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
- 3. Технологическое усилие 398 кН
- 4. Пресс КИ2135 силой 3150 кН

Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Инв. № дробл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

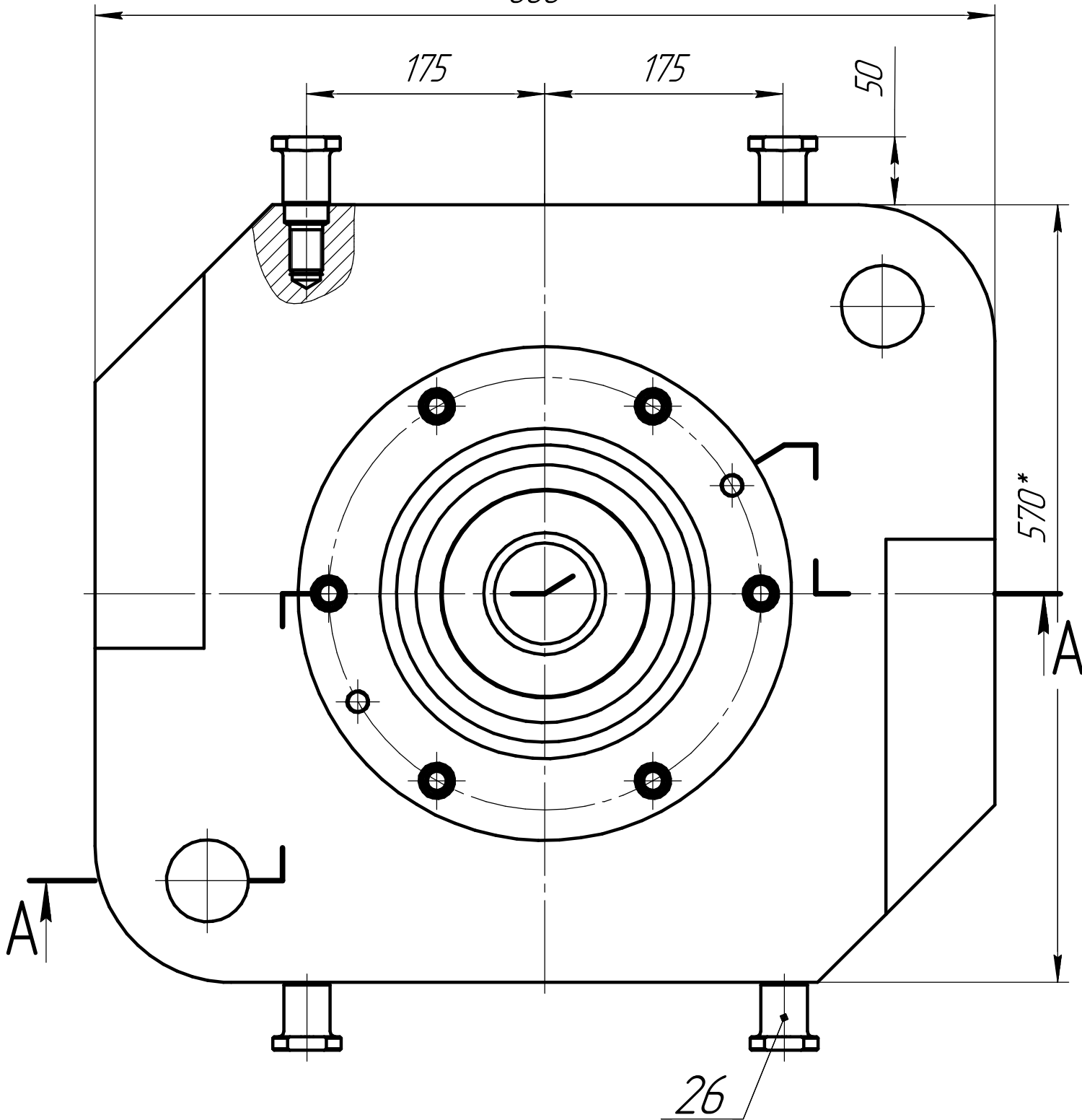
- 1 \*Размеры для справок
- 2 При сборке обеспечить односторонний зазор между матрицей и пуансоном и пуансоном z=3,15мм
- 3 Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
- 4 Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
- 5 Маркировать ударным способом
- 6 Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

				ВКР.464.005.001.СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Штамп калибровки-пробивки Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Горасимов К. Д.						466,2	1:2
Проб.	Лодов В. А.				Лист	1	Листов	2
Т.контр.					БГТУ			
Н.контр.	Нестеров Н. И.							
Утв.								



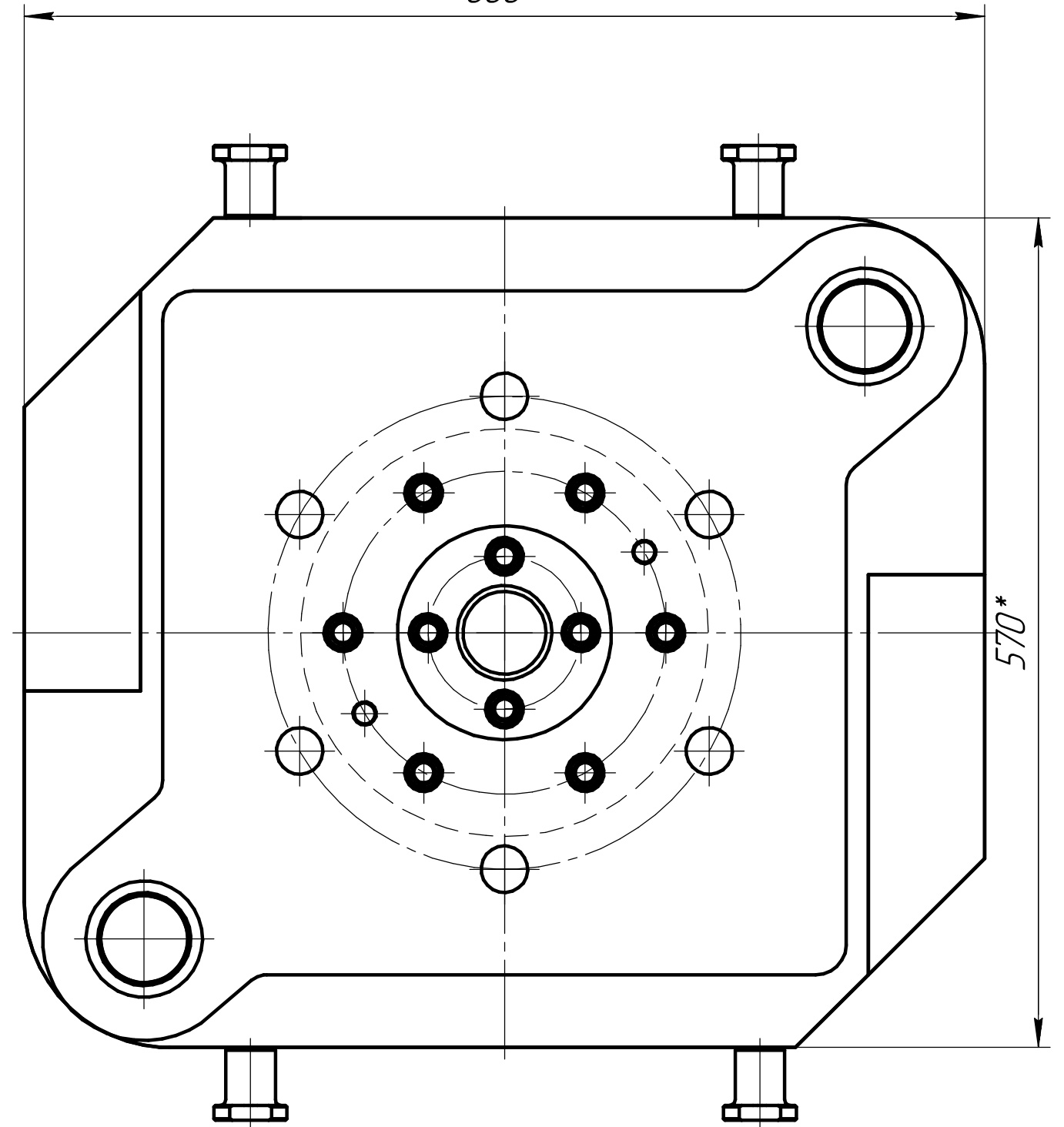
План низа (1:4)

660\*



План верха (1:4)

660\*



Инд. № подл.	
Взам. инв. №	
Инд. № дцкл.	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР.464.005.001.СБ

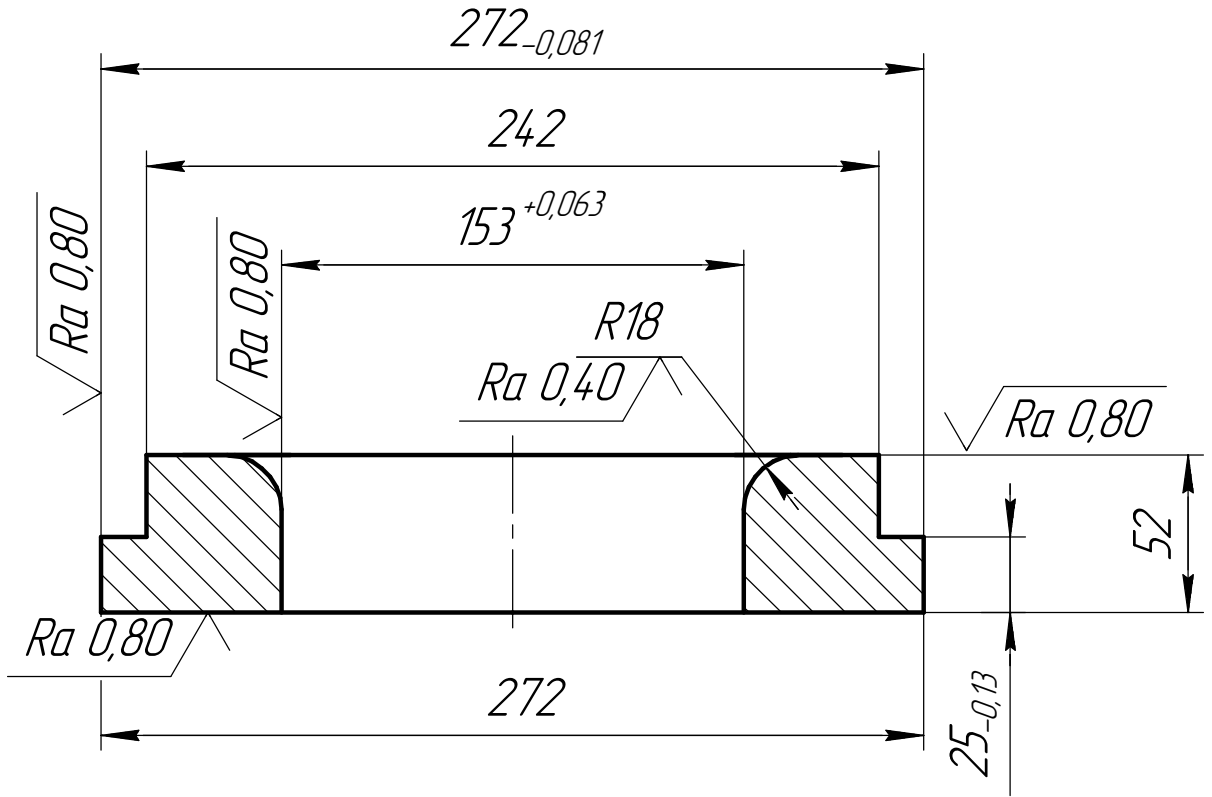
Копировал

Формат А3



ВКР.464.005.011

$\sqrt{Ra\ 2,5 (\checkmark)}$



1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.005.011

Матрица калибровки

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

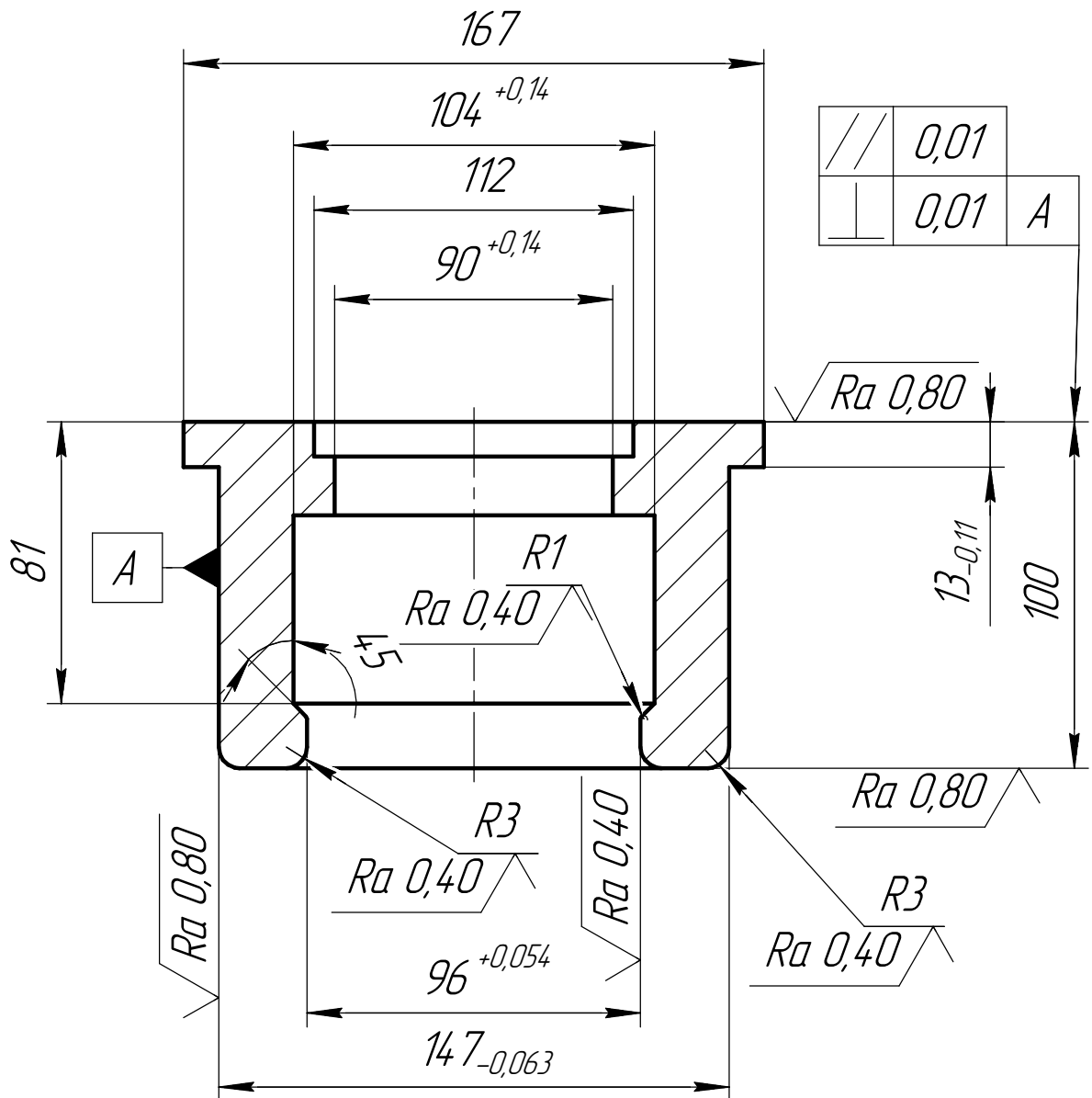
Лит.	Масса	Масштаб
	20,4	1:2,5
Лист	Листов	1

БГТУ



ВКР.464.005.016

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



$\sqrt{\quad}$	0,01	
$\square$	0,01	A

1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.005.016

Пуансон-матрица  
обратной вытяжки

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

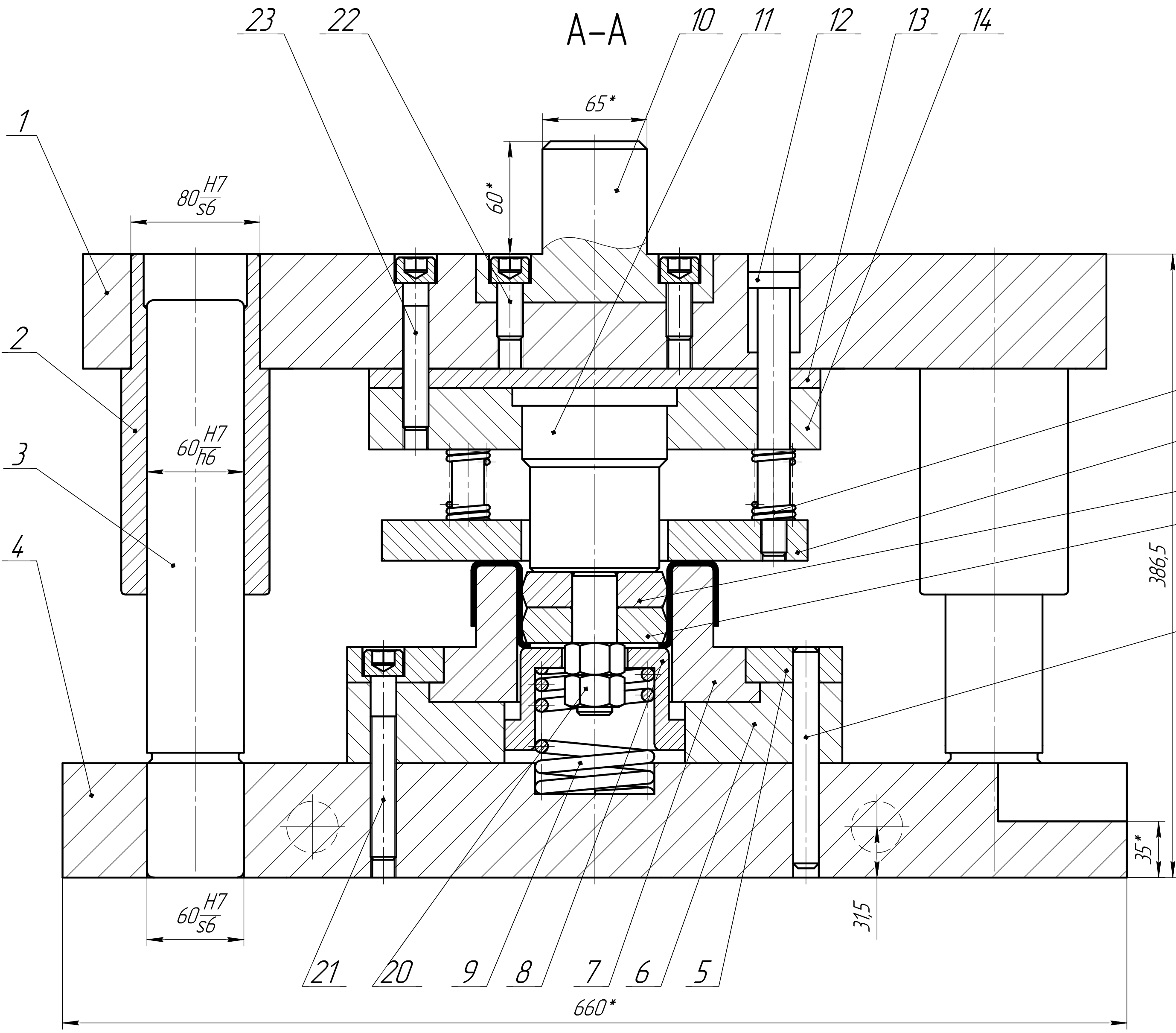
Лит.	Масса	Масштаб
	14,8	1:2
Лист	Листов	1

БГТУ

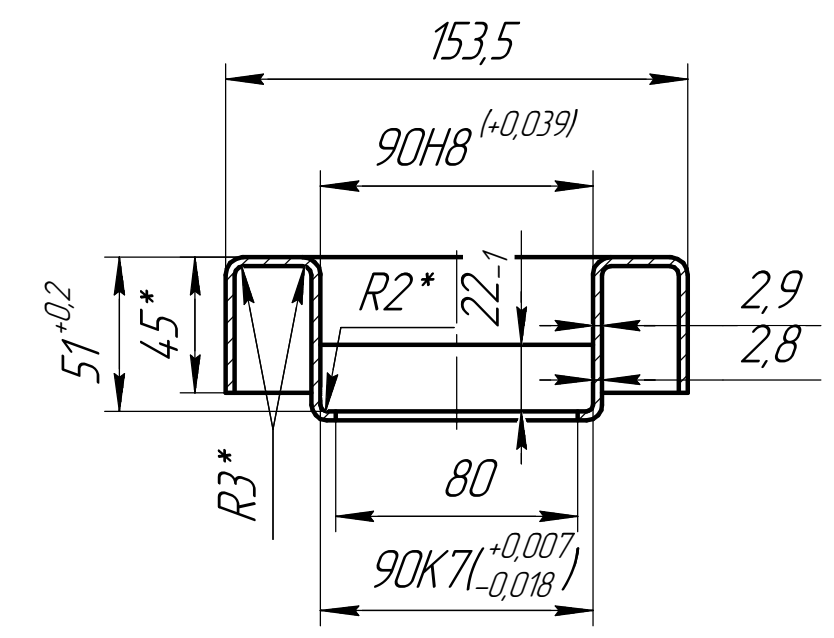
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A2			ВКР.464.006.001.СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
		1		Верхняя плита	1	
		2		Втулка	2	
		3		Колонка	2	
		4		Нижняя плита	1	
		5		Фиксирующее кольцо	1	
		6		Матрицедержатель	1	
A4		7	ВКР.464.006.007	Матрица	1	
		8		Втулка выталкивателя	1	
		9		Пружина выталкивателя	1	
		10		Хвостовик	1	
A4		11	ВКР.464.006.011	Стержень	1	
		12		Винт съемника	4	
		13		Верхняя подкладная плита	1	
		14		Пуансонодержатель	1	
		15		Пружина съемника	4	
		16		Съемник	1	
A4		17	ВКР.464.006.017	Верхний ролик	1	
A4		18	ВКР.464.006.018	Нижний ролик	1	
<b>ВКР.464.006.001</b>						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб. Герасимов К. Д.						
Пров. Лодов В. А.						
Н.контр.						
Утв. Нестеров Н. И.						
<b>Штамп</b>				<b>ВУСВК</b>		
Лит.		Лист		Листов		
		1		2		
<b>БГТУ</b>						



ВКР.464.006.001.СБ



Операционный эскиз (1:2,5)



1. \*Размеры для справки
2. Материал сталь СтЗсп ГОСТ 380-2005
3. Технологическое усилие 45,8 кН
4. Пресс КИ2135 силой 3150 кН

Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Инв. № дробл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

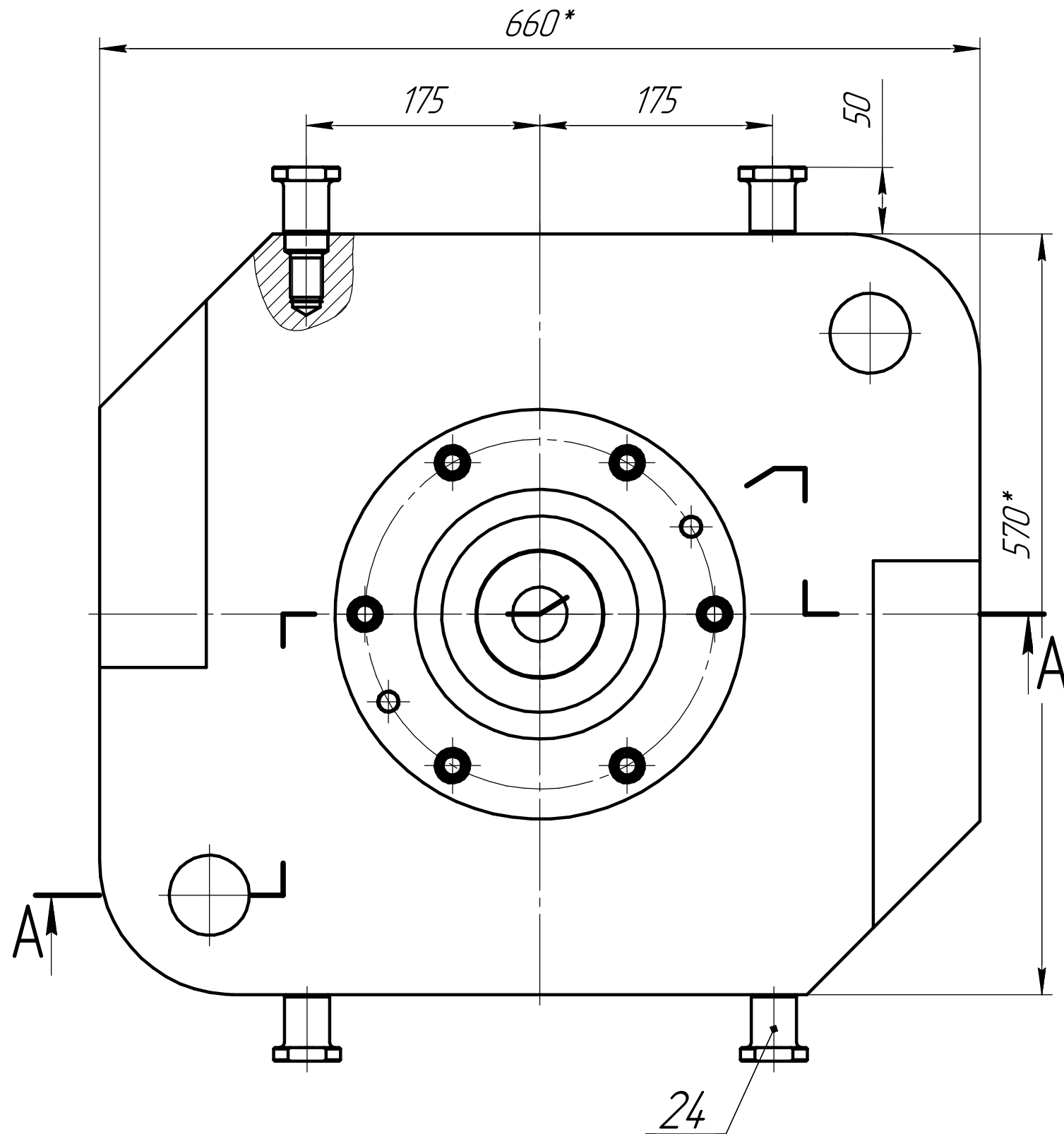
15  
16  
17  
18  
19

- 1 \*Размеры для справок
- 2 При сборке обеспечить односторонний зазор между пуансоном и роликами z=0,1 мм
- 3 Проверку затяжки болтов проводить не реже раза в месяц
- 4 Нерабочие поверхности деталей штампа грунтовать, покрыть черной эмалью ПФ-115 по ГОСТ 6465-76
- 5 Маркировать ударным способом
- 6 Смазать трущиеся поверхности солидолом синтетическим по ГОСТ 4366-76

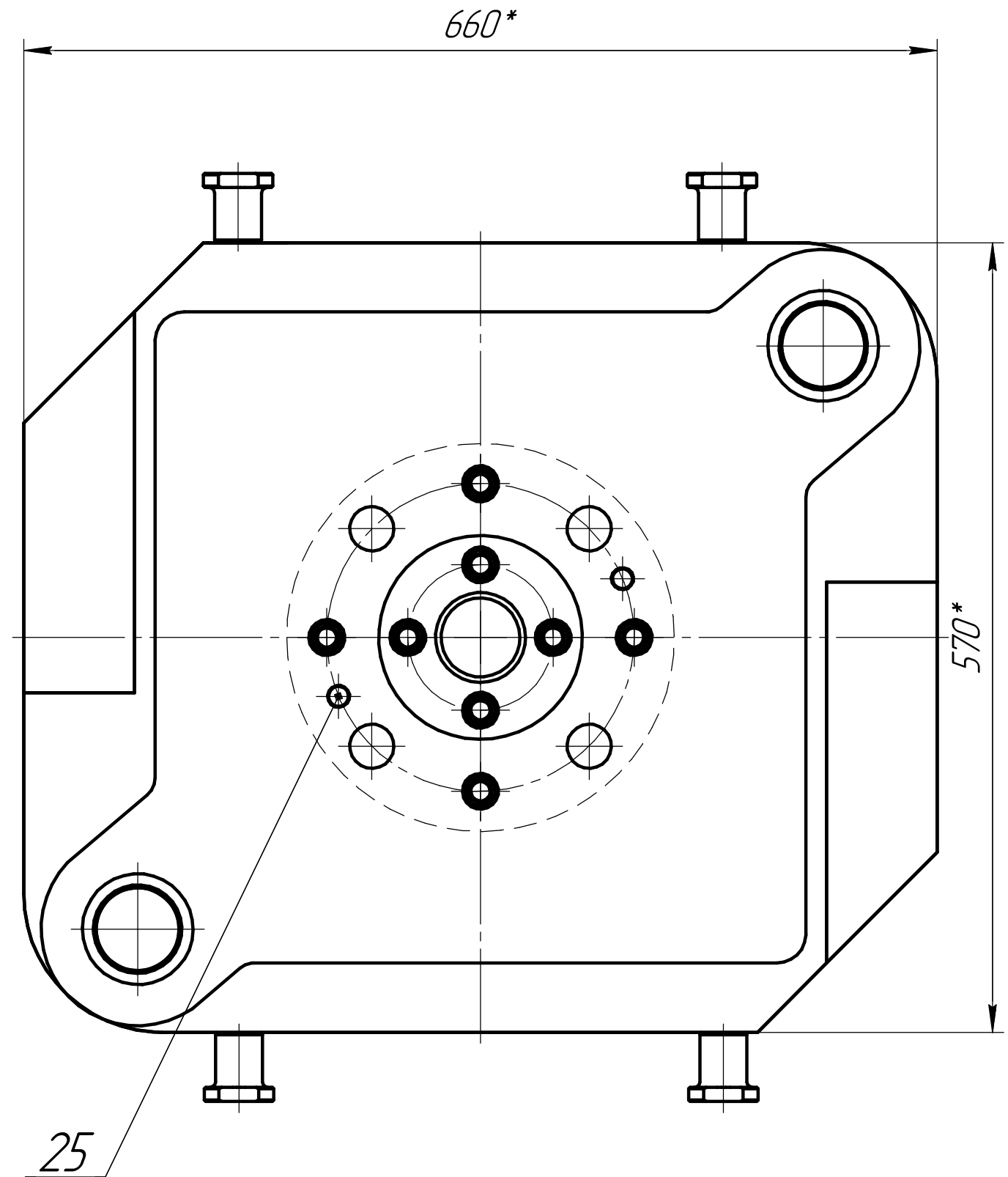
ВКР.464.006.001.СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Штамп ВУСВК Сборочный чертеж	4213 1:2
Разраб.		Герасимов К. Д.				
Проб.		Лодов В. А.			Лист 1	Листов 2
Т.контр.					БГТУ	
Н.контр.						
Утв.		Нестеров Н. И.			Копировал	Формат А2



План низа (1:4)



План верха (1:4)



Инд. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инд. № дцкл.	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР.464.006.001.СБ

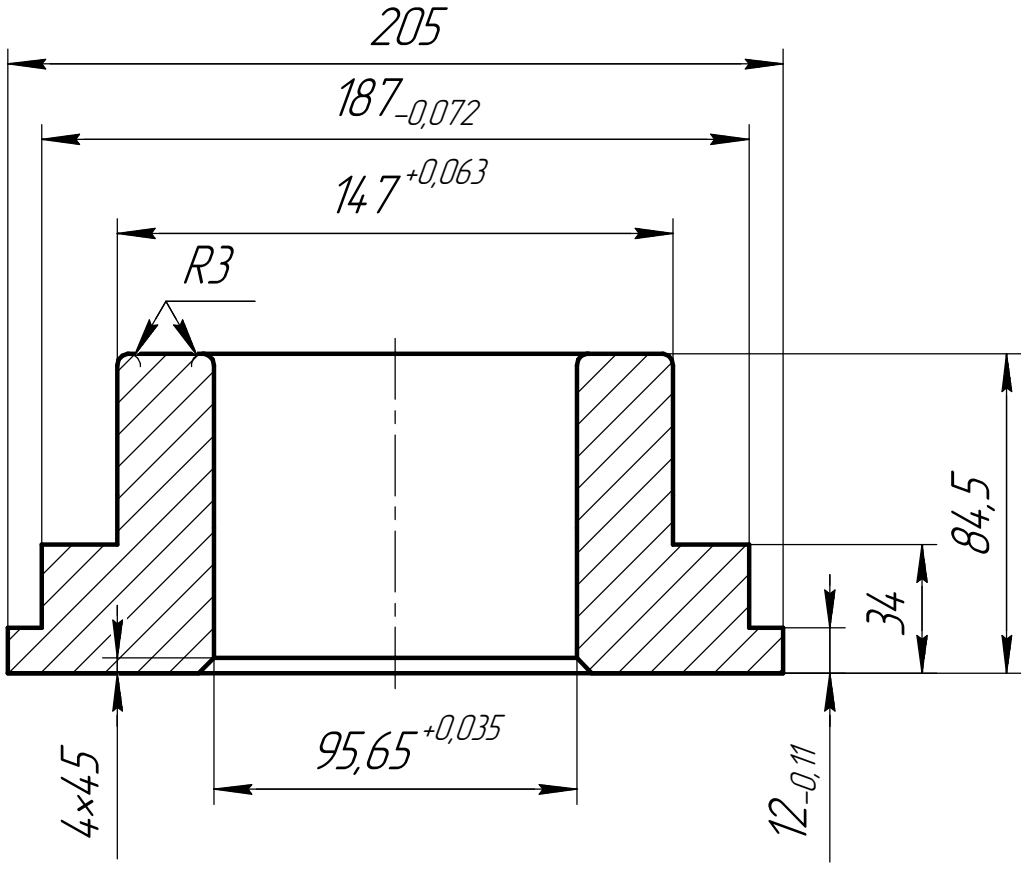
Лист  
2

ВКР.464.005.007

√ Ra 0,80 (√)

Перв. примен.

Справ. №



1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.005.007

Матрица  
ВУСВК

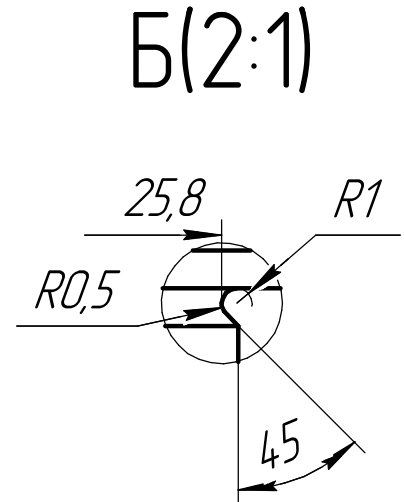
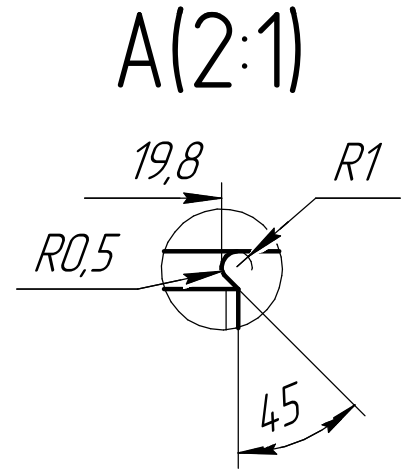
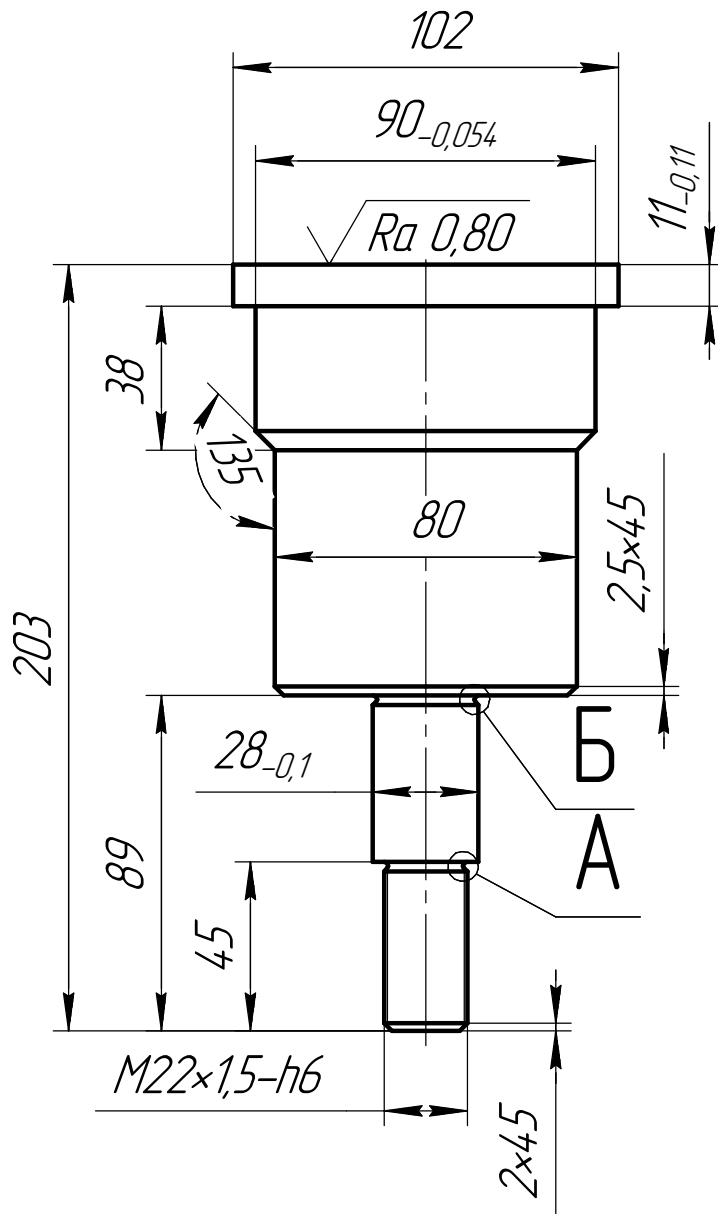
Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	18,2	1:2,5
Лист	Листов	1

БГТУ

ВКР.464.006.011

$\sqrt{Ra\ 0,80\ (\checkmark)}$



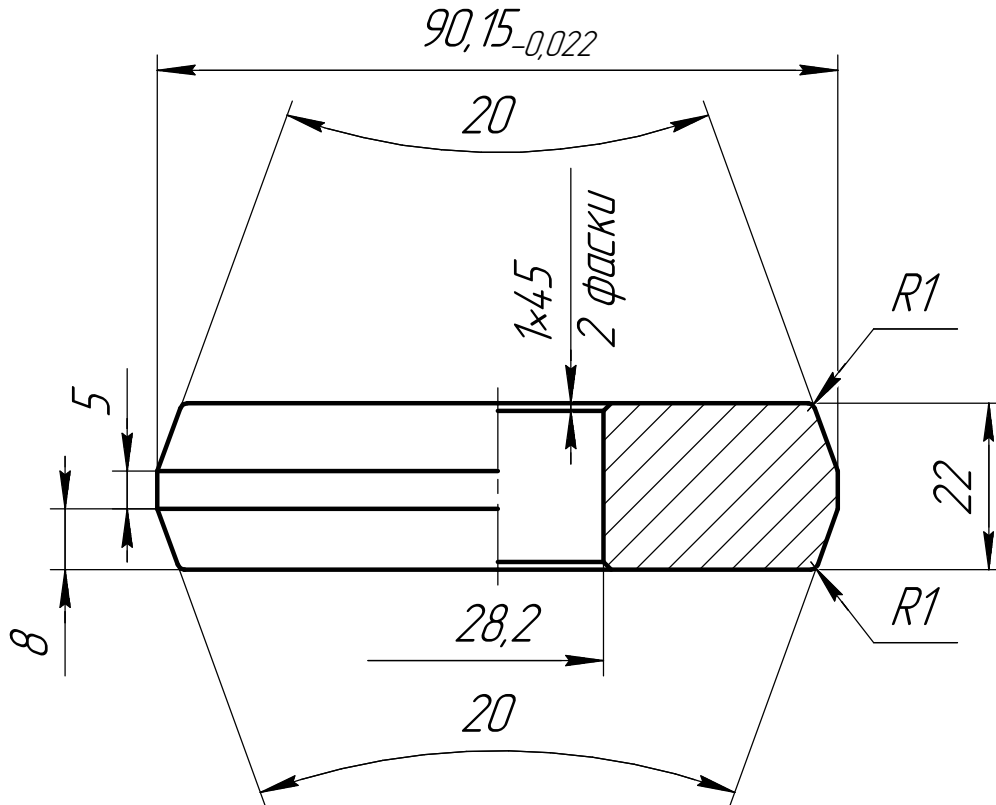
1 57...61 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.									
Справ. №									
Подп. и дата									
Инв. № дубл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
ВКР.464.006.011							Лит.	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Стержень</h1>				14,3	1:2
Разраб.	Герасимов К. Д.								
Пров.	Лодов В. А.								
Т.контр.									
Н.контр.									
Утв.	Нестеров Н. И.			Сталь У7А ГОСТ 2283-79			Лист	Листов	1
							БГТУ		

ВКР.464.006.017

$\sqrt{Ra\ 0,80\ (\checkmark)}$



1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

ВКР.464.006.017

Верхний  
ролик

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000

Лит.	Масса	Масштаб
	1,09	1:1
Лист		Листов 1

БГТУ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

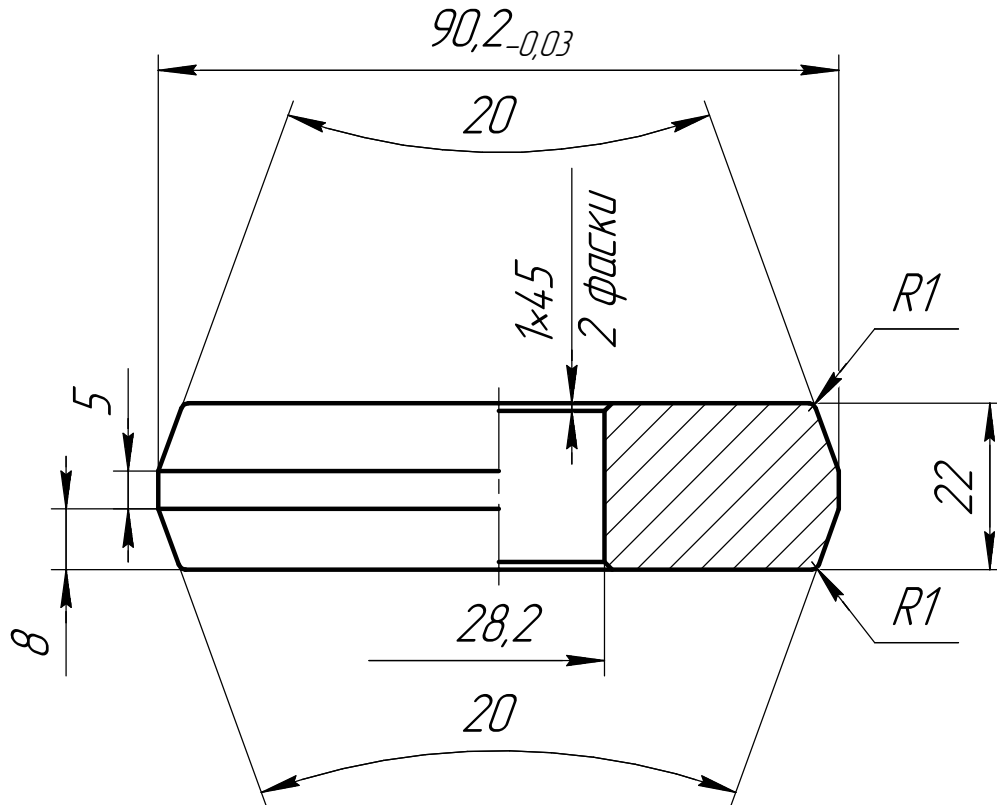
Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Герасимов К. Д.		
Пров.		Лодов В. А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Нестеров Н. И.		

ВКР.464.006.018

$\sqrt{Ra\ 0,80\ (\checkmark)}$



1 59...63 HRC

2 Неуказанные отклонения по H14, h14,  $\frac{IT14}{2}$

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ВКР.464.006.018			
						Нижний ролик	Лит.	Масса	Масштаб
								1,09	1:1
						Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000	Лист	Листов	1
							БГТУ		
							Копировал		
							Формат А4		