

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технологии машиностроения и промышленной робототехники»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка конструкции вырубного штампа для детали «контакт» и исследование его технологических возможностей

УДК 621.81:669.715:621.982-6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чэнь Сяовэй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСРР	Вильнин А.Д.			

Планируемые результаты обучения по программе

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

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»
 Кафедра «Технологии машиностроения и промышленной робототехники»

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о.зав. кафедрой
Вильнин А. Д.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Чэнь Сяовэй

Тема работы:

Разработка конструкции вырубного штампа для детали «контакт» и исследование его технологических возможностей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.05.2017 г. № 3144/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является – разработка конструкции вырубного штампа для детали «контакт» и исследование его технологических возможностей. Задача: Разработка конструкции штампа для листовой вырубки детали «контакт» для программы 10.000 шт./месяц.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы и задачи исследования 2. Краткая характеристика и область применения холодной листовой штамповки. Конструкции штампов. 3. Проектирование вырубного штампа. 4. Анализ точности вырубки 5. Сравнительный экономический анализ изготовления деталей с помощью лазерной резкой и штамповки. 6. Социальная ответственность
Перечень графического материала	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Арляпов А.Ю.

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын В.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Исследовательский (на англ. яз.)	Шепетовский Д.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Исследовательский раздел	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чэнь Сяовэй		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 133 с., 25 рисунков, 15 источников, 7 л. графического материала, 1 приложение.

Ключевые слова: штамп для вырубной работы, технология вырубного штампа.

Цель работы: разработка конструкции вырубного штампа для детали «контакт» и исследование его технологических возможностей. В процессе проектирования детали и узлы рассматривались с точки зрения их функциональности, технологичности и экономичности.

В результате проектирования получена конструкция штампа, которая является более технологичной и экономичной в сравнении с аналогами, не потеряв в функциональности.

Данный штамп проектируется и изготавливается в рамках хозяйственного договора кафедры с Томским приборным заводом.

Содержание

Введение	8
Литертурный обзор.....	9
1.Разработка конструкции вырубного штампа для изготовления детали «контакт»	
1.1 Развертка детали	15
1.2 Создав и принцип действия вырубного штамп	17
1.3 Расчет усилия вырубки детали «контакт»	20
1.4 Выбор оборудование.....	21
2. Разработка технологии изготовления активных частей штампа: пунсонов, матрицы и пунсона-матрицы	
2.1 Разработка технологии пуансона 1	24
2.2 Разработка технологии пуансона 2	31
2.3 Разработка технологии матрицы.....	39
2.4 Разработка технологии пуансона-матрицы.....	45
3. Разработка технологии сборки вырубного штампа	
3.1 Разработка маршрутного технологического процесса сборки.....	52
3.2 Расчет усилия запрессовки.....	54
3.3 Выбор оборудования.....	56
3.4 Нормирование технологического процесса сборки.....	57
4. Исследование технологических возможностей вырубного штампа	
4.1 Анализ точности вырубаемых деталей из бумаги.....	61
4.2 Анализ точности вырубаемых деталей из латуни.....	71
4.3 Анализ точности вырубаемых деталей из меди.....	77
Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффektivность и ресурсосбережение»	84
Задание для раздела «Социальная ответственность»	90
Приложение А.....	100
Заключение.....	120

Список литературы.....121

Введение

В общем комплексе технологии машиностроения все возрастающее значение приобретает обработка металлов давлением, в том числе листовая штамповка. Листовая штамповка применяется для изготовления самых разнообразных деталей практически во всех отраслях промышленности связанных с металлообработкой.

Рассматриваемый в данной работе штамп, является штампом для разделительных операций листового материала. Изготовленный и принятый в эксплуатацию штамп должен прежде всего обеспечивать получение деталей в соответствии с технической документацией, безопасность работы и возможность ремонта. Штамп должен удовлетворять также ряду специальных требований, оговариваемых техническими условиями.

Листовая штамповка - процесс получения из листового материала (листов, полосы, ленты) изделий, имеющих плоскую или пространственную форму без существенного изменения толщины металла.

Ускоренный темп роста машиностроительной промышленности и связанное с ним расширение областей применения процессов штамповки, значительное увеличение номенклатуры изготавливаемых изделий и необходимость быстрого освоения производства большого числа новых штамповок высокого качества, снижения стоимости их изготовления — все это требует коренного изменения системы технологической подготовки штамповочного производства.

Листовая штамповка один из видов обработки давлением листового материала с получением заготовок или готовых деталей. Ее применяют для получения различных деталей, в том числе: мелких (деталей часов, приборов и т.д.); средних (деталей велосипедов, мотоциклов, металлической посуды и т.д.) и крупных облицовочных (деталей кузова автомобилей, тракторов, вагонов, самолетов и т.д.).

Цель работы - разработка конструкции вырубного штампа для детали «контакт» и исследование его технологических возможностей.

Литературный обзор

Конструкторско-технологический классификатор штампов

Штампы различаются по технологическому признаку, конструктивному оформлению, по способу подачи заготовок и удалению отходов.

По технологическому признаку штампы разделяются на две группы: штампы для разделительных операций и штампы для формоизменяющих операций. К первой группе относятся штампы для отрезания, вырубki, пробивки, надрезания, обрезания, зачистки, ко второй – штампы для гибки, формовки, вытяжки, объемной штамповки и некоторых других операций.

По конструктивному оформлению различают штампы без направляющих устройств, с направляющей плитой (пакетные штампы), с направляющими колонками (блочные штампы).

По способу подачи заготовок штампы могут быть разделены на штампы с ручной подачей и с автоматической.

По способу удаления отштампованных деталей – на штампы с провалом через окно в матрице, с обратной запрессовкой детали в полосу, с выталкиванием детали в верхнюю часть штампа и удалением ее жестким выталкивателем, сдуванием сжатым воздухом или удалением вручную.

Конструкцию штампа выбирают соответственно типу производства, в котором он будет использоваться, мелкосерийном, крупносерийном или массовом. Штампы должны удовлетворять следующим требованиям:

1) точность и качество штампуемых деталей должны соответствовать чертежу и техническим условиям;

2) рабочие части штампа должны обладать достаточной прочностью, эксплуатационной стойкостью и возможностью легкой и быстрой замены изношенных деталей;

3) штамп должен обеспечивать требуемую производительность, удобство обслуживания, безопасность работы и надежность закрепления его на прессе;

4) в конструкции штампа в основном должны быть использованы стандартные и нормализованные детали; количество специальных деталей должно быть минимальным;

5) отходы при штамповке должны быть минимальными. Части штампов соответственно их назначению можно разделить на следующие основные группы:

Выбор материалов для изготовления деталей штампов

При изготовлении деталей холодноштамповочной оснастки применяют разные марки стали в соответствии с назначением, условиями эксплуатации и технологией изготовления деталей штампа.

От правильного выбора материала для каждого вида деталей и соответствующего режима его термической обработки зависит работоспособность, прочность и сохранение размеров рабочих частей штампов. Так, например, для изготовления вырубного штампа для холодной штамповки из листового материала необходимо, чтобы сталь, идущая на изготовление пуансонов и матриц, обладала следующими основными свойствами:

а) была высокопрочной, так как в процессе работы штамп испытывает большие усилия и ударные нагрузки;

б) обладала высокой твердостью, потому что процесс резания (вырубку) можно выполнить лишь при условии, что твердость материала пуансона и матрицы штампа значительно больше твердости штампуемого материала;

в) обладала износостойкостью, так как долговечность работы вырубного штампа зависит от степени истирания его режущих кромок;

г) имела высокую вязкость, чтобы вследствие частых и сильных ударов режущие кромки не выкрашивались;

д) обладала хорошей закаливаемостью, что обеспечивает отсутствие трещин после закалки и достаточную глубину закаленного слоя, дающую возможность неоднократно затачивать пуансон штампа и шлифовать зеркало матрицы.

В таблице 1, приведены материалы, применяемые для штампа ШВ-04.000, которое вырубает деталь "Лепесток 2г7.750.076". И рекомендуемая твердость их термической обработки.

Таблица 1 – Материалы, применяемые для изготовления деталей штампа ШВ-04.000 и рекомендуемая твердость их термической обработки

Детали	Марка материала	Твердость HRC
Рабочие: 1. Пуансоны 2. Матрица 3. Пуансон-матрица	Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000	56-58
Корпусные: 1. Верхняя плита 2. Нижняя плита 3. Толкатель	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000	(плиты не закаливаем (сырые)) 52-56
Направляющие: 1. Колонки 2. Втулки	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	45-50
Подающие: Упоры	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	36-40
Установочно фиксирующие: 1. Винты 2. Штифты	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000	– 52-56
Съемно – удаляющие: 1. Выбрасыватель 2. Съемник	Сталь 40Х	– –

Крепежные:		
1. Пуансонодержатель		—
2. Держатель пуансона-матрицы		—
3. Крышка	Сталь 40Х	—
4. Подкладки	ГОСТ 4543-71	45-50
5. Хвостовик		—

1.Разработка конструкции вырубного штампа для изготовления детали «контакт»

Техническое задание:

Вырубной штамп ШВ-04.000 для изготовления детали «контакт» разработан в рамках хозяйственного договора кафедры ТМСРП ТПУ и ЗАО "Томский приборный завод" в 2016 году.

Исходные данные:

1. Сборочный чертеж со спецификацией и чертежи отдельных деталей;
2. Количество собираемых изделий = 1.

Описание конструкции штампа и принципа его работы

Деталь для изготовления: Лепесток 2Г7.750.076 (рис. 1)

Материал: Лента ДПРНП 0,20 Л63 ГОСТ 2208-75

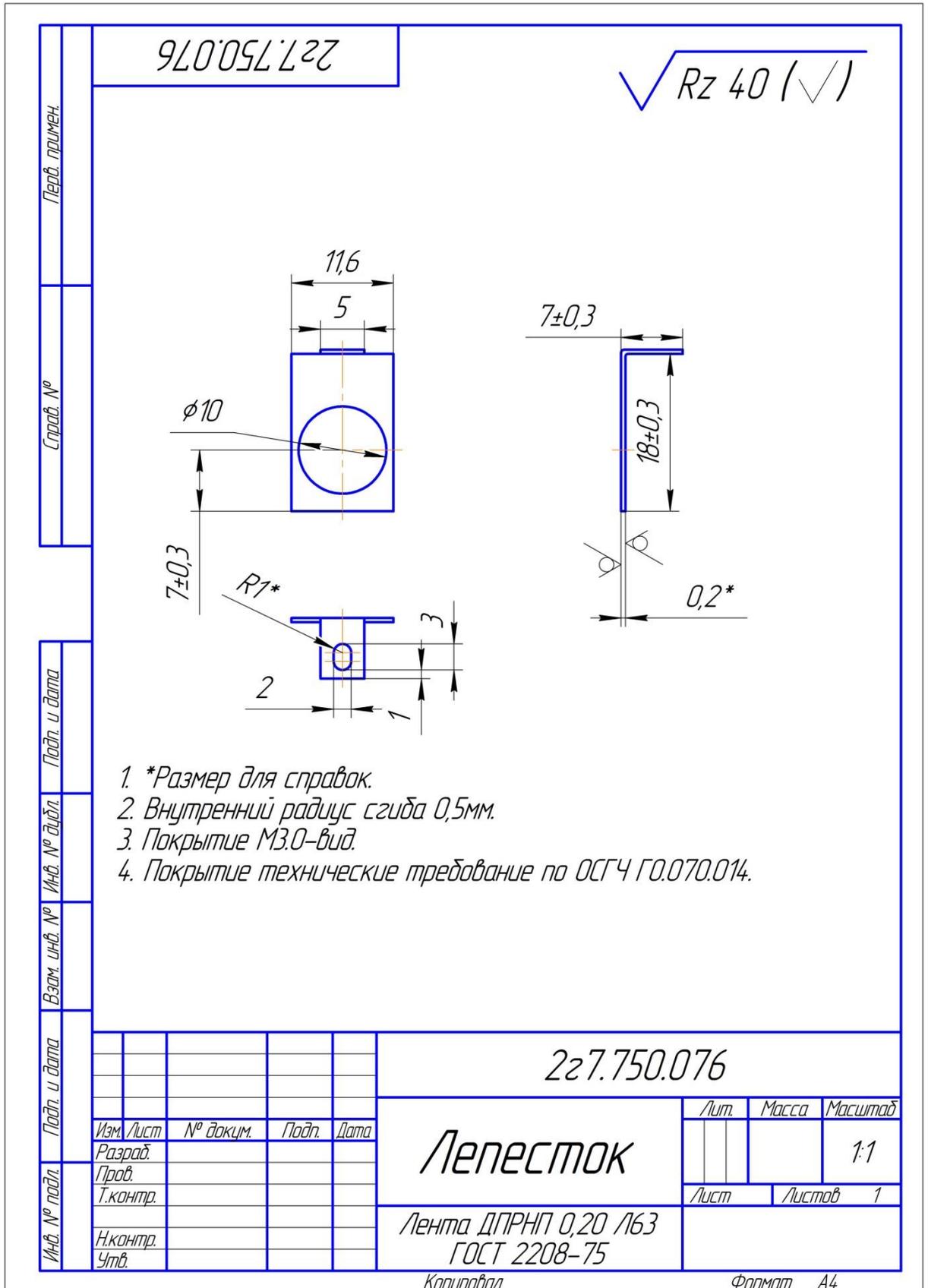


Рис.1 - Лепесток 2z7.750.076

1.1 Развертка детали

Схема развертки детали показана на рис.2. Длина развертки равна длиной средней линии.

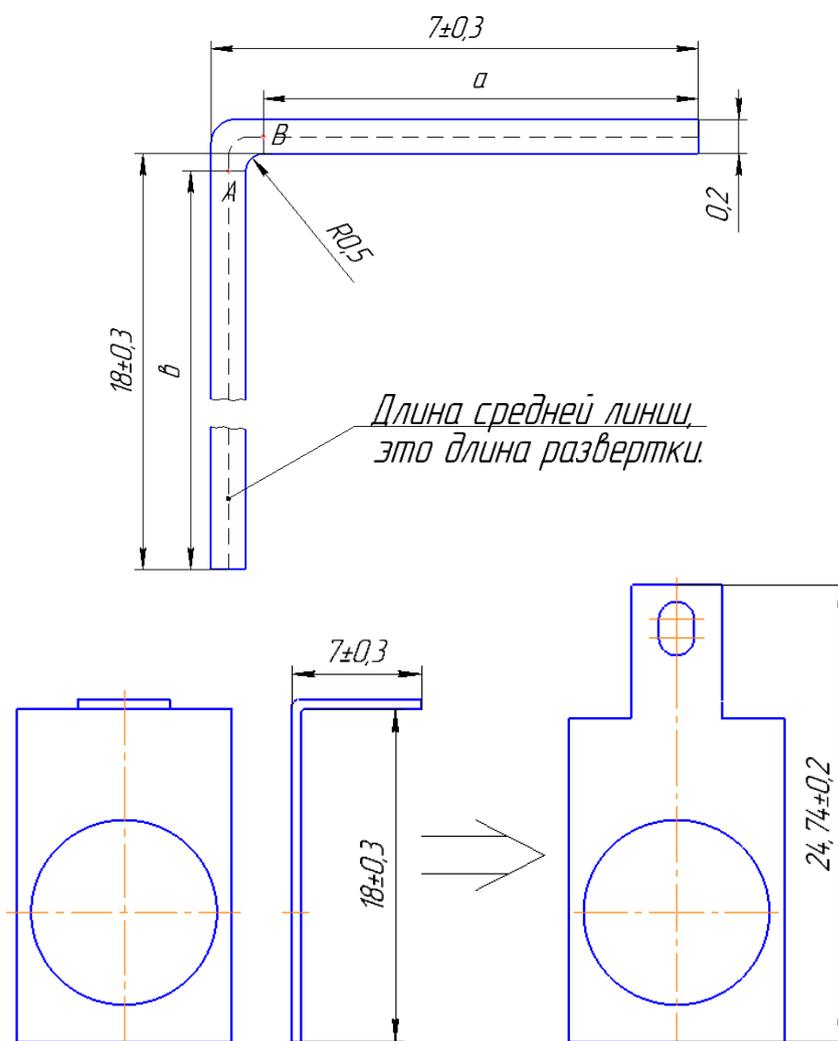


Рис.2 Схема развертки

Длина средней линии L разделяется на 3 части: a , b и дуга AB .

$$a = 7 - 0,2 - 0,5 = 6,3 \text{ мм}$$

$$b = 18 - 0,5 = 17,5 \text{ мм}$$

$$\widehat{AB} = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \cdot (0,5 + 0,1) = \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 = 0,942 \text{ мм}$$

$$L = a + b + \widehat{AB} = 6,3 + 17,5 + 0,942 = 24,74 \text{ мм}$$

Следовательно, длина развертки равна 24,74 мм.

Технологический чертеж показан на рис.3

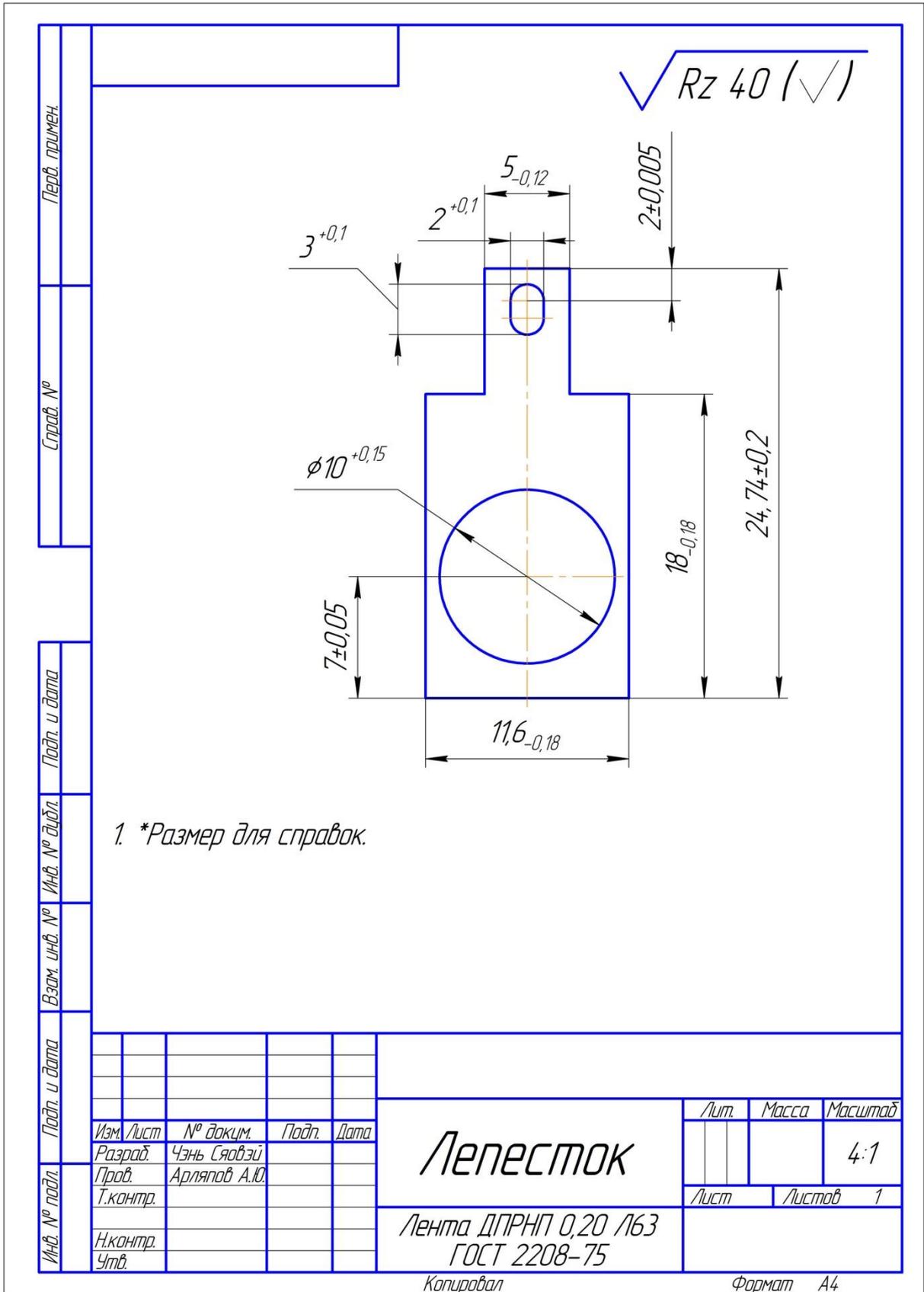


Рис.3 Чертеж детали после развертки

1.2 Создав и принцип действия вырубного штампа

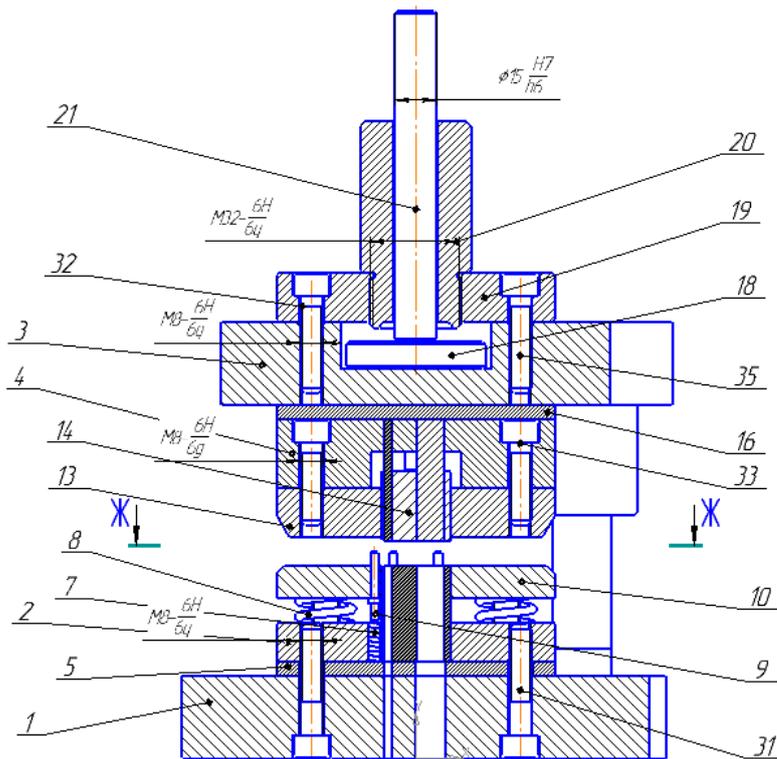


Рис.4 Схема 1 вырубного штампа

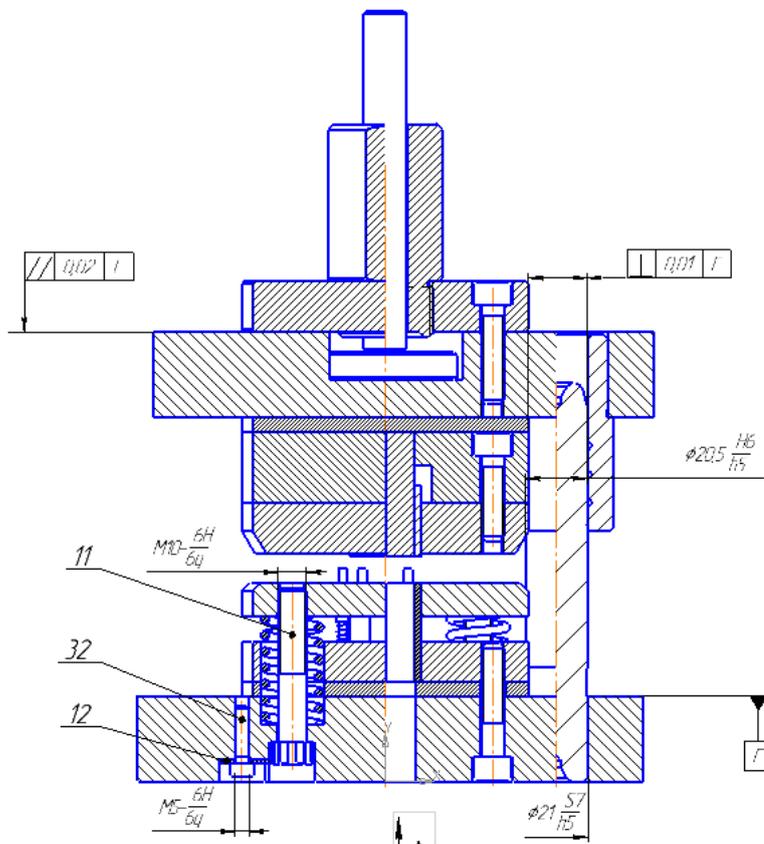


Рис.5 Схема 2 вырубного штампа

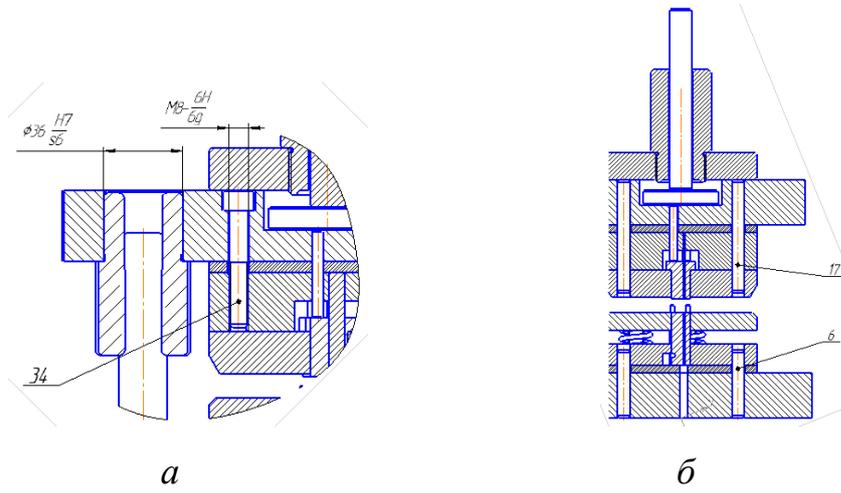


Рис.6 Схема 3 вырубного штампа

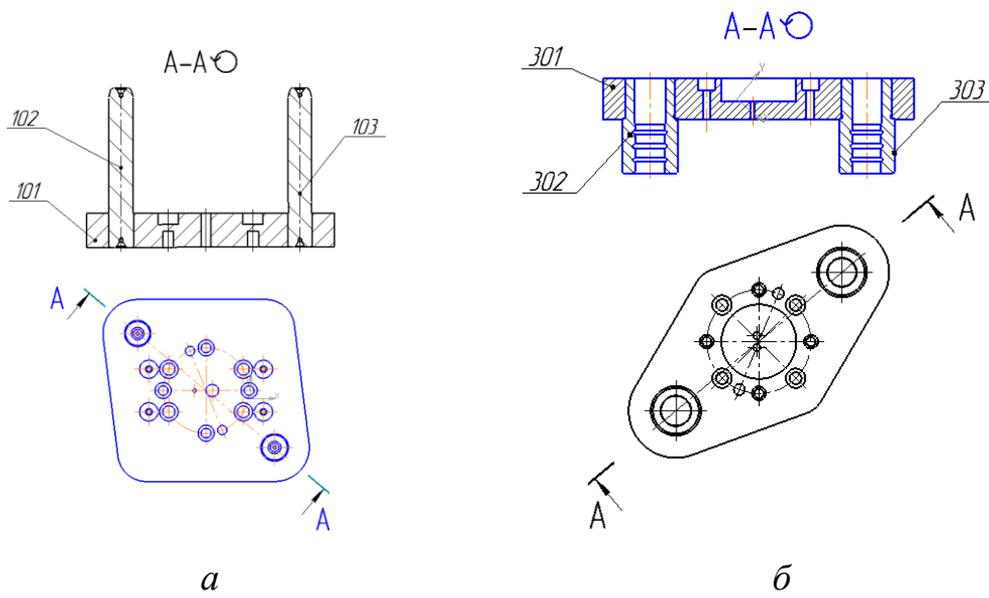


Рис.7 Схема 4 вырубного штампа

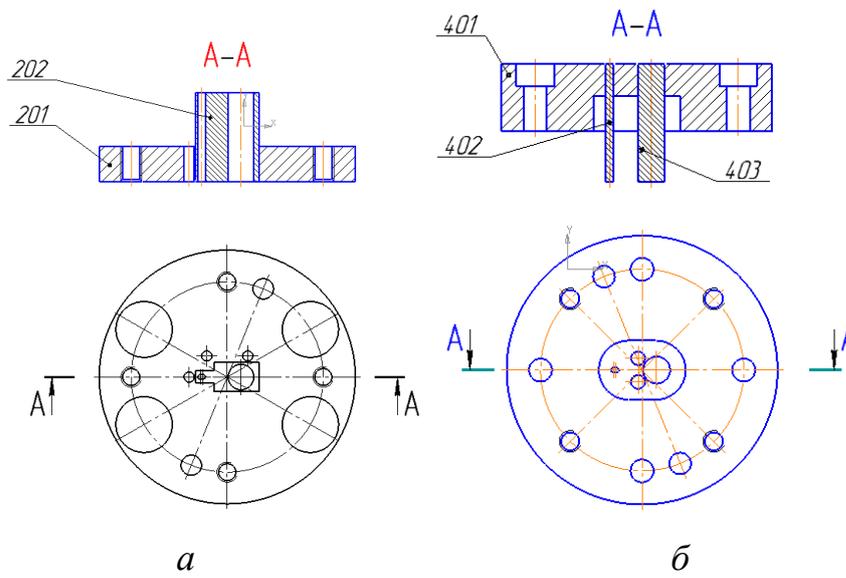


Рис.8 Схема 5 вырубного штампа

101-Плита нижняя	102- Колонка 1	103- Колонка 2
201- Держатель пуансон-матрицы		202-Пуансон-матрица
301- Плита верхняя	302- Втулка 1	303-Втулка 2
401- Пуансонодержатель	402- Пуансон 1	403- Пуансон 2
5- Подкладка 1	6-Штифт 1	7- Пружина 1
8-Пружина 2	9- Упор	10- Съемник
11- Винт регулировочный	12- Шайба регулировочного винта	
13- Матрица	14- Выбрасыватель	15- Штифт 2
16- Подкладка 2	17- Штифт 3	18- Диск
19- Крышка	20- Хвостовик	21- Толкатель

Основой штампа является плита нижняя с колонками 1 и плита верхняя с втулками 3 (рис.4), состоящий из нижней 101 и верхней плит 301; направляющих элементов – колонок 102,103, втулок 302,303; хвостовика 20 (рис.7 а,б).

К блоку монтируют рабочие и вспомогательные детали. Рабочими деталями являются матрица 13 (рис.4), пуансоны 402,403 и пуансон – матрица 202 (рис.8 а,б); вспомогательными – съемник 10 (рис.4), держатель пуансона – матрицы 201 (рис.8 а), пуансонодержатель 401 (рис.8 б), подкладки 5,16, выбрасыватель 14, толкатель 21, упоры 9, диск 18, крышка 19 и крепежные детали (рис.4,5,6).

С помощью вспомогательных деталей осуществляется крепление и фиксация рабочих частей штампа, направление заготовок и съем отходов.

Штамповка вырубного начинается с подачи заготовки (лента) оператором в зазор между верхней и нижней частями штампа. На съемник 10 (рис.4) ложится заготовка, боковая кромка которой скользит по двум направляющим упорам 9 (рис.4), и упирается в третий упор, который в последствии определяет шаг вырубленных деталей в ленте.

Хвостовик 20 (рис.4), прикрученный и расклепанный с крышкой 19 (рис.4), закрепляется в ползуне пресса, и во время рабочего хода обеспечивает движение верхнего блока. Крышка 19 (рис.4) прикручена четырьмя винтами 35(рис.4) к плите верхней 301(рис.8 а); в свою очередь к плите верхней 301(рис.8 а) закреплены подкладка 16 (рис.4), пуансонодержатель 401 с заклепанными пуансонами 402 и 403

(рис.8 б), матрица 13 с установленным выбрасывателем 14 (рис.4). Верхний блок при работе смыкается с нижнем блоком, закрепленном к неподвижной станине прессы. Направляющие колонки 102,103 и втулки 302,303 обеспечивают совпадение контуров пуансонов 402 и 403 (рис.7 а,б), матрицы 13 и пуансон – матрицы 202 (рис.7 а,б).

Нижний блок состоит из плиты нижней 101 (рис.7 а), в которую заштифтованы и прикручены подкладка 5 (рис.4), держатель пуансона – матрицы 201 с заклепанной пуансоном – матрицей 202 (рис8 а), подпружиненного съемника 10 с тремя упорами 9 (рис.4 а). Съемник 10 прикручен регулировочными винтами 11, зафиксированными фигурными шайбами 12 (рис.4). Упоры 9 подпружинены и имеют возможность утопать в съемнике 10 (рис.4). В момент рабочего хода прессы происходит смыкание верхнего и нижнего блоков, съемник 10 опускается вниз за счет пружин 8 (рис.4), пуансон – матрица 202 вырубает контур, а пуансон 402,403 (рис.8 а,б) пробивают отверстия в детали. При подъеме верхнего блока упоры 9 под действием пружин 7 выступают вверх за плоскость съемника 10 (рис.4). При вырубке детали диск 18 выталкивает толкатели 21 (рис.4) вниз, которые действуют на выбрасыватель 14 (рис.4), в последствии выталкивает готовую деталь из матрицы 13(рис.4). Отходы заготовки (лента) с пуансон – матрицы 202 (рис.8) снимаются съемником 10 (рис.4) за счет усилия пружин 8 (рис.4). Отходы от пробивки отверстий проваливаются под стол на тару. Сборочный чертеж приспособления со спецификацией представлены в приложении.

1.3 Расчет усилия вырубki детали «контакт»

Усилие вырубki в штампах можно определить по формуле

$$P = \frac{L \cdot S \cdot \tau_{cp}}{1000} \quad [1-с.8]$$

где P – усилие вырубki, кН (кгс);

L – периметр вырубаемого контура, мм;

S – толщина штампуемого материала, мм;

τ_{cp} – сопротивление срезу, Мпа (кгс/мм²)

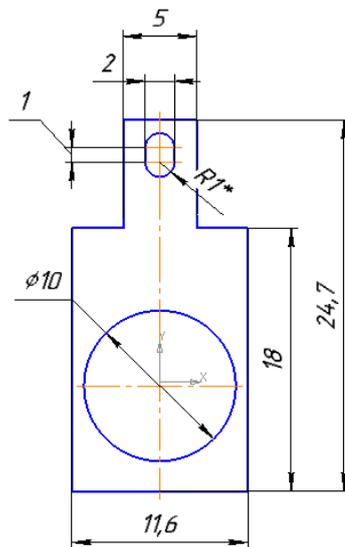


Рис.9

Периметр вырубаемого контура составляется из наружного контура и отверстий.

$$L = (11,6 + 24,7) \cdot 2 + 3,14 \cdot 10 + 1 \cdot 2 + 3,14 \cdot 2 = 112,28 \text{ мм}$$

$$S = 0,2 \text{ мм}$$

$$\tau_{\text{ср}} = 240 \text{ Мпа [2-с.125]}$$

$$P = \frac{L \cdot S \cdot \tau_{\text{ср}}}{1000} = \frac{112,28 \cdot 0,2 \cdot 240}{1000} = 5,4 \text{ кН}$$

1.4 Выбор оборудования



Рис.10 Пресс кривошипный КД 2122 усилием 16 тонн

Описание прессы

Прессы однокривошипные простого действия открытые ненаклоняемые двухстоечные КД2122 предназначены для изготовления деталей операциями холодной листовой штамповки: гибкой, вырубкой, пробивкой, неглубокой вытяжкой и т.д., в том числе в составе автоматизированных комплексов. Прессы применяются на предприятиях различных отраслей промышленности, в цехах и на участках холодной листовой штамповки. Находят широкое применение при любом типе производства: мелкосерийном, серийном, массовом.

Технические характеристики прессы КД2122

Табл.1

Параметр	Значение
Основные параметры	
Номинальное усилие прессы, кН (т)	160
Наибольший ход ползуна (штока), мм	5..55
Размеры стола, мм	280 x 420
Размеры отверстия в столе, мм	140 x 210
Диаметр отверстия в столе, мм	180
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении - закрытая высота прессы, мм	220
Расстояние от оси штока до станины (вылет), мм	160
Частота ходов ползуна непрерывных, 1/мин	120
Частота ходов ползуна одиночных от кнопки, 1/мин	55
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм	45
Расстояние между стойками станины в свету, мм	200
Толщина подштамповой плиты, мм	40
Размеры нижней поверхности ползуна, мм	190 x 220
Максимальный ход выталкивателя в ползуне, мм	40
Высота стола над уровнем пола, мм	760
Тип муфты тормоза	УВ3135
Электрооборудование	
Количество электродвигателей	1
Электродвигатель главного привода, кВт	2,0
Габариты и масса прессы	
Габариты прессы (длина ширина высота), мм	970 x 1100 x 1872
Масса прессы, кг	1325

3. Разработка технологии изготовления активных частей штампа: пунсонов, матрицы и пунсона-матрицы

Анализ технологичности конструкции деталей

В процессе проектирования, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, то есть все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, классы чистоты обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, весе детали и т. п. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов и во многих случаях способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Деталь, предложенная на ВКР, полностью соответствует вышеперечисленным требованиям. В процессе обработки, обрабатываемые поверхности легко доступны для режущего инструмента. Двадцать четыре отверстия в детали являются короткими, т.к. отношение длины к диаметру не превышает 5. Также отметим, что большинство конструкторских баз совпадают с измерительными базами, что исключает погрешность базирования.

Выбор вида и способа получения заготовки

Способ получения заготовки определяется на основании чертежа детали, результатов анализа ее служебного назначения, технических требований, программы выпуска и величины серии, типа производства, экономичности изготовления [2, с. 96].

Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы и способы получения заготовок, такие как литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, штамповка в закрытых штампах и др. Прогрессивные способы получения заготовок обеспечивают снижение затрат на механическую обработку и повышение качества продукции.

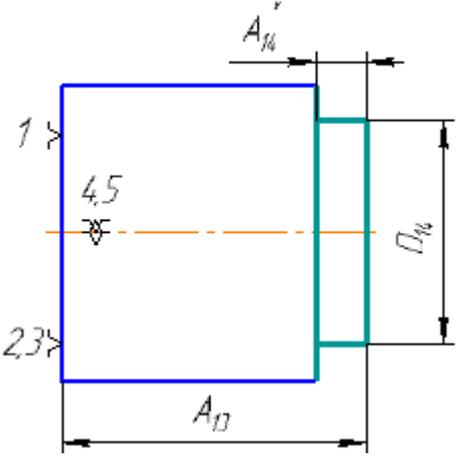
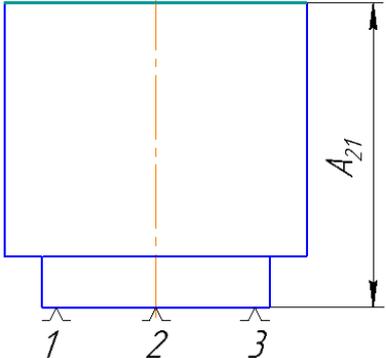
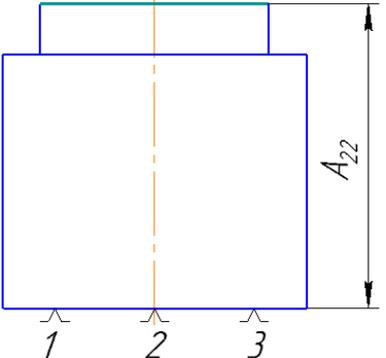
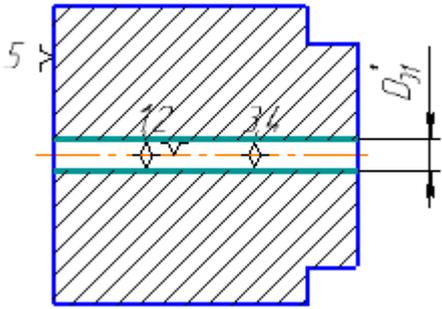
На основании анализа конструкции детали по чертежу, учебной и справочной литературе [2, с. 95; 2, с. 25] выбираем в качестве заготовки круглый прокат.

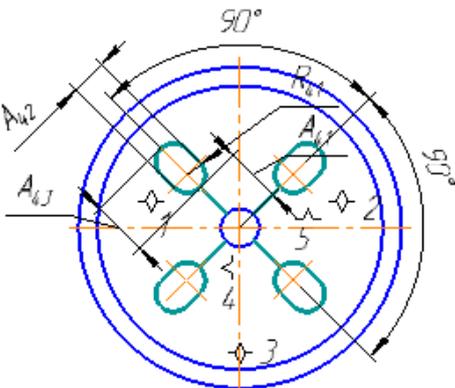
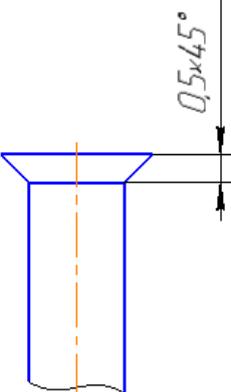
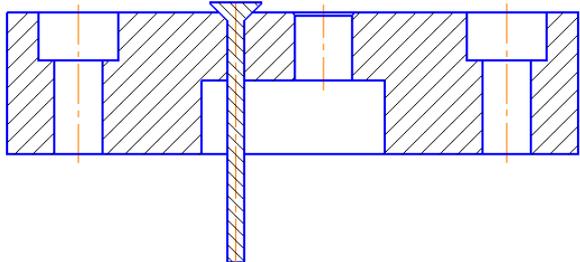
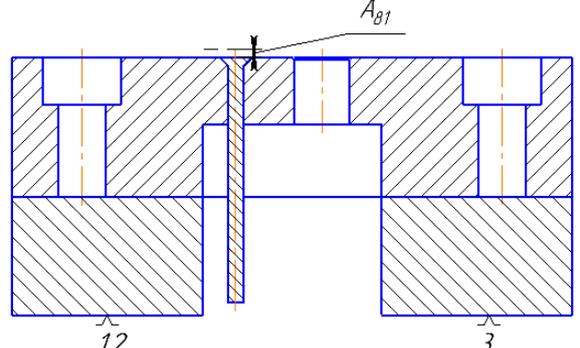
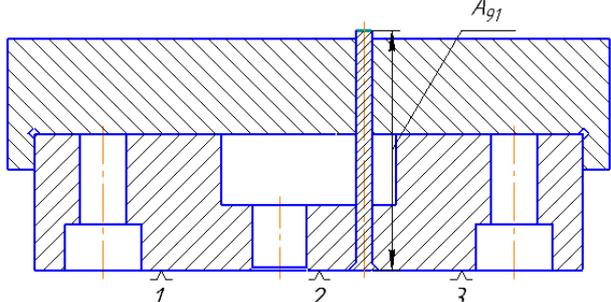
3.1 Разработка технологии пуансона 1

В качестве проектированного технологического процесса предполагается технологический процесс, представленный на табл.3.

Табл.3

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
0		<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер 55 ± 1</p>	
1	1	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установ А</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{11}.</p> <p>3. Проточить наружную поверхность, выдерживая размеры A_{12}^* и D_{12}.</p>	

	2	<p>Установ Б</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{13}.</p> <p>3. Проточить наружную поверхность, выдерживая размеры A_{14}^* и D_{14}.</p>	
2	1	<p><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p>Установ А</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{21}.</p>	
	2	<p>Установ Б</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{22}.</p>	
3		<p><u>Токарная</u></p> <p>Сверлить отверстие, выдерживая размер D_{31}^*.</p>	

4		<p><u>Электроискровая</u> Нарезать 4 пуансона, выдерживая размеры A_{41}, R_{41}, A_{42}, A_{43}.</p>	
5		<p><u>Слесарная расклепать</u></p>	
6		<p>Термическая обработка</p>	
7		<p><u>Сборочная</u></p>	
8		<p><u>Плоско-шлифовальная</u> Шлифовать торец, выдерживая размер A_{81}.</p>	
10		<p><u>Плоско-шлифовальная</u> Шлифовать торец, выдерживая размер $A_{10,1}$.</p>	

Расчет величины уменьшения посл слесарной расклейки

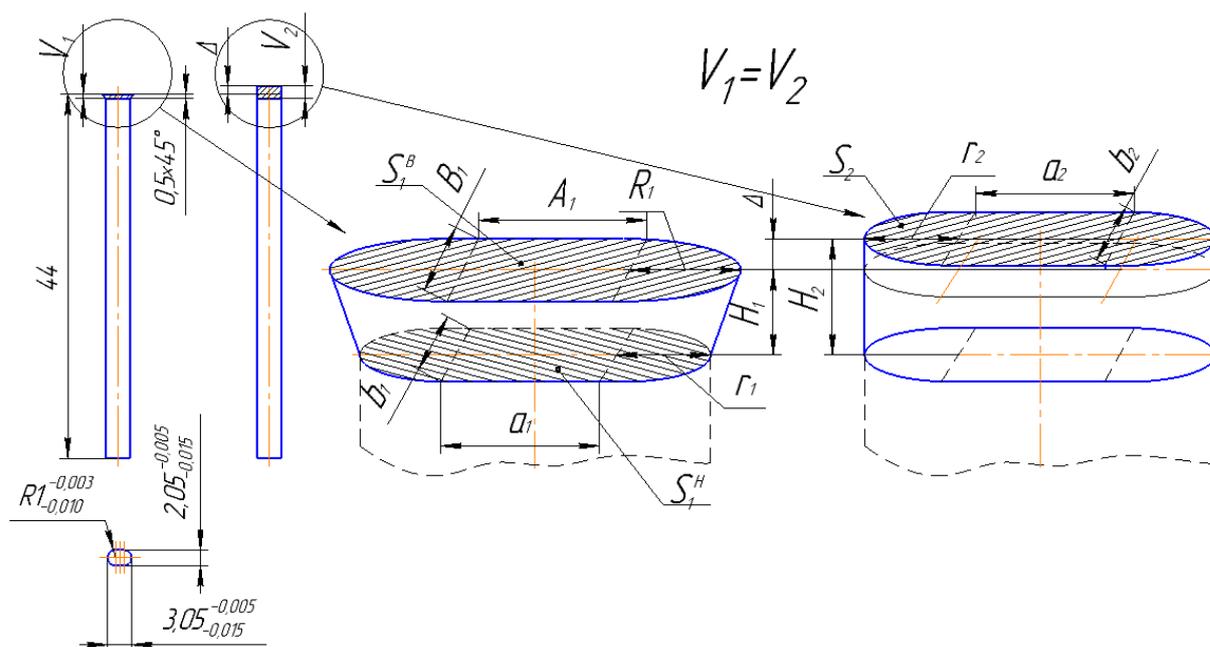


Рис.11 Схема слесарной расклейки пуансона 1

Объем деформируемой части не меняется, т.к. деформация пластическая, то есть $V_1 = V_2$.

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot (S_1^B + S_1^H + \sqrt{S_1^B \cdot S_1^H}) \quad V_2 = S_2 \cdot H_2$$

$$S_1^B = \pi \cdot R_1^2 + A_1 \cdot B_1$$

$$S_1^H = \pi \cdot r_1^2 + a_1 \cdot b_1$$

$$r_1 = \frac{1 - 0,003 + 1 - 0,01}{2} = 0,994 \quad R_1 = r_1 + 0,5 = 0,994 + 0,5 = 1,494$$

$$a_1 = \frac{3,05 - 0,005 + 3,05 - 0,015}{2} - 2 \cdot r_1 = 3,04 - 2 \cdot 0,994 = 1,053$$

$$A_1 = a_1 = 1,053$$

$$b_1 = \frac{2,05 - 0,005 + 2,05 - 0,015}{2} = 2,04 \quad B_1 = b_1 + 2 \cdot 0,5 = 2,04 + 1 = 3,04$$

$$H_1 = 0,5 \quad H_2 = H_1 + \Delta = 0,5 + \Delta$$

$$S_1^B = \pi \cdot R_1^2 + A_1 \cdot B_1 = 3,14 \cdot 1,494^2 + 1,053 \cdot 3,04 = 10,205$$

$$S_1^H = \pi \cdot r_1^2 + a_1 \cdot b_1 = 3,14 \cdot 0,994^2 + 1,053 \cdot 2,04 = 5,247$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot (S_1^B + S_1^H + \sqrt{S_1^B \cdot S_1^H}) \\ &= \frac{1}{3} \cdot 0,5 \cdot (10,205 + 5,247 + \sqrt{10,205 \cdot 5,247}) = 3,795 \end{aligned}$$

$$S_2 = S_1^H = 5,247$$

$$V_2 = S_2 \cdot H_2 = 5,247 \cdot (0,5 + \Delta) = V_1 = 3,795$$

$$\text{Вличена уменьшения } \Delta = \frac{3,795}{5,247} - 0,5 = 0,223$$

Размерный анализ технологического процесса

Размерный анализ способствует уменьшению себестоимости технологического процесса. Задачи, решаемые при размерном анализе:

- установление обоснованных допусков и размеров на каждой технологической операции;
- установление обоснованных припусков на обработку каждой технологической операции;
- обеспечение проектирования технологического процесса с минимальным количеством технологических операций.

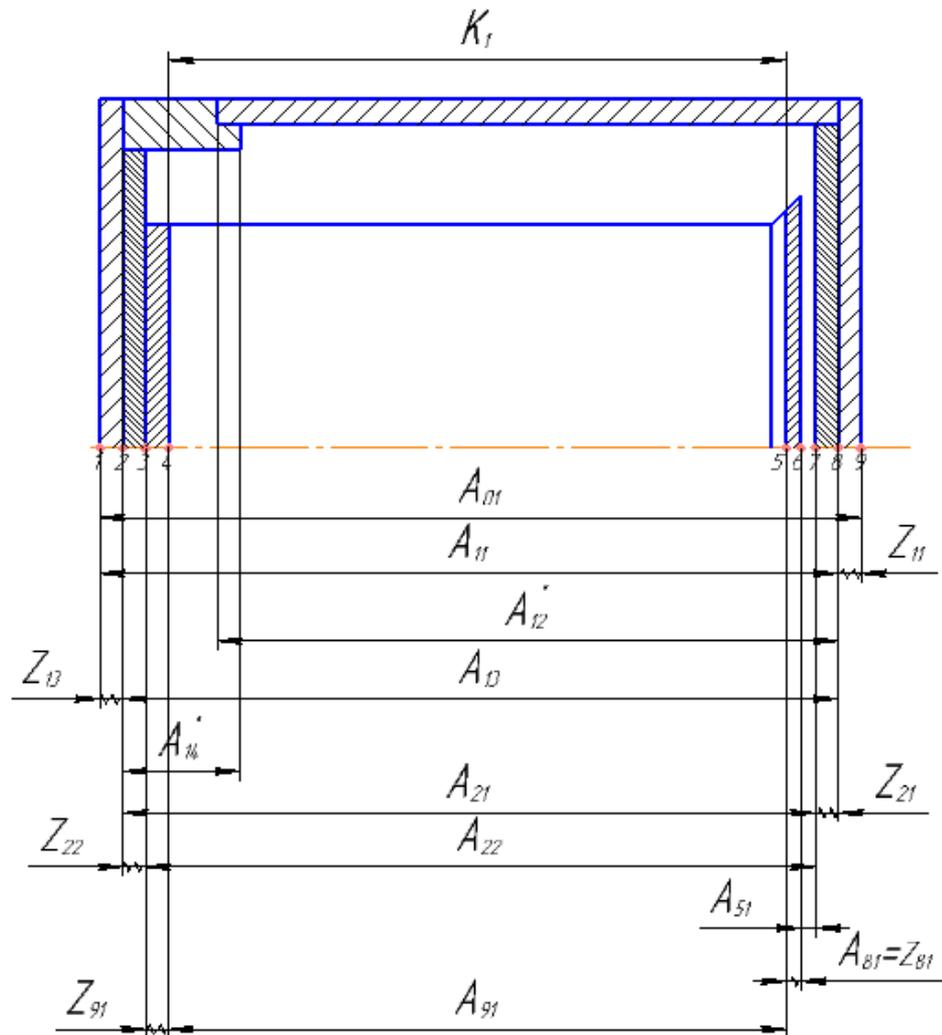


Рис.12 Размерная схема технологического процесса изготовления пунсона 1

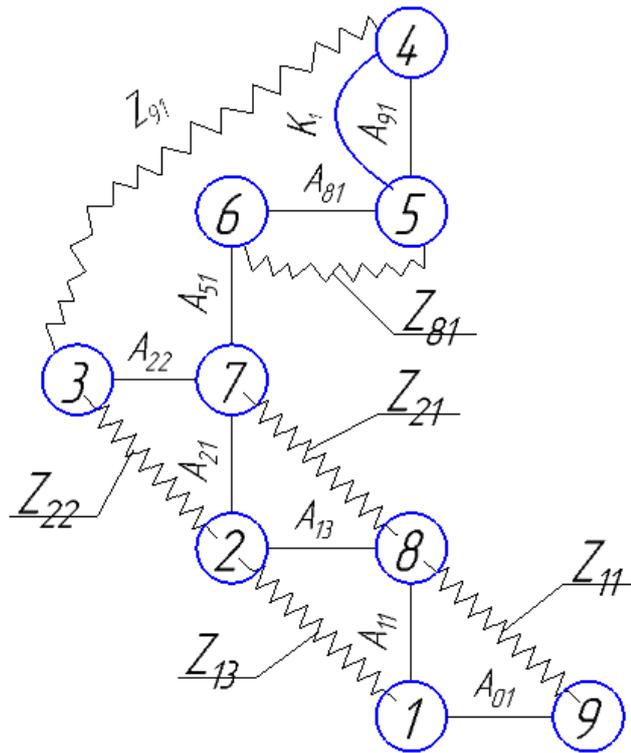
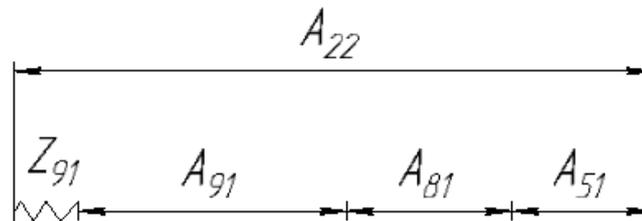


Рис.13 Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении пунсона 1



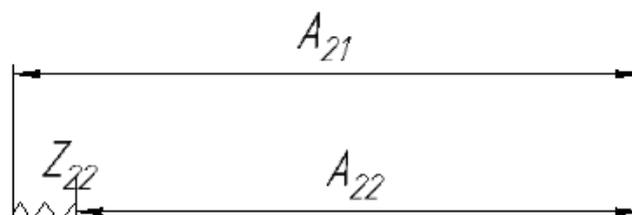
Из цепи имеем $A_{91} = K_1 = 44 \pm 0,31$. Сейчас рассмотрим размерный цепь одним неизвестным технологическим размером и способом средних значений определим его номинальное значение и предельные отклонения.

Минимальный припуск по шлифовальной операции $Z_{91\text{мин}} = 0,3$

$$Z_{91\text{ср}} = Z_{91\text{мин}} + \frac{TA_{22} + TA_{91} + TA_{81} + TA_{51}}{2} = 0,3 + \frac{0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,01}{2} = 0,35$$

$$A_{22\text{ср}} = A_{91\text{ср}} + A_{81\text{ср}} + A_{51\text{ср}} + Z_{91\text{ср}} = 44 + 0,3 + 0,25 + 0,35 = 44,9$$

$$A_{22} = 44,9 \pm 0,015$$

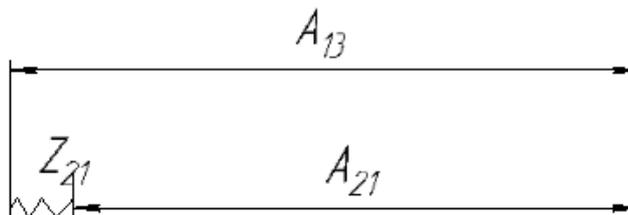


Из цепи найдем технологический размер A_{21} . Минимальный припуск $Z_{22\text{мин}} = 0,3$

$$Z_{22\text{ср}} = Z_{22\text{мин}} + \frac{TA_{21} + TA_{22}}{2} = 0,3 + \frac{0,1 + 0,03}{2} = 0,365$$

$$A_{21\text{ср}} = A_{22\text{ср}} + Z_{22\text{ср}} = 44,9 + 0,365 = 45,265$$

$$A_{21} = 45,27 \pm 0,05$$

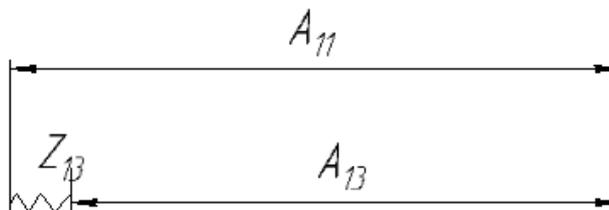


Из цепи найдем технологический размер A_{13} . Минимальный припуск $Z_{21\text{мин}} = 1,5$

$$Z_{21\text{ср}} = Z_{21\text{мин}} + \frac{TA_{13} + TA_{21}}{2} = 1,5 + \frac{0,3 + 0,1}{2} = 1,7$$

$$A_{13\text{ср}} = A_{21\text{ср}} + Z_{21\text{ср}} = 45,27 + 1,7 = 46,97$$

$$A_{13} = 46,97 \pm 0,1$$

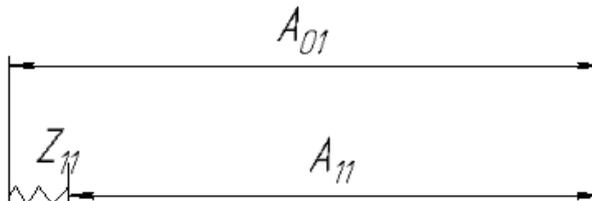


Из цепи найдем технологический размер A_{11} . Минимальный припуск $Z_{13\text{мин}} = 1,5$

$$Z_{13\text{ср}} = Z_{13\text{мин}} + \frac{TA_{11} + TA_{13}}{2} = 1,5 + \frac{1,2 + 0,3}{2} = 2,25$$

$$A_{11\text{ср}} = A_{13\text{ср}} + Z_{13\text{ср}} = 46,97 + 2,25 = 49,22$$

$$A_{11} = 49,22 \pm 0,6$$



Из цепи найдем технологический размер A_{01} . Минимальный припуск $Z_{11\text{мин}} = 1,5$

$$Z_{11cp} = Z_{11мин} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2} = 1,5 + \frac{2 + 1,2}{2} = 3,1$$

$$A_{01cp} = A_{11cp} + Z_{11cp} = 49,22 + 3,1 = 52,32$$

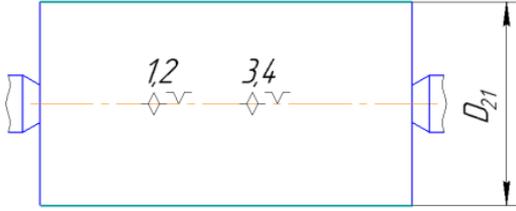
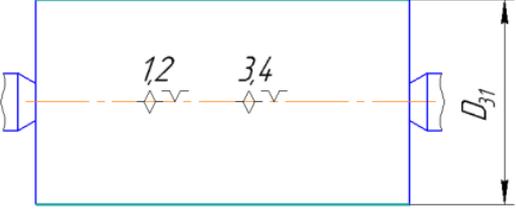
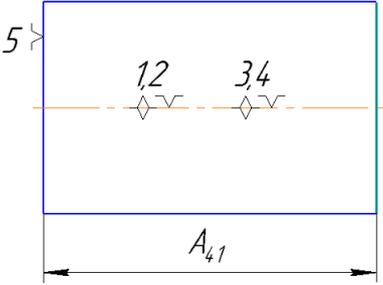
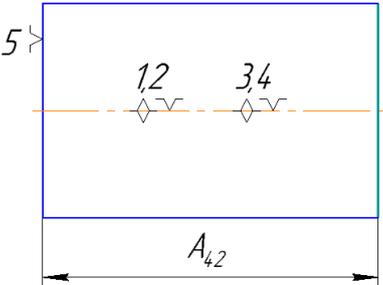
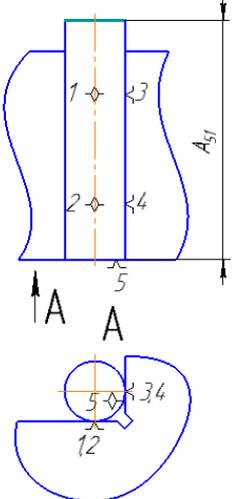
$$A_{01} = 53 \pm 1$$

3.2 Разработка технологии пуансона 2

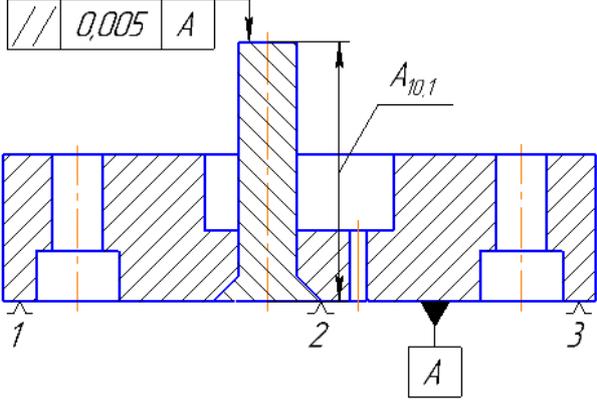
В качестве проектированного технологического процесса предполагается технологический процесс, представленный на табл.3.

табл.3

омер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
0		<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер 55 ± 1.</p>	
1	1	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установ А</p> <p>Сверлить отверстие центральное.</p>	
	2	<p>Установ Б</p> <p>Сверлить отверстие центральное.</p>	

2		<p align="center"><u>Токарная</u></p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Проточить наружную поверхность, выдерживая размер D_{22}.</p>	
3		<p align="center"><u>Кругло-шлифовальная</u></p> <p>Шлифовать наружную поверхность, выдерживая размер D_{31}.</p>	
4	1	<p align="center"><u>Токарная</u></p> <p align="center">Установ А</p> <p>Точить торец, выдерживая размер A_{41}.</p>	
	2	<p align="center">Установ Б</p> <p>Точить торец, выдерживая размер A_{42}.</p>	
5	1	<p align="center"><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p align="center">Установ А</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{51}.</p>	

2		<p>Установ Б</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{52}.</p>	
6		<p><u>Слесарная</u> <u>расклепать</u></p>	
7		<p>Термическая обработка</p>	
8		<p><u>Сборочная</u></p>	
9		<p><u>Плоско-</u> <u>шлифовальная</u></p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{91}.</p>	

10	<p style="text-align: center;"><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер $A_{10,1}$.</p>	
----	--	--

Расчет величины уменьшения посл слесарной расклепки

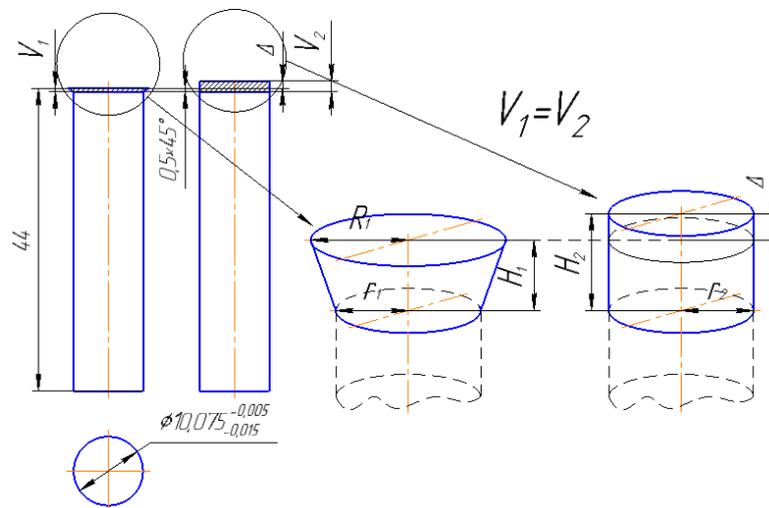


Рис.14 Схема слесарной расклепка пуансона 2

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot H_1 \cdot (r_1^2 + R_1^2 + r_1 \cdot R_1)$$

$$V_2 = \pi \cdot r_2^2 \cdot H_2$$

$$r_1 = \frac{10,075 - 0,005 + 10,075 - 0,015}{2} = 5,033 \quad R_1 = r_1 + 0,5 = 5,033 + 0,5 = 5,533$$

$$r_2 = r_1 = 5,033$$

$$H_1 = 0,5$$

$$H_2 = H_1 + \Delta = 0,5 + \Delta$$

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot H_1 \cdot (r_1^2 + R_1^2 + r_1 \cdot R_1) = \frac{3,14}{3} \cdot 0,5 \cdot (5,033^2 + 5,533^2 + 5,033 \cdot 5,533) = 43,843$$

$$V_2 = \pi \cdot r_2^2 \cdot H_2 = 3,14 \cdot 5,033^2 \cdot (0,5 + \Delta) = V_1 = 43,843$$

$$\Delta = \frac{43,843}{3,14 \cdot 5,033^2} - 0,5 = 0,0512$$

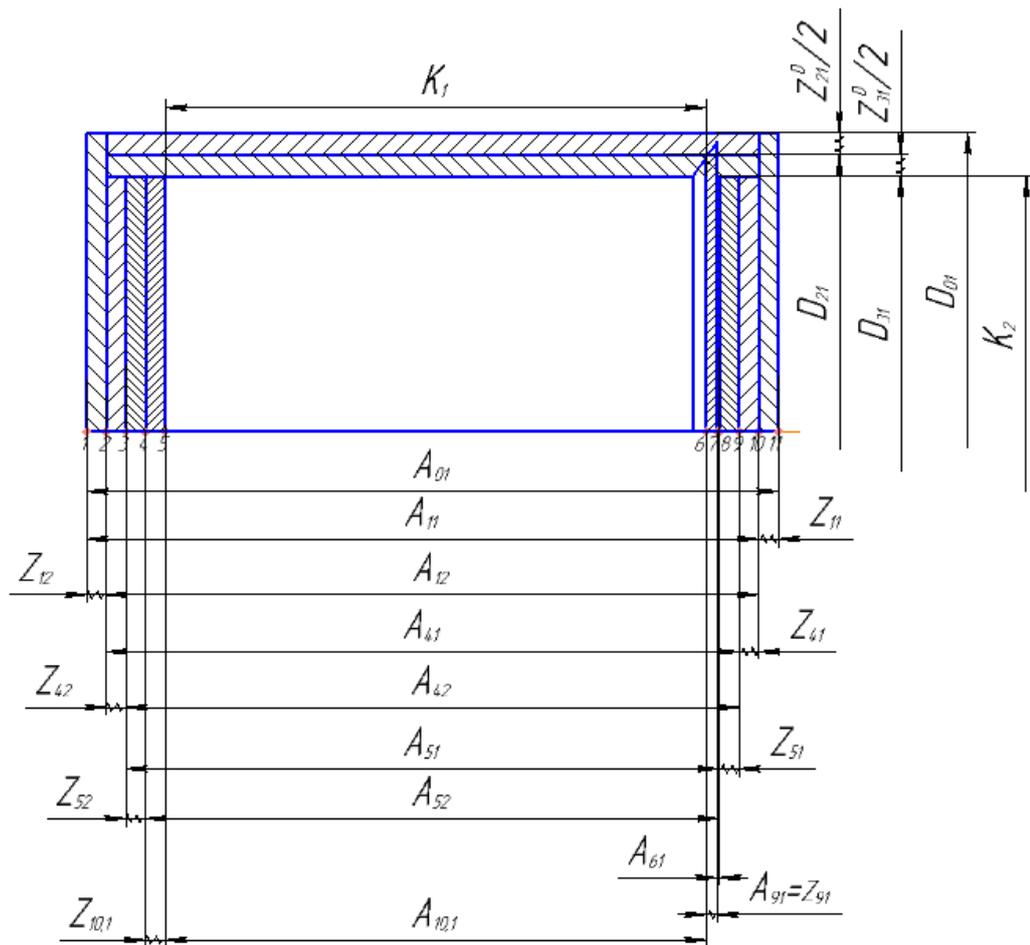


Рис.15 Размерная схема технологического процесса изготовления пунсона 1

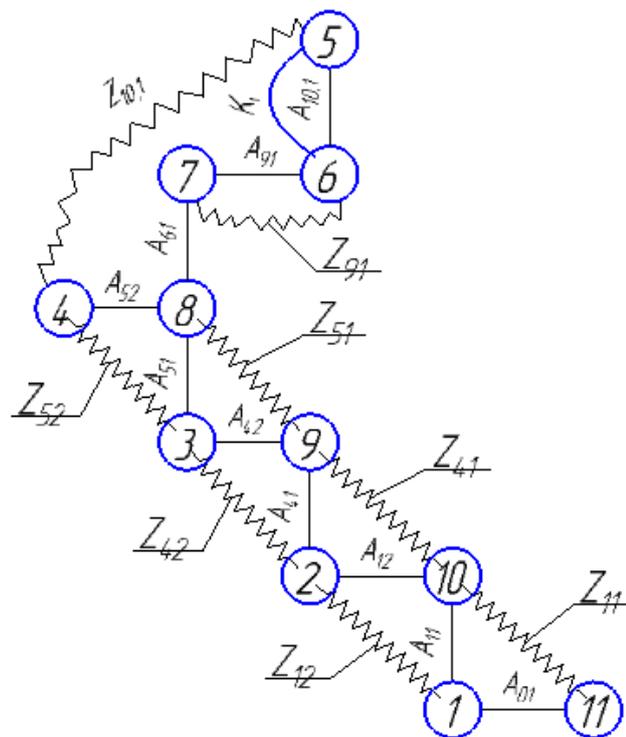
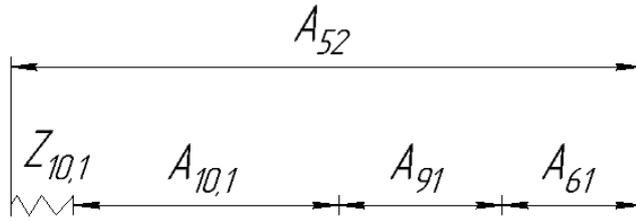


Рис.16 Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении пунсона 1

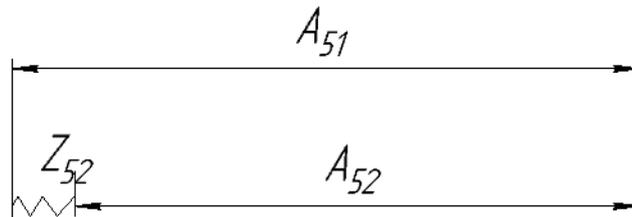


$$Z_{10,1cp} = Z_{10,1мин} + \frac{TA_{52} + TA_{10,1} + TA_{91} + TA_{61}}{2}$$

$$= 0,3 + \frac{0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,01}{2} = 0,35$$

$$A_{52cp} = A_{10,1cp} + A_{91cp} + A_{61cp} + Z_{10,1cp} = 44 + 0,3 + 0,06 + 0,35 = 44,71$$

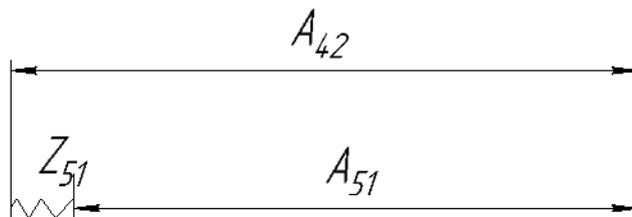
$$A_{52} = 44,71 \pm 0,015$$



$$Z_{52cp} = Z_{52мин} + \frac{TA_{51} + TA_{52}}{2} = 0,3 + \frac{0,1 + 0,03}{2} = 0,365$$

$$A_{51cp} = A_{52cp} + Z_{52cp} = 44,71 + 0,365 = 45,08$$

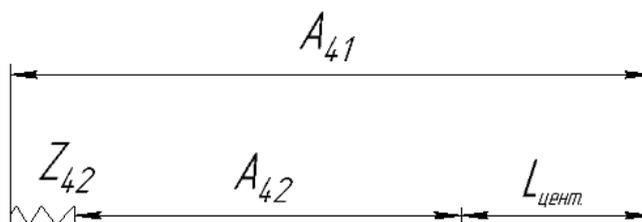
$$A_{51} = 45,08 \pm 0,05$$



$$Z_{51cp} = Z_{51мин} + \frac{TA_{51} + TA_{42}}{2} = 0,3 + \frac{0,1 + 0,2}{2} = 0,45$$

$$A_{42cp} = A_{51cp} + Z_{51cp} = 45,08 + 0,45 = 45,53$$

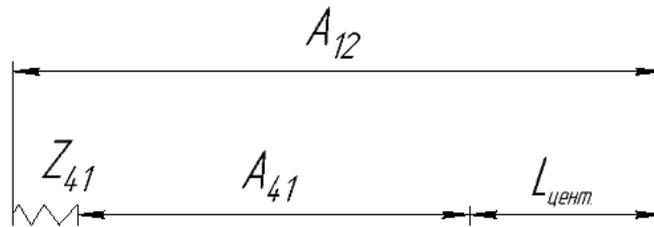
$$A_{42} = 45,53 \pm 0,1$$



$$Z_{42\text{cp}} = Z_{42\text{мин}} + \frac{TA_{41} + TA_{42}}{2} = 0,5 + \frac{0,3 + 0,2}{2} = 0,75$$

$$A_{41\text{cp}} = A_{42\text{cp}} + Z_{42\text{cp}} + L_{\text{центр.}} = 45,53 + 0,75 + 0,5 = 46,78$$

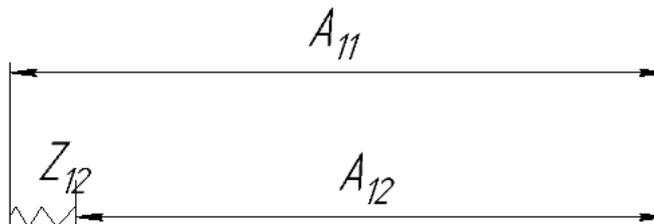
$$A_{41} = 46,78 \pm 0,15$$



$$Z_{41\text{cp}} = Z_{41\text{мин}} + \frac{TA_{41} + TA_{42}}{2} = 0,5 + \frac{0,3 + 0,3}{2} = 0,8$$

$$A_{12\text{cp}} = A_{41\text{cp}} + Z_{41\text{cp}} + L_{\text{центр.}} = 46,78 + 0,8 + 0,5 = 48,08$$

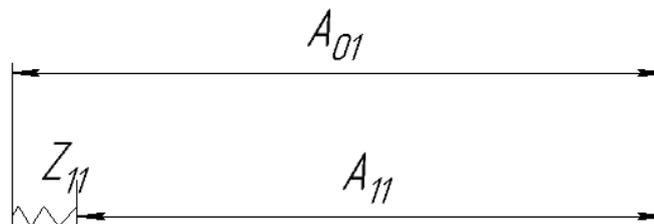
$$A_{12} = 48,08 \pm 0,15$$



$$Z_{12\text{cp}} = Z_{12\text{мин}} + \frac{TA_{11} + TA_{12}}{2} = 1,5 + \frac{1,2 + 0,3}{2} = 2,25$$

$$A_{11\text{cp}} = A_{12\text{cp}} + Z_{12\text{cp}} = 48,08 + 2,25 = 50,33$$

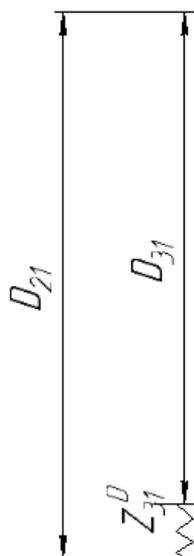
$$A_{11} = 50,33 \pm 0,6$$



$$Z_{11\text{cp}} = Z_{11\text{мин}} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2} = 1,5 + \frac{2 + 1,2}{2} = 3,1$$

$$A_{01\text{cp}} = A_{11\text{cp}} + Z_{11\text{cp}} = 50,33 + 3,1 = 53,43$$

$$A_{01} = 54 \pm 1$$

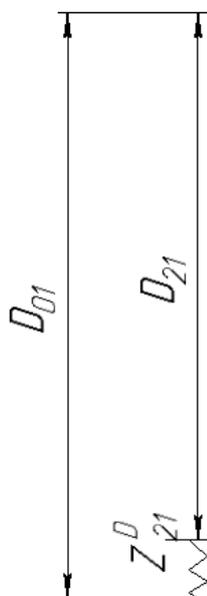


$$TD_{31} = TK_2 = 0,01$$

$$Z_{31}^D = Z_{31\text{мин}}^D + \frac{TD_{21} + TD_{31}}{2} = 0,5 + \frac{0,2 + 0,01}{2} = 0,605$$

$$D_{21\text{ср}} = D_{31\text{ср}} + Z_{31}^D = 10,065 + 0,605 = 10,67$$

$$A_{01} = 10,67 \pm 0,1$$



$$Z_{21}^D = Z_{21\text{мин}}^D + \frac{TD_{01} + TD_{21}}{2} = 1,5 + \frac{0,8 + 0,2}{2} = 2$$

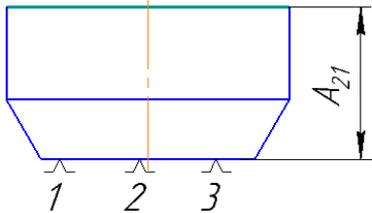
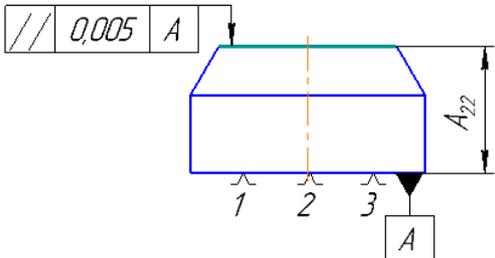
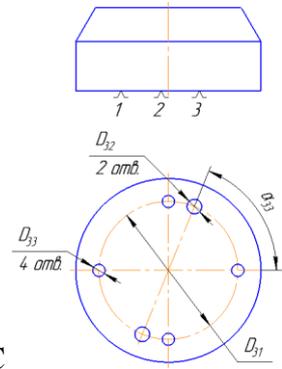
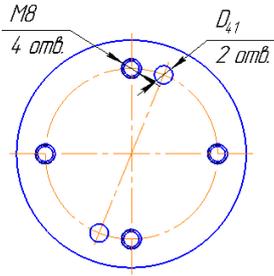
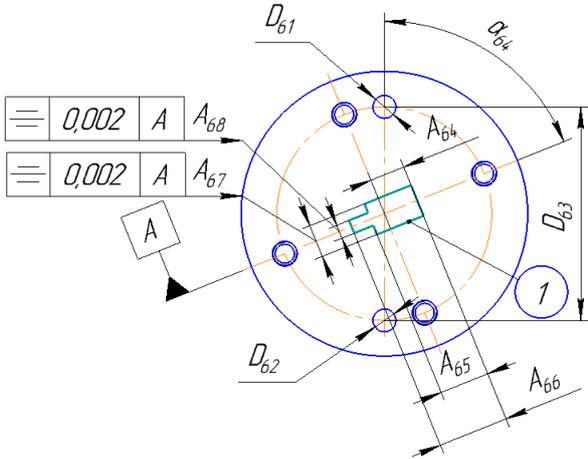
$$D_{01\text{ср}} = D_{21\text{ср}} + Z_{21}^D = 10,67 + 2 = 12,67$$

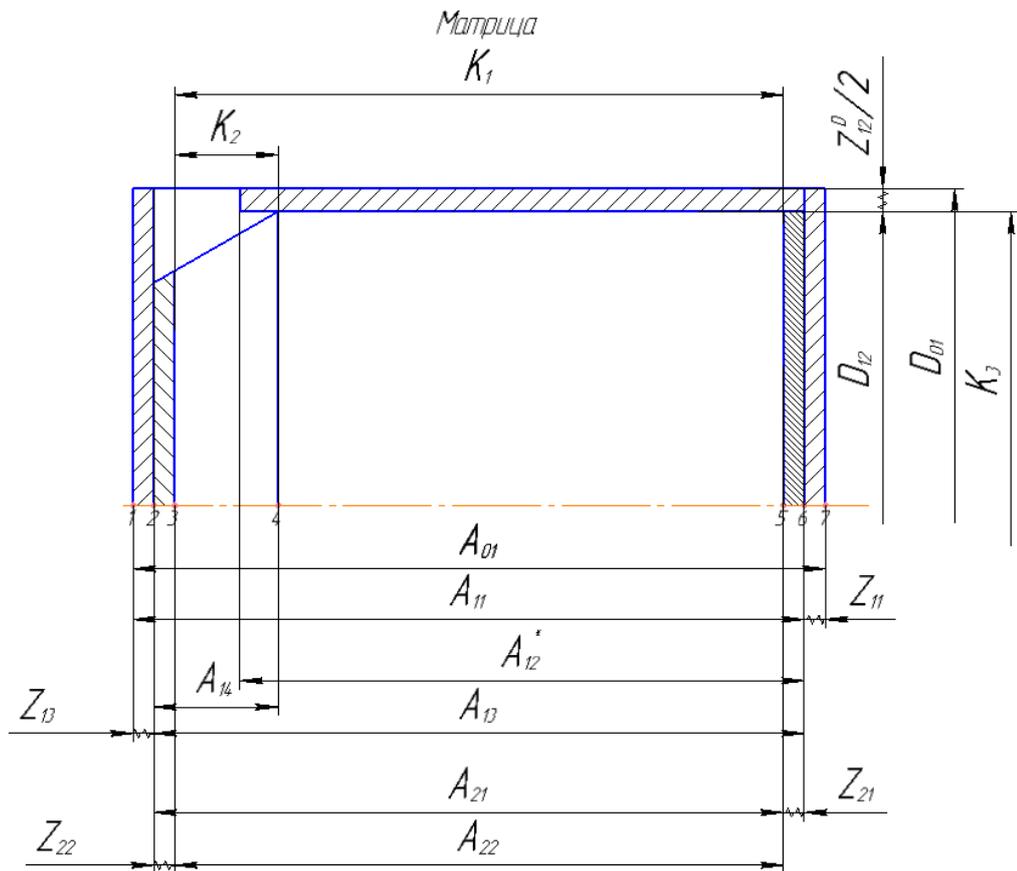
$$D_{01} = 14_{-0,8}$$

3.3 Разработка технологии матрицы

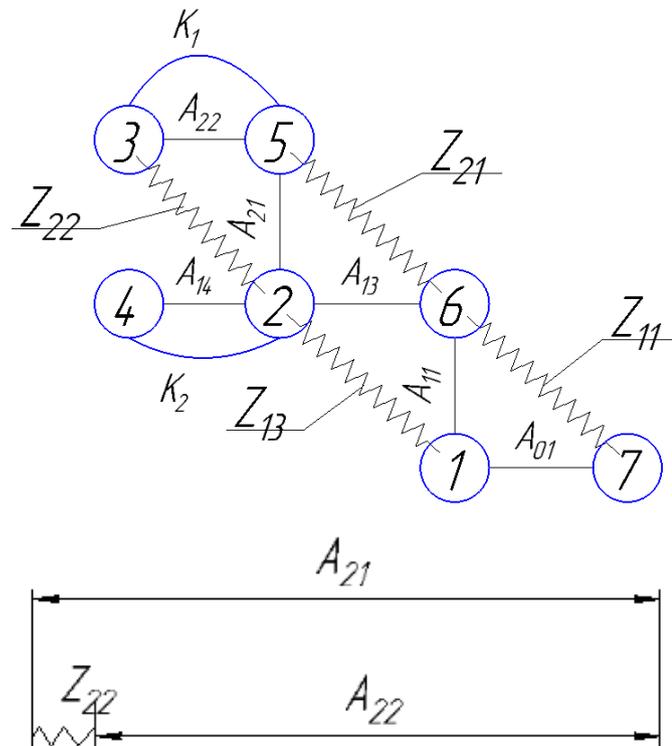
В качестве проектированного технологического процесса предполагается технологический процесс, представленный на табл.4.

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
0		<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер 25 ± 1</p>	
1	1	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установ А</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{11}.</p> <p>3. Проточить наружную поверхность, выдерживая размеры A_{12}^* и D_{12}.</p>	
	2	<p>Установ Б</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{13}.</p> <p>3. Точить фаску, выдерживая размер A_{14}.</p> <p>4. Сверлить отверстие, выдерживая размер D_{15}^*.</p>	

2	1	<p><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p>Установ А</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{21}.</p>	
2	2	<p>Установ Б</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{22}.</p>	
3		<p><u>Сверлильная</u></p> <p>Сверлить отверстия, выдерживая размеры D_{31}, D_{32}, D_{33} и 1.</p>	
4		<p><u>Слесарная</u></p> <p>1. Нарезать резьбы М8.</p> <p>2. развернуть отверстия, выдерживая размер D_{41}.</p>	
5		<p>Термическая обработка</p>	
6		<p><u>Электроискровая</u></p> <p>1. Вырезать отверстия, выдерживая размер D_{61}, D_{62}, D_{63}.</p> <p>2. Вырезать контур 1, выдерживая размеры A_{64}, A_{64}, A_{66}, A_{67}, A_{68}, A_{68}.</p>	



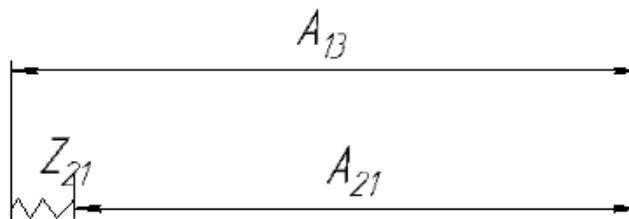
Граф дерева матрицы



$$Z_{22\text{ср}} = Z_{22\text{мин}} + \frac{TA_{21} + TA_{22}}{2} = 0,3 + \frac{0,1 + 0,03}{2} = 0,365$$

$$A_{21cp} = A_{22cp} + Z_{22cp} = 18 + 0,365 = 18,365$$

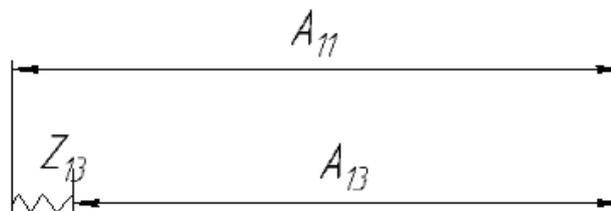
$$A_{21} = 18,365 \pm 0,05$$



$$Z_{21cp} = Z_{21мин} + \frac{TA_{13} + TA_{21}}{2} = 1,5 + \frac{0,3 + 0,1}{2} = 1,7$$

$$A_{13cp} = A_{21cp} + Z_{21cp} = 18,365 + 1,7 = 20,065$$

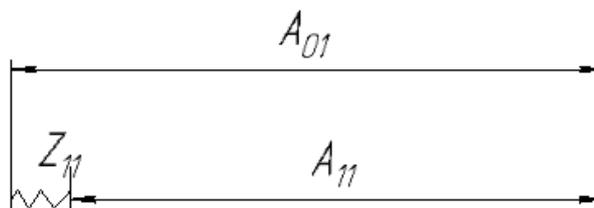
$$A_{13} = 20,065 \pm 0,1$$



$$Z_{13cp} = Z_{13мин} + \frac{TA_{11} + TA_{13}}{2} = 1,5 + \frac{1,2 + 0,3}{2} = 2,25$$

$$A_{11cp} = A_{13cp} + Z_{13cp} = 20,065 + 2,25 = 22,315$$

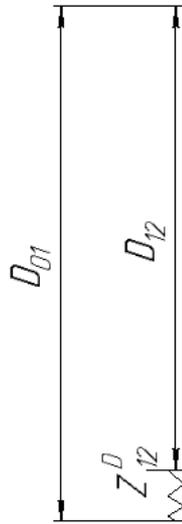
$$A_{11} = 22,315 \pm 0,6$$



$$Z_{11cp} = Z_{11мин} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2} = 1,5 + \frac{2 + 1,2}{2} = 3,1$$

$$A_{01cp} = A_{11cp} + Z_{11cp} = 22,315 + 3,1 = 25,415$$

$$A_{01} = 26 \pm 1$$



$$Z_{12}^D = Z_{12\text{мин}}^D + \frac{TD_{01} + TD_{12}}{2} = 1,5 + \frac{1 + 0,87}{2} = 2,435$$

$$D_{01\text{ср}} = D_{21\text{ср}} + Z_{21}^D = 100 + 2,435 = 102,245$$

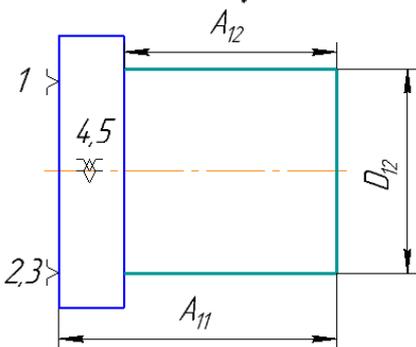
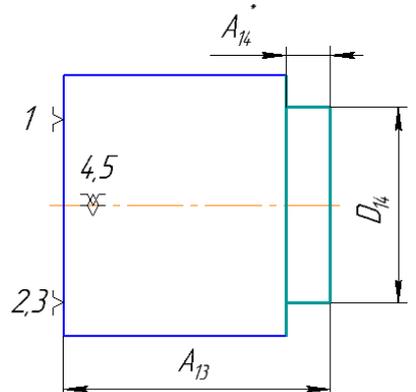
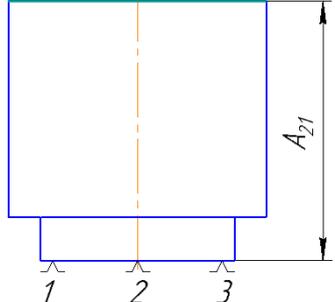
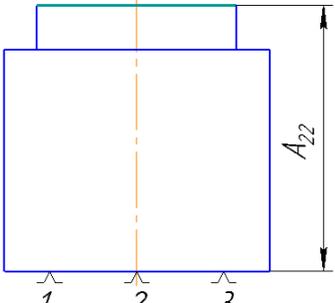
$$D_{01} = 104_{-1}$$

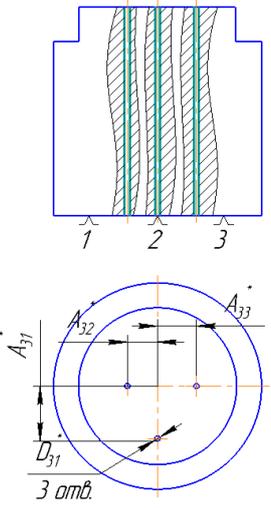
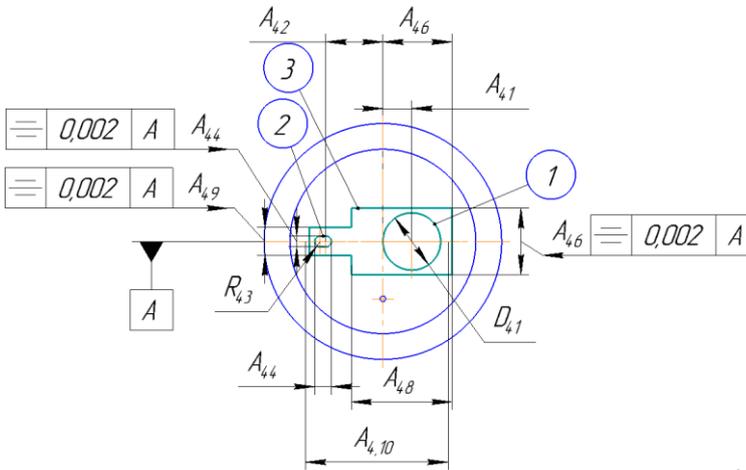
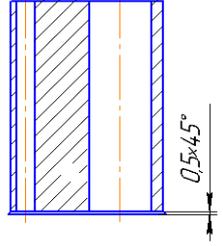
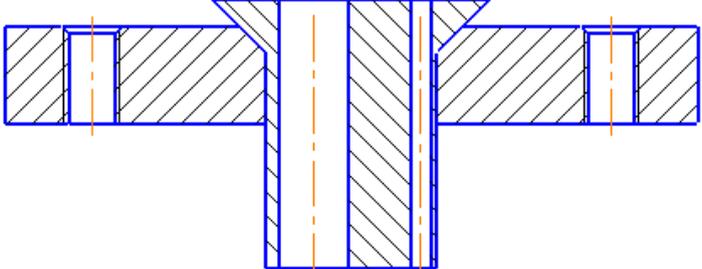
3.4 Разработка технологии пуансона-матрицы

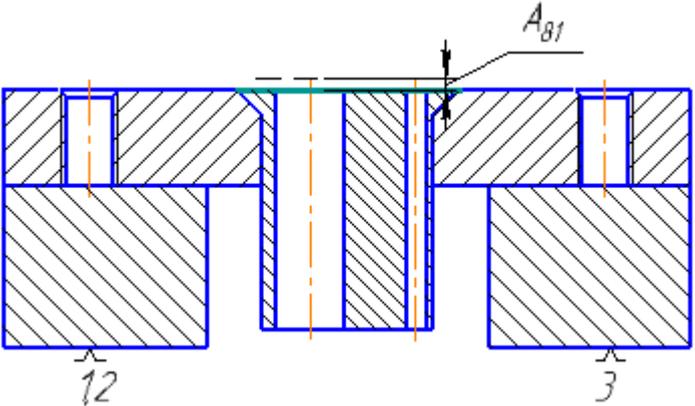
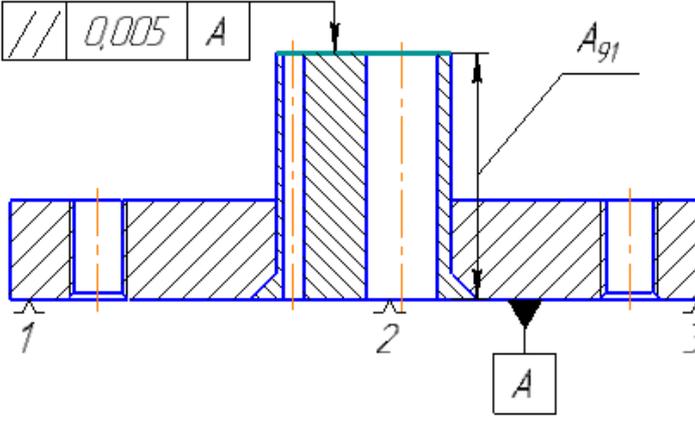
В качестве проектированного технологического процесса предполагается технологический процесс, представленный на табл.5.

табл.5

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
0		<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер 40 ± 1</p>	

1	1	<p style="text-align: center;"><u>Токарная</u></p> <p style="text-align: center;">Установ А</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{11}.</p> <p>3. Проточить наружную поверхность, выдерживая размеры A_{12}^* и D_{12}.</p>	
	2	<p style="text-align: center;">Установ Б</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Подрезать торец, выдерживая размер A_{13}.</p> <p>3. Проточить наружную поверхность, выдерживая размеры A_{14}^* и D_{14}.</p>	
2	1	<p style="text-align: center;"><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p style="text-align: center;">Установ А</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{21}.</p>	
	2	<p style="text-align: center;">Установ Б</p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{22}.</p>	

3		<p><u>Вертикально-сверлильная</u></p> <p>Сверлить отверстия, выдерживая размеры D_{31}^*, A_{31}^*, A_{32}^*, A_{33}^*, A_{41}, A_{42}, A_{43}, A_{44}, A_{45}, A_{46}, A_{47}, A_{48}, A_{49}, A_{45} и D_{41}.</p>	
4		<p><u>Электроискровая</u></p> <p>1. Вырезать контуры 1, выдерживая размеры A_{41}, D_{41}.</p> <p>2. Вырезать контуры 2, выдерживая размеры A_{42}, R_{43}, A_{44}, A_{45}.</p> <p>3. Вырезать контуры 3, выдерживая размеры A_{46}, A_{47}, A_{48}, A_{49}, $A_{4.10}$.</p>	
5		<p><u>Слесарная расклепать</u></p>	
6		<p>Термическая обработка</p>	
7		<p><u>Сборочная</u></p>	

8		<p align="center"><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{81}.</p>	
9		<p align="center"><u>Плоско-шлифовальная</u></p> <p>Шлифовать торец, выдерживая размер A_{91}.</p>	

Расчет величины уменьшения посл слесарной расклейки

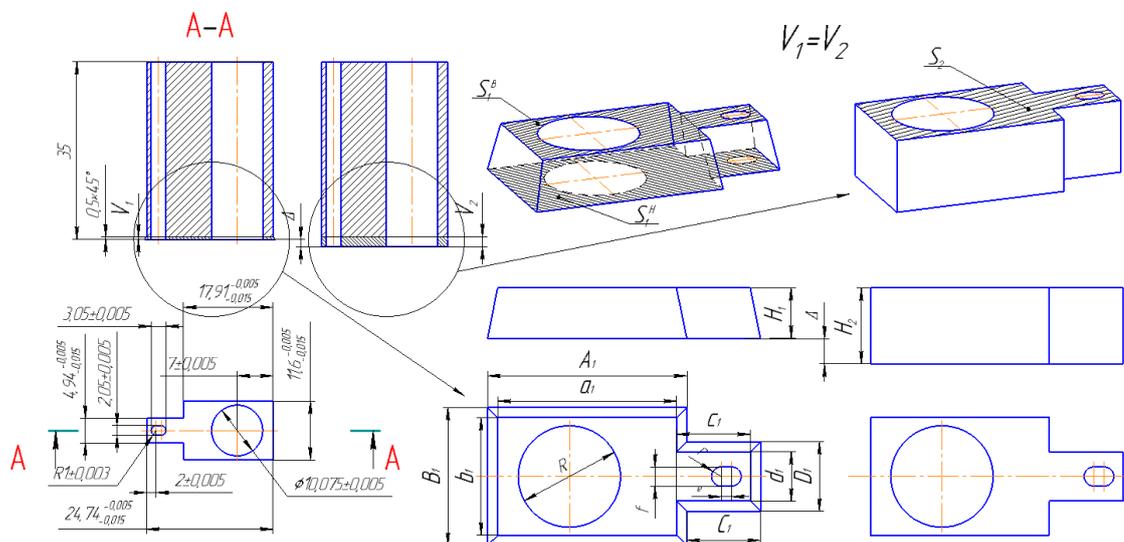


Рис.13 Схема слесарной расклейки пуансона-матрицы

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot \left(S_1^B + S_1^H + \sqrt{S_1^B \cdot S_1^H} \right) \quad V_2 = S_2 \cdot H_2$$

$$S_1^B = a_1 \cdot b_1 + c_1 \cdot d_1 - \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2 - e \cdot f$$

$$a_1 = \frac{17,91 - 0,005 + 17,91 - 0,015}{2} = 17,9$$

$$b_1 = \frac{11,6 - 0,005 + 11,6 - 0,015}{2} = 11,59$$

$$c_1 = \frac{24,74 - 0,005 + 24,74 - 0,015}{2} - 17,9 = 24,73 - 17,9 = 6,83$$

$$d_1 = \frac{4,94 - 0,005 + 4,94 - 0,015}{2} = 4,93$$

$$R = \frac{10,075}{2} = 5,038 \quad r = 1$$

$$e = 3,05 - 1,2 = 1,05 \quad f = 2,05 \quad H_1 = 0,5$$

$$\begin{aligned} S_1^B &= a_1 \cdot b_1 + c_1 \cdot d - \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2 - e \cdot f = \\ &= 17,9 \cdot 11,59 + 6,83 \cdot 4,93 - 3,14 \cdot 5,038^2 - 3,14 \cdot 1^2 - 1,05 \cdot 2,05 \\ &= 156,158 \end{aligned}$$

$$S_1^H = A_1 \cdot B_1 + C_1 \cdot D_1 - \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2 - e \cdot f$$

$$A_1 = a_1 + 2 \cdot 0,5 = 17,9 + 1 = 18,9 \quad B_1 = b_1 + 2 \cdot 0,5 = 11,59 + 1 = 12,59$$

$$C_1 = c_1 = 6,83 \quad D_1 = d_1 + 2 \cdot 0,5 = 4,93 + 1 = 5,93$$

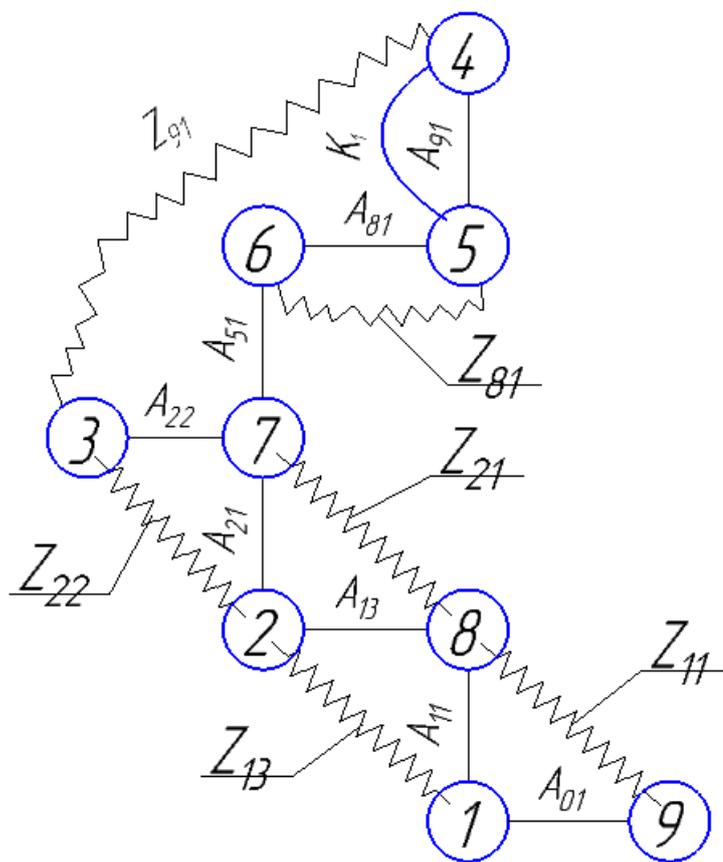
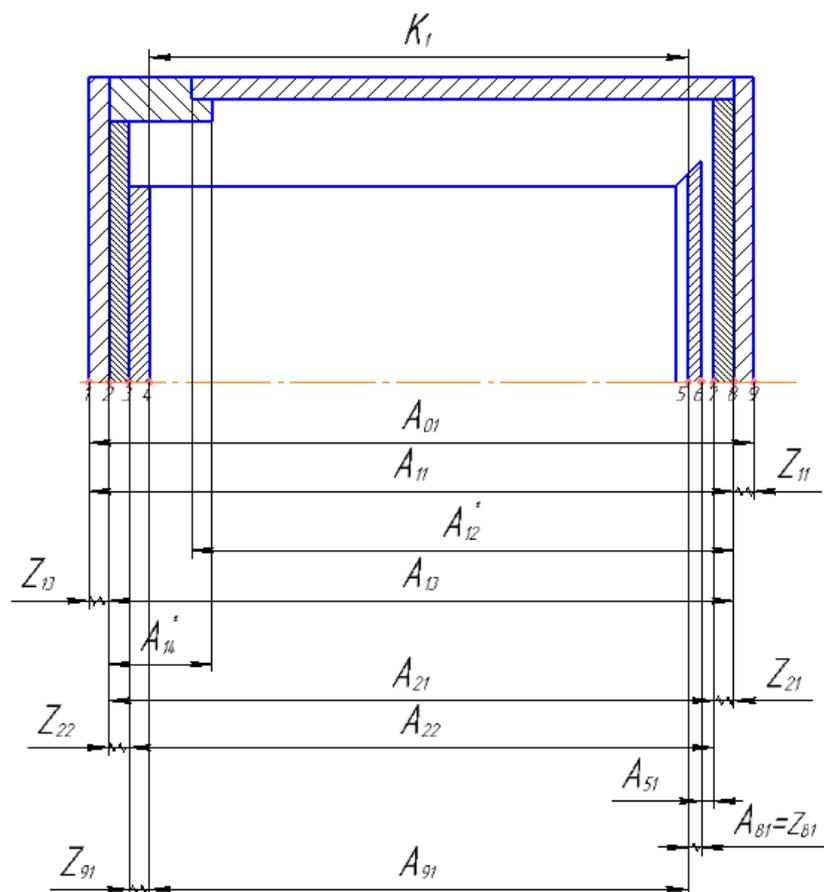
$$\begin{aligned} S_1^H &= A_1 \cdot B_1 + C_1 \cdot D_1 - \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2 - e \cdot f = \\ &= 18,9 \cdot 12,59 + 6,83 \cdot 5,93 - 3,14 \cdot 5,038^2 - 3,14 \cdot 1^2 - 1,05 \cdot 2,05 \\ &= 193,478 \end{aligned}$$

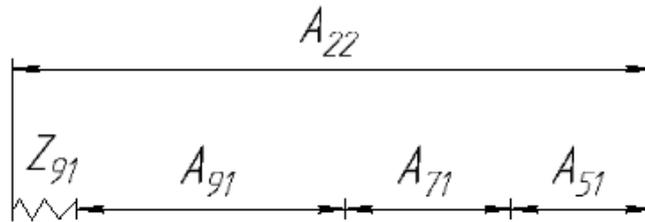
$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot \left(S_1^B + S_1^H + \sqrt{S_1^B \cdot S_1^H} \right) \\ &= \frac{1}{3} \cdot 0,5 \cdot \left(156,158 + 193,478 + \sqrt{156,158 \cdot 193,478} \right) = 87,243 \end{aligned}$$

$$S_2 = S_1^B = 156,158 \quad H_2 = H_1 + \Delta = 0,5 + \Delta$$

$$V_2 = S_2 \cdot H_2 = 156,158 \cdot (0,5 + \Delta) = V_1 = 87,243$$

$$\Delta = \frac{87,243}{156,158} - 0,5 = 0,0587$$

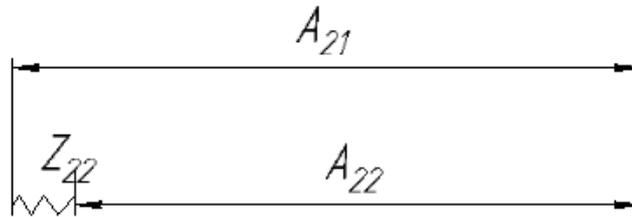




$$Z_{91cp} = Z_{91мин} + \frac{TA_{22} + TA_{91} + TA_{71} + TA_{51}}{2} = 0,3 + \frac{0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,01}{2} = 0,35$$

$$A_{22cp} = A_{91cp} + A_{71cp} + A_{51cp} + Z_{91cp} = 44 + 0,3 + 0,06 + 0,35 = 45,16$$

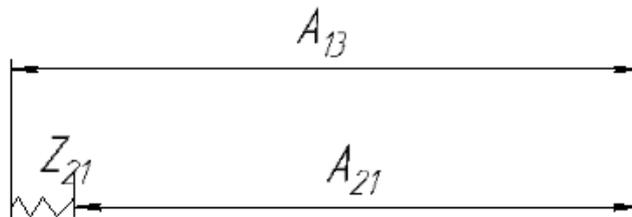
$$A_{22} = 45,16 \pm 0,015$$



$$Z_{22cp} = Z_{22мин} + \frac{TA_{21} + TA_{22}}{2} = 0,3 + \frac{0,1 + 0,03}{2} = 0,365$$

$$A_{21cp} = A_{22cp} + Z_{22cp} = 45,16 + 0,365 = 45,525$$

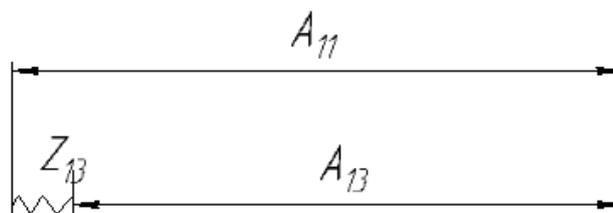
$$A_{21} = 45,525 \pm 0,05$$



$$Z_{21cp} = Z_{21мин} + \frac{TA_{13} + TA_{21}}{2} = 1,5 + \frac{0,3 + 0,1}{2} = 1,7$$

$$A_{13cp} = A_{21cp} + Z_{21cp} = 45,525 + 1,7 = 47,225$$

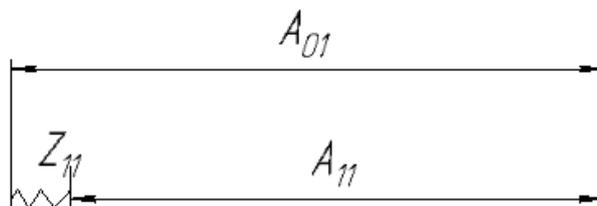
$$A_{13} = 47,225 \pm 0,1$$



$$Z_{13cp} = Z_{13мин} + \frac{TA_{11} + TA_{13}}{2} = 1,5 + \frac{1,2 + 0,3}{2} = 2,25$$

$$A_{11cp} = A_{13cp} + Z_{13cp} = 47,225 + 2,25 = 49,475$$

$$A_{11} = 49,475 \pm 0,6$$



$$Z_{11cp} = Z_{11мин} + \frac{TA_{01} + TA_{11}}{2} = 1,5 + \frac{2 + 1,2}{2} = 3,1$$

$$A_{01cp} = A_{11cp} + Z_{11cp} = 49,475 + 3,1 = 52,575$$

$$A_{01} = 53 \pm 1$$

3. Разработка технологии сборки вырубного штампа

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми методами достижения требуемой точности, а потому не может быть произвольной. На данном этапе важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при транспортировании по рабочим местам сборки не распадаются на отдельные детали.

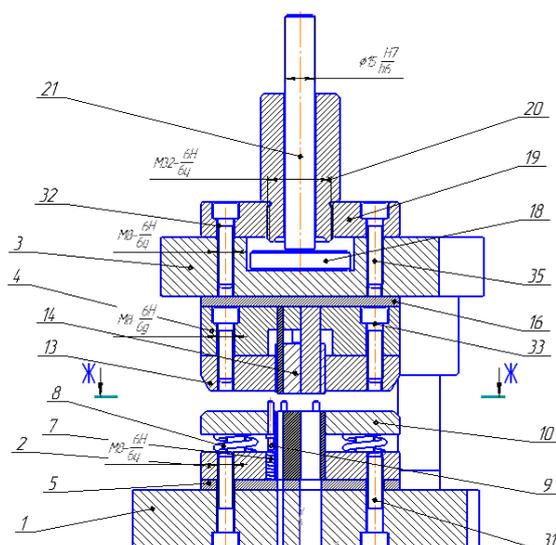


Рис.4 Схема 1 вырубного штампа

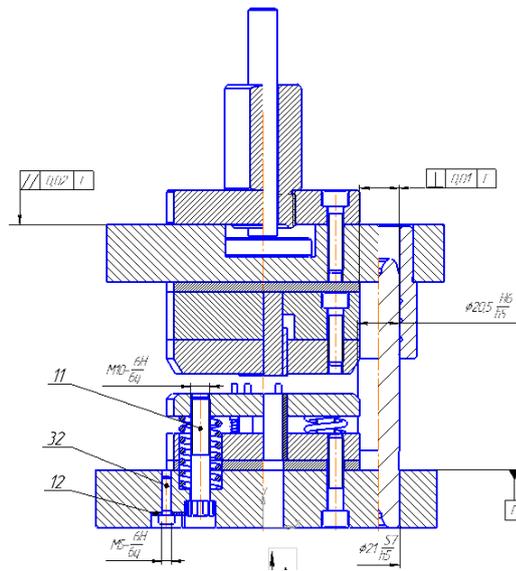


Рис.5 Схема 2 вырубного штампа

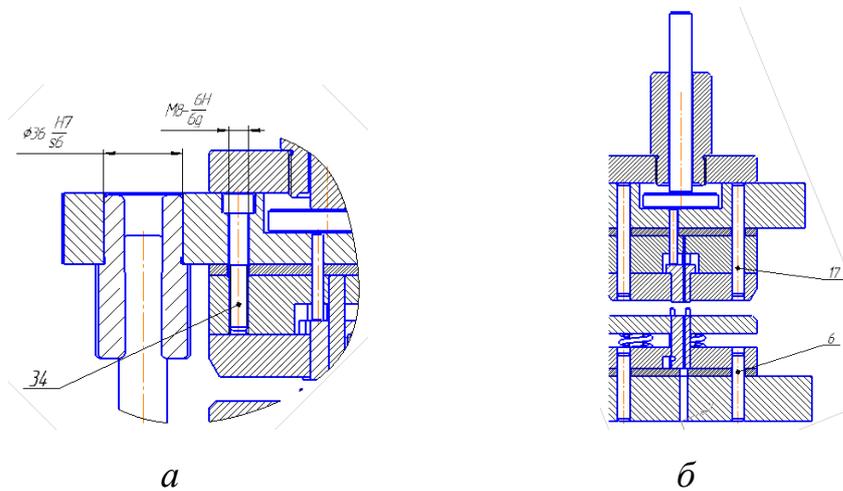


Рис.6 Схема 3 вырубного штампа

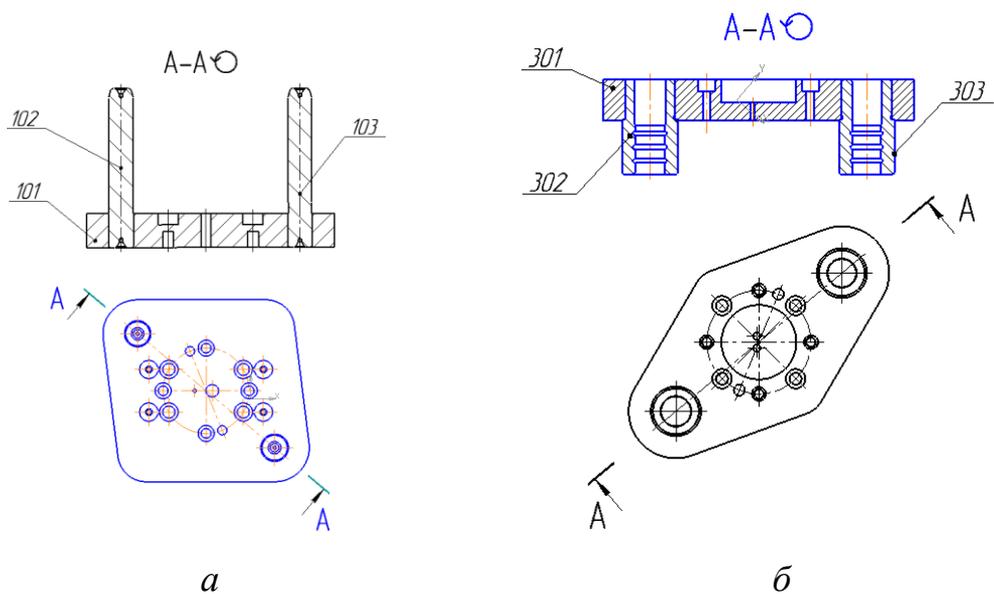


Рис.7 Схема 4 вырубного штампа

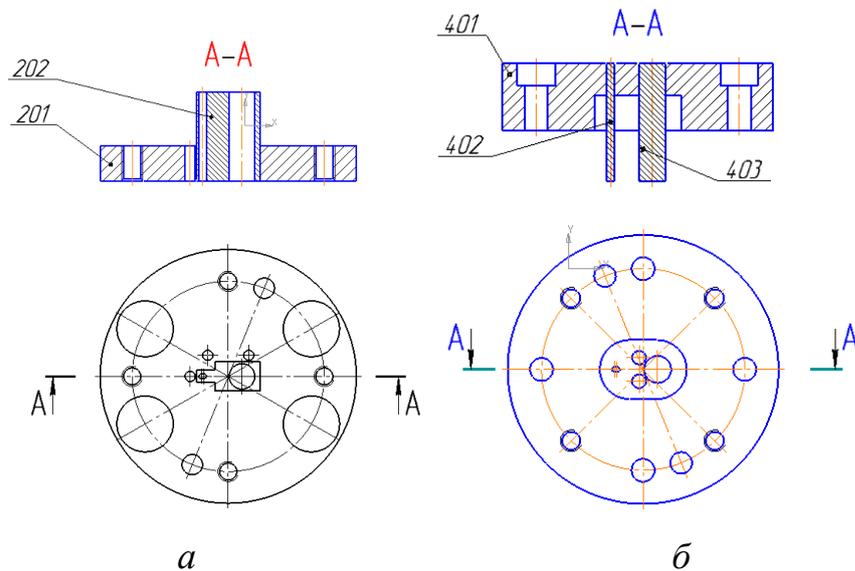


Рис.8 Схема 5 вырубного штампа

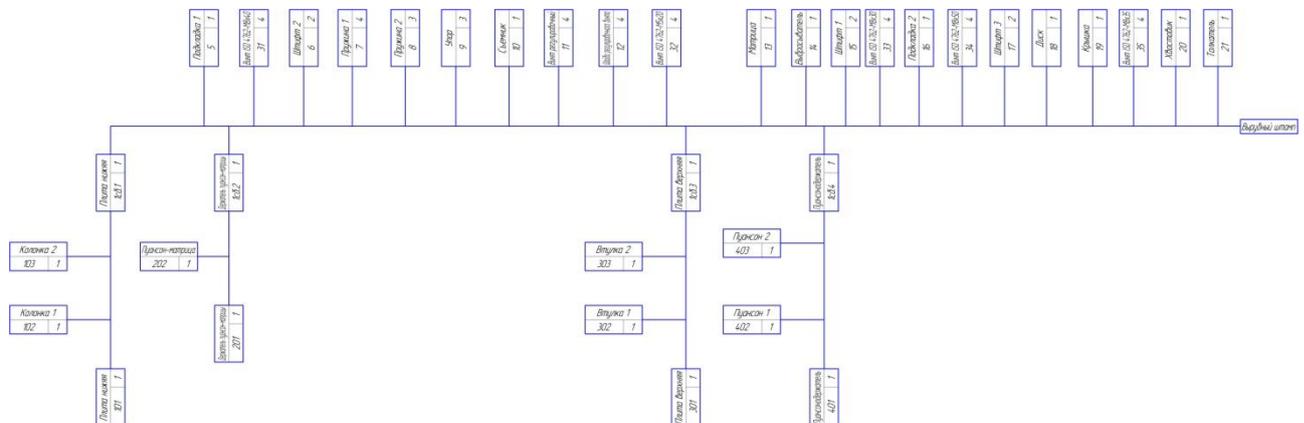


Рис.9 Сборочная схема

3.1 Разработка маршрутного технологического процесса сборки

Составим технологическую карту сборки изделия.

Таблица 1. Технологическая карта сборки изделия.

№ операции	Название операции	Содержание операции
001	Сборка нижней плиты 1 Сб. 1.	Запрессовать две колонки 102 в нижнюю плиту 101.
002	Установка подкладок 5.	Установить подкладку 5 на нижней плите.
003	Сборка держателя пуансона-матрицы. 1 Сб. 2.	Установить пуансон-матрицу 202 в держатель пуансона-матрицы 201, с небольшим зазором ($s=0,03 \div 0,01$). Для обеспечения неподвижного соединения

		пуансон-матрица до термообработки расклепывается по нижнему контуру в держателе пуансона-матрицы (слесарная операция).
004	Свинчивание винтов 31.	Свинтить винты 31.
005	Запрессовка штифтов 6.	Запрессовать штифты 6.
006	Установка пружины 7.	Установить три пружины 7 в отверстия держателя пуансона-матрицы 201.
007	Установка пружины 8.	Установить четыре пружины 8 в отверстия нижней плиты 101, подкладок 2 и держателя пуансона-матрицы 201.
008	Установка упора 9.	Установить три упора 9.
009	Установка съемника 10.	Установить съемник 10 на пружинах 8.
010	Свинчивание винтов регулировочных 31.	Свинтить четыре регулировочных винта 11.
011	Установка шайбы регулировочного винта 12.	Установить четыре шайбы регулировочного винта 12.
012	Свинчивание винтов 32.	Свинтить четыре винты 32.
013	Сборка плиты верхней 1 Сб. 3.	Запрессовать две втулки 302 в нижнюю плиту 301.
014	Установка матрицы 13.	Установить матрицу 13.
015	Установка выбрасывателя 14.	Установить выбрасывателя 14 в отверстия матрицы 13.
016	Сборка пуансонодержателя 1 Сб. 4.	Установить пуансон 402 и пуансон 403 в отверстия пуансонодержателя 401. Пуансон 402 и пуансон 403 расклепаны в пуансонодержателе, что предотвращают их перемещения винз.
017	Установка штифтов 15.	Установить два штифта 15 в отверстия пуансонодержателя 401.
018	Свинчивание винтов 33.	Свинтить четыре винта 33.
019	Установка подкладок 16.	Установить подкладку 16 на Пуансонодержателе 401.
020	Свинчивание винтов 34.	Свинтить четыре винта 34.
021	Запрессовка штифтов 17.	Запрессовать штифты 17.
022	Установка диска 18.	Установить диск 18 в отверстия верхней плиты 301 с гарантированным зазором.

023	Установка пробки 19.	Установить пробку 19 на верхней плите 301.
024	Свинчивание винтов 35.	Свинтить четыре винта 35.
025	Закручивание хвостовика 20.	Закрутить хвостовик 20.
026	Установка толкателя 21.	Установить толкатель 21 в отверстии хвостовика 20.

Технологическая схема сборки вырубного штампа представлена в приложении.

3.2 Расчет усилия запрессовки

1. Сборка нижней плиты 1 Сб. 1.

Наибольшая сила запрессовки P , может быть найдена по формуле

$$P = f_{\text{зап}} \cdot \pi \cdot p \cdot d \cdot L$$

где $f_{\text{зап}}$ – коэффициент трения при запрессовке; p – удельное давление на поверхности контакта; d – диаметр охватываемой детали по поверхности сопряжения; L – длина запрессовки.

Удельное давление p на поверхности контакта можно определить по формуле

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)}$$

где δ – расчетный натяг; E_1 и E_2 – модули упругости материала охватываемой и охватывающей деталей;

по табл. 30 [2-с.225] принимаем $C_1 = 0,70$; $C_2 = 1,30$

Модули упругости $E_1 = E_2 = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$

Коэффициент трения при запрессовке Сталь 40X $f_{\text{зап}} = 0,08$

Расчетный натяг $\delta = \Delta d - 1,2 \cdot (R_{z1} + R_{z2}) = 21 - 20,952 - 1,2 \cdot \left(\frac{2,5+1,0}{1000}\right) = 0,0522 \text{ мм}$

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)} = \frac{1}{21} \cdot \frac{0,0522}{\frac{0,7}{2,14 \cdot 10^5} + \frac{1,3}{2,14 \cdot 10^5}} = 266 \text{ Н/мм}^2 = 266 \text{ Мпа}$$

$$P = f_{\text{зап}} \cdot \pi \cdot p \cdot d \cdot L = 0,08 \cdot 3,14 \cdot 266 \cdot 21 \cdot 30 = 42 \text{ кН}$$

2. Сборка плиты верхней 1 Сб. 3.

$$C_1 = 1,83; C_2 = 1,30$$

$$E_1 = E_2 = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$$

$$f_{\text{зап}} = 0,08$$

$$\delta = \Delta d - 1,2 \cdot (R_{z1} + R_{z2}) = 0,059 - 1,2 \cdot \left(\frac{3,2 + 6,3}{1000} \right) = 0,0476 \text{ мм}$$

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{1}{36} \cdot \frac{0,0476}{\frac{1,83}{2,14 \cdot 10^5} + \frac{1,3}{2,14 \cdot 10^5}} = 90,4 \text{ Н/мм}^2 = 90,4 \text{ МПа}$$

$$P = f_{\text{зап}} \cdot \pi \cdot p \cdot d \cdot L = 0,08 \cdot 3,14 \cdot 90,4 \cdot 36 \cdot 26 = 21,3 \text{ кН}$$

3. Запрессовка штифтов 6

$$C_1 = 0,70; C_2 = 1,30$$

$$E_1 = E_2 = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$$

$$f_{\text{зап}} = 0,08$$

$$\delta = \Delta d - 1,2 \cdot (R_{z1} + R_{z2}) = 0,019 - 1,2 \cdot \left(\frac{1,6 + 3,2}{1000} \right) = 0,01324 \text{ мм}$$

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{1}{8} \cdot \frac{0,01324}{\frac{0,7}{2,14 \cdot 10^5} + \frac{1,3}{2,14 \cdot 10^5}} = 177 \text{ Н/мм}^2 = 177 \text{ МПа}$$

$$P = f_{\text{зап}} \cdot \pi \cdot p \cdot d \cdot L = 0,08 \cdot 3,14 \cdot 177 \cdot 8 \cdot 45 = 16 \text{ кН}$$

4. Запрессовка штифтов 17

$$C_1 = 0,70; C_2 = 1,30$$

$$E_1 = E_2 = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$$

$$f_{\text{зап}} = 0,08$$

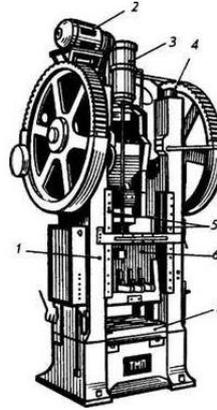
$$\delta = \Delta d - 1,2 \cdot (R_{z1} + R_{z2}) = 0,019 - 1,2 \cdot \left(\frac{1,6 + 3,2}{1000} \right) = 0,01324 \text{ мм}$$

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{1}{8} \cdot \frac{0,01324}{\frac{0,7}{2,14 \cdot 10^5} + \frac{1,3}{2,14 \cdot 10^5}} = 177 \text{ Н/мм}^2 = 177 \text{ МПа}$$

$$P = f_{\text{зап}} \cdot \pi \cdot p \cdot d \cdot L = 0,08 \cdot 3,14 \cdot 177 \cdot 8 \cdot 75 = 27 \text{ кН}$$

3.3 Выбор оборудования

1. На рис. показан пресс, топящий из стойки 1, электро-двигателя 2, цилиндра уравнове-шивания ползуна 3, зубчатого ко-леса 4, направляющих 5, ползуна 6 и стола пресса 7. На подобных прессах изготавливают как мел-кие, так и крупные листовые дета-ли, например, кузова автомобилей. Возможное давление пресса — 30,89 кН.



2. Слесарный молоток



3. Ключ шестигранный г-образный



4. Отвертка прямой шлиц



3.4 Нормирование технологического процесса сборки

Анализ норматив позволяет расчленить операцию на следующие расчетные комплексы:

1. Запрессовать две колонки 102 в нижнюю плиту 101. По карте 76 расчетное оперативное время $t_1 = 0,13$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп1} = 0,13 \cdot 2 = 0,26$ мин .
2. Установить подкладку 5 на нижней плите. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп2} = 0,09$ мин.
3. Установить пуансон-матрицу 202 в держатель пуансона-матрицы 201. По карте 57 расчетное оперативное время $T_{оп3} = 0,18$ мин.
4. Свинтить винты 31. По карте 84 расчетное оперативное время $t_1 = 0,60$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп4} = 0,60 \cdot 4 = 2,4$ мин .
5. Запрессовать штифты 6. По карте 80 расчетное оперативное время $t_1 = 0,35$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп5} = 0,35 \cdot 2 = 0,7$ мин .
6. Установить три пружины 7. Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп6} = 0,05 \cdot 3 = 0,15$ мин .
7. Установить четыре пружины 8. Расчетное оперативное время $t_1 = 0,04$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп7} = 0,05 \cdot 4 = 0,2$ мин .
8. Установить три упора 9. Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп8} = 0,05 \cdot 3 = 0,15$ мин .
9. Установить съемник 10 на пружинах 8. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп9} = 0,09$ мин.
10. Свинтить четыре регулировочные винта 11. По карте 84 расчетное оперативное время $t_1 = 0,60$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп10} = 0,60 \cdot 4 = 2,4$ мин .

1. Свинтить четыре винты 32. По карте 84 расчетное оперативное время $t_1 = 0,85$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп12} = 0,85 \cdot 4 = 3,4$ мин.
2. Запрессовать две втулки 302 в нижнюю плиту 301. По карте 76 расчетное оперативное время $t_1 = 0,13$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп13} = 0,13 \cdot 2 = 0,26$ мин.
3. Установить матрицу 13. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп14} = 0,09$ мин.
4. Установить выбрасывателя 14 в отверстия матрицы 13. По карте 57 расчетное оперативное время $T_{оп15} = 0,18$ мин.
5. Установить пуансон 402 и пуансон 403 в отверстия пуансонодержателя 401. По карте 76 расчетное оперативное время $t_1 = 0,13$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп16} = 0,13 \cdot 2 = 0,26$ мин.
6. Установить два штифта 15 в отверстия пуансонодержателя 401. По карте 76 расчетное оперативное время $t_1 = 0,13$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп17} = 0,13 \cdot 2 = 0,26$ мин.
7. Свинтить четыре винта 33. По карте 84 расчетное оперативное время $t_1 = 0,85$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп18} = 0,85 \cdot 4 = 3,4$ мин.
8. Установить подкладку 16 на пуансонодержателе 401. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп19} = 0,09$ мин.
9. Свинтить четыре винта 34. По карте 84 расчетное оперативное время $t_1 = 1,15$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп20} = 1,15 \cdot 4 = 4,6$ мин.
10. Запрессовать штифты 17. По карте 80 расчетное оперативное время $t_1 = 0,5$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп21} = 0,5 \cdot 2 = 1$ мин.
11. Установить диск 18 в отверстия верхней плиты 301. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп22} = 0,09$ мин.

Установить пробку 19 на верхней плите 301. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп23} = 0,09$ мин.

Свинтить четыре винта 35. По карте 80 расчетное оперативное время $t_1 = 1,15$ мин. Суммарное оперативное время на операцию $T_{оп24} = 1,15 \cdot 2 = 2,3$ мин.

Закрутить хвостовик 20. По карте 80 расчетное оперативное время $T_{оп25} = 1,0$ мин.

Установить толкатель 21 в отверстии хвостовика 20. По карте 76 расчетное оперативное время $T_{оп26} = 0,09$ мин.

Суммарное время на сборку:

$$\begin{aligned} \sum T_{оп} &= T_{оп1} + T_{оп2} + T_{оп3} + T_{оп4} + T_{оп5} + T_{оп6} + T_{оп7} + T_{оп8} + T_{оп9} + T_{оп10} + T_{оп11} \\ &+ T_{оп12} + T_{оп13} + T_{оп14} + T_{оп15} + T_{оп16} + T_{оп17} + T_{оп18} + T_{оп19} + T_{оп20} + T_{оп21} \\ &+ T_{оп22} + T_{оп23} + T_{оп24} + T_{оп25} + T_{оп26} \\ &= 0,26 + 0,09 + 0,18 + 2,4 + 0,7 + 0,15 + 0,2 + 0,15 + 0,09 + 2,4 + 0,12 + 3,4 \\ &+ 0,26 + 0,09 + 0,18 + 0,26 + 0,26 + 3,4 + 0,09 + 4,6 + 1,0 + 0,09 + 0,09 \\ &+ 2,3 + 1,0 + 0,09 = 23,58 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени в условиях единичного производства производим по формуле:

$$T_{шк} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{ос} + \alpha_{отл}}{100}\right) \cdot K_1 \cdot K_2 = 23,58 \cdot \left(1 + \frac{3,5+3+6}{100}\right) \cdot 1 \cdot 0,85 = 22,55 \text{ мин}$$

4. Исследование технологических возможностей штампа



Рис.16 Вырубной штамп ШВ-04.000

Вырубать детали вырубным штампом ШВ-04.000.

табл.9

Материал	Толщина, мм	Количество, шт.
бумага	0,1	22
медь	0,2	50
латунь	0,3	50

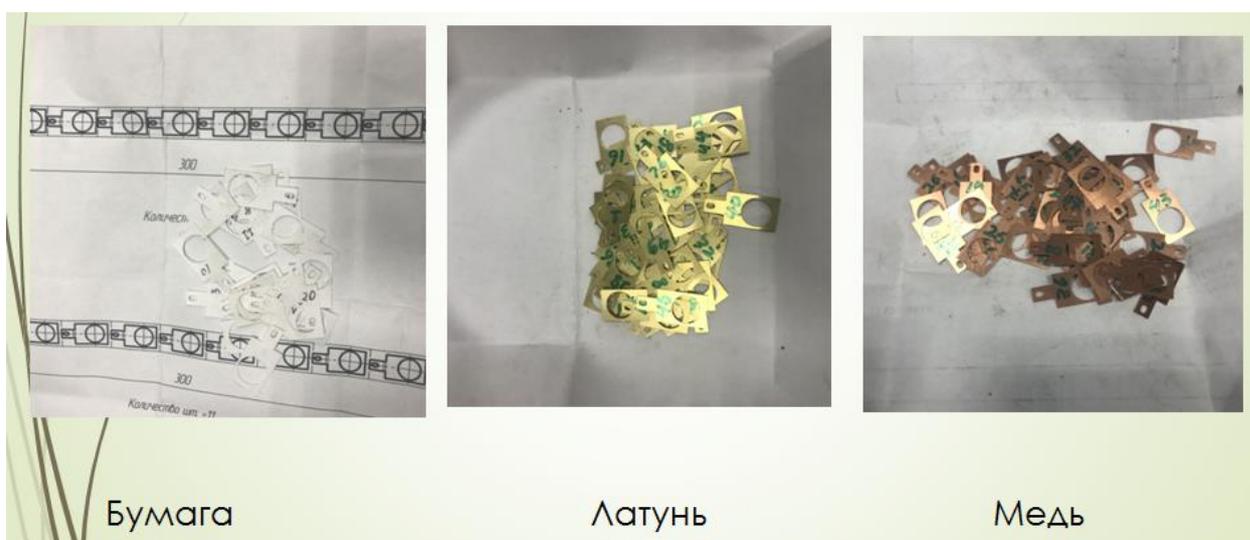


Рис.17 Вырубаемые детали

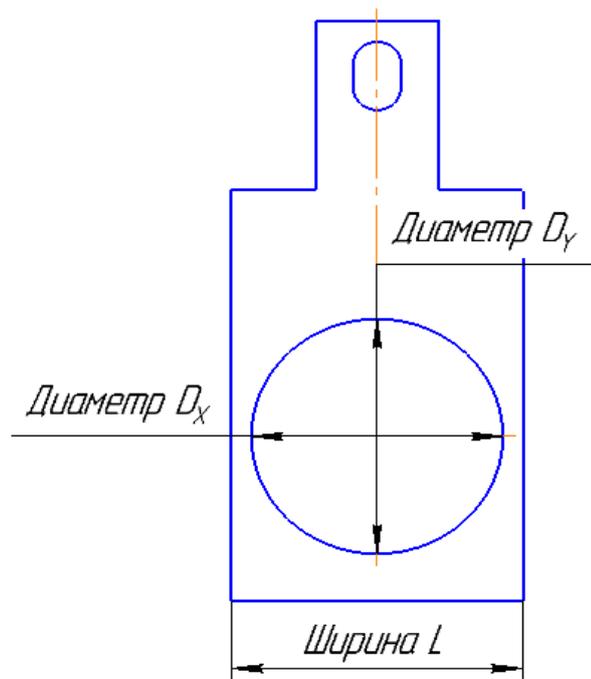


Рис.18

Параметры измеряемые: ширина L , диаметр отверстия по оси x - D_x и по оси y - D_y .

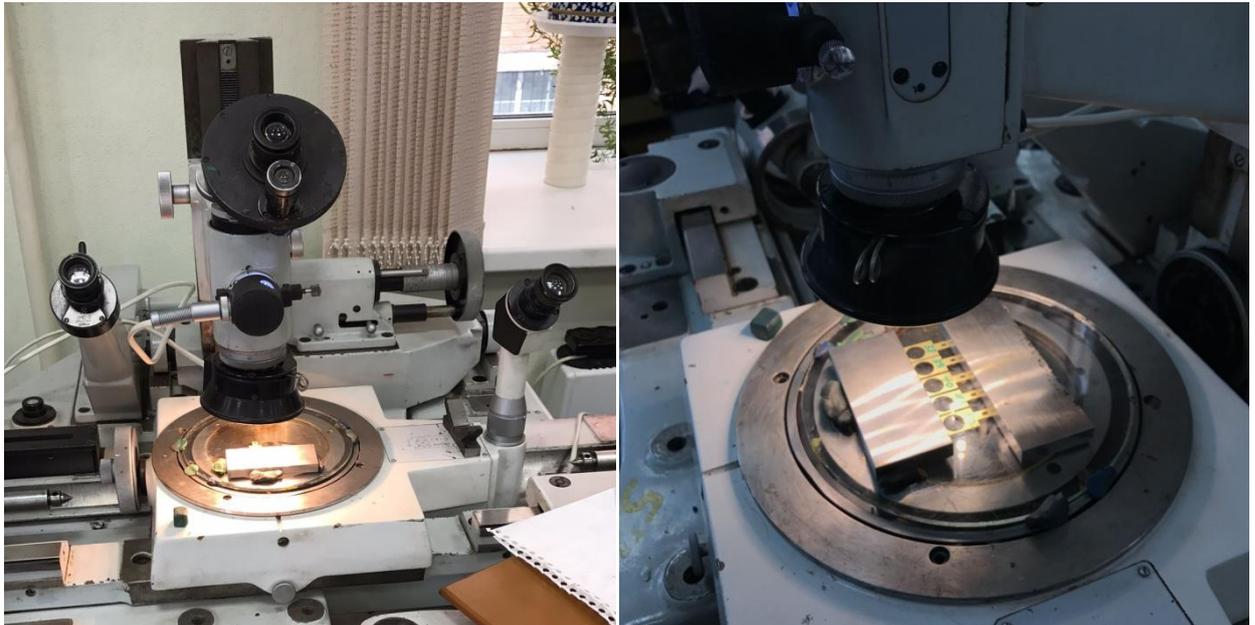


Рис.19 Измерительный прибор - микроскоп

4.1 Анализ точности вырубаемых деталей из бумаги

Параметры измерений показаны на рис. 20.

	L	Dx	Dy	Dcp
1	11.603	9.950	9.941	9.946
2	11.591	9.940	9.938	9.939
3	11.606	9.954	9.932	9.943
4	11.594	9.935	9.934	9.935
5	11.574	9.925	9.931	9.928
6	11.574	9.925	9.921	9.923
7	11.584	9.931	9.945	9.938
8	11.585	9.927	9.931	9.929
9	11.582	9.926	9.919	9.923
10	11.581	9.973	9.930	9.952
11	11.542	9.940	9.944	9.942
12	11.600	9.945	9.957	9.951
13	11.601	9.930	9.922	9.926
14	11.577	9.930	9.953	9.942
15	11.578	9.923	9.935	9.929
16	11.593	9.936	9.945	9.941
17	11.570	9.930	9.922	9.926
18	11.599	9.940	9.934	9.937
19	11.546	9.938	9.935	9.937
20	11.552	9.935	9.941	9.938
21	11.567	9.931	9.938	9.935
22	11.575	9.936	9.933	9.935

Рис.20

Анализ точности по ширине L

Построение гистограммы и эмпирической кривой распределения погрешностей

$$x_{max} = 11,606 \quad x_{min} = 11,542$$

Разность между наибольшим и наименьшим размерами (размах выборки R). Величина $R = x_{max} - x_{min} = 11,606 - 11,542 = 0,064$

$$\text{Определяется ширина интервала } a = \frac{R}{f} = \frac{0,064}{6} = 0,011$$

Подсчитывается частота n_i – количество деталей, попавших в каждый интервал, или частность n_i/n – отношение частоты к объему выборки. При этом в каждый интервал включаются детали с размерами, лежащими в пределах от наименьшего значения интервала

включительно до наибольшего значения интервала, исключая его.
 Определяются середины интервалов (средние размеры интервалов) x_i .
 Результаты подсчетов заносятся в таблицу, аналогичную приведенной для примера табл.10.

Таблица 10

Интервалы размеров		Средина на интервала, x_i	Эмпирическая частота, n_i	t	Z_t	Теоретическая частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
От	до						
11,542	11,553	11,548	3	1,892	0,0669	0,93	1
11,553	11,564	11,559	0	1,261	0,1804	2,50	2
11,564	11,575	11,570	5	0,631	0,3271	4,54	5
11,575	11,586	11,581	6	0	0,3989	5,53	6
11,586	11,597	11,592	3	0,631	0,3271	4,54	6
11,597	11,608	11,603	5	1,261	0,1804	2,50	2

Построение теоретической кривой нормального распределения погрешностей

По внешнему виду эмпирической кривой можно приближенно установить закон распределения погрешностей в генеральной совокупности. Для более точного заключения необходимо сопоставить эмпирическую кривую распределения с предполагаемой теоретической. С этой целью для каждого интервала значений x необходимо вычислить теоретические частоты или частности и по ним построить теоретическую кривую распределения.

Уравнение кривой нормального распределения имеет вид:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где $\varphi(x)$ - плотность вероятности (вероятность появления того или иного значения случайной величины);

σ - среднее квадратическое отклонение случайной величины;

\bar{x}_0 - среднее значение случайной величины;

x – текущее ее значение;

e – основание натуральных логарифмов.

В экспериментальных исследованиях в качестве приближенных оценок параметров генеральной совокупности \bar{X}_0 и σ используются выборочное среднее \bar{x} и выборочное среднее квадратическое отклонение S , которые вычисляются по формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n}; \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^f n_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (3)$$

При построении теоретической кривой нормального распределения принимается, что $\bar{x}_0 = \bar{x}$ и $\sigma = S$.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,581$$

$$\sigma = S = 0,0174$$

Приближенно можно считать, что

$$\varphi(x) \approx \frac{n_i^T}{n \cdot a} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

где n_i^T – теоретическая частота, a – ширина интервала (величина a введена в уравнение (4) для приведения теоретической кривой нормального распределения к тому же масштабу, в котором вычерчена эмпирическая кривая).

Из уравнения (4) будем иметь

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

Если в выражение (5) подставить

$$t = \frac{x - \bar{x}_0}{\sigma},$$

то получим

$$n_i^r = \frac{n \cdot a}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}.$$

Обозначим $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} = Z_t$ и примем, что $\sigma = S$.

Тогда формула (5) примет вид

$$n_i^r = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t. \quad (6)$$

Величина Z_t вычислена для различных значений t и приведена в таблице приложения 1. Значения t для каждого интервала размеров находятся по формуле:

$$t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} \quad (7)$$

Таким образом, для подсчета теоретических частот необходимо для каждого интервала размеров по формуле (7) определить значение t , по таблице приложения 1 найти Z_t и затем воспользоваться формулой (6). При подсчете теоретических частот целесообразно пользоваться таблицей (см. табл.1).

Таким образом, для подсчета теоретических частот необходимо для каждого интервала размеров по формуле (7) определить значение t , по таблице приложения 1 найти Z_t и затем воспользоваться формулой (6). При подсчете

теоретических частот целесообразно пользоваться таблицей (см. табл.1). График теоретической кривой нормального распределения обычно совмещается с графиком эмпирической кривой (рис.1). Необходимо отметить, что теоретическая кривая нормального распределения также может быть построена по характерным точкам. Координаты характерных точек кривой нормального распределения приведены в табл.11.

Таблица 11

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x=11,581$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 5,55$
Точка перегиба	$x \pm S = (11,564; 11,599)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 3,33$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (11,545; 11,616)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 0,75$
-	$x \pm 3S = (11,528; 11,633)$	$n_i^T = 0$

Проверка соответствия эмпирического распределения теоретическому нормальному

Для проверки соответствия эмпирического распределения теоретическому соответствует ряд критериев [2-4]. В данной работе с этой целью используется критерий χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}, \quad (8)$$

где m – число сравниваемых частот,

n_i, n_i^T – соответственно эмпирическая и теоретическая частота i -го интервала значений x . Для удобства вычисления χ^2 целесообразно использовать таблицу (см. табл.3).

Таблица 3

При определении критерия χ^2 необходимо, чтобы частоты интервалов были не менее пяти. Если в каком-либо интервале частота будет менее пяти, то его

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
11,542	11,553	8 $\left\{ \begin{matrix} 3 \\ 0 \\ 5 \end{matrix} \right.$	8 $\left\{ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 5 \end{matrix} \right.$	0	0	0
11,553	11,564					
11,564	11,575					
11,575	11,586	6	6	0	0	0
11,586	11,597	8 $\left\{ \begin{matrix} 3 \\ 5 \end{matrix} \right.$	8 $\left\{ \begin{matrix} 6 \\ 2 \end{matrix} \right.$	0	0	0
11,597	11,608					

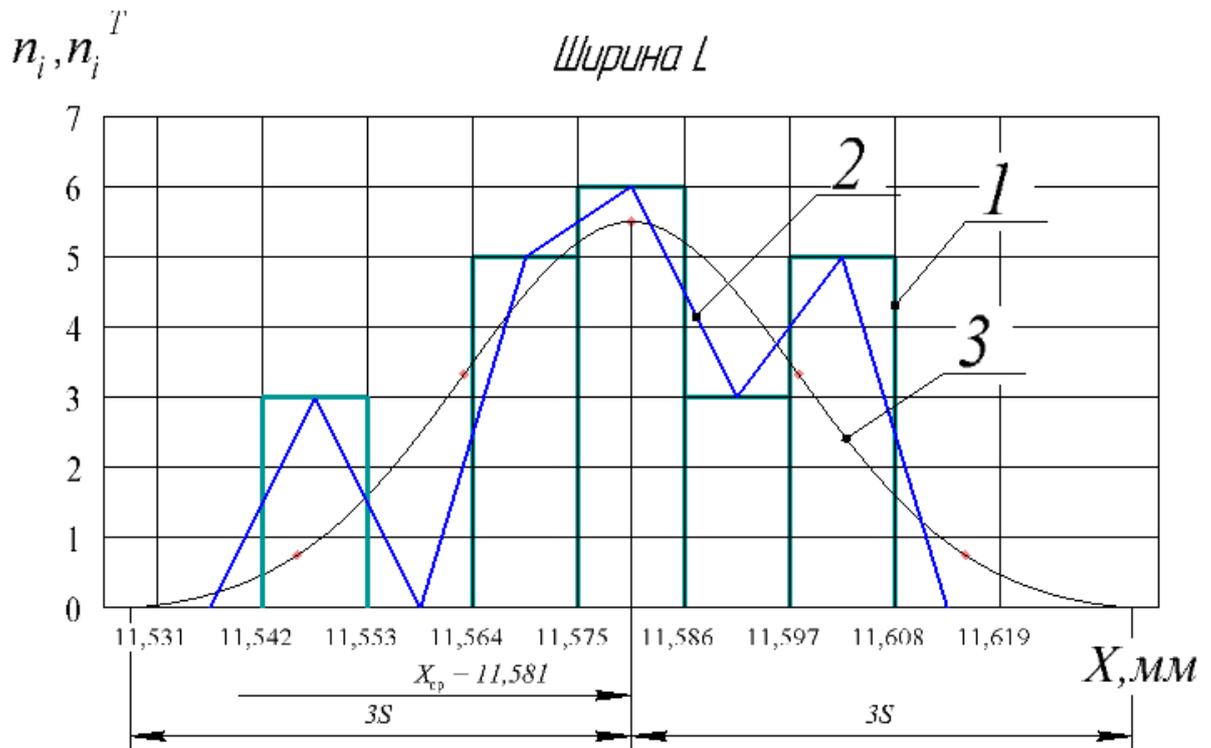


Рис.21 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

Оценка качества настройки станка и определение вероятного процента брака при выполнении исследуемой операции

Для нормального распределения поля рассеивания погрешностей (в генеральной совокупности) определяется по формуле:

$$\omega_{\bar{n}} = 6\sigma . \quad (10)$$

Выборочное среднее квадратическое отклонение S , как уже отмечалось, является приближенной оценкой σ . Погрешность оценки σ по S зависит от объема выборки. Учитывая это обстоятельство, необходимо при использовании формулы (10) значение σ определять из соотношения [4]

$$\sigma = Z_2 \cdot S , \quad (11)$$

Где Z_2 – коэффициент, принимаемый в зависимости от объема выборки по таб.4.

Таблица 4

n	25	50	75	100	200
Z_2	1,39	1,25	1,19	1,16	1,11

Необходимым условием обработки деталей без брака является

$$\omega_c < T , \quad (12)$$

где T – допуск на размер.

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,39 \cdot 0,0174 = 0,02419$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,02419 = 0,145$$

$$T = 11,600 - 11,170 = 0,43$$

$$\omega_c < T$$

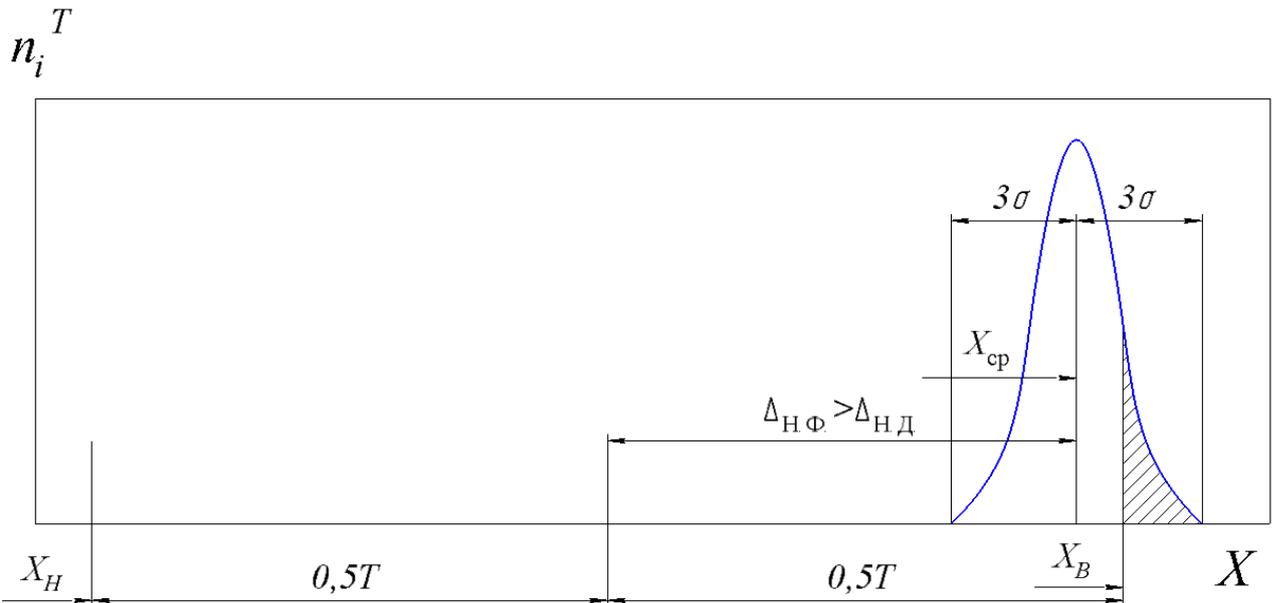


Рис.22 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическая погрешность больше допустимой, т.к. матрица и пуансон-матрица не правильно проектированы.

Анализ точности по диаметру D

$$x_{max} = 9,952 \quad x_{min} = 9,923$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,952 - 9,923 = 0,029$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,029}{6} = 0,005 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,936$$

$$\sigma = S = 0,00806 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,936|}{0,00806}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{22 \cdot 0,005}{0,00806} \cdot Z_t$$

Таблица 4

Интервалы размеров		Среди на интервала, x_i	Эмпирическая частота, n_i	t	Z_t	Теоретическая частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
От	до						
9,923	9,928	9,926	5	1,241	0,1849	2,52	3
9,928	9,933	9,931	2	0,620	0,3292	4,49	5

9,933	9,938	9,936	7	0	0,3989	5,44	5
9,938	9,943	9,941	5	0,620	0,3292	4,49	5
9,943	9,948	9,946	1	1,241	0,1849	2,52	3
9,948	9,953	9,951	2	1,863	0,0707	0,96	1

Таблица 5

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x=9,936$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 5,55$
Точка перегиба	$x \pm S = (9,928; 9,944)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 3,33$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (9,920; 9,952)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 0,75$
-	$x \pm 3S = (9,912; 9,960)$	$n_i^T = 0$

Таблица 6

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
9,923	9,928	7 $\begin{cases} 5 \\ 2 \end{cases}$	8 $\begin{cases} 3 \\ 5 \end{cases}$	1	1	0,13
9,928	9,933					
9,933	9,938	7	5	2	4	0,8
9,938	9,943	8 $\begin{cases} 5 \\ 1 \\ 2 \end{cases}$	9 $\begin{cases} 5 \\ 3 \\ 1 \end{cases}$	1	1	0,11
9,943	9,948					
9,948	9,953					
						$\chi^2 = 1,04$

В приведенном примере (табл.6) $\chi^2 = 1,04$, $k = 3 - 3 = 0$. По таблице приложения 3 находим, что $p(\chi^2) > 0,95$. Следовательно, можно считать, что распределение размеров соответствует нормальному закону.

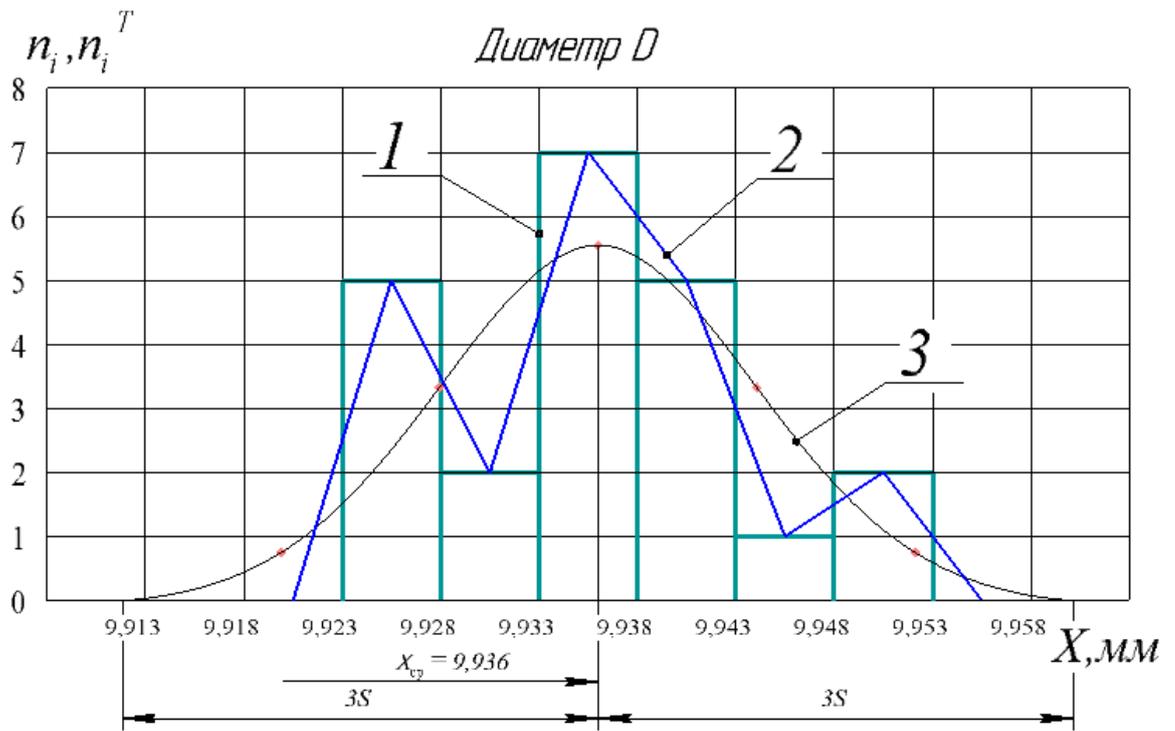


Рис.23 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00806 = 0,0101$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,0101 = 0,0606$$

$$T = 10,15 - 10 = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

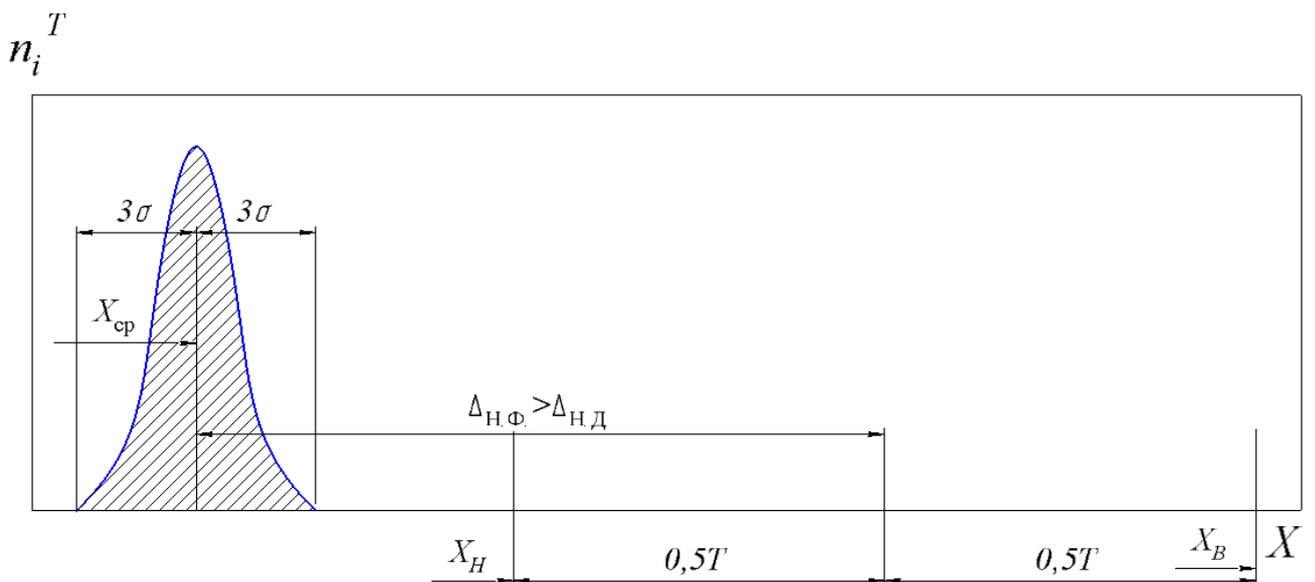


Рис.23 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическое погршность больше допустимой, т.к. пуансон и матрица не правильно проектированы. Все детали являются браком.

4.2 Анализ точности вырубаемых деталей из латуни

	L	Dx	Dy	Dcp
1	11.600	9.976	9.979	9.978
2	11.592	9.983	9.973	9.978
3	11.595	9.986	9.977	9.982
4	11.598	9.983	9.982	9.983
5	11.604	9.979	9.974	9.977
6	11.602	9.982	9.966	9.974
7	11.600	9.986	9.970	9.978
8	11.615	9.983	9.981	9.982
9	11.599	9.983	9.966	9.975
10	11.611	9.984	9.970	9.977
11	11.614	9.970	9.963	9.967
12	11.603	9.979	9.964	9.972
13	11.597	9.980	9.967	9.974
14	11.603	9.982	9.968	9.975
15	11.605	9.981	9.965	9.973
16	11.599	9.975	9.969	9.972
17	11.597	9.981	9.981	9.981
18	11.595	9.980	9.963	9.972
19	11.599	9.983	9.965	9.974
20	11.622	9.980	9.968	9.974
21	11.600	9.966	9.966	9.966
22	11.601	9.984	9.960	9.972
23	11.597	9.981	9.977	9.979
24	11.601	9.978	9.972	9.975
25	11.600	9.985	9.966	9.976

26	11.599	9.978	9.971	9.975
27	11.605	9.981	9.972	9.977
28	11.598	9.983	9.980	9.982
29	11.597	9.984	9.973	9.979
30	11.598	9.980	9.975	9.978
31	11.600	9.982	9.971	9.977
32	11.601	9.986	9.971	9.979
33	11.595	9.984	9.978	9.981
34	11.593	9.976	9.976	9.976
35	11.599	9.989	9.982	9.986
36	11.603	9.974	9.975	9.975
37	11.602	9.985	9.971	9.978
38	11.600	9.986	9.980	9.983
39	11.603	9.981	9.975	9.978
40	11.597	9.987	9.974	9.981
41	11.602	9.974	9.964	9.969
42	11.597	9.981	9.987	9.984
43	11.598	9.977	9.985	9.981
44	11.599	9.986	9.981	9.984
45	11.609	9.972	9.981	9.977
46	11.600	9.981	9.965	9.973
47	11.605	9.972	9.971	9.972
48	11.601	9.976	9.971	9.974
49	11.596	9.971	9.974	9.973
50	11.605	9.969	9.961	9.965

Puc.24

Анализ точности по ширине L

$$x_{max} = 11,622 \quad x_{min} = 11,592$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 11,622 - 11,592 = 0,03$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,03}{6} = 0,005 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,601$$

$$\sigma = S = 0,00548 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 11,601|}{0,00548}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,005}{0,00548} \cdot Z_t$$

Таблица 7

Интервалы размеров		Среди на интервала, x_i	Эмпирическая частота, n_i	t	Z_t	Теоретическая частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
От	до						
11,592	11,597	11,595	12	1,095	0,2203	10,04	10
11,597	11,602	11,600	24	0,182	0,3925	19,90	20
11,602	11,607	11,605	9	0,730	0,3056	13,93	14
11,607	11,612	11,610	2	1,641	0,1040	4,74	5
11,612	11,617	11,615	2	2,554	0,0152	0,69	1
11,617	11,622	11,620	1	3,465	0,0034	0,015	0

Таблица 8

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x = 11,601$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 18,25$
Точка перегиба	$x \pm S = (11,595; 11,606)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 10,95$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (11,590; 11,612)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,46$
-	$x \pm 3S = (11,585; 11,617)$	$n_i^T = 0$

Таблица 9

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
11,592	11,597	12	10	2	4	0,4
11,597	11,602	24	20	4	16	0,8
11,602	11,607	9	14	5	25	1,79
11,607	11,612	5 $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 2 \\ 1 \end{array} \right.$	6 $\left\{ \begin{array}{l} 5 \\ 1 \\ 0 \end{array} \right.$	1	1	0,17
11,612	11,617					
11,617	11,622					
						$\chi^2 = 3,16$

В приведенном примере (табл.9) $\chi^2 = 3,16$, $k = 4 - 3 = 1$. По таблице приложения 3 находим, что $0,1 > p(\chi^2) > 0,05$. Следовательно, можно считать, что распределение размеров соответствует нормальному закону.

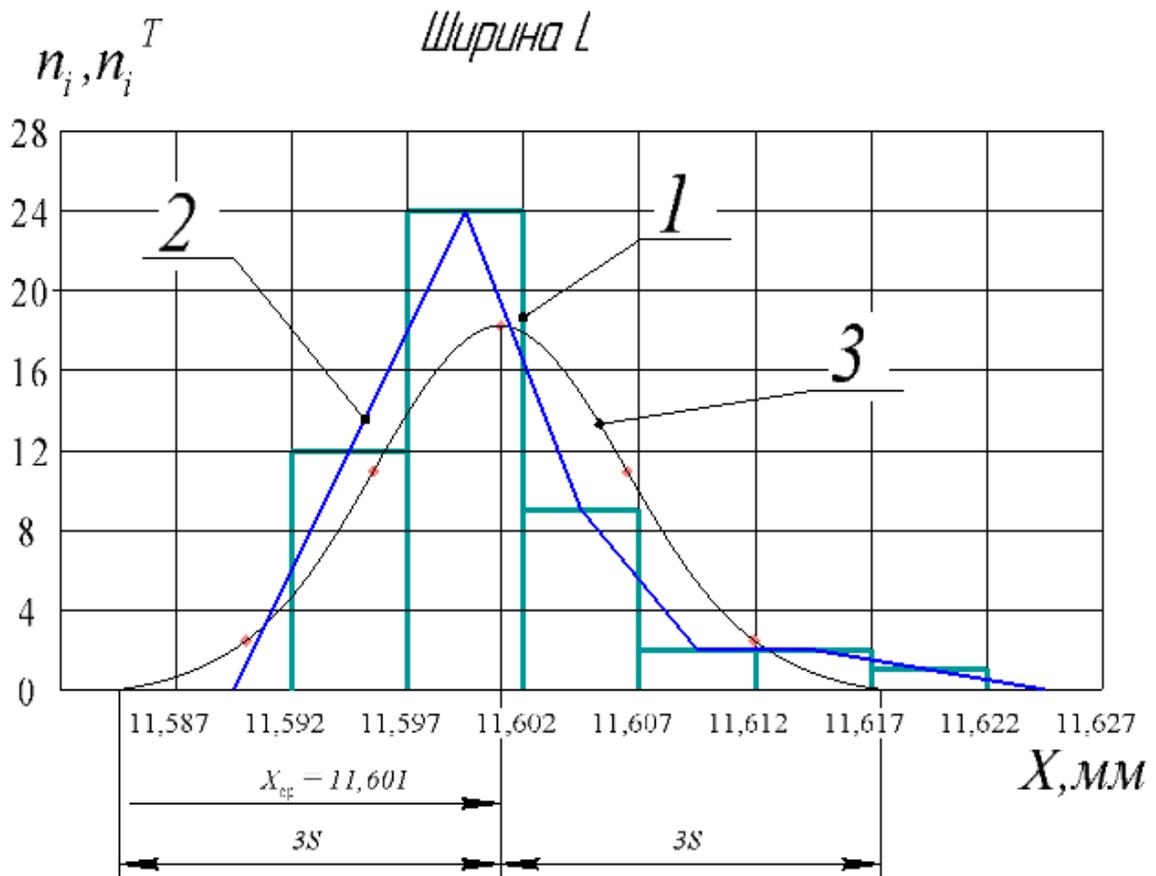


Рис.25 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00548 = 0,00685$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0411$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0411$$

$$T = 0,46$$

$$\omega_c < T$$

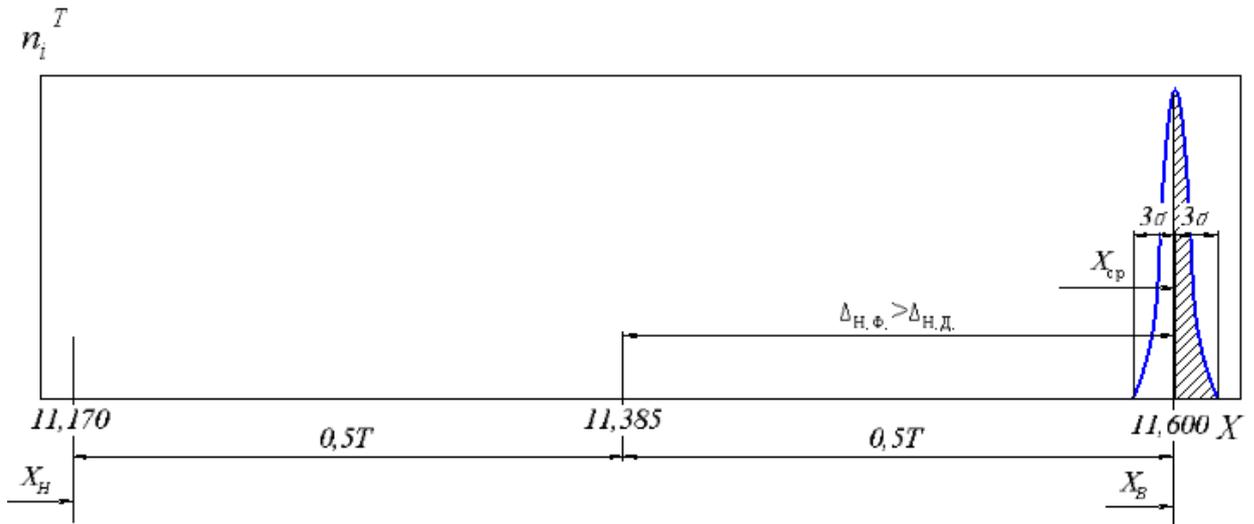


Рис.26 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическая погрешность больше допустимой, т.к. пуансон-матрица и матрица не правильно проектированы.

Анализ точности по ширине диаметр D

$$x_{max} = 9,986 \quad x_{min} = 9,965$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,986 - 9,965 = 0,021$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,021}{6} = 0,004 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,976$$

$$\sigma = S = 0,00459 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,976|}{0,00459}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,004}{0,00459} \cdot Z_t$$

Таблица 10

Интервалы размеров		Среди на интервала, x_i	Эмпирическая частота, n_i	t	Z_t	Теоретическая частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
От	до						
9,965	9,969	9,967	4	1,96	0,0584	2,55	3
9,969	9,973	9,971	8	1,09	0,2203	9,61	10
9,973	9,977	9,975	17	0,22	0,3894	16,98	17
9,977	9,981	9,979	13	0,65	0,3230	14,1	14
9,981	9,985	9,983	7	1,53	0,1238	5,40	5
9,985	9,989	9,987	1	2,40	0,0224	0,98	1

Таблица 11

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x=9,976$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 17,43$
Точка перегиба	$x \pm S = (9,971; 9,981)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 10,46$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (9,967; 9,985)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,35$
-	$x \pm 3S = (9,962; 9,990)$	$n_i^T = 0$

Таблица 12

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
9,965	9,969	12 $\begin{cases} 4 \\ 8 \end{cases}$	13 $\begin{cases} 3 \\ 10 \end{cases}$	1	1	0,08
9,969	9,973					
9,973	9,977	17	17	0	0	0
9,977	9,981	13	14	1	1	0,07
9,981	9,985			2	4	0,67

9,985	9,989	$8 \left\{ \begin{matrix} 7 \\ 1 \end{matrix} \right.$	$6 \left\{ \begin{matrix} 5 \\ 1 \end{matrix} \right.$			
						$\chi^2=0,82$

В приведенном примере (табл.12) $\chi^2 = 0,82$, $k = 4 - 3 = 1$. По таблице приложения 3 находим, что $0,5 > p(\chi^2) > 0,3$. Следовательно, можно считать, что распределение размеров соответствует нормальному закону.

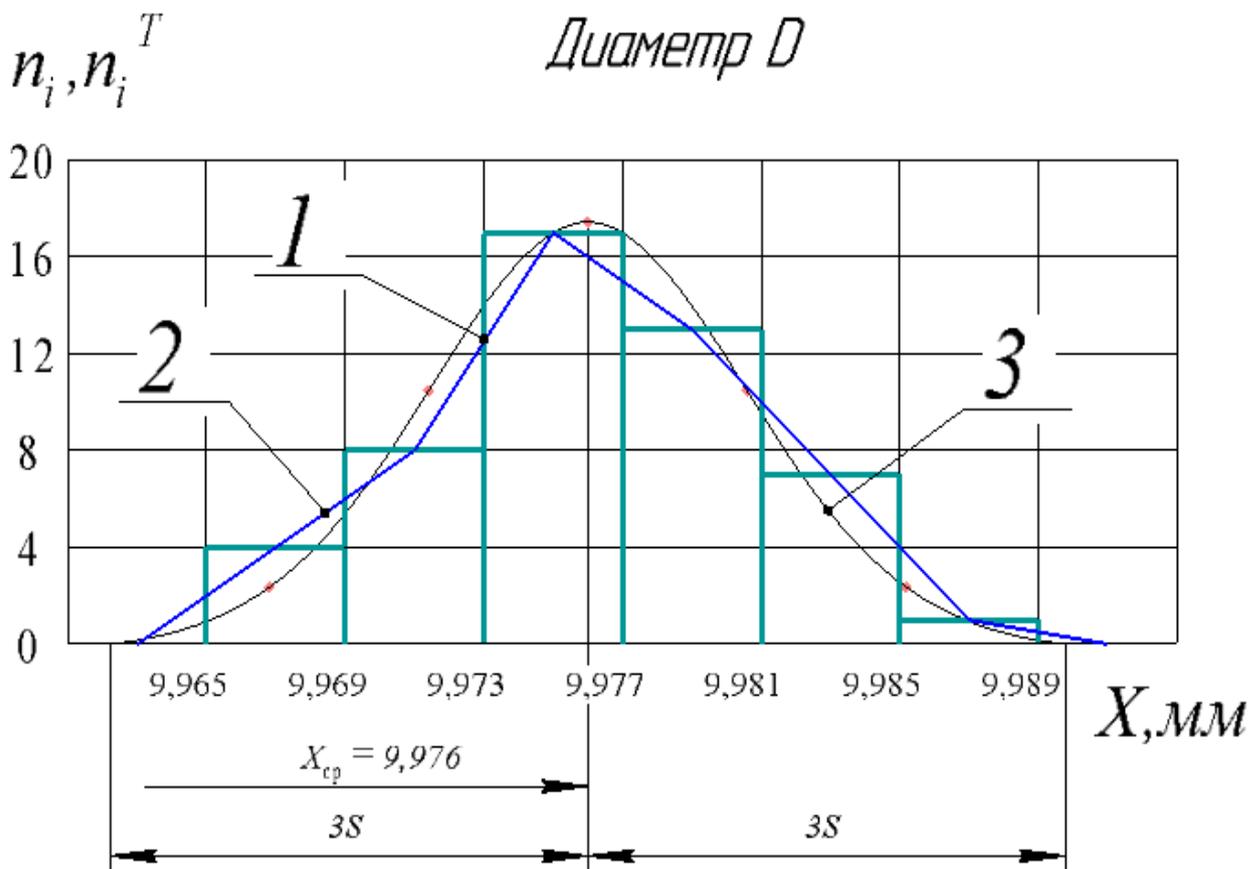


Рис.25 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00459 = 0,00573$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00573 = 0,0344$$

$$T = 10,15 - 10 = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

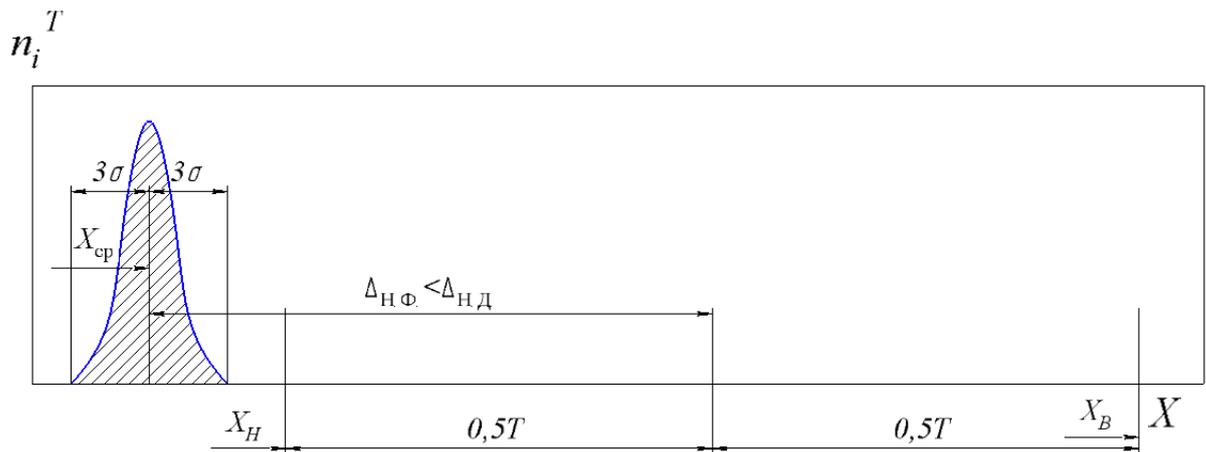


Рис.26 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическая погрешность больше допустимой, т.к. пуансон и матрица не правильно проектированы. Все детали являются браком.

4.3 Анализ точности вырубаемых деталей из меди

	L	Dx	Dy
1	11.605	9.970	9.971
2	11.601	9.984	9.973
3	11.612	9.987	9.982
4	11.602	9.983	9.974
5	11.600	9.989	9.989
6	11.597	9.992	9.986
7	11.596	9.983	9.982
8	11.595	9.988	9.983
9	11.603	9.995	9.980
10	11.596	9.984	9.985
11	11.598	9.984	9.986
12	11.604	9.988	9.983
13	11.593	9.987	9.984
14	11.608	9.980	9.973
15	11.598	9.995	9.974
16	11.597	9.986	9.981
17	11.595	9.985	9.968
18	11.604	9.985	9.972
19	11.599	9.990	9.981
20	11.603	9.977	9.971
21	11.600	9.985	9.978
22	11.599	9.992	9.984
23	11.597	9.987	9.983
24	11.601	9.983	9.960
25	11.597	9.980	9.980

26	11.601	9.984	9.968
27	11.591	9.987	9.974
28	11.606	9.986	9.969
29	11.605	9.982	9.975
30	11.600	9.991	9.977
31	11.606	9.975	9.969
32	11.601	9.986	9.979
33	11.596	9.985	9.976
34	11.598	9.984	9.971
35	11.606	9.981	9.978
36	11.604	9.983	9.972
37	11.595	9.987	9.980
38	11.607	9.986	9.976
39	11.603	9.984	9.983
40	11.598	9.986	9.976
41	11.604	9.983	9.984
42	11.604	9.987	9.975
43	11.603	9.984	9.977
44	11.609	9.983	9.975
45	11.598	9.982	9.966
46	11.594	9.988	9.985
47	11.602	9.994	9.982
48	11.602	9.988	9.970
49	11.605	9.985	9.990
50	11.603	9.982	9.977

Рис.27

Анализ точности по ширине L

$$x_{max} = 11,612 \quad x_{min} = 11,591$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 11,612 - 11,591 = 0,021$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,021}{6} = 0,004 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,601$$

$$\sigma = S = 0,00412 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 11,601|}{0,00442}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_i = \frac{50 \cdot 0,004}{0,00442} \cdot Z_i$$

Таблица 13

Интервалы размеров	Среди на	Эмпири- ческая	t	Z _t	Теорети- ческая	
-----------------------	-------------	-------------------	---	----------------	--------------------	--

От	до	интервала, x_i	частота, n_i			частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
11,591	11,595	11,593	6	1,81	0,0775	4,51	5
11,595	11,599	11,597	14	0,91	0,2637	10,71	11
11,599	11,603	11,601	15	0	0,3989	18,05	18
11,603	11,607	11,605	12	0,91	0,2637	10,71	11
11,607	11,611	11,609	2	1,81	0,0775	4,51	5
11,611	11,615	11,613	1	2,73	0,0095	0,043	0

Таблица 14

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x=11,601$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 19,42$
Точка перегиба	$x \pm S = (11,597; 11,605)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 11,65$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (11,593; 11,609)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,62$
-	$x \pm 3S = (11,589; 11,613)$	$n_i^T = 0$

Таблица 15

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
11,591	11,595	6	5	1	1	0,2
11,595	11,599	14	11	3	9	0,82
11,599	11,603	15	18	3	9	0,5
11,603	11,607			0	0	0
11,607	11,611					

11,611	11,615	$15 \begin{cases} 12 \\ 2 \\ 1 \end{cases}$	$15 \begin{cases} 11 \\ 5 \\ 0 \end{cases}$			
						$\chi^2=1,52$

В приведенном примере (табл.15) $\chi^2 = 1,52$, $k = 4 - 3 = 1$. По таблице приложения 3 находим, что $0,3 > p(\chi^2) > 0,2$. Следовательно, можно считать, что распределение размеров соответствует нормальному закону.

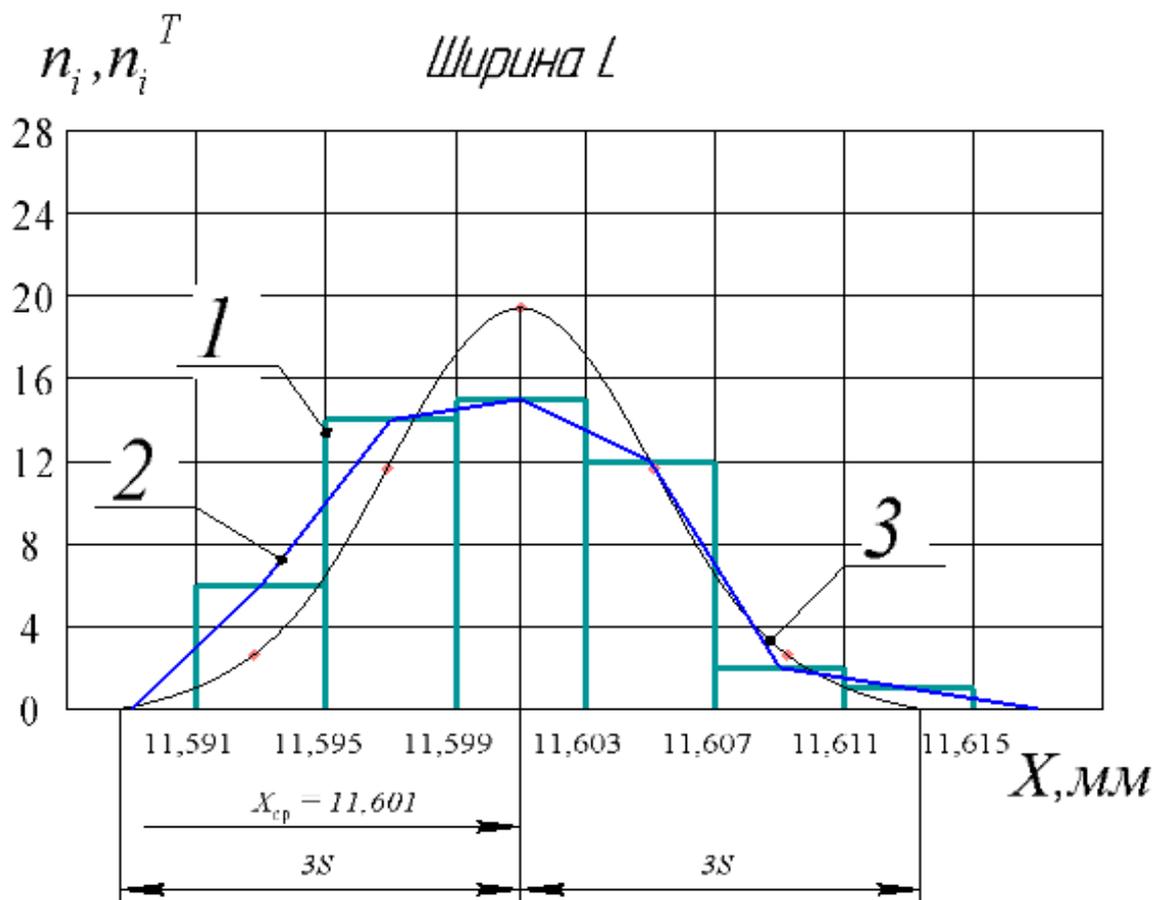


Рис.28 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00412 = 0,00515$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0309$$

$$T = 0,46$$

$$\omega_c < T$$

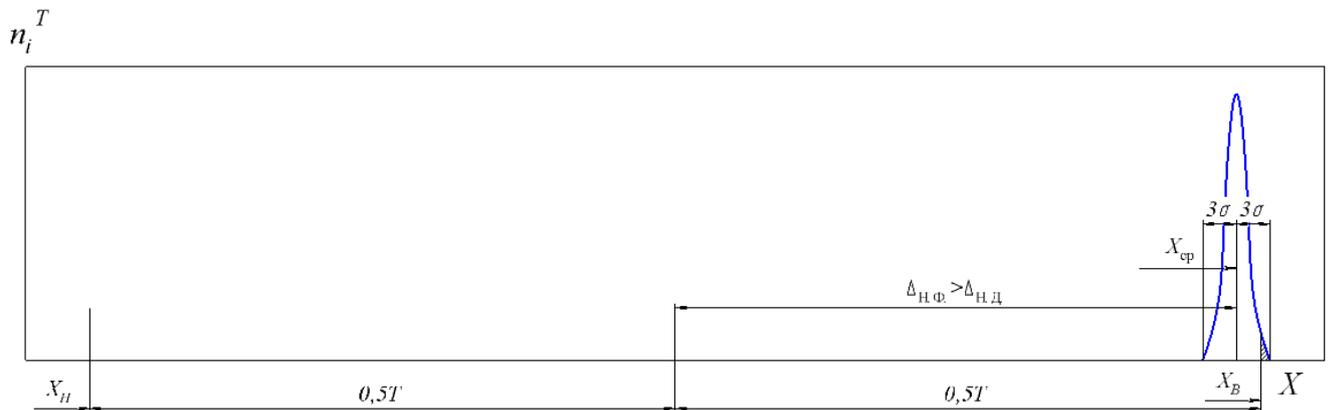


Рис.29 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическая погрешность больше допустимой, т.к. пуансон-матрица и матрица не правильно проектированы.

Анализ точности по диаметру D

$$x_{max} = 9,989 \quad x_{min} = 9,971$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,989 - 9,971 = 0,018$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,018}{6} = 0,003 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,981$$

$$\sigma = S = 0,00457 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,981|}{0,00457}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,003}{0,00457} \cdot Z_t$$

Таблица 16

Интервалы размеров		Среди на интервала, x_i	Эмпирическая частота, n_i	t	Z_t	Теоретическая частота, n_i^T	Теоретическая частота, n_i^T (округл.)
От	до						
9,971	9,974	9,973	5	1,75	0,0863	3,83	4
9,974	9,977	9,976	3	1,09	0,2203	7,23	7
9,977	9,980	9,979	12	0,44	0,3621	11,89	12
9,980	9,983	9,982	9	0,22	0,3894	12,78	13
9,983	9,986	9,985	14	0,88	0,2709	9,90	10

9,986	9,989	9,988	7	1,53	0,1238	4,06	4
-------	-------	-------	---	------	--------	------	---

Таблица 17

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой	$x=9,981$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 13,13$
Точка перегиба	$x \pm S = (9,976; 9,986)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 7,88$
Точка перегиба	$x \pm 2S = (9,972; 9,990)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 1,77$
-	$x \pm 3S = (9,967; 9,995)$	$n_i^T = 0$

Таблица 18

Интервалы размеров		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
От	до					
9,971	9,974	8 $\begin{cases} 5 \\ 3 \end{cases}$	11 $\begin{cases} 4 \\ 7 \end{cases}$	3	9	0,18
9,974	9,977					
9,977	9,980	12	12	0	0	0
9,980	9,983	9	13	4	16	1,23
9,983	9,986	21 $\begin{cases} 14 \\ 7 \end{cases}$	14 $\begin{cases} 10 \\ 4 \end{cases}$	7	49	3,5
9,986	9,989					
						$\chi^2 = 4,91$

В приведенном примере (табл.18) $\chi^2 = 4,91$, $k = 4 - 3 = 1$. По таблице приложения 3 находим, что $0,05 > p(\chi^2) > 0,02$. Следовательно, можно считать, что распределение размеров соответствует нормальному закону.

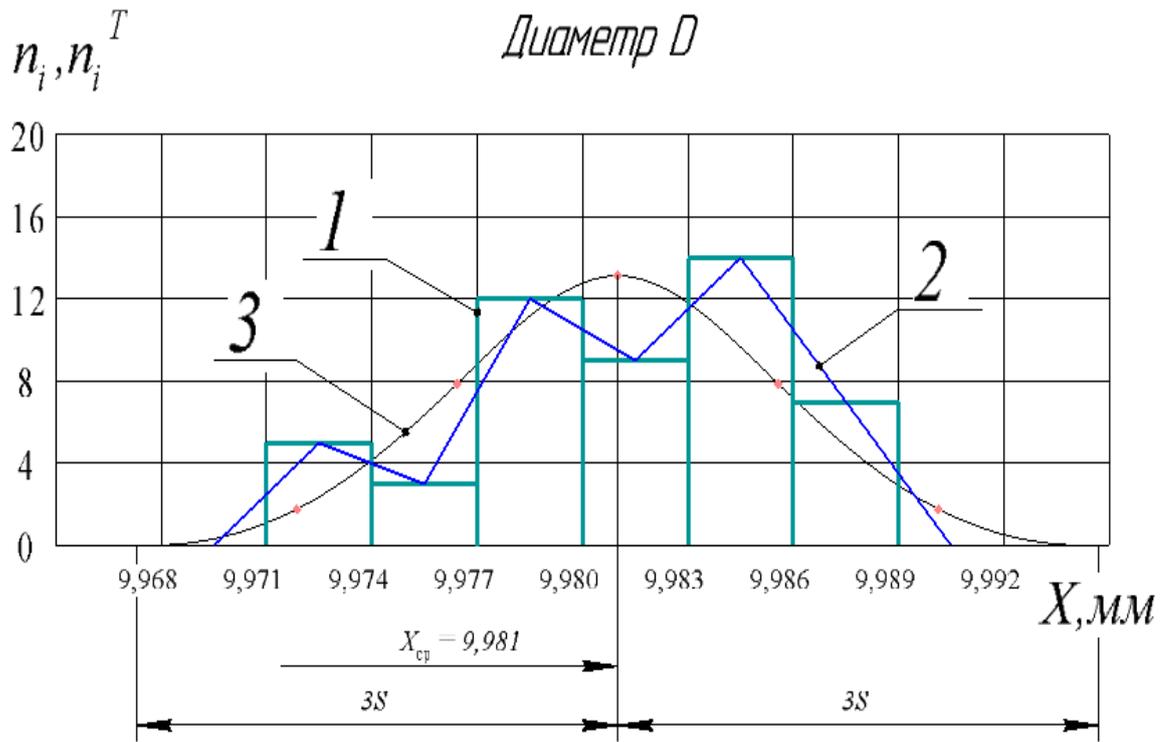


Рис.30 Гистограмма(1), эмпирическая кривая(2) и кривая нормального распределения размеров

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00457 = 0,00571$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00571 = 0,0034$$

$$T = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

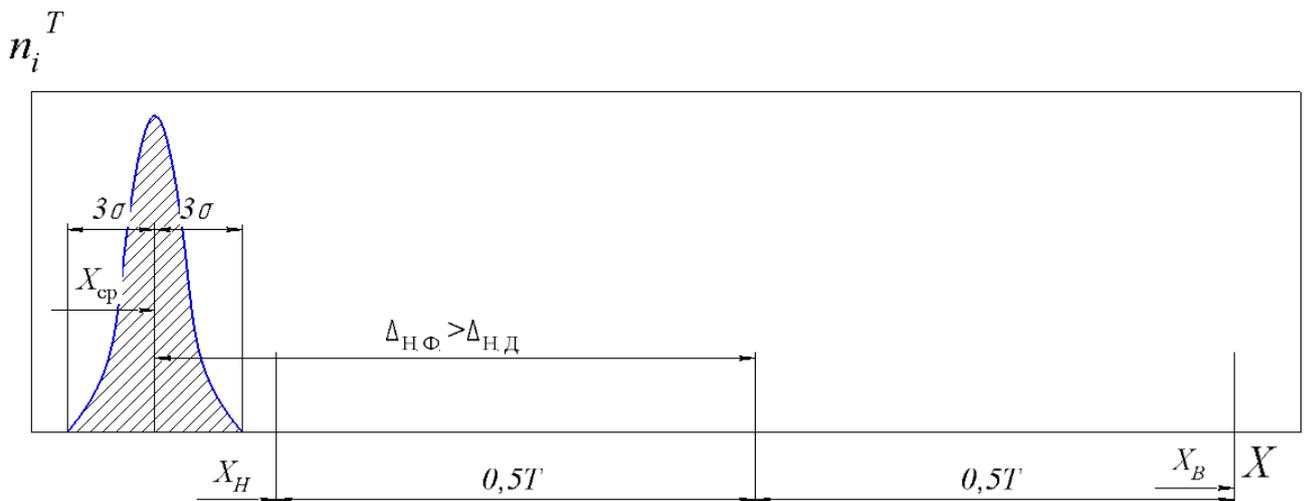


Рис.31 Вероятность брака деталей по кривым нормального распределения размеров

Вывод: из графика видно, что фактическая погрешность больше допустимой, т.к. пуансон и матрица не правильно проектированы. Все детали являются браком.

Таблица 19

	Толщина t мм	Среднее значение по ширине \bar{X}_L , мм	Размах выборки по ширине R_L , мм	Среднее квадратическое отклонение по ширине σ_L , мм	Среднее значение по диаметру \bar{X}_D , мм	Размах выборки по диаметру R_D , мм	Среднее квадратическое отклонение по диаметру σ_D , мм
Бумага	0,1	11,581	0,064	0,01740	9,936	0,029	0,00806
Медь	0,2	11,601	0,021	0,00412	9,981	0,018	0,00457
Латунь	0,3	11,601	0,030	0,00584	9,976	0,021	0,00459

Вывод: средние квадратические отклонения вырубаемых дедталей очень маленькие, т.е. точности вырубаемых деталей высокие. Это значит штамп был хорошо изготовлен. Из-за неправильности проектирования пуансонов, матрицы и пуансона-матрицы, много браков получены. У деталей из меди есть самые высокие точности, т.к. штамп проектирован для материала толщины 0,2 мм. У деталей из бумаги есть самые низкие точности, т.к. бумага мягкая и трудно найти край детали на процесса измерения.

5.Экономический раздел

Расчет технологической себестоимости.

5.1 Состав затрат

Определение затрат на изготовление детали производится путем составления калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Калькуляция является основным документом, на основании которого осуществляется планирование и учет затрат.

Калькуляция плановой себестоимости изготовления детали в соответствии с методическими рекомендациями по планированию, учету и калькулированию себестоимости научно-технической продукции составляется по следующим статьям:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- цеховые расходы.

5.2 Формирование затрат, включаемых в себестоимость

5.2.1 Затраты на материалы

Стоимость материалов формируется исходя из цены их приобретения и платы за транспортировку, осуществляемую сторонними организациями. При разработке проекта использовались материалы, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Расходные материалы.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Заготовка	шт.	1	0,32	0,32
Итого				0,32

5.2.2 Затраты на оплату труда

Заработная плата производственных рабочих с дополнительной зарплатой и начислениями:

$$Z_n = Z_o \cdot \kappa_{дзн} \cdot \kappa_p \cdot \kappa_n, \quad (1)$$

где Z_n - полная заработная плата;

Z_o - основная заработная плата;

$\kappa_{дзн}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($\kappa_{дзн} = 1,1$);

κ_p - районный коэффициент ($\kappa_p = 1,3$);

κ_n - коэффициент премирования ($\kappa_n = 1,2$).

$$Z_o = \sum \frac{C_{qi} \cdot t_{шти}}{3600},$$

где C_{qi} - стоимость одного часа производственного рабочего;

$t_{шти}$ - штучное время операции.

Тогда

$$Z_{o, лазер} = \frac{200 \cdot 25}{3600} = 1,4 \text{ руб.},$$

$$Z_{o, штамп} = \frac{100 \cdot 8}{3600} = 0,22 \text{ руб.},$$

$$Z_{n, лазер} = Z_{o, лазер} \cdot \kappa_{дзн} \cdot \kappa_p \cdot \kappa_n = 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{n, штамп} = Z_{o, штамп} \cdot \kappa_{дзн} \cdot \kappa_p \cdot \kappa_n = 0,22 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,38 \text{ руб.}$$

5.2.3 Единый социальный налог

Единый социальный налог: 30% от суммы затрат на оплату труда работников, т.е. Лазер = 0,72 руб., Штамп = 0,12.

5.2.4 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию состоят из затрат на электроэнергию при работе оборудования во время изготовления детали.

Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитывают по формуле:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot \mathcal{C}_э \cdot t_{об},$$

где $\mathcal{E}_{об}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;

$P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\mathcal{C}_э$ – тарифная цена за 1кВт·час, $\mathcal{C}_э = 4,3$ руб./кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{уст. об} \cdot K_c,$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$P_{уст. об}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_c – коэффициент спроса, зависит от количества загрузки групп электроприемников, для технологического оборудования малой мощности, $K_c = 0,85$

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 2.

Таблица 2. Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час, $t_{шт}$	Потребляемая мощность, $P_{об}$, кВт	Затраты, $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Пресс КД2122	0,0023	1,7	0,02
Лазер ЛС-1	0,007	6,8	0,2

5.2.5 Амортизация основных фондов

Данная статья отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление основных средств используемых при реализации проекта. К

амортизируемым основным фондам относится оборудование, стоимость которого выше 200000 рублей и срок эксплуатации более года. В противном случае оно включается в материальные расходы.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$Z_{ам} = Ц_i / n$$

где $Z_{ам}$ – сумма амортизационных отчислений на одну деталь;

$Ц_i$ – цена (балансовая стоимость) оборудования;

n – количество выпуска.

Таблица 3. Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Цена(балансовая стоимость), руб	Амортизационные отчисления $Z_{ам}$, руб.
Штамп	200.000	$\frac{200.000}{n}$
Лазер ЛС-1	–	–

5.2.6 Цеховые расходы

К данным расходам относят затраты на другие расходы, не относящиеся к ранее перечисленным прямым статьям.

Цеховые затраты составляют 50% от суммы полной заработной платы и социальных отчислений.

$$C_{цр} = (C_{пол} + C_{соц}) \cdot 0,5$$

$$C_{цр, лазер} = (2,4 + 0,72) \cdot 0,5 = 1,56 \text{ руб.}$$

$$C_{цр, штамп} = (0,38 + 0,12) \cdot 0,5 = 0,25 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

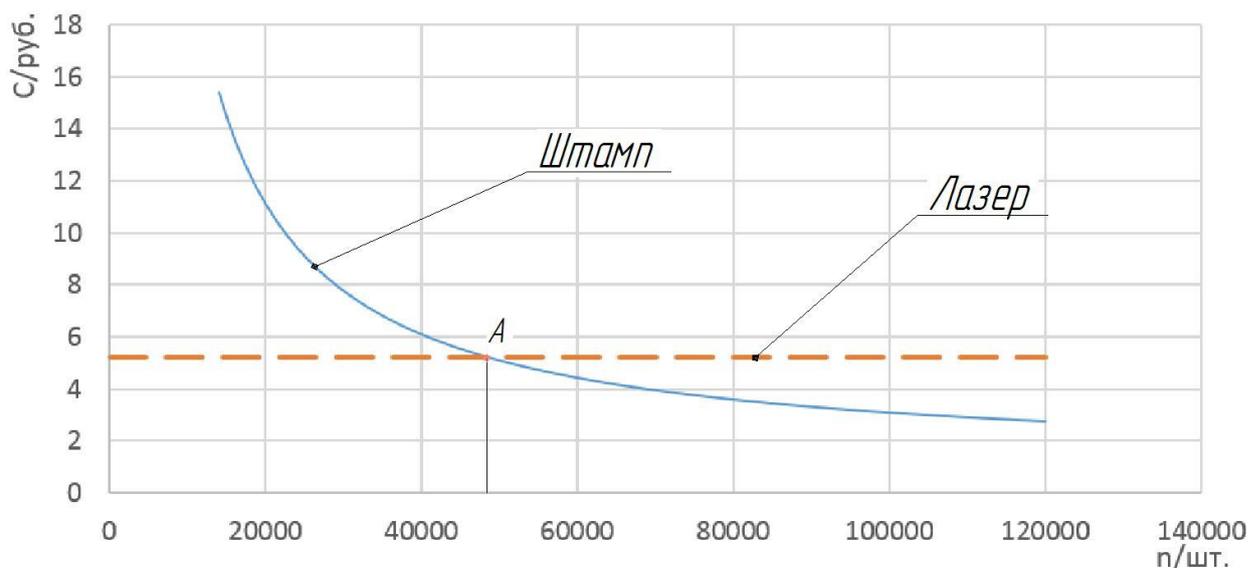
Калькуляция плановой себестоимости рассчитывается в таблице 4.

Табл. Плановая себестоимость

Наименование статей затрат	Сумма, руб.(Лазерн.)	Сумма, руб.(Штамп)
Материалы	0,32	0,32
Полная заработная плата	2,4	0,38
Отчисления в социальные фонды	0,72	0,12
Расходы на электроэнергию	0,2	0,02
Амортизация основных фондов	-	$\frac{200.000}{n}$
Цеховые расходы	1,56	0,25
Итого технологическая себестоимость	5,2	$\frac{200.000}{n} + 1,09$

п, шт.	0	20.000	40.000	60.000	80.000	100.000	120.0000
С, руб.	$+\infty$	11,09	6,09	4,42	3,59	3,09	2,76

График зависимости себестоимости детали от программы выпуска



Вывод: из графика зависимости себестоимости детали от программы выпуска видно, что критическая точка детали изготовления равна 48780 шт. Исходя

этого, до критической точки выгодно использовать лазерную резку, если количество детали превышает точку, то соответственно изготовление штамповкой выгодней.

6. Социальная ответственность

Описание рабочего места

Холодная штамповка металла является прогрессивным, высокопроизводительным способом изготовления деталей при производстве электротехнических изделий, требующим соблюдения ряда требований по технике безопасности. Травмы. Полученные при штамповочных работах, как правило, тяжелые, требуют длительного лечения и могут привести к инвалидности. Изготовление деталей производится на прессах, оснащенных штампами.

Кинематика пресса основана на передаче усилия с помощью ползуна, совершающего возвратно-поступательное движение, получаемое в свою очередь от электропривода с помощью кривошипного, эксцентрикового, фрикционного или винтового механизма.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, вибрация, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании производства необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как производственная площадь находится в городе Томске, возможной из ЧС является наводнение. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

На производстве, где находятся различные оборудование (такие как станки и т.п.), а также используются вспомогательные вещества для удаления остаточных напряжений при термообработке, могут быть следующие вредные факторы:

- не комфортных метеоусловий;
- производственного шума;
- недостаточной освещенности;
- электромагнитного излучения;

1.1 Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ класса а. Оптимальные значения микроклимата для этого случая даны в таблице 1.

Таблица 1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	легкая	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

1.2. Производственный шум

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

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В случае отрезать алюминия на токарном станке, этот параметр может изменяться от 78 дБА до 85дБА.

В таком случае необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
 - изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
 - применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;
- СИЗ

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

На производстве основным методом по снижению шума являются наушники с шумоизоляцией, которые способны понизить шум, поступающий в органы слуха человека на 30-50 дБА.

1.3 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 на рабочих местах, где происходит основная работа производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 400 Лк при условии выполнения работ высокой точности.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 10$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 4 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;
 B – ширина, м.
 $S = 10 \times 6 = 60 \text{ м}^2$

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

Выбираем лампу ЛХБ125, световой поток которой равен $\Phi_{\text{лп}} = 8000$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-125. Этот светильник имеет две лампы мощностью 125 Вт каждая, длина светильника равна 1528 мм, ширина – 446 мм.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_{\text{н}} - h_{\text{р}},$$

где $h_{\text{н}}$ – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_{\text{р}}$ – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_{\text{н}} = 4$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1 - 0,5 = 2,5 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{3,25} = 1,84 \approx 2$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{10}{3,25} = 3,07 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 2 = 6$$

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

$$l = \frac{L}{3} = \frac{3,25}{3} = 1,08 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

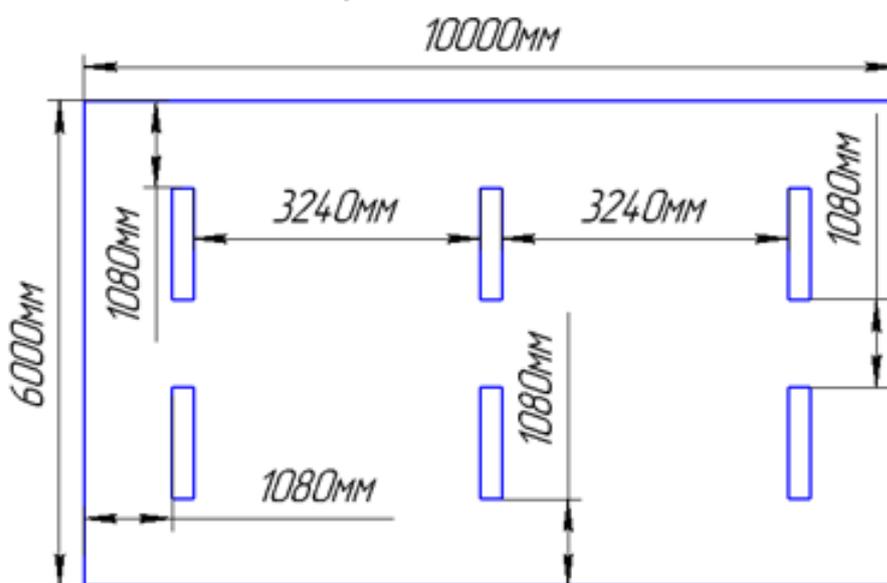


Рисунок 1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{10 \cdot 6}{2,5 \cdot (10 + 6)} = 1,5$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,5$ равен $\eta = 0,47$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,47} = 7021,2 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

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

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{8000 - 7021,2}{8000} \cdot 100\% = 12,23\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 12,23\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

1.4 Электромагнитные поля

На производстве используются электроустановки, которые в свою очередь генерируют электромагнитное поле. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей сверхвысоких частот на организм человека.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологические объекты в известной степени определяется количеством проникающей в них и поглощаемой ими электромагнитной энергии. Значительная часть энергии микроволн поглощается тканями организма и превращается в тепло, что объясняют возникновением колебания ионов и дипольных молекул воды, содержащихся в тканях. Наиболее эффективное поглощение микроволн отмечается в тканях с большим содержанием воды: кровь, тканевая жидкость, слизистая желудка, кишок, хрусталик глаза и др.

Нагрев тканей в СВЧ-поле является наиболее простым и очевидным эффектом действия микроволн на организм человека. Положение максимума температуры, его удаление от поверхности тела зависит от проводимости среды, а, следовательно, и от частоты радиоволны, действующей на ткань: с увеличением частоты (укорочением волны) максимум температуры приближается к поверхности.

Длительное и систематическое воздействие на организм СВЧ-излучения вызывает повышенную утомляемость, периодически появляющуюся головную боль, сонливость или нарушение сна, повышение артериального давления и боли в области сердца. Под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот наблюдаются изменения в крови, увеличение щитовидной железы, катаракта глаз, а у отдельных лиц — изменения в психической сфере (неустойчивые настроения, ипохондрические реакции) и трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей).

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

В диапазоне СВЧ = 300...300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ_{доп}) при времени облучения (τ обл.) в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при τ обл., равном 2 ч, - 100 мкВт/см² и при τ обл., равном 15...20 мин, - 1000 мкВт/см² (при обязательном использовании защитных очков!). В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см². Для лиц, профессионально не связанных с облучением, и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

2.1 Факторы электрической природы

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

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Производственное помещение относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ

Работать со штангой разрешается только специально обученному персоналу в присутствии лица, контролирующего действия работающего. При операциях с изолирующей штангой необходимо пользоваться дополнительными изолирующими защитными средствами — диэлектрическими перчатками и изолирующими основаниями (подставками, ковриками) или диэлектрическими ботами.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением до 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части

электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

2.2 Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории *А_н*, *Б_н*, *В_н*, *Г_н* и *Д_н*.

Согласно НПБ 105-03 производственное помещение относится к категории В4 - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) утечка масел.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в производственном помещении должны проводиться следующие мероприятия:

а) использование только исправного оборудования;

б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;

е) курение в строго отведенном месте;

ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 2).

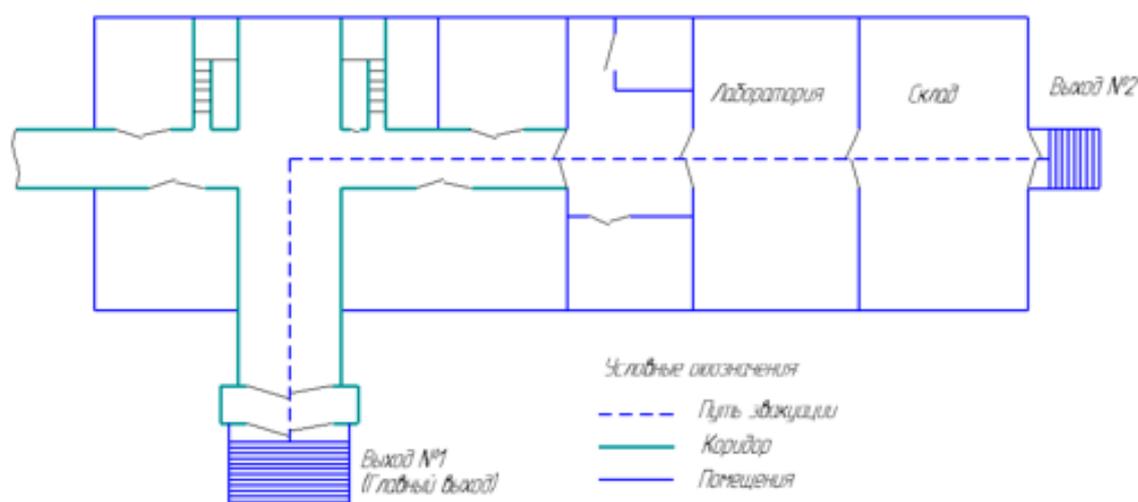


Рис 2. Пути эвакуации из производственного помещения.

2.3. Поражение механизированным оборудованием.

Основная опасность для рабочего персонала на протяжении всего рабочего времени является опасность поражения механизированным инструментом. Основные нормы безопасности для конструкций технологического оборудования представлены в ГОСТ 12.2.003-91 “ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности”.

Производственная площадь оборудована ЧПУ станками, которые для безопасности оператора используют специальные двери, которые ограничивают оператора от рабочей зоны станка во время рабочего и холостого ходов. Если оборудование имеет зоны повышенной опасности механического повреждения, которые не могут быть защищены в силу конструктивной особенности оборудования, то данные места помечаются предупреждающими знаками и ограждаются от оператора.

Кроме современного оборудования на производстве имеются универсальные станки, которые не предусмотрены средствами защиты оператора. При работе на данном оборудовании необходимо следовать основным правилам:

- запрещается наблюдение и работа за оборудованием без униформы и средств защиты открытых участков тела (халаты, маски, очки, специальные перчатки и др.)
- запрещается держаться за движущиеся части станка и деталей при работе на оборудовании
- запрещается оставлять оборудование без присмотра
- запрещается работать на неисправном оборудовании

Более подробная техника безопасности в обязательном порядке идет с технической документацией оборудования. На основе соответствующих документов составляется техника безопасности для всего предприятия. К работе допускаются только тот персонал, который прошел инструктаж для работы на оборудовании. Инструктаж проводится с определенной предприятием периодичностью.

3 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в производственном помещении оборудованы емкости для сбора стружки металлической для ее последующей переработки.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

4 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе редки.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть диверсия и наводнение.

В период весны река Томь и талые воды могут привести к наводнению всего города. Таким образом в условиях наводнения необходимо предотвратить попадание воды в производственное помещение. Для этого по внешнему и внутреннему периметру здания и помещения должны быть предусмотрены мешки с песком для создания локальных плотин (в частности в местах слабой герметизации – оконные проемы, двери и т.п.). В случае если же вода все-таки попала в помещение, необходимо поднять оборудование на достаточное расстояние от пола. Для этого предусмотрены домкраты и деревянный брус.

Так как производственное помещение оперирует с большим потоком информации, зачастую уникальной (конструкторские чертежи и т.п.) необходимо обеспечить жесткий контроль над информацией для предотвращения ее утечки, или ее подмены. Для этого в производственном помещении работают доверенные лица со стажем работы, прошедшие перед этим различные проверки (вплоть до психологических тестов и проверке на детекторе лжи), осуществляется круглосуточное видеонаблюдение, все операции с электронными носителями контролируются на бумажных носителях и дополнительно службой безопасности предприятия. Доступ посторонних лиц на предприятие без уважительной причины запрещен.

5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 "ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты"
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

Perform analysis of the accuracy of the parts to be cut



Fig. 1

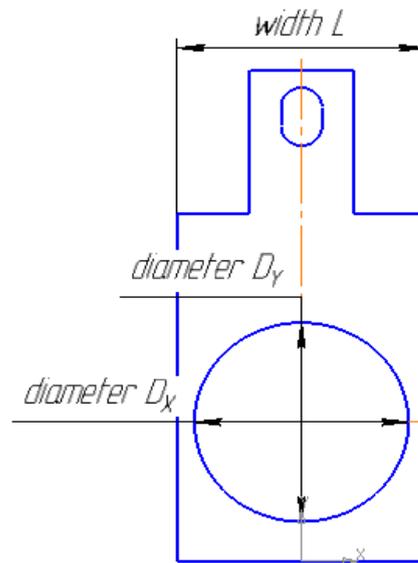


Fig. 2

Paper				
	L	Dx	Dy	Dcp
1	11.603	9.950	9.941	9.946
2	11.591	9.940	9.938	9.939
3	11.606	9.954	9.932	9.943
4	11.594	9.935	9.934	9.935
5	11.574	9.925	9.931	9.928
6	11.574	9.925	9.921	9.923
7	11.584	9.931	9.945	9.938
8	11.585	9.927	9.931	9.929
9	11.582	9.926	9.919	9.923
10	11.581	9.973	9.930	9.952
11	11.542	9.940	9.944	9.942
12	11.600	9.945	9.957	9.951
13	11.601	9.930	9.922	9.926
14	11.577	9.930	9.953	9.942
15	11.578	9.923	9.935	9.929
16	11.593	9.936	9.945	9.941
17	11.570	9.930	9.922	9.926
18	11.599	9.940	9.934	9.937
19	11.546	9.938	9.935	9.937
20	11.552	9.935	9.941	9.938
21	11.567	9.931	9.938	9.935
22	11.575	9.936	9.933	9.935

Fig. 3

Width L

CONSTRUCTION OF HISTOGRAM AND EMPIRICAL CURVE OF DISTRIBUTION OF ERRORS

Based on the results of measurements of the details of the sample, the difference between the largest and smallest sizes (the sample size R). Value $R = x_{max} - x_{min}$ is divided into a number of equal intervals (see Table 1). With a sample size $n = 50 \dots 100$ pieces, the number of intervals f is recommended to be equal to $6 \dots 8$. The width of the interval $a = R/f$ is determined.

$$x_{max} = 11,606 \quad x_{min} = 11,542$$

The difference between the largest and smallest sizes (sample size R). Value $R = x_{max} - x_{min} = 11,606 - 11,542 = 0,064$

The width of the interval $a = \frac{R}{f} = \frac{0,064}{6} = 0,011$

The frequency n_i is calculated – the number of parts that fall in each interval, or the n_i/n part is the ratio of the frequency to the sample size. In this case, details are included in each interval with dimensions ranging from the smallest value of the interval inclusive to the largest value of the interval, excluding it. The midpoints of intervals (mean sizes of intervals) x_i are determined. The results of the calculations are recorded in a table similar to that given for the example of Table 1.

Table 1

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequency, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
11,542	11,553	11,548	3	1,892	0,0669	0,93	1
11,553	11,564	11,559	0	1,261	0,1804	2,50	2
11,564	11,575	11,570	5	0,631	0,3271	4,54	5
11,575	11,586	11,581	6	0	0,3989	5,53	6
11,586	11,597	11,592	3	0,631	0,3271	4,54	6
11,597	11,608	11,603	5	1,261	0,1804	2,50	2

CONSTRUCTION For THE THEORETICAL CURVE OF NORMAL DISTRIBUTION OF ERRORS

By the appearance of the empirical curve, we can approximately establish the law of distribution of errors in the general population. For a more accurate conclusion, it is necessary to compare the empirical distribution curve with the theoretical one. For this purpose, for each interval of values of x , it is necessary to calculate theoretical frequencies or particulars and to construct a theoretical distribution curve from them.

The equation of the normal distribution curve has the form:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

where $\varphi(x)$ - probability density (probability of occurrence of this or that value of a random variable);

σ - the mean square deviation of the random variable;

\bar{x}_0 - mean value of a random variable;

x - its current value;

e - the base of natural logarithms.

In experimental studies, as a rough estimate of the parameters of the general population and, the sample mean and sample mean square deviation S are used, which are calculated by the formulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n}; \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^f n_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (3)$$

When constructing a theoretical curve for the normal distribution, it is assumed that $\bar{x}_0 = \bar{x}$ and $\sigma = S$.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,581$$

$$\sigma = S = 0,0174$$

Approximately one can assume that

$$\varphi(x) \approx \frac{n_i^T}{n \cdot a} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

Where n_i^T is the theoretical frequency, and a is the width of the interval (the value of a is introduced into equation (4) to bring the theoretical curve of the normal distribution to the same scale as the empirical curve is drawn).

From equation (4) we have

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_0)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

If we substitute in (5)

$$t = \frac{x - \bar{x}_0}{\sigma},$$

Then we get

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}.$$

We denote $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} = Z_t$, and assume that $\sigma = S$.

Then formula (5) takes the form

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t. \quad (6)$$

Величина Z_t вычислена для различных значений t и приведена в таблице приложения 1. Значения t для каждого интервала размеров находятся по формуле:

The value of Z_t is calculated for different values of t and is given in the table of Appendix 1. The values of t for each size interval are found by the formula:

$$t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} \quad (7)$$

Thus, to calculate the theoretical frequencies, it is necessary to determine the value of t for each size interval using formula (7), find Z_t , using the table of Appendix 1, and then use formula (6). When calculating the theoretical frequencies, it is advisable to use the table (see Table 1). The graph of the theoretical curve of the normal distribution is usually combined with the graph of the empirical curve (Fig. 1). It should be noted that the theoretical curve of the normal distribution can also be constructed from characteristic points. The coordinates of the characteristic points of the normal distribution curve are given in Table 2.

Table 2

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=11,581$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 5,55$
Inflection point	$x \pm S = (11,564; 11,599)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 3,33$
Inflection point	$x \pm 2S = (11,545; 11,616)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 0,75$

-	$x \pm 3S = (11,528; 11,633)$	$n_i^T = 0$
---	-------------------------------	-------------

CHECK FOR CONFORMITY OF EMPIRICAL DISTRIBUTION TO THEORETICAL NORMAL

To check the correspondence of the empirical distribution, a number of criteria correspond to the theoretical distribution [2-4]. In this paper, criterion 2 is used for this purpose χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}, \quad (8)$$

Where m is the number of frequencies compared,

n_i , n_i^T - respectively, the empirical and theoretical frequency of the i-th interval of values of x.

For the convenience of calculating χ^2 , it is advisable to use a table (see Table 3).

Table 3

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
11,542	11,553	8 $\left\{ \begin{matrix} 3 \\ 0 \\ 5 \end{matrix} \right.$	8 $\left\{ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 5 \end{matrix} \right.$	0	0	0
11,553	11,564					
11,564	11,575					
11,575	11,586	6	6	0	0	0
11,586	11,597	8 $\left\{ \begin{matrix} 3 \\ 5 \end{matrix} \right.$	8 $\left\{ \begin{matrix} 6 \\ 2 \end{matrix} \right.$	0	0	0
11,597	11,608					
						$\chi^2 = 0$

When determining criterion χ^2 , it is necessary that the frequency of the intervals be at least five. If in any interval the frequency is less than five, then it should be combined with the neighboring frequency, as shown in Table 3. Then it is necessary to find the number k by the formula:

$$k = m - p - 1, \quad (9)$$

Where p is the number of parameters of the theoretical distribution $p = 2$, $k = m - 3$. According to the table in Appendix 3, the probability $p(\chi^2)$ is determined from the found values of χ^2 and k. If the inequality $p(\chi^2) > 0.005$ is satisfied, then we can assume that the empirical distribution corresponds to the theoretical (normal) distribution and use its regularities for the analysis of processing accuracy. If this inequality is not satisfied, then another distribution law should be used as the theoretical one.

In the above example (Table 3) $\chi^2 = 0$, $k = 3 - 3 = 0$. By the table in Appendix 3, we find that $p(\chi^2) > 0.95$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

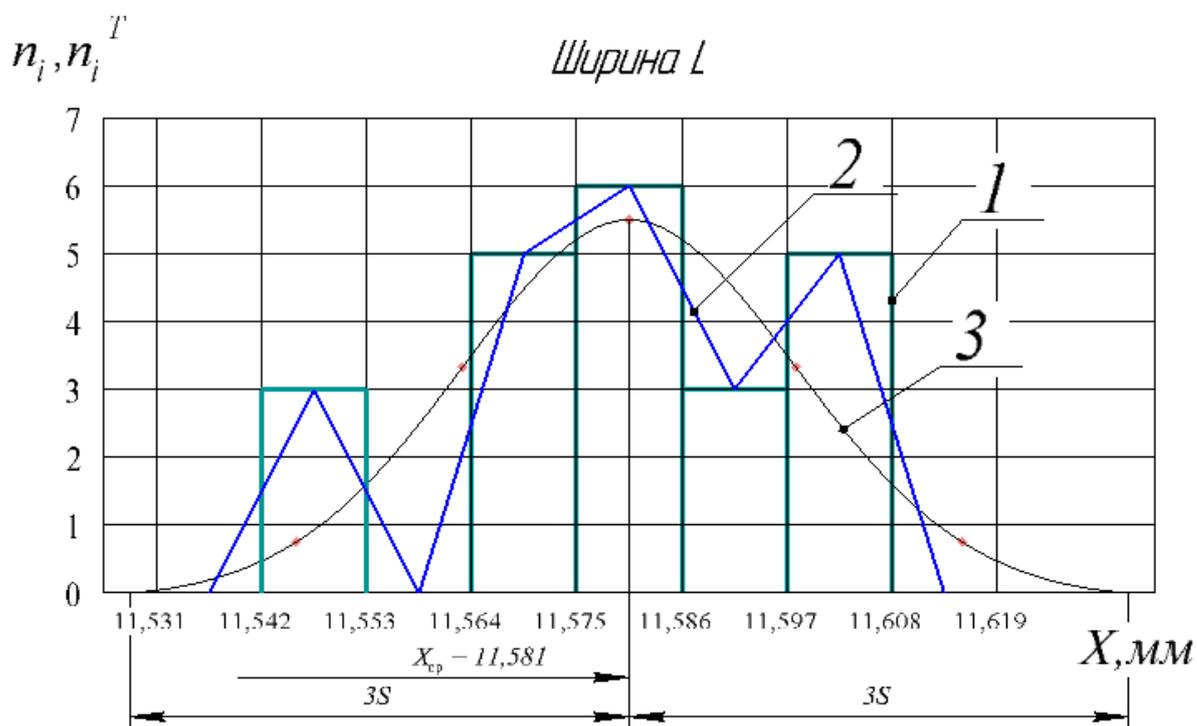


Fig.2. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

Valuation of the quality of the machine setting and determination of the probable percentage of reject during the operation under investigation

For the normal distribution of the field of error dispersion (in the general population) is determined by the formula:

$$\omega_{\bar{n}} = 6\sigma . \quad (10)$$

The sample mean square deviation S , as already noted, is an approximate estimate of σ . The error σ in estimating σ in S depends on the sample size. Taking this circumstance into account, it is necessary to use the formula (10) to determine the value of σ из from the relation [4]

$$\sigma = Z_2 \cdot S , \quad (11)$$

Where Z_2 - coefficient, taken depending on the sample size according to table 4.

Таблица 4

n	25	50	75	100	200
Z_2	1,39	1,25	1,19	1,16	1,11

The necessary condition for the processing of parts without a marriage is

$$\omega_c < T, \quad (12)$$

where T is the tolerance for size.

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,39 \cdot 0,0174 = 0,02419$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,02419 = 0,145$$

$$T = 11,600 - 11,170 = 0,43$$

$$\omega_c < T$$

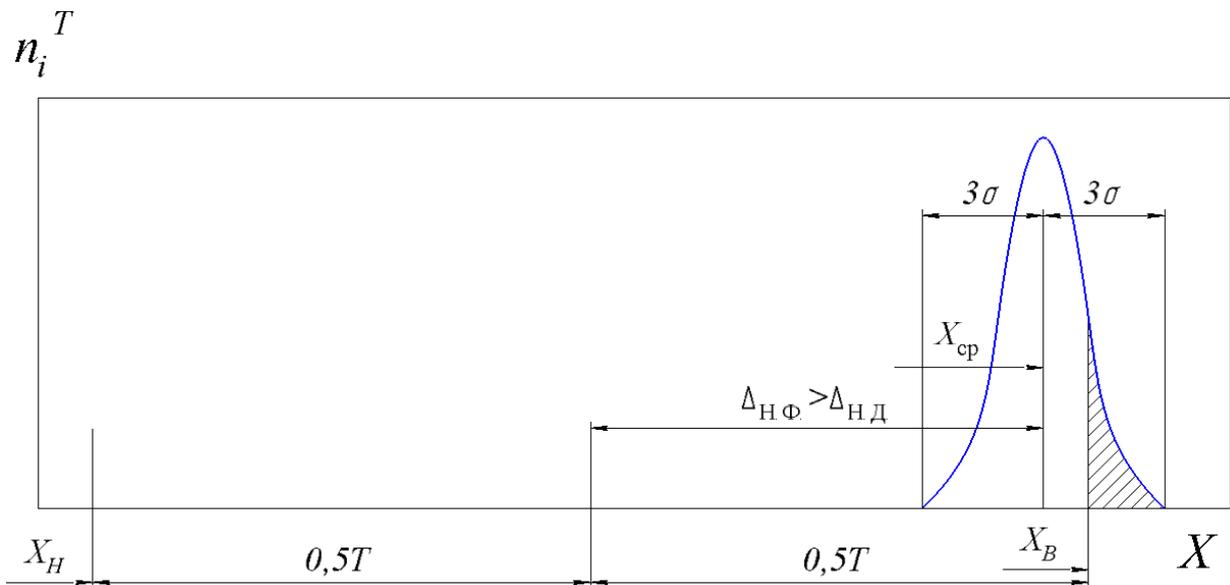


Fig.3. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

Diameter D

$$x_{max} = 9,952 \quad x_{min} = 9,923$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,952 - 9,923 = 0,029$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,029}{6} = 0,005 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,936$$

$$\sigma = S = 0,00806 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,936|}{0,00806}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{22 \cdot 0,005}{0,00806} \cdot Z_t$$

Table 4

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequency, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
9,923	9,928	9,926	5	1,241	0,1849	2,52	3
9,928	9,933	9,931	2	0,620	0,3292	4,49	5
9,933	9,938	9,936	7	0	0,3989	5,44	5
9,938	9,943	9,941	5	0,620	0,3292	4,49	5
9,943	9,948	9,946	1	1,241	0,1849	2,52	3
9,948	9,953	9,951	2	1,863	0,0707	0,96	1

Table 5

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=9,936$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 5,55$
Inflection point	$x \pm S = (9,928; 9,944)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 3,33$
Inflection point	$x \pm 2S = (9,920; 9,952)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 0,75$
-	$x \pm 3S = (9,912; 9,960)$	$n_i^T = 0$

Table 6

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
9,923	9,928	7 $\begin{cases} 5 \\ 2 \end{cases}$	8 $\begin{cases} 3 \\ 5 \end{cases}$	1	1	0,13
9,928	9,933					
9,933	9,938	7	5	2	4	0,8
9,938	9,943	8 $\begin{cases} 5 \\ 1 \\ 2 \end{cases}$	9 $\begin{cases} 5 \\ 3 \\ 1 \end{cases}$	1	1	0,11
9,943	9,948					
9,948	9,953					
						$\chi^2 = 1,04$

In the above example (Table 6) $\chi^2 = 1.04$, $k = 3 - 3 = 0$. According to the table in appendix 3, we find that $p(\chi^2) > 0.95$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

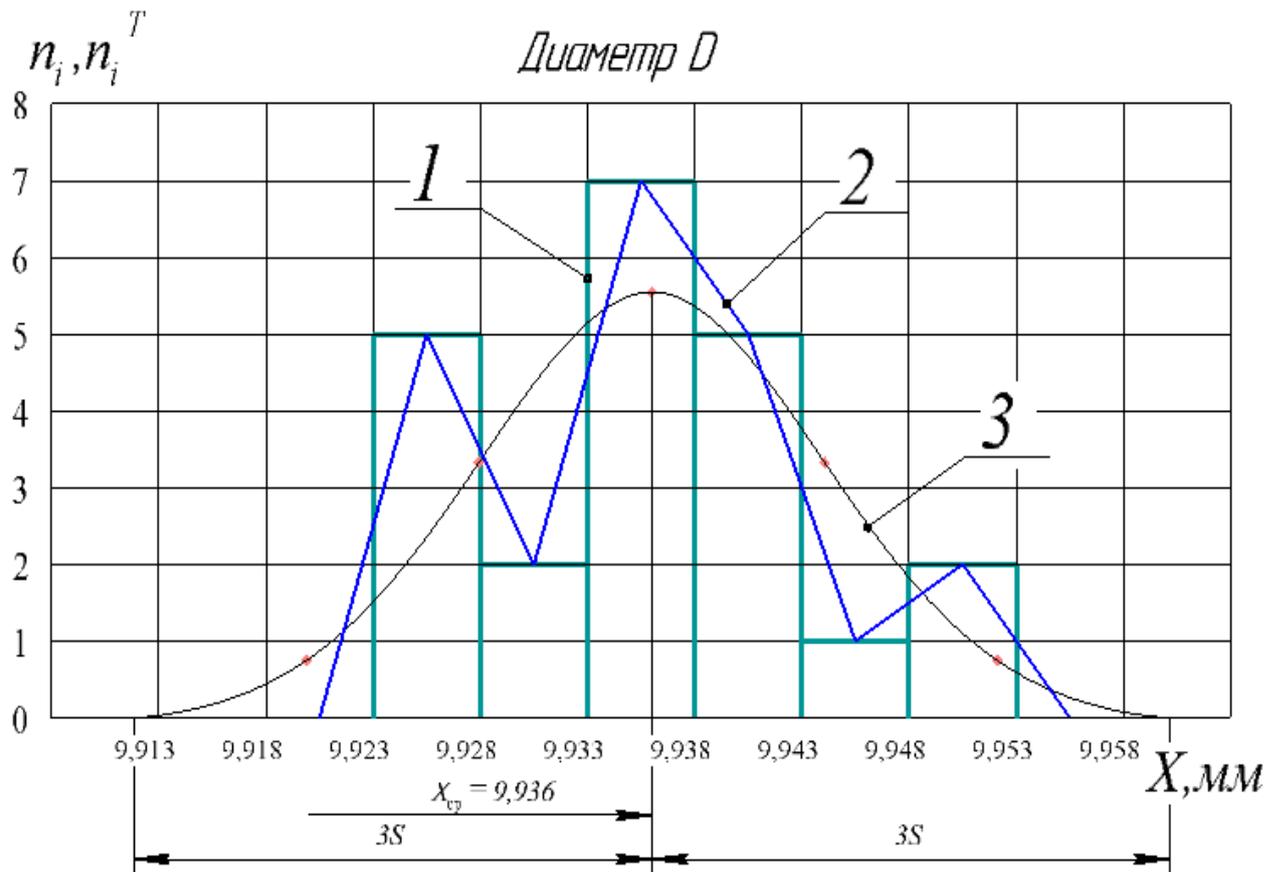


Fig.4. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00806 = 0,0101$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,0101 = 0,0606$$

$$T = 10,15 - 10 = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

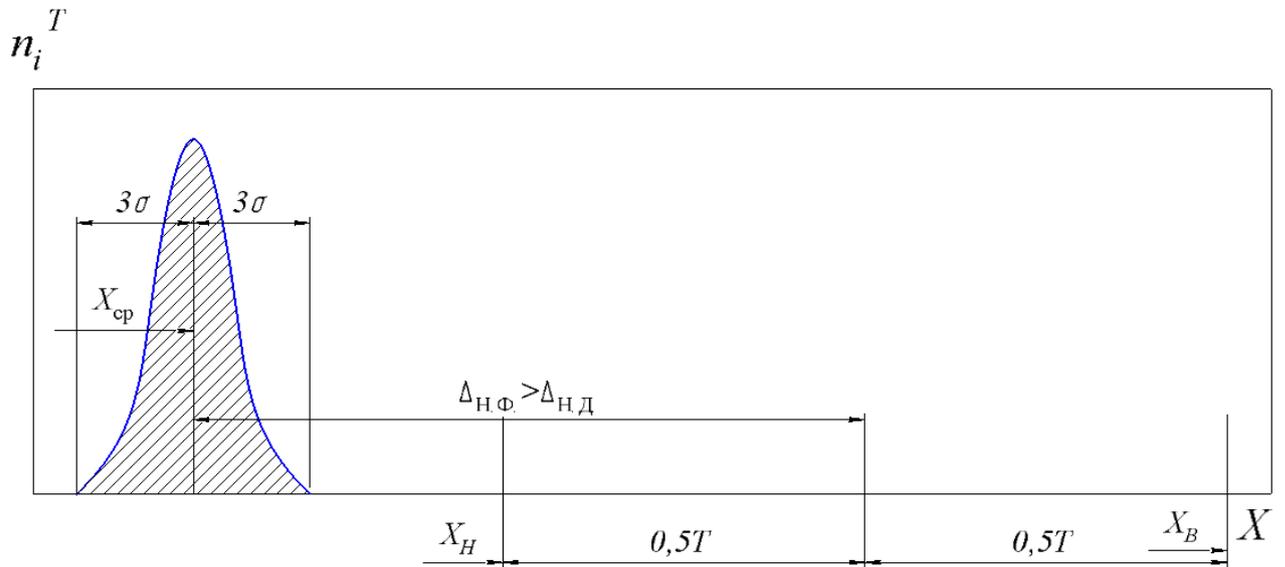


Fig.5. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

$$x_{max} < x_H = 10$$

All details are rejected.

Brass

	L	Dx	Dy	Dcp					
1	11.600	9.976	9.979	9.978					
2	11.592	9.983	9.973	9.978					
3	11.595	9.986	9.977	9.982					
4	11.598	9.983	9.982	9.983					
5	11.604	9.979	9.974	9.977	26	11.599	9.978	9.971	9.975
6	11.602	9.982	9.966	9.974	27	11.605	9.981	9.972	9.977
7	11.600	9.986	9.970	9.978	28	11.598	9.983	9.980	9.982
8	11.615	9.983	9.981	9.982	29	11.597	9.984	9.973	9.979
9	11.599	9.983	9.966	9.975	30	11.598	9.980	9.975	9.978
10	11.611	9.984	9.970	9.977	31	11.600	9.982	9.971	9.977
11	11.614	9.970	9.963	9.967	32	11.601	9.986	9.971	9.979
12	11.603	9.979	9.964	9.972	33	11.595	9.984	9.978	9.981
13	11.597	9.980	9.967	9.974	34	11.593	9.976	9.976	9.976
14	11.603	9.982	9.968	9.975	35	11.599	9.989	9.982	9.986
15	11.605	9.981	9.965	9.973	36	11.603	9.974	9.975	9.975
16	11.599	9.975	9.969	9.972	37	11.602	9.985	9.971	9.978
17	11.597	9.981	9.981	9.981	38	11.600	9.986	9.980	9.983
18	11.595	9.980	9.963	9.972	39	11.603	9.981	9.975	9.978
19	11.599	9.983	9.965	9.974	40	11.597	9.987	9.974	9.981
20	11.622	9.980	9.968	9.974	41	11.602	9.974	9.964	9.969
21	11.600	9.966	9.966	9.966	42	11.597	9.981	9.987	9.984
22	11.601	9.984	9.960	9.972	43	11.598	9.977	9.985	9.981
23	11.597	9.981	9.977	9.979	44	11.599	9.986	9.981	9.984
24	11.601	9.978	9.972	9.975	45	11.609	9.972	9.981	9.977
25	11.600	9.985	9.966	9.976	46	11.600	9.981	9.965	9.973
					47	11.605	9.972	9.971	9.972
					48	11.601	9.976	9.971	9.974
					49	11.596	9.971	9.974	9.973
					50	11.605	9.969	9.961	9.965

Fig. 6

Width L

$$x_{max} = 11,622 \quad x_{min} = 11,592$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 11,622 - 11,592 = 0,03$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,03}{6} = 0,005 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,601$$

$$\sigma = S = 0,00548 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 11,601|}{0,00548}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,005}{0,00548} \cdot Z_t$$

Table 7

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequency y, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
11,592	11,597	11,595	12	1,095	0,2203	10,04	10
11,597	11,602	11,600	24	0,182	0,3925	19,90	20
11,602	11,607	11,605	9	0,730	0,3056	13,93	14
11,607	11,612	11,610	2	1,641	0,1040	4,74	5
11,612	11,617	11,615	2	2,554	0,0152	0,69	1
11,617	11,622	11,620	1	3,465	0,0034	0,015	0

Table 8

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=11,601$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 18,25$
Inflection point	$x \pm S = (11,595; 11,606)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 10,95$
Inflection point	$x \pm 2S = (11,590; 11,612)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,46$
-	$x \pm 3S = (11,585; 11,617)$	$n_i^T = 0$

Table 9

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
11,592	11,597	12	10	2	4	0,4
11,597	11,602	24	20	4	16	0,8
11,602	11,607	9	14	5	25	1,79
11,607	11,612	$5 \begin{cases} 2 \\ 2 \\ 1 \end{cases}$	$6 \begin{cases} 5 \\ 1 \\ 0 \end{cases}$	1	1	0,17
11,612	11,617					
11,617	11,622					
						$\chi^2=3,16$

In the above example (Table 9) $\chi^2 = 3.16$, $k = 4 - 3 = 1$. According to the table in appendix 3, we find that $0.1 > p(\chi^2) > 0.05$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

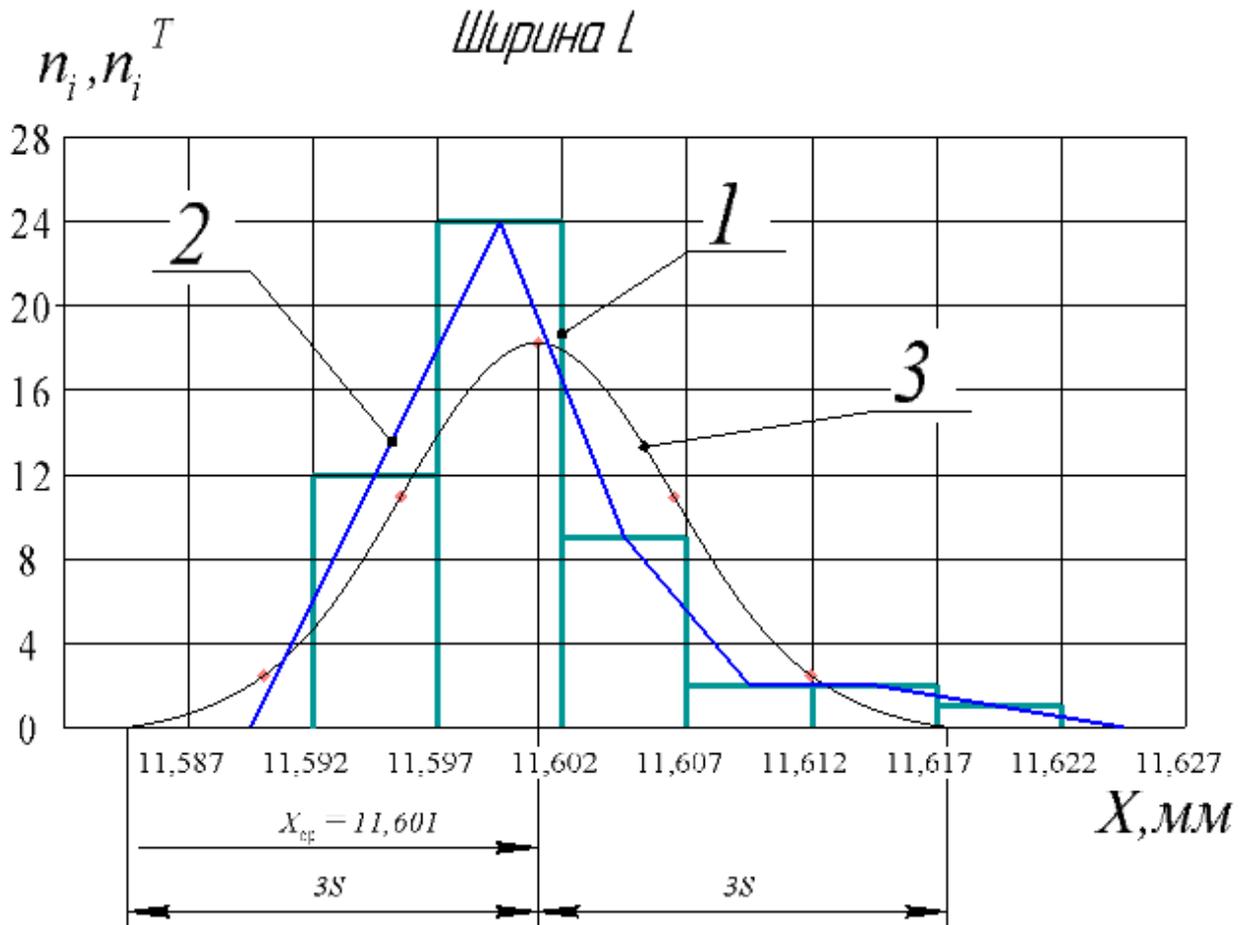


Fig.7. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00548 = 0,00685$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0411$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0411$$

$$T = 0,46$$

$$\omega_c < T$$

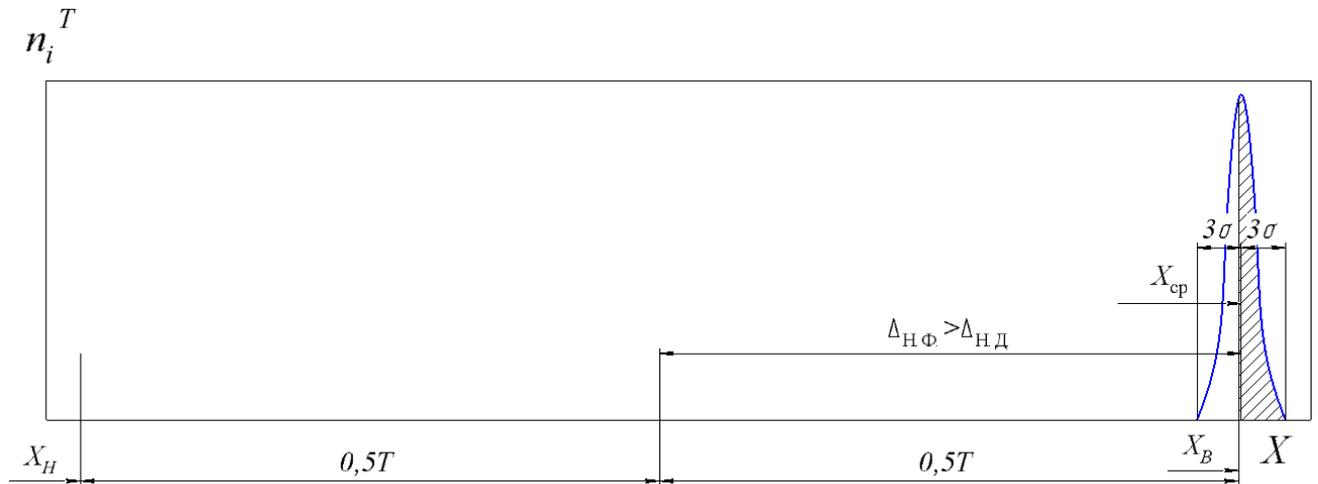


Fig.8. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

Diameter D

$$x_{max} = 9,986 \quad x_{min} = 9,965$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,986 - 9,965 = 0,021$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,021}{6} = 0,004 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,976$$

$$\sigma = S = 0,00459 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,976|}{0,00459}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,004}{0,00459} \cdot Z_t$$

Table 10

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequency y, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
9,965	9,969	9,967	4	1,96	0,0584	2,55	3
9,969	9,973	9,971	8	1,09	0,2203	9,61	10

9,973	9,977	9,975	17	0,22	0,3894	16,98	17
9,977	9,981	9,979	13	0,65	0,3230	14,1	14
9,981	9,985	9,983	7	1,53	0,1238	5,40	5
9,985	9,989	9,987	1	2,40	0,0224	0,98	1

Table 11

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=9,976$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 17,43$
Inflection point	$x \pm S = (9,971; 9,981)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 10,46$
Inflection point	$x \pm 2S = (9,967; 9,985)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,35$
-	$x \pm 3S = (9,962; 9,990)$	$n_i^T = 0$

Table 12

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
9,965	9,969	12 $\begin{cases} 4 \\ 8 \end{cases}$	13 $\begin{cases} 3 \\ 10 \end{cases}$	1	1	0,08
9,969	9,973					
9,973	9,977	17	17	0	0	0
9,977	9,981	13	14	1	1	0,07
9,981	9,985	8 $\begin{cases} 7 \\ 1 \end{cases}$	6 $\begin{cases} 5 \\ 1 \end{cases}$	2	4	0,67
9,985	9,989					
						$\chi^2 = 0,82$

In the above example (Table 6) $\chi^2 = 0.82$, $k = 4 - 3 = 1$. According to the table in appendix 3, we find that $0.5 > p(\chi^2) > 0.3$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

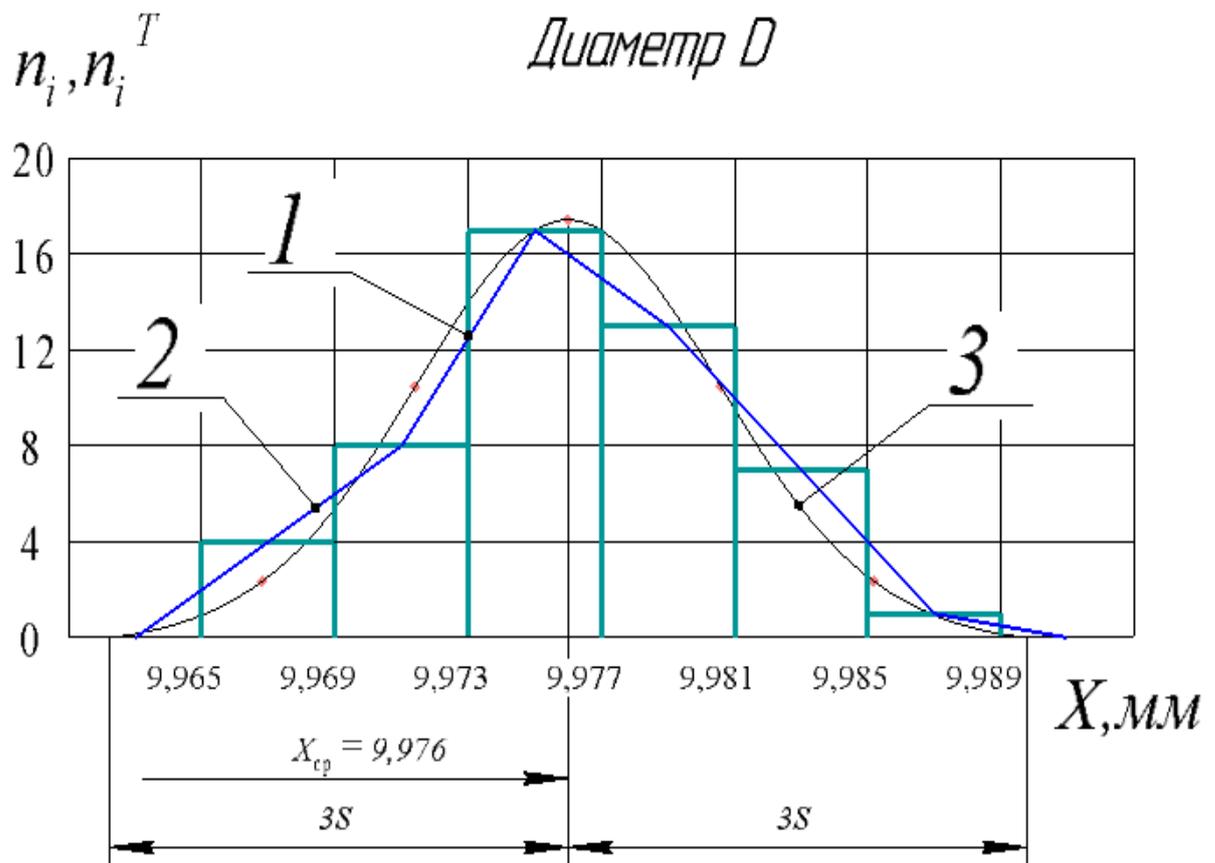


Fig.9. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00459 = 0,00573$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00573 = 0,0344$$

$$T = 10,15 - 10 = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

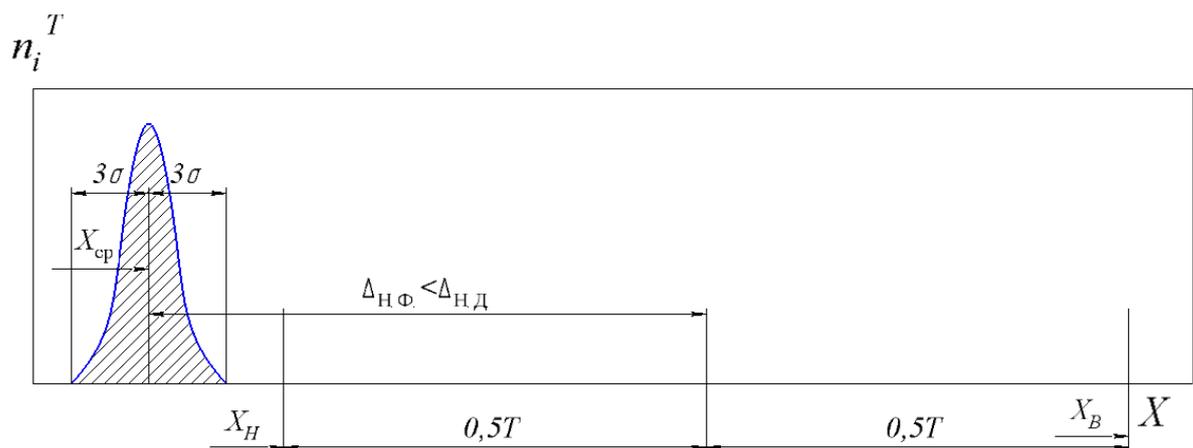


Fig.10. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

$$x_{max} < x_H = 10$$

All details are rejected.

Copper

	L	D_x	D_y
1	11.605	9.970	9.971
2	11.601	9.984	9.973
3	11.612	9.987	9.982
4	11.602	9.983	9.974
5	11.600	9.989	9.989
6	11.597	9.992	9.986
7	11.596	9.983	9.982
8	11.595	9.988	9.983
9	11.603	9.995	9.980
10	11.596	9.984	9.985
11	11.598	9.984	9.986
12	11.604	9.988	9.983
13	11.593	9.987	9.984
14	11.608	9.980	9.973
15	11.598	9.995	9.974
16	11.597	9.986	9.981
17	11.595	9.985	9.968
18	11.604	9.985	9.972
19	11.599	9.990	9.981
20	11.603	9.977	9.971
21	11.600	9.985	9.978
22	11.599	9.992	9.984
23	11.597	9.987	9.983
24	11.601	9.983	9.960
25	11.597	9.980	9.980
26	11.601	9.984	9.968
27	11.591	9.987	9.974
28	11.606	9.986	9.969
29	11.605	9.982	9.975
30	11.600	9.991	9.977
31	11.606	9.975	9.969
32	11.601	9.986	9.979
33	11.596	9.985	9.976
34	11.598	9.984	9.971
35	11.606	9.981	9.978
36	11.604	9.983	9.972
37	11.595	9.987	9.980
38	11.607	9.986	9.976
39	11.603	9.984	9.983
40	11.598	9.986	9.976
41	11.604	9.983	9.984
42	11.604	9.987	9.975
43	11.603	9.984	9.977
44	11.609	9.983	9.975
45	11.598	9.982	9.966
46	11.594	9.988	9.985
47	11.602	9.994	9.982
48	11.602	9.988	9.970
49	11.605	9.985	9.990
50	11.603	9.982	9.977

Fig.11

Width L

$$x_{max} = 11,612 \quad x_{min} = 11,591$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 11,612 - 11,591 = 0,021$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,021}{6} = 0,004 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 11,601$$

$$\sigma = S = 0,00412 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 11,601|}{0,00442}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,004}{0,00442} \cdot Z_t$$

Table 13

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequency, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
11,591	11,595	11,593	6	1,81	0,0775	4,51	5
11,595	11,599	11,597	14	0,91	0,2637	10,71	11
11,599	11,603	11,601	15	0	0,3989	18,05	18
11,603	11,607	11,605	12	0,91	0,2637	10,71	11
11,607	11,611	11,609	2	1,81	0,0775	4,51	5
11,611	11,615	11,613	1	2,73	0,0095	0,043	0

Table 14

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=11,601$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 19,42$
Inflection point	$x \pm S = (11,597; 11,605)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 11,65$
Inflection point	$x \pm 2S = (11,593; 11,609)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 2,62$
-	$x \pm 3S = (11,589; 11,613)$	$n_i^T = 0$

Table 15

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
11,591	11,595	6	5	1	1	0,2
11,595	11,599	14	11	3	9	0,82
11,599	11,603	15	18	3	9	0,5
11,603	11,607	15 $\begin{cases} 12 \\ 2 \\ 1 \end{cases}$	15 $\begin{cases} 11 \\ 5 \\ 0 \end{cases}$	0	0	0
11,607	11,611					
11,611	11,615					
						$\chi^2 = 1,52$

In the above example (Table 15) $\chi^2 = 1.52$, $k = 4 - 3 = 1$. According to the table in appendix 3, we find that $0.3 > p(\chi^2) > 0.2$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

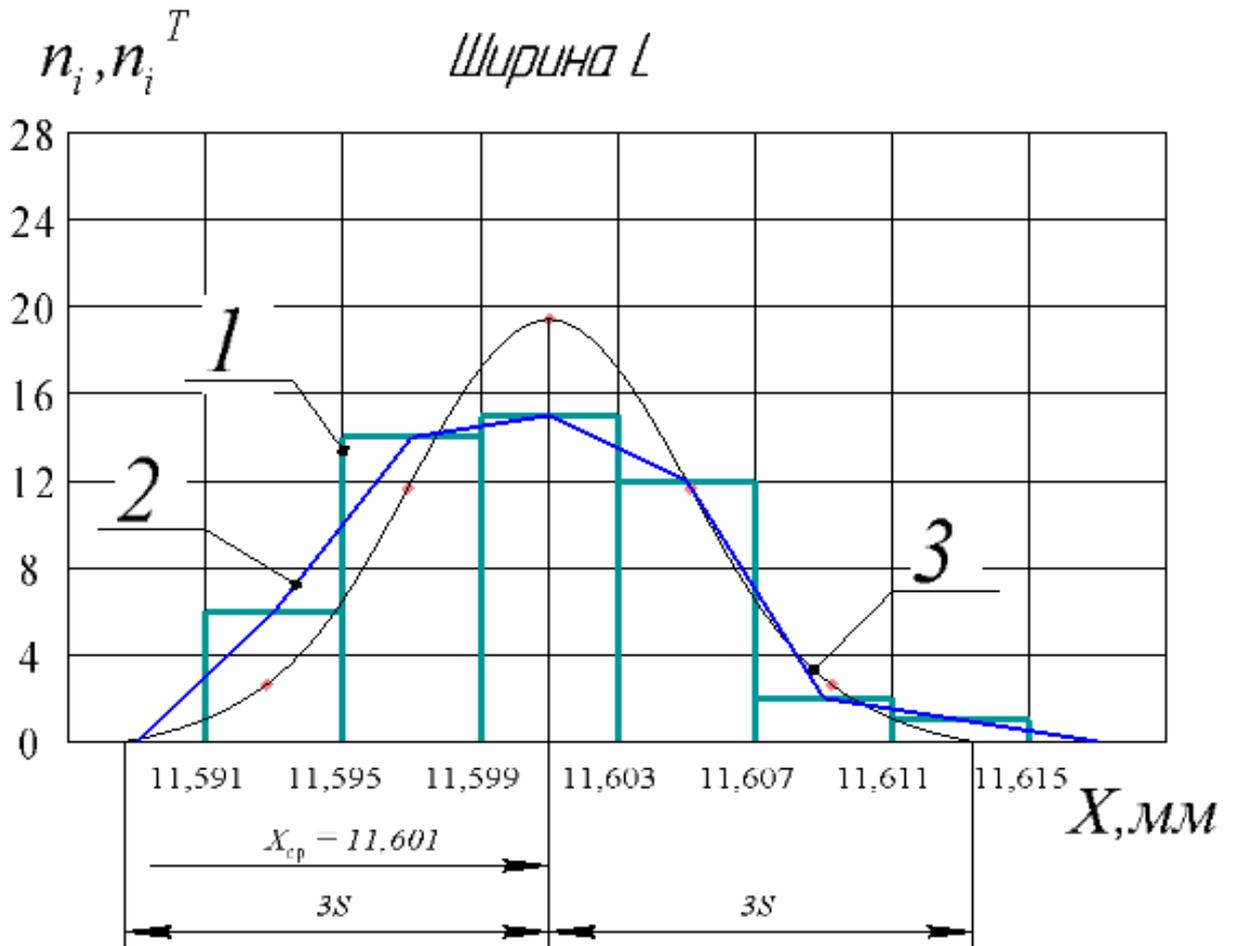


Fig.12. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00412 = 0,00515$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00685 = 0,0309$$

$$T = 0,46$$

$$\omega_c < T$$

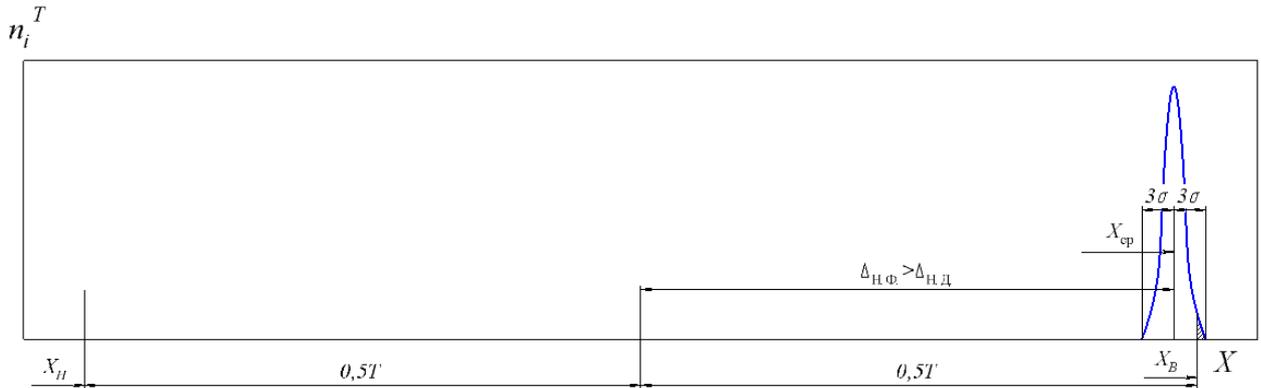


Fig.13. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

Diameter D

$$x_{max} = 9,989 \quad x_{min} = 9,971$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 9,989 - 9,971 = 0,018$$

$$a = \frac{R}{f} = \frac{0,018}{6} = 0,003 \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n} = 9,981$$

$$\sigma = S = 0,00457 \quad t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S} = \frac{|x_i - 9,981|}{0,00457}$$

$$n_i^T = \frac{n \cdot a}{S} \cdot Z_t = \frac{50 \cdot 0,003}{0,00457} \cdot Z_t$$

Table 16

Dimension Intervals		Middle of the interval, x_i	Empirical Frequenc y, n_i	t	Z_t	Theoretical frequency, n_i^T	Theoretical frequency, n_i^T (Rounded.)
From	to						
9,971	9,974	9,973	5	1,75	0,0863	3,83	4
9,974	9,977	9,976	3	1,09	0,2203	7,23	7
9,977	9,980	9,979	12	0,44	0,3621	11,89	12
9,980	9,983	9,982	9	0,22	0,3894	12,78	13

9,983	9,986	9,985	14	0,88	0,2709	9,90	10
9,986	9,989	9,988	7	1,53	0,1238	4,06	4

Table 17

Characteristic points	Abscissa	Ordinate
The top of the curve	$x=9,981$	$n_i^T = 0,4 \frac{n \cdot a}{S} = 13,13$
Inflection point	$x \pm S = (9,976; 9,986)$	$n_i^T = 0,24 \frac{n \cdot a}{S} = 7,88$
Inflection point	$x \pm 2S = (9,972; 9,990)$	$n_i^T = 0,054 \frac{n \cdot a}{S} = 1,77$
-	$x \pm 3S = (9,967; 9,995)$	$n_i^T = 0$

Table 18

Dimension Intervals		n_i	n_i^T	$ n_i - n_i^T $	$(n_i - n_i^T)^2$	$\frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}$
From	to					
9,971	9,974	8 $\begin{cases} 5 \\ 3 \end{cases}$	11 $\begin{cases} 4 \\ 7 \end{cases}$	3	9	0,18
9,974	9,977					
9,977	9,980	12	12	0	0	0
9,980	9,983	9	13	4	16	1,23
9,983	9,986	21 $\begin{cases} 14 \\ 7 \end{cases}$	14 $\begin{cases} 10 \\ 4 \end{cases}$	7	49	3,5
9,986	9,989					
						$\chi^2 = 4,91$

In the above example (Table 18) $\chi^2 = 4,91$, $k = 4 - 3 = 1$. According to the table in appendix 3, we find that $0,05 > p(\chi^2) > 0,02$. Consequently, we can assume that the size distribution corresponds to the normal law.

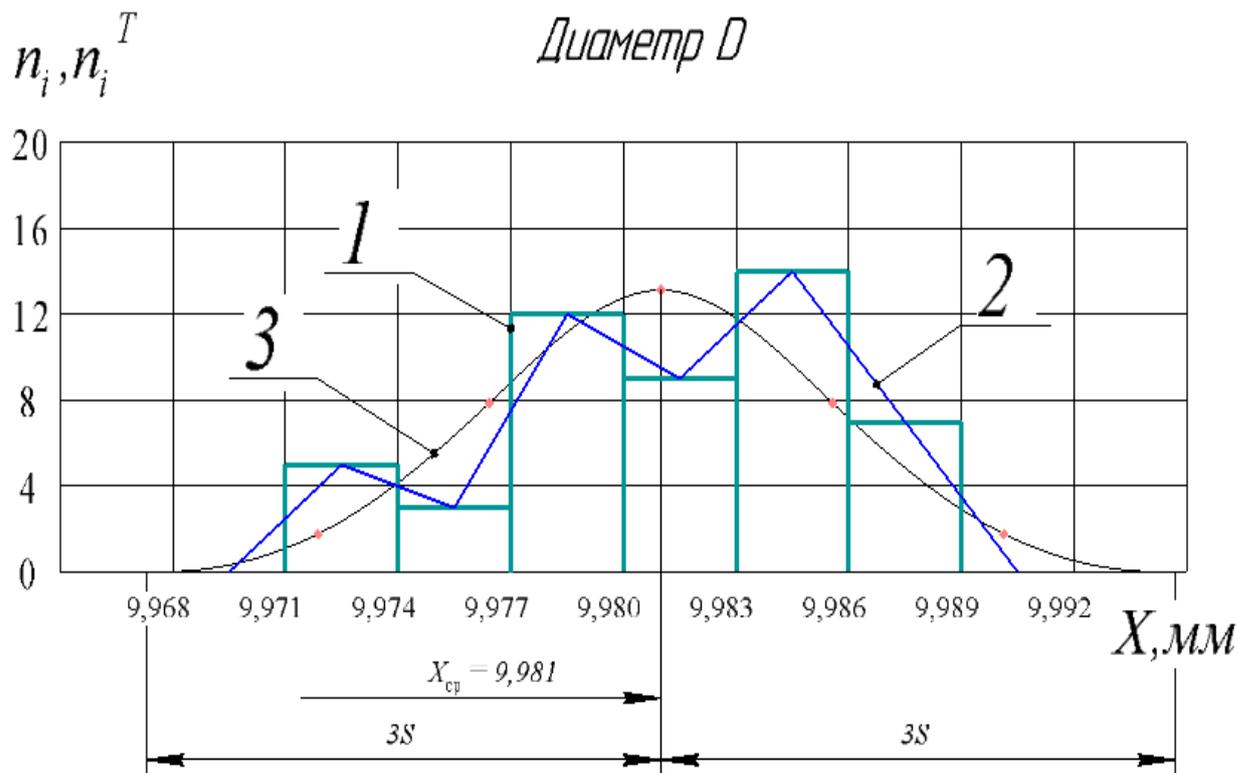


Fig.14. The histogram (1), the empirical curve (2), and the curve of the normal size distribution

$$\sigma = Z_2 \cdot S = 1,25 \cdot 0,00457 = 0,00571$$

$$\omega_c = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 0,00571 = 0,0034$$

$$T = 0,15$$

$$\omega_c < T$$

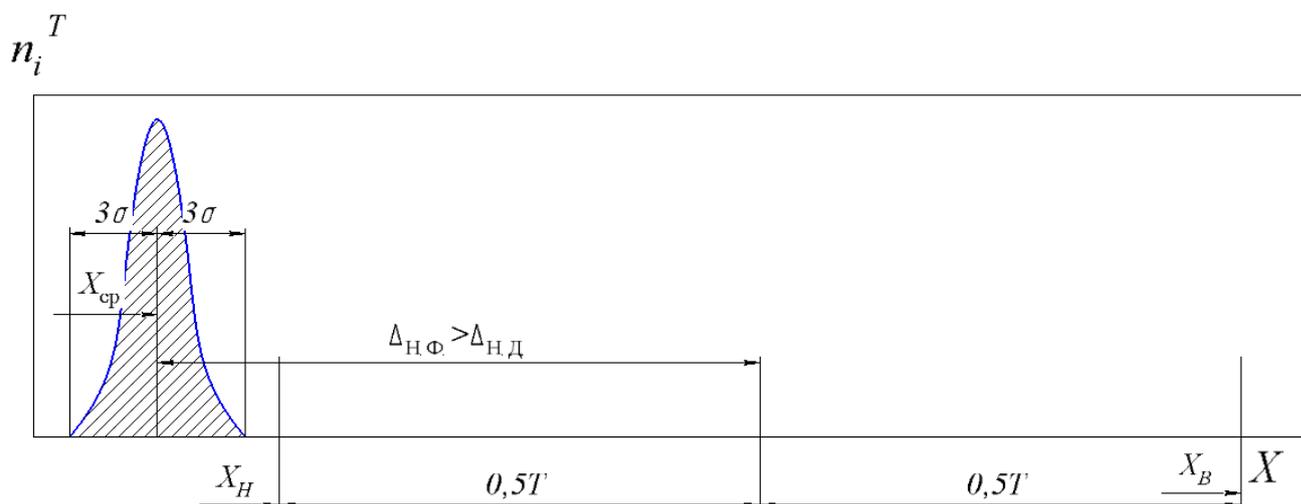


Fig.15. The probability of rejecting parts by curves of the normal distribution of dimensions

$$x_{max} < x_H = 10$$

All details are rejected.

	The thickness t , mm	Average width \bar{X}_L , mm	Sample swing width R_L , mm	Mean square deviation in width σ_L , mm	Mean diameter value \bar{X}_D , mm	Diameter of sample by diameter R_D , mm	Mean square deviation in diameter σ_D , mm
Paper	0,1	11,581	0,064	0,01740	9,936	0,029	0,00806
Copper	0,2	11,601	0,021	0,00412	9,981	0,018	0,00457
Brass	0,3	11,601	0,030	0,00584	9,976	0,021	0,00459

Conclusion: the accuracy of the machined parts is high but the stamp is not properly designed. Copper parts have the highest precision.

Заклучение

В результате проделанной работы можно сделать следующее заключение: несмотря на появление новых технологий раскроя листового материала (лазерная резка, в том числе прецизионная, гидроабразивная и плазменная), листовая штамповка не теряет своей актуальности и в нашем случае является единственно возможным решением задачи изготовления детали.

В результате расчета исполнительных размеров рабочих деталей штампа, нами были решены задачи обеспечения требуемой точности штампуемой детали и функциональной пригодности штампа в целом. При этом мы применяли наиболее экономически выгодные и в некоторых случаях, единственно технологически достижимые методы обеспечения требуемой точности замыкающего звена, такие как: метод полной и неполной взаимозаменяемости, метод пригонки, а также метод аналогичный методам пригонки и регулирования.

Рассмотрев принцип работы самого штампа, кроме прочего, было обращено внимание на роль буфера и необходимость его предварительного сжатия для обеспечения рассчитанного усилия прижима полосы, необходимого для получения удовлетворительного качества поверхности среза штампуемой детали.

Список литературы

1. Дураноин М. М., Рымзин И. П., Шихов И. А. Штампы для холодной штамповки легких деталей. Альбом конструкций и схем. М.: 64 Машиностроение, 1978. 90 с.
2. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.: Учеб. пособие для вузов машиностроительных специальностей. - Минск: Высшая школа, 1975.-283 с.
3. Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева. М.: Машиностроение, 1987. 544 с.
4. Мещерин В. Т. Листовая штамповка, Атлас схем. М., 1975, 100 с.
5. Рабинович И. П., Рудман Л. И. Наладка прессов и штампов. М.: Машиностроение, 1967. 175 с. .
6. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. М.— Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.
7. РТМ 34—65. Штампы для холодной листовой штамповки. Расчеты и конструирование. М., 1966.
8. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкция и расчеты. М.: Машиностроение, 1972. 360 с.
9. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкция и расчеты. Подготовительные работы. М.: Машиностроение, 1974. 300 с.
10. Технологический анализ рабочего чертежа холодноштампованных деталей: Метод. указания / Сост. К. П. Крашенинников, И. Л. Шитарев/Куйбышев, авиац. ин-т. Куйбышев, 1983.
11. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное производство и единичное производство. Изд. 2-е, М., «Машиностроение», 1974, – 220 с.
13. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Спецкурс технологии машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров 150700 «Машиностроение» - Томск: Изд. ТПУ, 2013. -20с.
14. Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие //ИГ Видяев, ГН Серикова, НА Гаврикова, НВ Шаповалова, ЛР Тухватулина ЗВ Креницына. – 2014.