

## Содержание

	стр
АННОТАЦИЯ	5
ANNOTATION	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1 Описание конструкции детали и анализ технологичности детали	8
1.2 Выбор получения заготовки	9
1.3 Проектирование отливки	9
1.4 Расчет литниково-питающей системы	10
1.5 Проектирование пресс-формы	14
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	15
2.1. Разработка процесса литья	15
2.1.1 Характеристика материала	15
2.1.2 Расчет шихты	16
2.1.3 Технология получения оболочки и процесс литья	22
2.1.4. Моделирование процесса заливки и затвердевание металла в оболочковую форму	23
2.2. Разработка технологического процесса механической обработки	24
2.2.1 Определение этапов и методов обработки основных поверхностей	24
2.2.2 Разработка маршрутной технологии	26

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Борисов С.В.</i>			Проектирование технологии изготовления детали "Фланец" из стали 40ХЛ с разработкой процессов литья и обработки на станках с ЧПУ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил.</i>		<i>Шайхутдинова Е.Ф.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Конт.</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Янбаев Р.М.</i>				<i>КНИТУ-КАИ зр. 1409</i>		

2.2.3. Метод построения эскиза совмещенных переходов, и построение размерных цепей	27
2.2.4. Расчет линейных и диаметральных размерных цепей	29
2.2.5. Расчет допуска расположения осей отверстий	53
2.2.6. Выбор технологического оборудования	54
2.2.7 Выбор средств технологического оснащения операций	55
2.2.8 Расчет режимов резания	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
CONCLUSION	63
Список использованных источников и литературы	64
Приложение А	66

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Борисов С.В.</i>			Проектирование технологии изготовления детали "Фланец" из стали 40ХЛ с разработкой процессов литья и обработки на станках с ЧПУ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил.</i>		<i>Шайхутдинова Е.Ф.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Янбаев Р.М.</i>						
						<i>КНИТУ-КАИ зр. 1409</i>		

## АННОТАЦИЯ

Сведения об объеме работы: 66 страниц, чертежи-7 ;

- чертеж детали-А3
- чертеж отливки-А2
- чертеж пресс-формы-А1
- чертеж оболчки-А2
- план обработки- А2
- ЭСП линейные-А3
- ЭСП диаметральные-А3

иллюстраций - 16, приложений - 1, использованных источников – 20.

Ключевые слова: технологический процесс, литье, обработка, отливка.

Объект исследования – проектирование технологии изготовления детали «Фланец» и разработка процесса литья

Цель работы – проектирование технологического процесса изготовления Фланца, разработка плана механической обработки. Разработка технологии литья, проектирование литейной оснастки, пресс-формы и оболочковой формы.

Метод исследования – метод проектирования отливки, методика расчета литниково-питающей системы и ее проектирования, методика проектирования литейной оснастки.

Полученные результаты – технологический процесс изготовления отливки и детали «Фланец» из стали 40ХЛ, в том числе, спроектирована литниково-питающая система, чертеж отливки, чертеж пресс-формы, чертеж оболчки.

## ANNOTATION

The reduction of a workload: 66 pages, drawings – 7;

- part drawing-A3
- casting drawing-A2
- mold drawing-A1
- drawing of the sheath-A2
- the treatment plan - A2
- Linear ESP-A3
- ESP Diametric-A3

illustrations – 16, applications – 1, sources used - 20.

Keywords: technological process, casting, processing, casting.

The object of study - design of the manufacturing technology of the "Flange" part and the development of the casting process.

Purpose - design of the technological process of manufacturing the Flange, development of the plan of mechanical processing. Development of casting technology, design of foundry equipment, mold and shell mold.

Method of research - method of casting design, method of calculating the Gating-feeding system and its design, method of designing foundry equipment.

The results - theory of dimensional chains, the method of calculating cutting and normalization modes, and the method of designing foundry equipment.

Scope and implementation - manufacturing process, the designed Gating and feeding system, the casting drawing, the mold drawing, and the shell drawing.

					<i>KTOMП.2020.1611091.000</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является одной из первостепенной отраслью технической промышленности.

Одна из основных задач современного машиностроения это обеспечение высокой производительности труда, качество продукции, минимизирование затрат на производство продукции и уменьшение ее себестоимости.

Снижение себестоимости достигается путем развития новых технологических методов производства, усовершенствование конструкции машин.

При обработки заготовок на станках с ЧПУ значительно повышается степень автоматизации и уменьшается время на перенастройку станка между операциями.

Целью разработки технологического процесса изготовления детали «Фланец» является понижение себестоимости, сокращение расходов на изготовление, повышение точности изготовления заготовки.

В основу данной работы легли основные задачи, такие как, анализ детали и материала, выбор метода литья, расчет ЛПС, проектирование литейной оснастки, разработка плана механической обработки, построение и решение размерных цепей по составленным эскизам совмещенных переходов, выбор оборудования и СТО, разработка и оформление КТД (комплект технологической документации).

При выполнении ВКР была использована современная программа проектирования изделий и 3D моделей КОМПАС-3D V16.

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

# 1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Описание конструкции детали и анализ технологичности

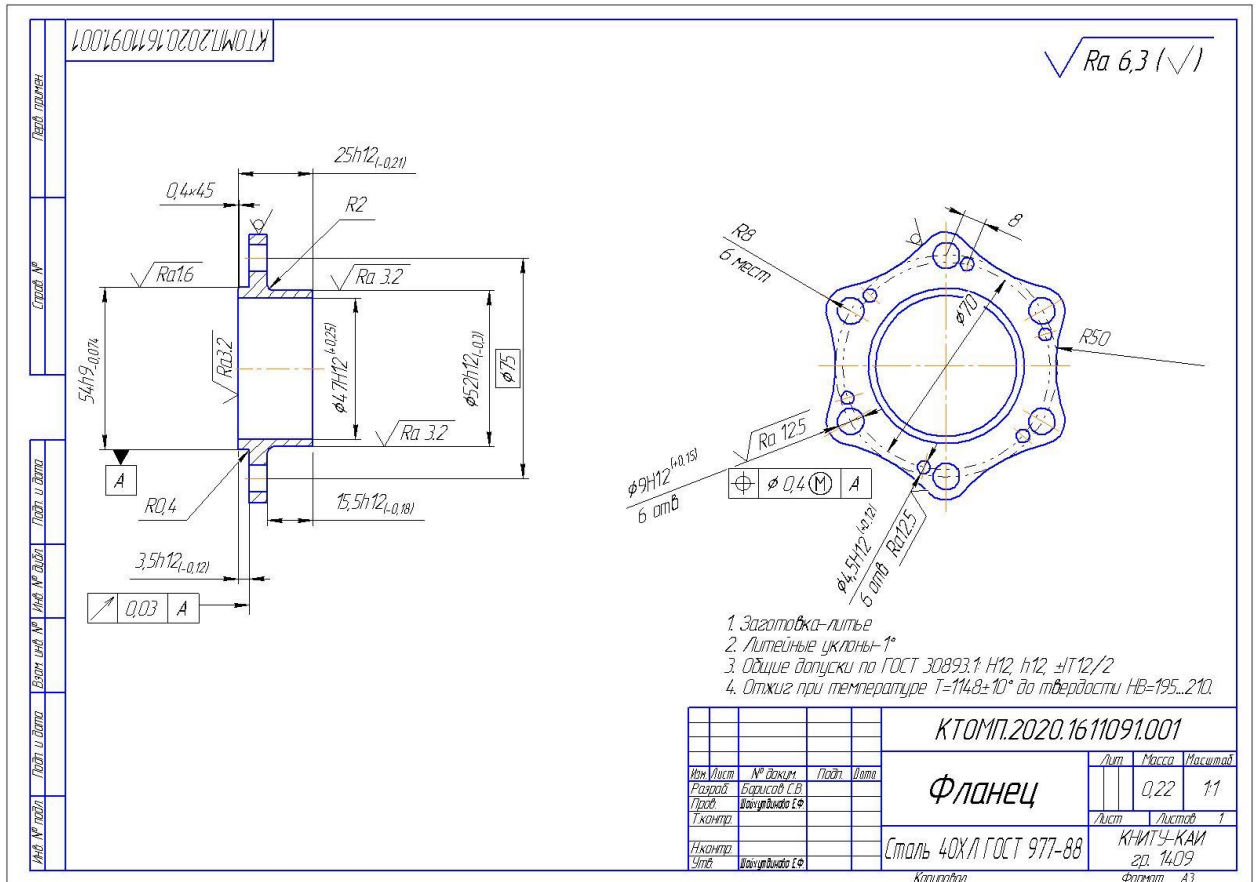


Рис.1. Рабочий чертеж детали «Фланец»

Деталь «Фланец» представляет собой деталь вращения с отверстиями для болтовых и шпилечных соединений. Фланец обеспечивает прочное соединение трубопровода, валов и других вращающихся деталей.

Согласно рабочему чертежу (Рис. 1), деталь имеет следующие габаритные размеры: 80×25 мм, толщина стенок 4-6 мм. В середине фланца имеется сквозное отверстие, диаметром 47. Её масса составляет 0,22 кг.

На детали имеются 6 стандартных отверстий диаметром Ø4,5 мм и 6 отверстий, диаметром Ø9 мм. Так же конструктор обозначил торцевое биение (рис 2) и позиционный допуск (рис 3).



непосредственно механической обработкой. Далее необходимо назначить припуски на обрабатываемые поверхности.

Поскольку точные размеры будут известны только после расчета размерных цепей, необходимо определить предварительные размеры, назначив припуски по ГОСТ 53464-2009.

Класс размерной точности – 5

Ряд припусков – 3

Допуск неровности отливки – 0,4

Допуск массы отливки – 6,4

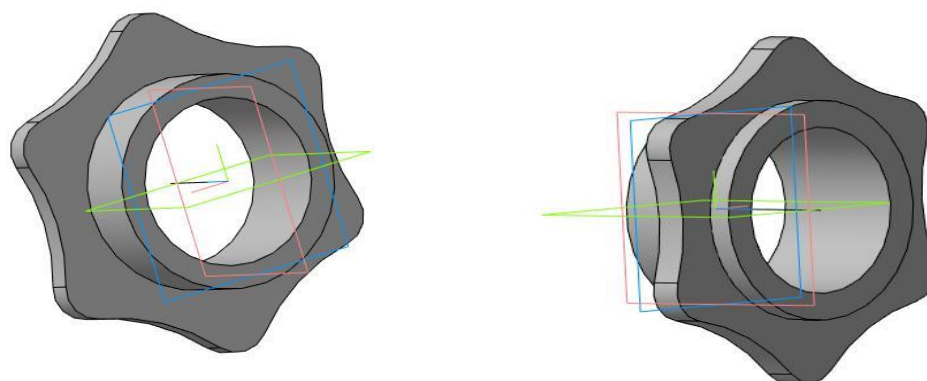


Рис.4. - Модель отливки «Фланец»

#### 1.4 Расчет литниково-питающей системы

Отливка изготавливается из конструкционной стали 40ХЛ.

В данном случае ЛПС компактная с несколькими тепловыми узлами и состоит из:

- чаши;
- стояка;
- питателей.

Расчёт сводится к расчёту площади сечения питателя.

Расчёт:

Масса одной отливки – 0,3 кг.

Количество отливок в блоке - 8

Сечение питателя находим по формуле:

$$\sum F_{nut} = \frac{G}{\tau \cdot \mu \cdot 0,31 \sqrt{H_p}}, \text{ см}^2$$

где  $\sum F_{\Pi}$  - суммарная площадь поперечного сечения питателей, м<sup>2</sup>; G – масса жидкого металла на отливку, кг;

$\tau$  - продолжительность заполнения полости формы, с;

$\mu$  - коэффициент сопротивления ЛПС и формы

$H_p$  – металлостатический напор, см.

Масса жидкого металла на отливку:

$$G = \frac{G_o \cdot n}{\eta}, \text{ кг}$$

где  $G_o$  – черновой вес отливки,  $G_o=0,3$ ;

$n$  – количество отливок в форме,  $n=8$ ;

$\eta$  – коэффициент использования материала,  $\eta = 0,8$

$$G = \frac{0,3 \cdot 8}{0,8} = 3$$

Оптимальная продолжительность рассчитывается по формуле::

$$\tau = S \sqrt[3]{G \delta}, \text{ с}$$

где S – коэффициент, зависящий от температуры расплава;

$S = 0,62$ , исходя из средней толщины стенки отливки.

$\delta$  – среднестатистическая толщина стенки.

G – масса жидкого металла на отливку, кг.

					КТМП.2020.1611091.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		11

Следовательно,

$$\tau = 0,62 \sqrt[3]{3 * 6,2} = 1,64, c$$

Коэффициент сопротивления  $\mu$  принимается равным для литниковых систем тонкостенного литья 0,3-0,4.

Расчетный металлостатический напор определяется по формуле:

$$H_p = H_o - \frac{P^2}{2C},$$

где  $H_o$  – полный напор,  $H_o=30$  см;

$C$  – общая высота отливки,  $C=2,8$  см;

$P$  – высота части отливки находящейся выше горизонтальной оси питателей (практически выше плоскости разъема формы),  $P=1,8$  см.

$$H_p = 30 - \frac{1,8^2}{2 \cdot 2,8} = 29,42 \text{ см}$$

$$\Sigma F_{\text{пит}} = \frac{3}{1,64 \cdot 0,4 \cdot 0,31 \sqrt{29,42}} = 2,72 \text{ см}^2$$

Размеры питателя. Суммарное сечение питателей  $\Sigma F_{\text{пит}} = 1,65 \text{ см}^2$ , кол-во питателей 16 шт., сечение одного питателя  $F_{\text{пит}} = 0,17 \text{ см}^2$ .

Размер сечения стояка:

$$F_{\text{ст}} = 0,51 \text{ см}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{F_{\text{пит}}}{0,68}} = \sqrt{\frac{0,17}{0,68}} \approx 0,5 \text{ см.}$$

$$a = \frac{h}{1,25} \approx 0,4 \text{ см.}$$

$$b = 1 \text{ см.}$$

Сечение стояка А-А и питателя Б-Б представлены на (рис 5).

Чашу литейной формы лучше всего сконструировать так, чтобы при попадании в нее расплав приобрел вращательное движение.

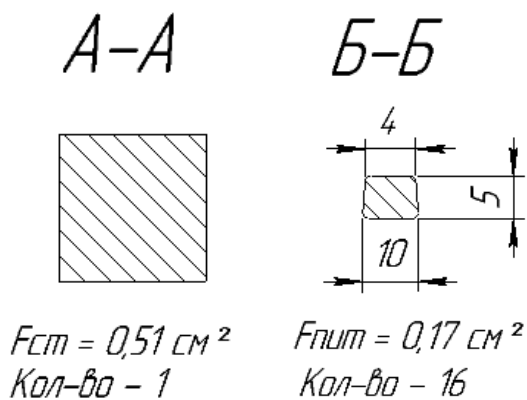


Рисунок 5. Сечение стояка и питателя.

Чертеж отливки выполняется с элементами литниково-питающей системе строго в соответствии с ГОСТ 3.1125-88.

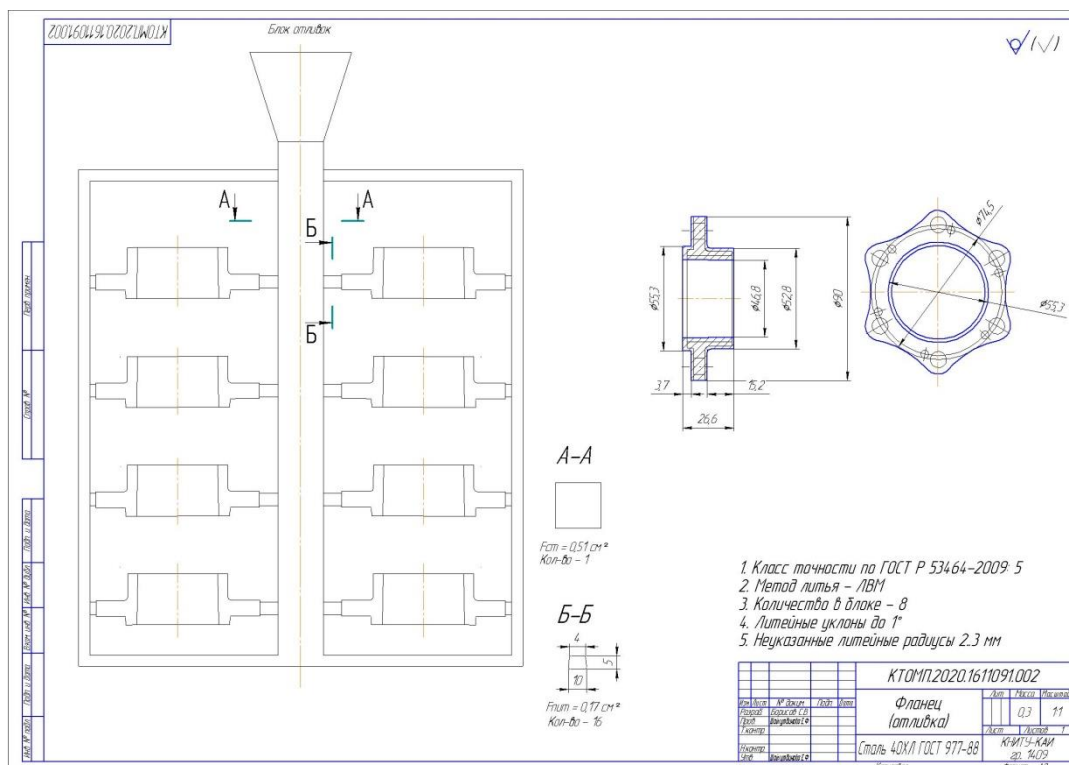


Рис.6. Чертеж отливки с элементами ЛПС

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

13

## 1.5 Проектирование пресс-формы

Пресс-форма для изготовления моделей проектируется на базе чертежа отливки. Она образуется из двух полуформ. В данной пресс-форме модели изготавливаются с частями литниковой системы для упрощения сборочной операции. (рис.7)

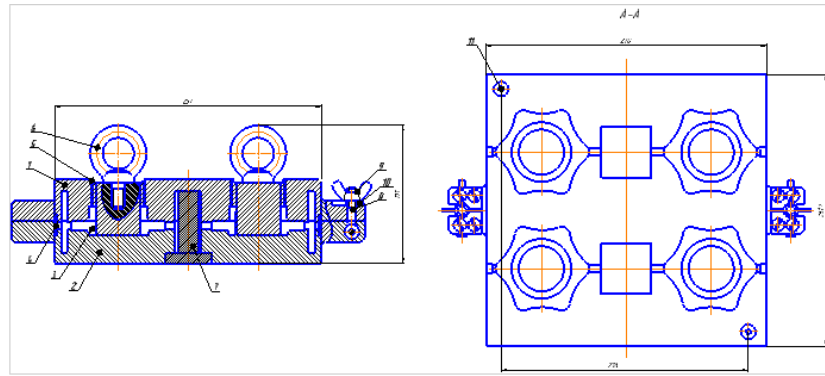


Рис.7. Пресс-форма

Отверстие в модели без необходимой подгонки обеспечивается стержнем. Рым-болт устанавливается для установки и извлечения стержня из пресс-формы. Так же стержень устанавливают для формирования отверстия в стояке.

Для вывода воздуха из моделей устанавливают воздухоотводы, чтобы модель полностью заполнилась модельной массой максимально без дефектов. Модели закупают с помощью специального приспособления – пресс-машина.

Крепление пресс-формы выполняется откидным болтом. На болт накручена гайка-барашек. Расположение болта располагается на бобышка слева и справа.

Для центрирования полуформ устанавливают штифты, чтобы верхняя и нижняя полуформа точно соединились между собой.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

14

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Разработка процесса литья

#### 2.1.1 Характеристика материала

Фланец изготавливается из конструкционной стали 40ХЛ ГОСТ 977-88.

Сталь для отливок марки 40ХЛ используется при производстве деталей и конструкций машиностроения, которые требуют повышенную твердость, изготавливаемых по выплавляемым моделям.

#### Химический состав

Si	Mn	S	C	P	Cr
0,2–0,4	0,4–0,9	0,04	0,35–0,45	0,04	0,8–1,1

#### Литейно-технологические свойства

Линейная усадка при литье	Температура начала затвердевания материала	Жидкотекучесть	Склонность к образованию усадочной раковины	Склонность к образованию усадочной пористости
%	<sup>0</sup> С	К <sub>ж.т.</sub>	К <sub>у.р.</sub>	К <sub>у.п.</sub>
2,2–2,3	1497–1508	0,6	1,1	1,0

#### Механические свойства

Сортамент	ГОСТ	Размеры	Режим термообработки	t	KCU	y	d <sub>5</sub>	σ <sub>T</sub>
		– толщина, диаметр		<sup>0</sup> С	кДж/м <sup>2</sup>	%	%	МПа
Отливки КТ50	977–88	до 100	Нормализация	850–860	392	25	12	491
			Отпуск	600–650				

КТМП.2020.1611091.000

Лист

15

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

## 2.1.2 Расчет шихты

Для расчетов принимаем:

C – 0.4

Si – 0.35

Mn – 0.7

S – до 0.04

P – до 0.04

Cr – 0.9

Ёмкость печи 100 кг

Во время окислительного процесса должно выгореть 0,25% углерода, кремний в кислой печи не угорает, угар магния 20% из шихты, а из ферросплавов 10%.

Определяем количество возврата в шихте и количества углерода вносимого возвратом.

$$X_{\text{возвр}} = \frac{Z * \% \text{возвр.}}{100} = \frac{100 * 35}{100} = 35 \text{ кг}$$

Z – масса металлозавалки

$$C_{\text{возвр}} = \frac{X_{\text{возвр}} * [C]_{\text{возвр}}}{100} = \frac{35 * 0,4}{100} = 0,14 \text{ кг}$$

Определяем количество стружки стальной в шихте и количества углерода вносимого стальной стружкой.

$$X_{\text{с.с.}} = \frac{100 * 12}{100} = 12 \text{ кг}$$

Считаем, что стружка стальная принадлежит стали 40Л:

C 0,37-0,45%

Mn 0.45-0.9%

Si 0.2-0.52%

S ≤ 0.045%

КТМП.2020.1611091.000

Лист

16

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

P ≤0.04%

Для расчётов принимаем, что стружка стальная содержит:

C 0.4%

Mn 0.7%

Si 0.35%

S 0.045%

P 0.04%

$$C_{с.с.} = \frac{X_{с.с.} * [C]_{с.с.}}{100} = \frac{12 * 0,4}{100} = 0,048 \text{ кг}$$

Определяем количество пакетов стали в шихте и количества углерода вносимого пакетами стали.

$$X_{п.с.} = \frac{Z * \%п.с.}{100} = \frac{100 * 0,05}{100} = 0,05 \text{ кг}$$

Считаем, что стружка стальная принадлежит стали СтЗкп:

C 0,14-0,22%

Mn 0,3-0,6%

Si ≤0,03%

S ≤0.04%

P ≤0.04%

Для расчётов принимаем, что стружка стальная содержит:

C 0.18%

Mn 0.45%

Si 0.05%

S 0.04%

P 0.04%

$$C_{п.с.} = \frac{X_{с.с.} * [C]_{с.с.}}{100} = \frac{0,05 * 0,18}{100} = 0,00009 \text{ кг}$$

Определяем количество передельного чугуна и стального лома в шихте.

$$X_{ч+л} = Z - (X_{возвр.} + X_{с.с.} + X_{п.с.}) = 100 - (35 + 12 + 0,05) = 52,95 \text{ кг}$$

Определяем суммарное количества углерода вносимого передельным чугуном и стальным ломом.

$$C_{с+ч} = C_{зав.} - (C_{возвр.} + C_{с.с.} + C_{п.с.}) = \frac{Z * (C_{зав.} + 0,4)}{100} - (C_{возвр.} + C_{с.с.} + C_{п.с.}) =$$

$$= \frac{100 * (0,4 + 0,25)}{100} - (0,14 + 0,048 + 0,0009) = 0,46 \text{ кг}$$

Определяем количество передельного чугуна в шихте и количества углерода вносимого передельным чугуном.

В качестве передельного чугуна выбираем чугун ПVK3-3-Б-3, который содержит:

C 4-4,5%

Mn 1-1,5%

Si ≤ 0,5%

S ≤ 0.025%

P ≤ 0.03%

Для расчётов принимаем, что чугун передельный содержит:

C 4,25%

Mn 1,25%

Si 0,45%

S 0,025%

P 0.03%

$$C_{ч+л} = \frac{X_{ч} * [C]_{ч}}{100} + \frac{(X_{ч+л} - X_{ч}) * [C]_{л}}{100}$$

$$0,46 = \frac{X_{ч} * 4,25}{100} + \frac{(4800 - X_{ч}) * [C]_{л}}{100}$$

Принимаем, что лом стальной соответствует стали 45Л:

C 0,47-0,5%

Mn 0.45-0.9%

Si 0.2-0.52%

S ≤0.045%

P ≤0.04%

Для расчётов принимаем:

C 0.5%

Mn 0.7%

Si 0.35%

S 0.045%

P 0.04%

$$46 = 4,25X_{ч} + 19 - 0,4X_{ч}$$

$$X_{ч} = \frac{27}{3,85} = 7 \text{ кг}$$

$$C_{ч} = \frac{7 * 4,25}{100} = 0,3 \text{ кг}$$

Определяем количество стального лома в шихте и количество углерода вносимого стальным ломом:

$$X_{л} = X_{ч+л} - X_{ч} = 46 - 7 = 39 \text{ кг}$$

$$S_{л} = C_{ч+л} - C_{ч} = 0,46 - 0,3 = 0,16 \text{ кг}$$

Определяем количество элементов вносимых возвратом, пакетами стали, стружкой стальной, передельным чугуном и стальным ломом:

Возвратом вносится:

$$C_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,4}{100} = 0,14 \text{ кг}$$

$$Mn_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,7}{100} = 0,245 \text{ кг}$$

$$Si_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,35}{100} = 0,1225 \text{ кг}$$

$$P_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,04}{100} = 0,014 \text{ кг}$$

$$S_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,04}{100} = 0,014 \text{ кг}$$

$$Cr_{\text{возвр.}} = \frac{35 \cdot 0,9}{100} = 0,315 \text{ кг}$$

Стружкой стальной вносится:

$$C_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,4}{100} = 0,048 \text{ кг}$$

$$Mn_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,7}{100} = 0,084 \text{ кг}$$

$$Si_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,35}{100} = 0,042 \text{ кг}$$

$$P_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,04}{100} = 0,0048 \text{ кг}$$

$$S_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,04}{100} = 0,0048 \text{ кг}$$

$$Cr_{\text{с.с.}} = \frac{12 \cdot 0,9}{100} = 0,108 \text{ кг}$$

Пакетами стали вносятся:

$$C_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,4}{100} = 0,0002 \text{ кг}$$

$$Mn_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,7}{100} = 0,00035 \text{ кг}$$

$$Si_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,35}{100} = 0,000175 \text{ кг}$$

$$P_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,04}{100} = 0,00002 \text{ кг}$$

$$S_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,04}{100} = 0,00002 \text{ кг}$$

$$Cr_{\text{п.с.}} = \frac{0,05 \cdot 0,9}{100} = 0,00045 \text{ кг}$$

КТМП.2020.1611091.000

Лист

20

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Передельным чугуном вносится:

$$C_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 4,25}{100} = 0,2975 \text{ кг}$$

$$Mn_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 1,25}{100} = 0,0875 \text{ кг}$$

$$Si_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 0,45}{100} = 0,0315 \text{ кг}$$

$$P_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 0,03}{100} = 0,0021 \text{ кг}$$

$$S_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 0,025}{100} = 0,00175 \text{ кг}$$

$$Cr_{ч.п.} = \frac{7 \cdot 0,9}{100} = 0,063 \text{ кг}$$

Стальным ломом вносится:

$$C_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,4}{100} = 0,156 \text{ кг}$$

$$Mn_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,7}{100} = 0,273 \text{ кг}$$

$$Si_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,35}{100} = 0,1365 \text{ кг}$$

$$P_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,04}{100} = 0,0156 \text{ кг}$$

$$S_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,04}{100} = 0,0156 \text{ кг}$$

$$Cr_{с.л.} = \frac{39 \cdot 0,9}{100} = 0,351 \text{ кг}$$

Всего шихтой вносится:

$$C = 0,14 + 0,048 + 0,0002 + 0,2975 = 0,4857 \text{ кг}$$

$$Si = 0,1225 + 0,042 + 0,000175 + 0,0315 = 0,196 \text{ кг}$$

$$Mn = 0,245 + 0,084 + 0,00035 + 0,0875 = 0,417 \text{ кг}$$

$$P = 0,014 + 0,0048 + 0,00002 + 0,0021 = 0,0209 \text{ кг}$$

$$S = 0,014 + 0,0048 + 0,00002 + 0,00175 = 0,0206 \text{ кг}$$

$$Cr = 0,315 + 0,108 + 0,00045 + 0,063 = 0,486 \text{ кг}$$

					КТМП.2020.1611091.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		21

Определяем угар элементов из шихты:

С угорает на 0,25%

$$\text{Угар C} = \frac{100 * 0,25}{100} = 0,25 \text{ кг}$$

Перешло в сталь  $75 - 0,25 = 74,75 \text{ кг}$

### 2.1.3 Технология получения оболочки и процесс литья

Модельный состав необходим для получения моделей отливок и ЛПС и изготавливается из легкоплавкого материала.

Модельные составы классифицируются в зависимости от природы и количественного соотношения образующих их компоненты, свойств, методов изготовления моделей, способа удаления последних из форм. Более обширное применение нашел модельный состав ПСЭ 70-25-5, который состоит из 70% парафина, 25% стеарина и 5% этилцеллюлозы.

После выбора и приготовления модельного состава, модели отливок опускаются в жидкую суспензию. Она состоит из огнеупорного наполнителя и связующего.

Связующее – этилсиликат-40 ГОСТ26371-84

Наполнитель – Кварцевый песок

Модельный блок окунают в суспензию и обсыпают песком, так наносят 6 слоёв.

После нанесения каждого слоя модельный блок высушивают либо на воздухе, либо в специальных сушильных шкафах.

После сушки и вытопки блок прокаливают для того, чтобы удалить вещества, которые способствуют газообразованию.

Далее блок разогревают в печи перед заливкой, затем разогретый блок устанавливают в опорный наполнитель, состоящий из песка, для достижения устойчивости блока и далее идет заливка расплавленного металла. После идет охлаждение блока и последующая выбивка керамических форм.

## 2.1.4 Моделирование процесса заливки и затвердевание металла в оболочковую форму.

Для создания процесса симуляции необходимо спроектировать 3D модель оболочковой формы. Далее необходимо выбрать материал 40ХЛ для заливки, затем задается температура расплавленного металла  $T=1300^{\circ}\text{C}$  и выбрать сформировавшийся материал оболочки. Потом запускается процесс заливки и затвердевания (рис.8 – 11).

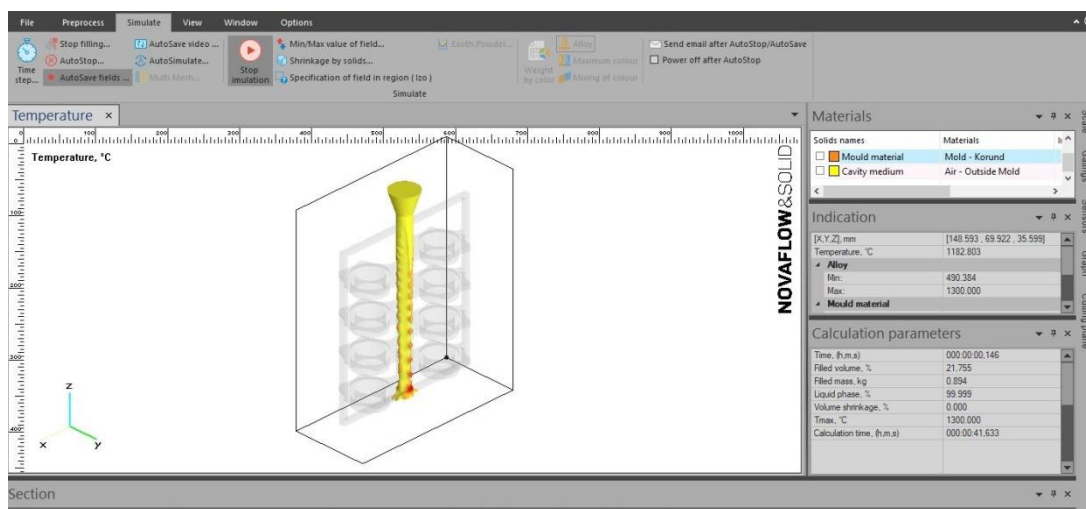


Рис.8. Начало заливки

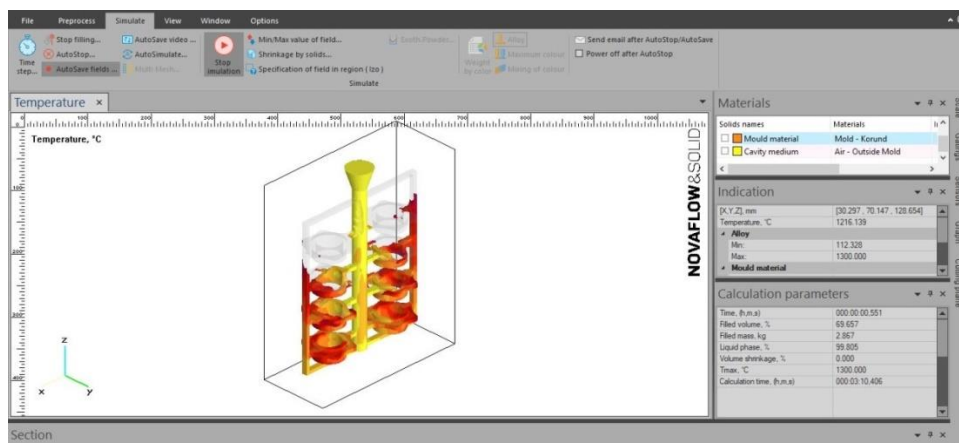


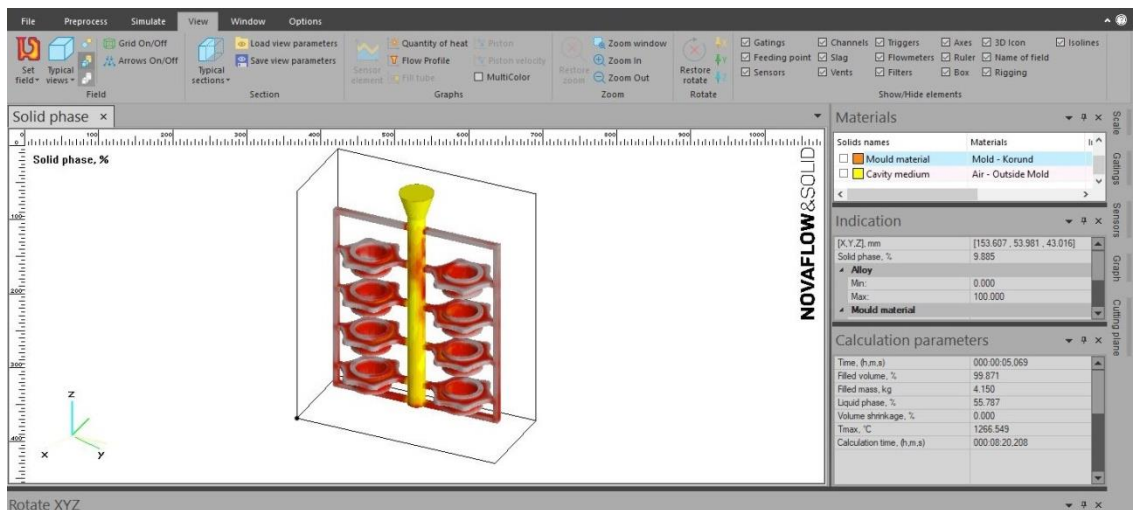
Рис.9. Заполнение расплавленного металла в блоке Желтый и красный цвет соответствует жидкому состоянию стали при температуре плавления.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

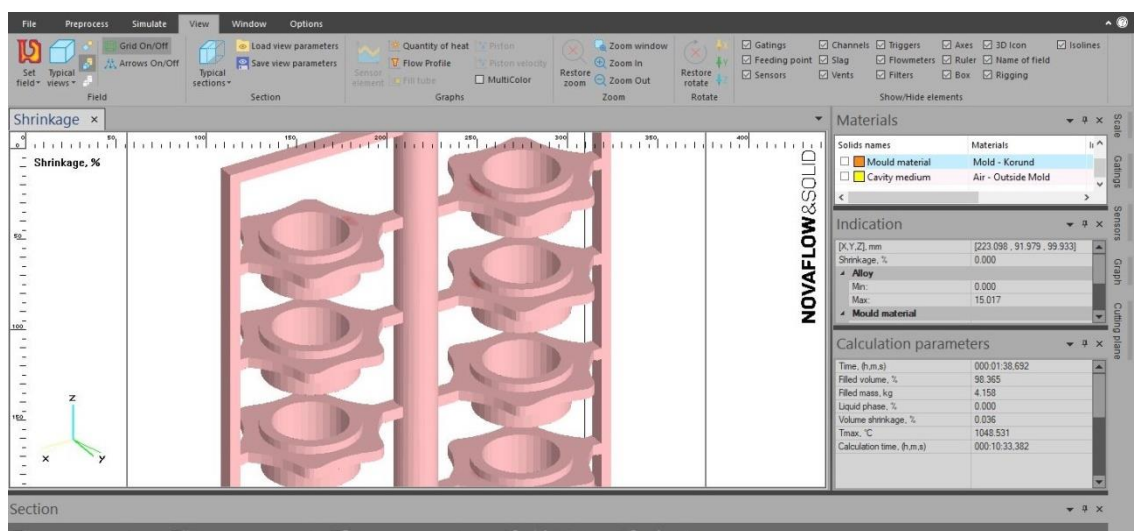
Лист

23



**Рис.10. Затвердевание расплава**

**Серый цвет отображает твердое состояние металла**



**Рис.11. Окончательный вид**

## **2.2 Разработка технологического процесса механической обработки**

### **2.2.1 Определение этапов и методов обработки основных поверхностей и формирование укрупненного плана технологического процесса**

Определение ступеней обработки для каждой поверхности осуществляется на основании размеров рабочего чертежа детали

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2020.1611091.000

Лист

24

Размер	Ступени обработки	Метод
$\varnothing 54h9_{(-0.074)}$	2	Точение черновое Точение чистовое
$\varnothing 52h11_{(-0,3)}$	2	Точение черновое Точение чистовое
$\varnothing 47H11 (+^{0,25})$	2	Растачивание черновое Растачивание чистовое
$\varnothing 9H11 (+^{0,15})$	1	Сверление чистовое
$\varnothing 4,5H11 (+^{0,12})$	1	Сверление чистовое
$3,5_{(-0,12)}$	2	Точение черновое Точение чистовое
$15,5_{(-0.18)}$	2	Точение черновое Точение чистовое
$25_{(-0.21)}$	2	Точение черновое Точение получистовое

Оп 000 Заготовительная.

Оп 005 Контрольная.

Оп 010 Черновая токарная

Оп 015 Термическая обработка

Оп 020 Токарно-сверлильная чистовая.

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		25

Отливка подвергается отжигу для облегчения обработки резанием путем понижение показателя твердости и снятия напряжений после литья.

### 2.2.2 Разработка маршрутной технологии

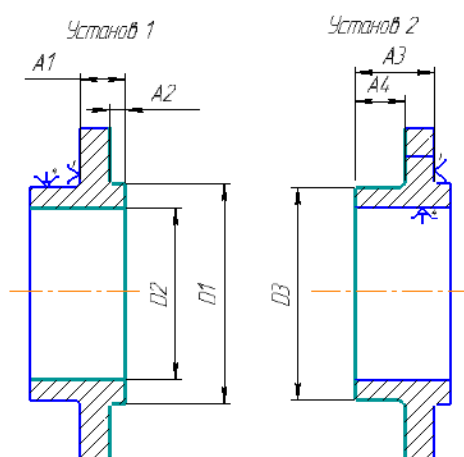
За весь цикл механической обработки заготовку необходимо сохранять в определенном положении относительно деталей станка и приспособления.

Для того чтобы не учитывать при расчетах погрешность базирования, необходимо стремиться, чтобы на операциях исходная база совпадала с установочной.

В данной работе для обеспечения обработки, фланец должен лишаться 5 степеней свободы и в одной операции 6 степеней свободы.

### Оп 010 Черновая токарная

Оп 010 Черновая токарная  
11/14



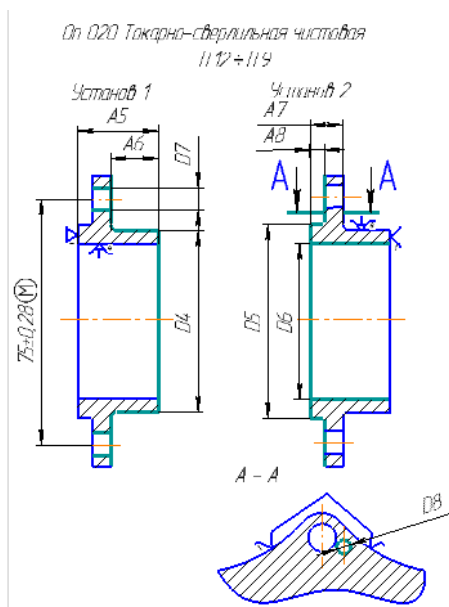
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2020.1611091.000

Установ 1: базирование осуществляется с помощью трехкулачкового патрона с упором в торцы. Таким образом она лишается 5 степеней свободы.

Установ 2: деталь зажимается через центральное отверстие и торец.

### Оп 020 Токарно-сверлильная чистовая.



Установ 1: деталь зажимается через центральное отверстие и с упором в торец.

Установ 2: базирование осуществляется с помощью трехкулачкового патрона с упором в торец и наружный цилиндр и внешнюю выпуклую часть. Таким образом на втором установе заготовка лишается 6 степеней свободы. Это нужно для того, чтобы точно рассверлить отверстие D8.

### 2.2.3 Метод построения эскиза совмещенных переходов, и построение размерных цепей

После разработки плана механической обработки следует составление эскиза совмещенных переходов (ЭСП), затем составление размерных цепей и их решение. ЭСП составляется по плану обработки и последовательности выполнения переходов операций. Расчет размерных цепей ведется для линейных и диаметральных операционных размеров. при решении диаметральных цепей не возникают сложности, поскольку все цепи

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

27

трехзвенные. Для упрощения, ЭСП составляют отдельно для линейных и диаметральных размеров.

Вначале наносятся размеры заготовки. После этого операционные размеры в соответствии с планом обработки.

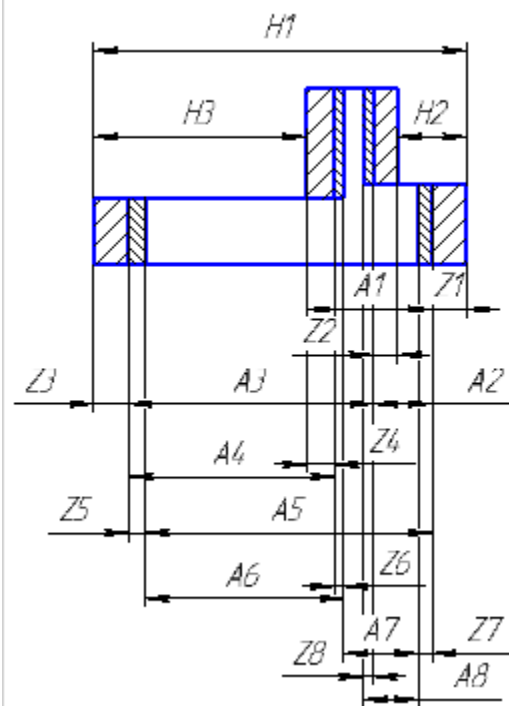


Рис. 12. ЭСП линейных размеров

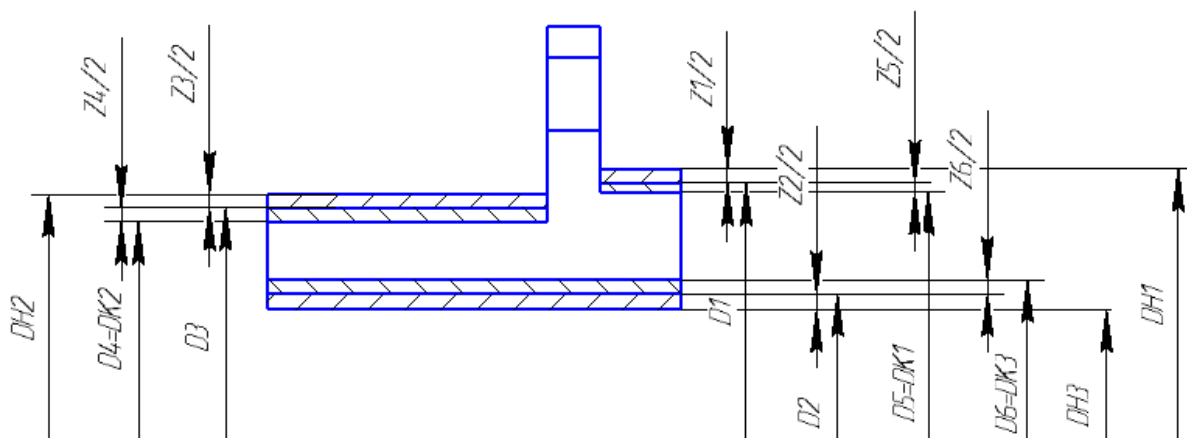


Рис. 13. ЭСП диаметральных размеров

## 2.2.4 Расчет линейных и диаметральных размерных цепей

Расчет операционных размеров для данных цепей выполняется вероятностным методом и способом координат середин полей допусков, так же был показан в 3 цепи для линейных размеров метод расчета max-min, способ предельных значений.

Минимальный и максимальный припуск на поверхности исходной заготовки определяется:

$$Z_{i \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}),$$

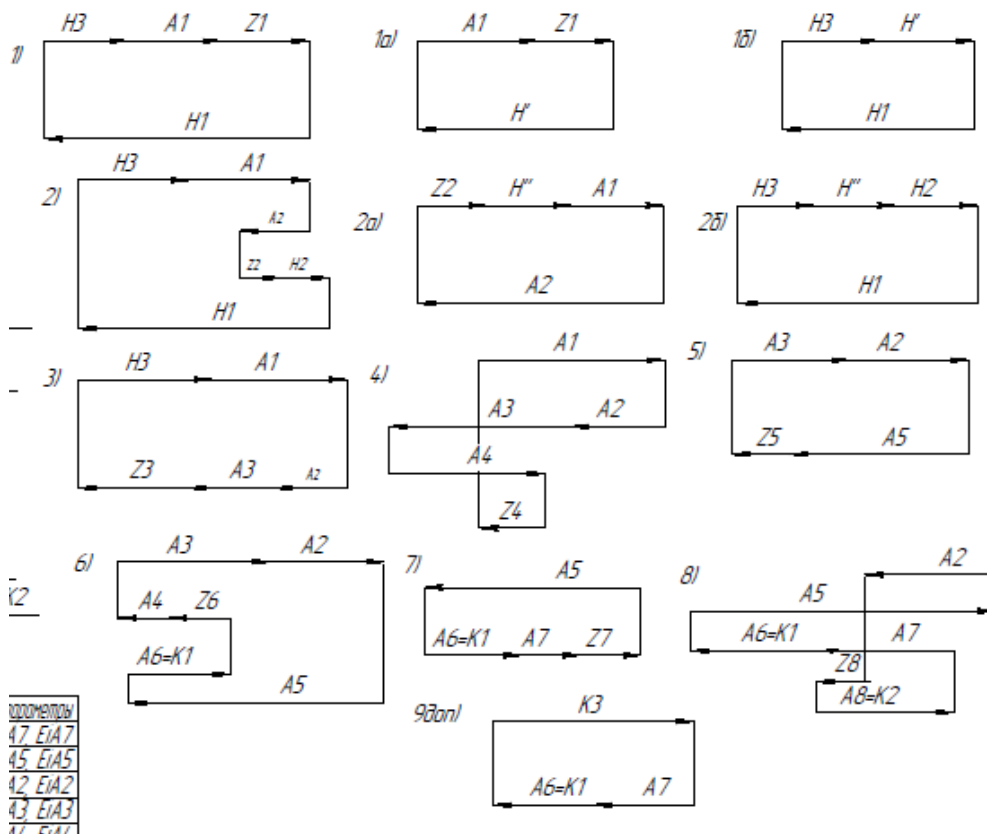
где  $Rz_{i-1}$  – шероховатость поверхности отливки,

$T_{\Pi_{i-1}}$  – глубина дефектного слоя поверхности отливки.

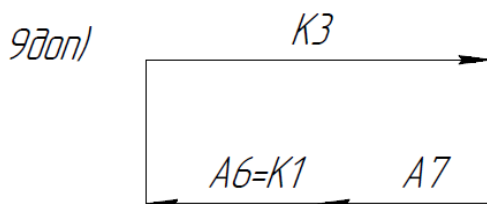
Максимальный припуск:

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}}$$

где  $T_i$  – допуски составляющих звеньев размерной цепи,  $\Delta\Phi_{i-1}$  – неконтролируемая погрешность формы,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i}$  – суммарная погрешность установки заготовки при обработке данной поверхности с  $i-1$  степени до  $i$ -ой.



47	E/A7
45	E/A5
42	E/A2
43	E/A3
41	E/A1



Известно:  $K3 = 25_{-0,21}$  мм,  $A6(K1) = 15,5_{-0,18}$  мм,

Найти:  $A7$

Решение:

Замыкающее звено - конструкторский размер  $K3$ .

$$A7_{ном} = K3 - A6(K1) = 9,5$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТМП.2020.1611091.000

Лист

30

Уравнение допусков:

$$T_{K3}^2 = T_{A6(K1)}^2 + T_{A7}^2$$

$$T_{A7}^2 = T_{K3}^2 - T_{A6}^2 = \sqrt{0,21^2 - 0,18^2} = 0,108.$$

Основное уравнение:

$$K_{K3} = K_{A6} + K_{A7},$$

Где

$$K_i = \frac{ES_i + EI_i}{2}$$

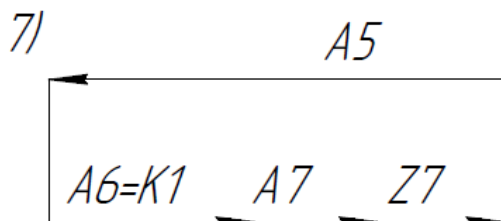
$$K_{A7} = K_{K3} - K_{A6} = (-0,105) - (-0,09) = -0,015$$

$$ES_{A7} = K_{A3} + \frac{T_{A3}}{2} = -0,015 + \frac{0,108}{2} = +0,039 \text{ мм},$$

$$EI_{A7} = K_{A3} - \frac{0,108}{2} = -0,015 - \frac{0,108}{2} = -0,069 \text{ мм}.$$

$$A7 = 9,5_{-0,069}^{+0,039} \text{ мм} \rightarrow A7 = 9,5 \pm 0,054 \text{ мм}$$

Цепь №7



Известно:  $A7 = 9,5 \pm 0,054$  мм,  $A6(K1) = 15,5_{-0,18}$  мм,

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТМП.2020.1611091.000

Лист

31

Найти: A5

Решение:

Замыкающее звено - припуск Z7.

Min и max припуск:

$$Z_{7 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{7 \max} = Z_{7 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}}$$
$$= 0,13 + \sqrt{0,1^2 + 0,18^2 + 0,21^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,5 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1 \text{ мм}$ .

$$Z_{7 \text{ ср}} = \frac{Z_{7 \min} + Z_{7 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,5}{2} = 0,3 \text{ мм}$$

Основное уравнение:

$$A_{5 \text{ ср}} = A_{6 \text{ ср}} + A_{7 \text{ ср}} + Z_{7 \text{ ср}} =$$

$$= 9,5 + 15,41 + 0,3 = 25,21 \text{ мм.}$$

$T_{A5} = 0,21 \text{ мм}$ . (по средне-экономической точности обработки)

$$K_i = \frac{ES_i + EI_i}{2}$$

$$K_{A5} = K_{Z7} - K_{A6} - K_{A7} = 0 - (-0,09) - (-0,05) = 0,14$$

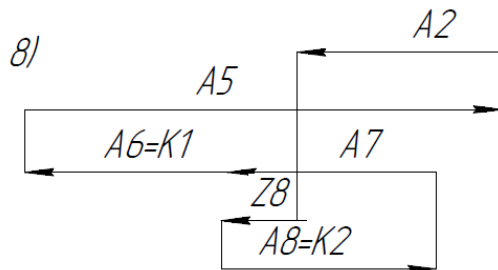
$$ES_{A5} = K_{A5} + \frac{T_{A5}}{2} = 0,14 + \frac{0,21}{2} = +0,245 \text{ мм,}$$

$$EI_{A5} = K_{A5} - \frac{T_{A5}}{2} = 0,14 - \frac{0,21}{2} = +0,04 \text{ мм.}$$

$$A5 = 25,21^{+0,245}_{+0,04}$$

Запишем в удобном виде:  $A5 = 25,2 \pm 0,105$  мм

Цепь №8



Известно:

$A5 = 25,21 \pm 0,105$  мм,  $A7 = 9,5 \pm 0,054$  мм,  $A6(K1) = 15,5_{-0,18}$  мм,

$A8(K2) = 3,5_{-0,12}$  мм

Найти:  $A2$

Решение:

Замыкающим звеном - припуск  $Z8$ .

Min и max припуск:

$$Z_{8 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{8 \max} = Z_{8 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,13 + \sqrt{0,21^2 + 0,1^2 + 0,18^2 + 0,12^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,62$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1$  мм.

$$Z_{8 \text{ ср}} = \frac{Z_{8 \min} + Z_{8 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,62}{2} = 0,375 \text{ мм}$$

$$A_{2 \text{ ср}} = A5_{\text{ср}} + A8 - A7_{\text{ср}} - A6_{\text{ср}} - Z8_{\text{ср}}$$

$$= 25,21 + 3,44 - 9,5 - 15,41 - 0,375 = 3,37 \text{ мм}$$

$T_{A2} = 0,3$  (по средне-экономической точности обработки)

$$K_{A2} = K_{Z8} - K_{A7} - K_{A6} - K_{A5} - K_{A8}$$

$$= 0 - (+0,05) - (-0,09) - (+0,105) - (-0,06) = -0,005$$

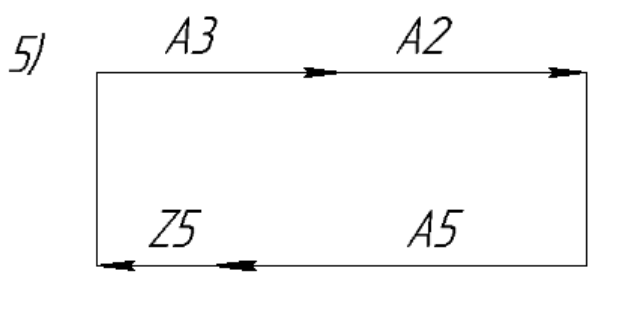
$$ES_{A2} = K_{A2} + \frac{T_{A2}}{2} = -0,005 + \frac{0,3}{2} = +0,145 \text{ мм},$$

$$EI_{A2} = K_{A2} - \frac{T_{A2}}{2} = -0,005 - \frac{0,3}{2} = -0,155 \text{ мм}.$$

$$A2 = 3,37^{+0,145}_{-0,155}$$

Запишем в удобном виде:  $A2 = 3,37 \pm 0,15 \text{ мм}$

Цепь № 5



Известно:

$$A5 = 25,21 \pm 0,105 \text{ мм}, A2 = 3,37 \pm 0,15 \text{ мм}$$

Найти:  $A3$

Замыкающим звено - припуск  $Z5$

Min и max припуск:

$$Z5_{\text{min}} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм}.$$

$$Z_{5 \max} = Z_{5 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}}$$

$$= 0,13 + \sqrt{0,3^2 + 0,21^2 + 0,52^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,8$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1$  мм.

$$Z_{5 \text{ ср}} = \frac{Z_{5 \min} + Z_{5 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,8}{2} = 0,465 \text{ мм}$$

$$A_{3 \text{ ср}} = A_{5 \text{ ср}} + Z_5 - A_{2 \text{ ср}} = 25,21 + 0,465 - 3,37 = 22,3 \text{ мм}$$

$$T_{Z_5} = \sqrt{(T_{A_3}^2) + T_{A_2}^2 + T_{A_5}^2}$$

$T_{A_3} = 0,52$  (по средне-экономической точности обработки)

$$K_{A_3} = K_{Z_5} - K_{A_2} - K_{A_5} = 0 - (+0,15) - (+0,105) = -0,255$$

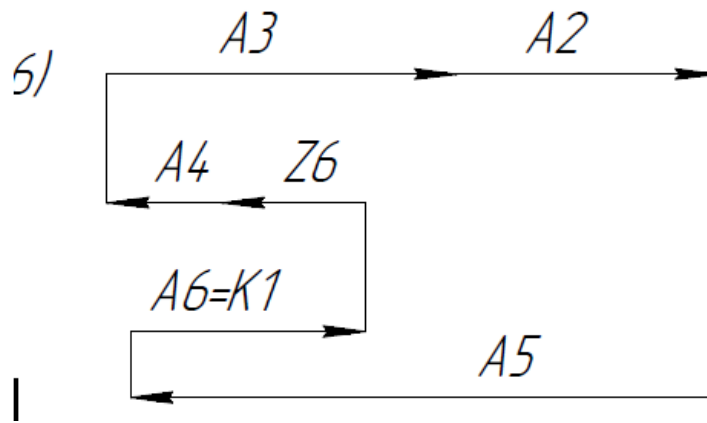
$$ES_{A_3} = K_{A_3} + \frac{T_{A_2}}{2} = -0,255 + \frac{0,52}{2} = +0,005 \text{ мм},$$

$$EI_{A_3} = K_{A_3} - \frac{T_{A_2}}{2} = -0,255 - \frac{0,52}{2} = -0,515 \text{ мм}.$$

$$A_3 = 22,3^{+0,005}_{-0,515}$$

Запишем в удобном виде:  $A_3 = 22,3 \pm 0,26$  мм

Цепь № 6



Известно:

$$A3 = 22,3 \pm 0,26 \text{ мм}, A5 = 25,21 \pm 0,105 \text{ мм},$$

$$A2 = 3,37 \pm 0,15 \text{ мм}, A6 = 15,5_{-0,18} \text{ мм}$$

Решение:

Замыкающим звено - припуск  $Z_6$ .

Min и max припуск:

$$Z_{6 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{6 \max} = Z_{6 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,13 + \sqrt{0,3^2 + 0,52^2 + 0,43^2 + 0,18^2 + 0,21^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,95$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1 \text{ мм}$ .

$$Z_{6 \text{ ср}} = \frac{Z_{6 \min} + Z_{6 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,95}{2} = 0,54 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} A_{4 \text{ ср}} &= A_{6 \text{ ср}} + A_3 + A_{2 \text{ ср}} - A_{5 \text{ ср}} - Z_{6 \text{ ср}} \\ &= 15,41 + 22,3 + 3,37 - 25,21 - 0,54 = 15,33 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$T_{Z_6} = \sqrt{T_{A_6}^2 + T_{A_3}^2 + T_{A_2}^2 + T_{A_5}^2 + T_{A_4}^2}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТМП.2020.1611091.000

Лист

36

$T_{A4} = 0,43$  (по средне-экономической точности обработки)

$$K_{A4} = K_{Z6} - K_{A6} - K_{A3} - K_{A2} - K_{A5} \\ = 0 - (-0,09) - (-0,255) - (+0,15) - (+0,105) = +0,09$$

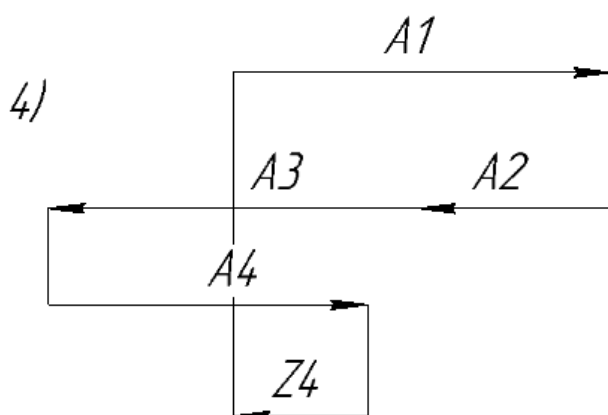
$$ES_{A4} = K_{A4} + \frac{T_{A4}}{2} = 0,09 + \frac{0,43}{2} = +0,305 \text{ мм},$$

$$EI_{A4} = K_{A4} - \frac{T_{A4}}{2} = 0,09 - \frac{0,43}{2} = -0,125 \text{ мм}.$$

$$A4 = 15,33^{+0,305}_{-0,125}$$

Запишем в удобном виде:  $A4 = 15,33 \pm 0,215$  мм

Цепь № 4



Известно:

$$A4 = 15,33 \pm 0,215 \text{ мм}, A3 = 22,3 \pm 0,26 \text{ мм}, A2 = 3,37 \pm 0,15 \text{ мм}.$$

Найти:  $A1$

Решение:

Замыкающим звено - припуск  $Z4$ .

Min и max припуск:

					КТМП.2020.1611091.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		37

$$Z_{4 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{4 \max} = Z_{4 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \varepsilon_{\frac{i-1}{i}}^2} =$$

$$0,13 + \sqrt{0,36^2 + 0,3^2 + 0,52^2 + 0,43^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,86 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\varepsilon_{\frac{i-1}{i}} = 0,1 \text{ мм}$ .

$$Z_{4 \text{ ср}} = \frac{Z_{4 \min} + Z_{4 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,86}{2} = 0,495 \text{ мм}$$

Основное уравнение размерной цепи

$$Z_{4 \text{ ср}} = A1_{\text{ср}} - A2_{\text{ср}} - A3_{\text{ср}} + A4_{\text{ср}}$$

Отсюда:

$$A1_{\text{ср}} = A2_{\text{ср}} + A3_{\text{ср}} - A4_{\text{ср}} + Z4_{\text{ср}}$$

$$= 3,37 + 22,3 - 15,33 + 0,495 = 10,9 \pm 0,18 \text{ мм.}$$

$T_{A1} = 0,36 \text{ мм}$ . (по средне-экономической точности обработки)

$$K_i = \frac{ES_i + EI_i}{2}$$

$$K_{A1} = K_{Z4} - K_{A2} - K_{A3} - K_{A4} = 0 - (+0,15) - (-0,255) - (+0,09) = 0,015$$

$$ES_{A1} = K_{A1} + \frac{T_{A1}}{2} = 0,015 + \frac{0,36}{2} = +0,195 \text{ мм,}$$

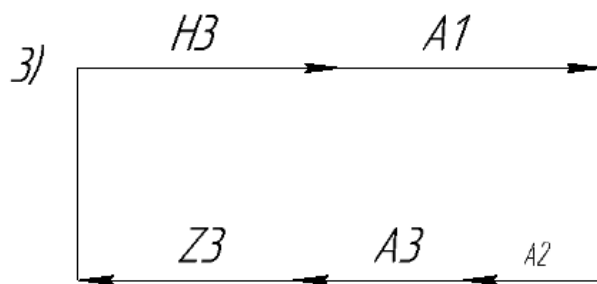
$$EI_{A1} = K_{A1} - \frac{T_{A1}}{2} = 0,015 - \frac{0,36}{2} = -0,165 \text{ мм.}$$

$$A1 = 10,9^{+0,195}_{-0,165}$$

Запишем в удобном виде:  $A1 = 10,9 \pm 0,18 \text{ мм}$

Цепь № 3

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		38



Известно:  $A1 = 10,9 \pm 0,18$  мм,  $A3 = 22,3 \pm 0,26$  мм,  $A2 = 3,37 \pm 0,15$  мм  $TH3=0,36$  мм

Найти: H3

Решение:

Замыкающим звено - припуск Z3.

Min и max припуск:

$$Z_{3 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \varepsilon_{\frac{i-1}{i}}^2} =$$

$$0,13 + \sqrt{0,36^2 + 0,36^2 + 0,52^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,95 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\varepsilon_{\frac{i-1}{i}} = 0,1$  мм.

$$Z_{3 \text{ ср}} = \frac{Z_{3 \min} + Z_{3 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,95}{2} = 0,54 \text{ мм}$$

$$H3 = A2 + A3 + Z3 - A1$$

$$H3 = A2 + A3 + Z3 - A1 = 3,37 + 22,3 + 0,54 - 10,9 = 15,4 \text{ мм}$$

$$H3 = 15,4 \pm 0,18$$

Решим цепь методом max-min

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТ0МП.2020.1611091.000

Лист

39

Min и max припуск:

$$Z_{3 \min} = Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}} + \Delta\Phi_{i-1} + \frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,03 + 0,1 + 0,2 + 0,1 \\ = 0,43 \text{ мм}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + \sum T_i = 0,36 + 0,36 + 0,52 + 0,3 = 1,97 \text{ мм}$$

$$Z_{3 \max} = H_{3 \max} + A1_{\max} - A2_{\min} - A3_{\min}$$

$$H_{3 \max} = A3_{\max} + A2_{\max} + Z_{3 \max} - A1_{\min} \\ = 22,56 + 3,52 + 1,97 - 10,72 = 17,33 \text{ мм.}$$

$$Z_{3 \min} = H_{3 \min} + A1_{\min} - A2_{\max} - A3_{\max}$$

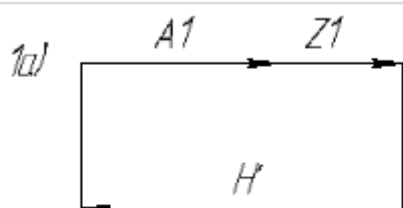
$$H_{3 \min} = A3_{\min} + A2_{\min} + Z_{3 \min} - A1_{\max} \\ = 22,04 + 3,22 + 0,43 - 11,08 = 14,61 \text{ мм.}$$

$$H_{3 \text{cp}} = \frac{H_{3 \min} + H_{3 \max}}{2} = \frac{17,33 + 14,61}{2} = 15,97 \text{ мм}$$

Окончательно:  $H_3 = 16 \pm 0,18 \text{ мм.}$

Очевидно, что припуск при расчете методом максимума-минимума увеличился, а следовательно, уменьшился коэффициент использования материала, увеличились производственные расходы, что влияет на увеличение себестоимости детали.

Решаем цепь № 1а



$$A1 = 10,9 \pm 0,18 \text{ мм}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

40

Найти: Н'

Решение:

Замыкающим звеном является припуск Z1.

Min и max припуск:

$$Z_{3 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$
$$0,13 + \sqrt{0,36^2 + 0,32^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,66 \text{ мм,}$$

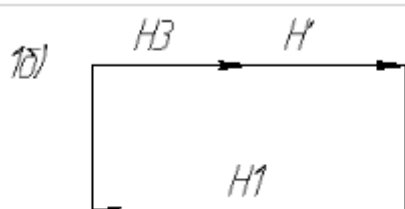
где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1 \text{ мм}$ .

$$Z_{3 \text{ ср}} = \frac{Z_{3 \min} + Z_{3 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,66}{2} = 0,395 \text{ мм}$$

$$H' = A1 + Z1$$

$$H' = A1 + Z1 = 10,9 + 0,395 = 11,3 \pm 0,16$$

Цепь № 16



Дано: H3 = 15,2 ± 0,18 мм, H'=11,3±0,16

Найти: H1

Решение:

В этой цепи размеры H' и H3 являются взаимозависимы и нет замыкающего звена.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

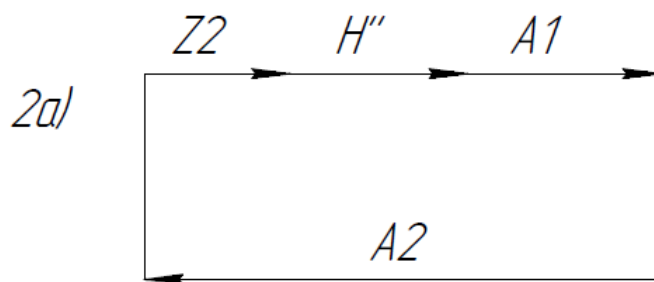
41

Основное уравнение :

$$H1 = H3 + H'$$

$$H1 = H3 + H' = 15,2 + 11,3 = 26,7 \pm 0,22 \text{ мм.}$$

Цепь № 2а



Дано:  $A1 = 10,9 \pm 0,18 \text{ мм}$ ,  $A2 = 3,37 \pm 0,15 \text{ мм}$

Найти:  $H''$

Решение:

Замыкающее - звено припуск  $Z2$ .

Min и max припуск:

$$Z_{2 \min} = (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 0,03 + 0,1 = 0,13 \text{ мм.}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{2 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,13 + \sqrt{0,24^2 + 0,36^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,7 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1 \text{ мм}$ .

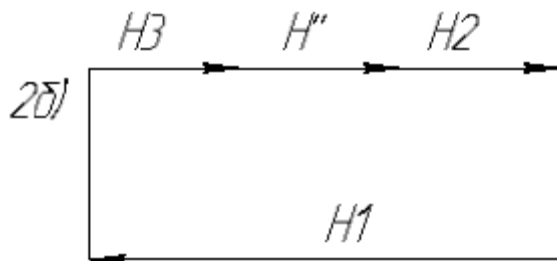
$$Z_{2 \text{ ср}} = \frac{Z_{2 \min} + Z_{2 \max}}{2} = \frac{0,13 + 0,7}{2} = 0,415 \text{ мм}$$

Основное уравнение:

$$Z2 = A2 - A1 - H''$$

$$H'' = A_2 - A_1 - Z_2 = 3,37 - 10,9 - 0,415 = 7,9 \pm 0,12$$

Цепь №26



Дано:  $H_3 = 15,4 \pm 0,18$  мм,  $H'' = 7,9 \pm 0,12$  мм,  $H_1 = 26,7 \pm 0,22$

Найти:  $H_2$

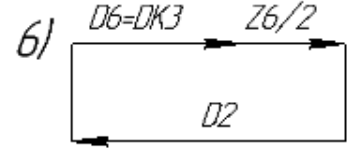
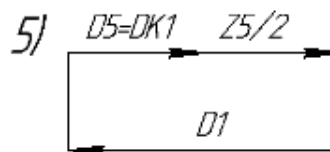
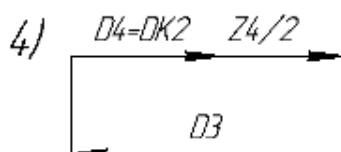
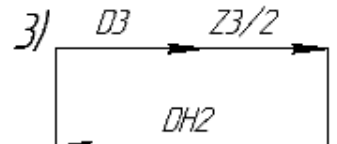
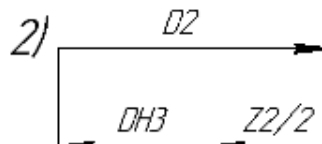
Решение:

В этой цепи размеры  $H'$  и  $H_3$  являются взаимозависимы и нет замыкающего звена.

Основное уравнение :

$$H_2 = H_1 - H_3 - H''$$

$$H_2 = 26,7 - 10,9 - 7,9 = 3,4 \pm 0,12$$



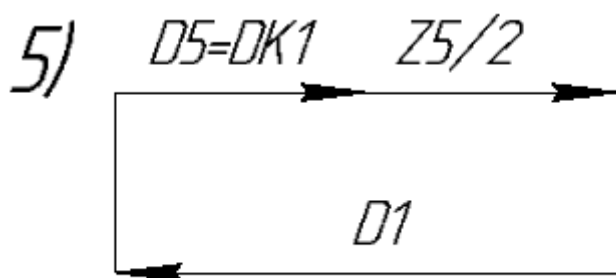
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТМП.2020.1611091.000

Лист

43

Цепь № 5



Известно:  $D5 = D_{K1} = 54_{-0,074}$  мм

Найти:  $D1$

Решение:

Замыкающее звено - припуск  $Z_5$ .

Min и max припуск:

$$Z_{5 \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

$$Z_{5 \max} = Z_{5 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,62^2 + 0,074^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,92 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1$  мм.

$$Z_{5 \text{ ср}} = \frac{Z_{5 \min} + Z_{5 \max}}{2} = \frac{0,26 + 0,92}{2} = 0,59 \text{ мм}$$

Основное уравнение :

$$D1_{\text{ср}} = D_{K1\text{ср}} + Z_{5 \text{ ср}} = 53,963 + 0,59 = 54,553 \text{ мм}$$

$$T_{Z5} = \sqrt{TD1^2 + TD5^2}$$

$TD1 = 0,62$  (по средне-экономической точности обработки )

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000

Лист

44

$$K_{D1} = K_{Z5} - K_{D5} = 0 - (-0,037) = 0,037$$

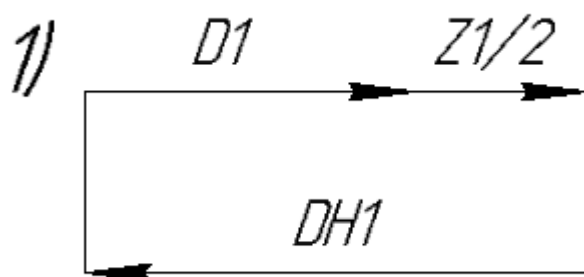
$$ES_{D1} = K_{D1} + \frac{T_{D1}}{2} = 0,037 + \frac{0,62}{2} = +0,347 \text{ мм},$$

$$EI_{D1} = K_{D1} - \frac{T_{D1}}{2} = 0,037 - \frac{0,62}{2} = -0,273 \text{ мм}$$

$$D1 = 54,553^{+0,347}_{-0,273}$$

Запишем в удобной форме:  $D1 = 54,9_{-0,62}$

Цепь №1



Известно:  $D1 = 54,9_{-0,62}$  мм,  $T_{DH1} = 0,5$

Найти:  $DH1$

Решение:

Замыкающее звено - припуск  $Z_1$ .

Min и max припуск:

$$Z_{1 \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм}.$$

Найдем максимальный припуск:

$$Z_{1 \max} = Z_{1 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \varepsilon_{\frac{i-1}{i}}^2} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,62^2 + 0,5^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 1,08 \text{ мм},$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\varepsilon_{\frac{i-1}{i}} = 0,1$  мм.

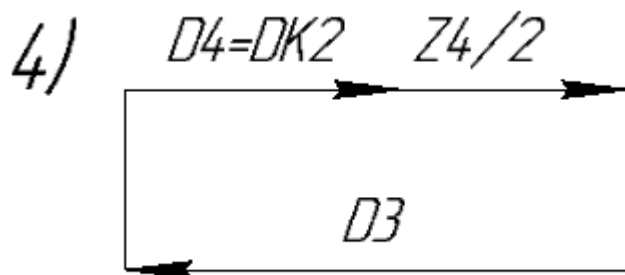
$$Z_{1 \text{ ср}} = \frac{Z_{1 \text{ min}} + Z_{1 \text{ max}}}{2} = \frac{0,26 + 1,08}{2} = 0,67 \text{ мм}$$

Основное уравнение :

$$DH1_{\text{ср}} = D_{1\text{ср}} + Z_{1 \text{ ср}} = 54,59 + 0,67 = 55,26 \text{ мм}$$

$$DH1 = 55,3 \pm 0,25$$

Цепь №4



Известно:  $D4 = D_{K2} = 52_{-0,3} \text{ мм}$

Найти:  $D3$

Решение:

Замыкающее звено - припуск  $Z_4$ .

Min и max припуск:

$$Z_{4 \text{ min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{\text{п}i-1}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

Найдем максимальный припуск:

$$Z_{4 \text{ max}} = Z_{4 \text{ min}} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,3^2 + 0,74^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 1,07 \text{ мм,}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТОМП.2020.1611091.000

Лист

46

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\varepsilon_{i-1} = 0,1$  мм.

$$Z_{4\text{ ср}} = \frac{Z_{4\text{ min}} + Z_{4\text{ max}}}{2} = \frac{0,26 + 1,07}{2} = 0,665 \text{ мм}$$

Основное уравнение :

$$D_{3\text{ ср}} = D_{K2\text{ ср}} + Z_{4\text{ ср}} = 51,85 + 0,665 = 52,515 \text{ мм}$$

$$T_{Z4} = \sqrt{TD4^2 + TD3^2}$$

$$TD3 = 0,74$$

$$K_{D3} = K_{Z4} - K_{D4} = 0 - (-0,15) = 0,15$$

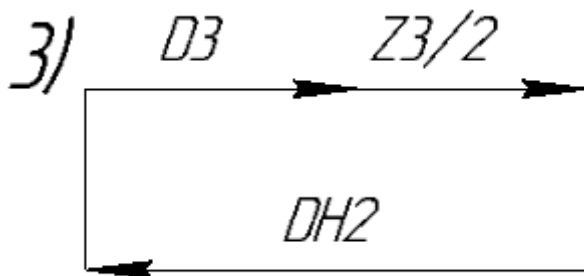
$$ES_{D3} = K_{D3} + \frac{T_{D1}}{2} = 0,15 + \frac{0,74}{2} = +0,52 \text{ мм},$$

$$EI_{D3} = K_{D3} - \frac{T_{D1}}{2} = 0,15 - \frac{0,74}{2} = +0,52 \text{ мм}$$

$$D3 = 52,515^{+0,15}_{+0,52}$$

Запишем в удобной форме:  $D3 = 53_{-0,74}$

Цепь №3



Известно:

$$D3 = 53_{-0,74} \text{ мм}, T_{DH2} = 0,5$$

Найти:  $DH2$

Решение:

					КТМП.2020.1611091.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		47

Замыкающее звено - припуск  $Z_3$ .

Min и max припуск:

$$Z_{3 \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{\Pi_{i-1}}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,547^2 + 0,5^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 1,034 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1$  мм.

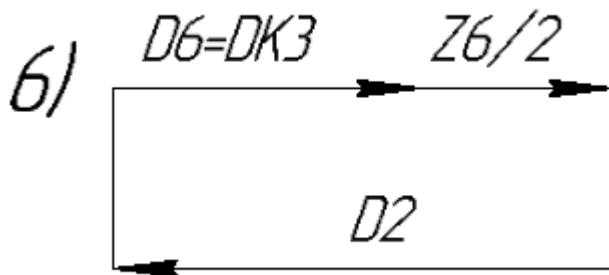
$$Z_{3 \text{ ср}} = \frac{Z_{3 \min} + Z_{3 \max}}{2} = \frac{0,26 + 1,034}{2} = 0,647 \text{ мм}$$

Основное уравнение :

$$DH2_{\text{ср}} = D_{3\text{ср}} + Z_{3\text{ср}} = 52,3265 + 0,647 = 52,9735 \text{ мм}$$

$$DH2 = 52,8 \pm 0,25$$

Цепь №6



Известно:  $D6 = D_{K3} = 47^{+0,25}$  мм

Найти:  $D2$

Решение:

Замыкающее звено - припуск  $Z_6$ .

Min и max припуск:

$$Z_{6 \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + Tп_{i-1}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

$$Z_{6 \max} = Z_{6 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \frac{\varepsilon_{i-1}^2}{i}} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,25^2 + 0,62^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 0,96 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2$  мм,  $\frac{\varepsilon_{i-1}}{i} = 0,1$  мм.

$$Z_{6 \text{ ср}} = \frac{Z_{6 \min} + Z_{6 \max}}{2} = \frac{0,26 + 0,96}{2} = 0,61 \text{ мм}$$

Основное уравнение:

$$D2_{\text{ср}} = D_{K3\text{ср}} + Z_{6 \text{ ср}} = 47,125 + 0,61 = 47,735 \text{ мм}$$

$$T_{z6} = \sqrt{TD4^2 + TD3^2}$$

$TD2 = 0,62$  (по средне-экономической точности обработки)

$$K_{D2} = KZ6 - K_{D6} = 0 - (+0,125) = -0,125$$

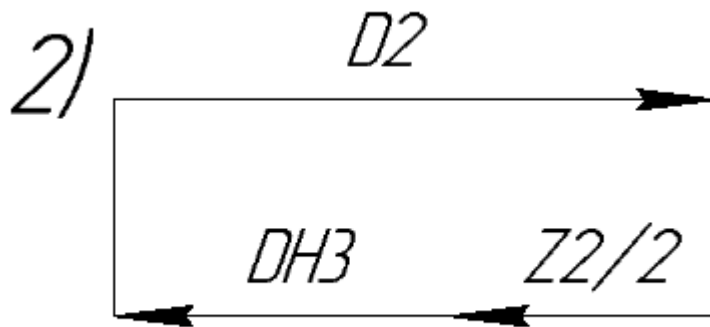
$$ES_{D2} = K_{D2} + \frac{T_{D2}}{2} = -0,125 + \frac{0,62}{2} = +0,185 \text{ мм,}$$

$$EI_{D2} = K_{D2} - \frac{T_{D2}}{2} = -0,125 - \frac{0,62}{2} = -0,435 \text{ мм}$$

$$D2 = 47,735^{+0,185}_{-0,435}$$

Запишем в удобной форме:  $D2 = 47,3^{+0,62}$

Цепь №2



Известно:

$$D2 = 47,3^{+0,62} \text{ мм}, T_{DH3} = 0,5$$

Найти:  $DH3$

Решение:

Замыкающее звено - припуск  $Z_2$ .

Min и max припуск:

$$Z_{2 \min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{\Pi_{i-1}}) = 2 \cdot (0,03 + 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{2 \min} + \sqrt{\sum T_i^2 + \Delta\Phi_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} =$$

$$0,26 + \sqrt{0,62^2 + 0,5^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 1,08 \text{ мм,}$$

где  $\Delta\Phi_{i-1} = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\varepsilon_{i-1} = 0,1 \text{ мм}$ .

$$Z_{2 \text{ ср}} = \frac{Z_{2 \min} + Z_{2 \max}}{2} = \frac{0,26 + 1,08}{2} = 0,67 \text{ мм}$$

Основное уравнение :

$$DH3_{\text{ср}} = D_{2\text{ср}} - Z_{2 \text{ ср}} = 47,4265 - 0,67 = 46,8 \text{ мм}$$

$$DH3 = 46,8 \pm 0,25$$

## Операционные размеры

№ п/ п	Оп. размер	Замыкающее звено		
		$Z_{min}$ , мм	$Z_{max}$ , мм	$Z_{cp}$ , мм
1	$A1 = 10,9 \pm 0,18$	$Z_{1 min}=0.13$	$Z_{1 max}=0.66$	$Z_{1 cp} =0.395$
2	$A2 = 3,37 \pm 0,15$	$Z_{2 min}=0.13$	$Z_{2 max}=0.7$	$Z_{2 cp} = 0.415$
3	$A3 = 22,3 \pm 0,26$	$Z_{3 min}=0.13$	$Z_{3 max} =0.95$	$Z_{3 cp} =0.54$
4	$A4$ $= 15,33 \pm 0,215$	$Z_{4 min}=0.13$	$Z_{4 max}=0.86$	$Z_{4 cp} =0.495$
5	$A5 = 25,21 \pm 0,105$	$Z_{5 min}=0.13$	$Z_{5 max}=0.8$	$Z_{5 cp} =0.465$
6	$A6 = 15,5_{-0,18}$	$Z_{6 min}=0.13$	$Z_{6 max}=0.95$	$Z_{6 cp} =0.54$
7	$A7 = 9,5^{+0,1}$	$Z_{7 min}=0.13$	$Z_{7 max}=0.5$	$Z_{7 cp} =0.3$
8	$A8 = 3,5_{-0,12}$	$Z_{8 min}=0.13$	$Z_{8 max}=0.62$	$Z_{8 cp} =0.375$

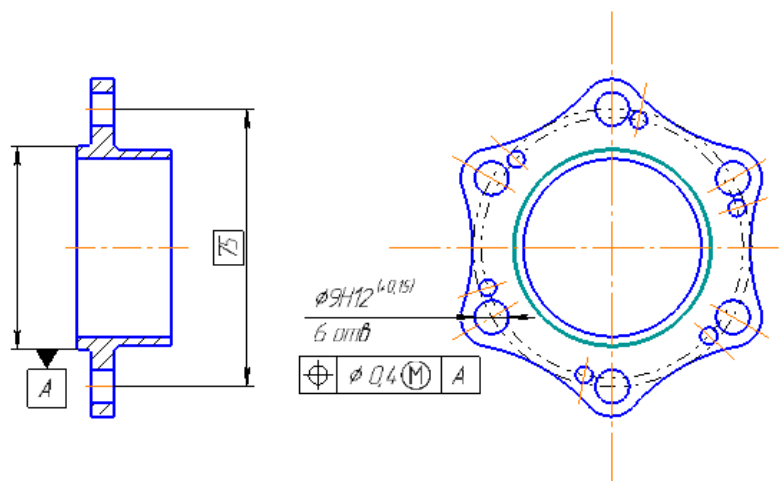
9	$D1 = 54,9_{-0.62}$	$Z_{1 \min}=0.26$	$Z_{1 \max}=1,08$	$Z_{1 \text{cp}} =0.67$
10	$D2 = 47,3^{+0.62}$	$Z_{2 \min}=0.26$	$Z_{2 \max}=1,08$	$Z_{2 \text{cp}} =0.67$
11	$D3 = 53_{-0.74}$	$Z_{3 \min}=0.26$	$Z_{3 \max}=1,18$	$Z_{3 \text{cp}} =0.72$
12	$D4 = DK2 = 52_{-0,3}$	$Z_{4 \min}=0.26$	$Z_{4 \max}=1.07$	$Z_{4 \text{cp}} =0.665$
13	$D5 = DK1 = 54_{0.074}$	$Z_{5 \min}=0.26$	$Z_{5 \max}=0.92$	$Z_{5 \text{cp}} =0.59$
14	$D6= DK3 = 47^{+0.25}$	$Z_{6 \min}=0.26$	$Z_{6 \max}=0.96$	$Z_{6 \text{cp}} =0.61$

Таблица №2 Осевые и диаметральные размеры заготовки

№ п/ п	Обозначен ие	Полученные значения		Увеличе ние (+) или уменьше ние (-) припуска (мм)	Принятое значение размера
		При предварительно м расчете	При пооперационном расчете		
1	H1	$26.3 \pm 0,22$	$26,7 \pm 0,22$	+0,4	$26.7 \pm 0.22$
2	H2	$4.6 \pm 0,12$	$3,4 \pm 0,12$	-1,2	$3,4 \pm 0.12$

3	H3	$16,7 \pm 0,18$	$15,4 \pm 0,18$	-1,3	$15,4 \pm 0,18$
4	$\varnothing H1$	$55,5 \pm 0,25$	$55,3 \pm 0,25$	-0,2	$55,3 \pm 0,25$
5	$\varnothing H2$	$53,5 \pm 0,25$	$52,8 \pm 0,25$	-0,7	$52,8 \pm 0,25$
6	$\varnothing H3$	$45,5 \pm 0,25$	$46,8 \pm 0,25$	-1,3	$46,8 \pm 0,25$

### 2.2.5 Расчет допуска расположения осей отверстий



$T = 0,4 \text{ мм}$

Оформление операционного эскиза

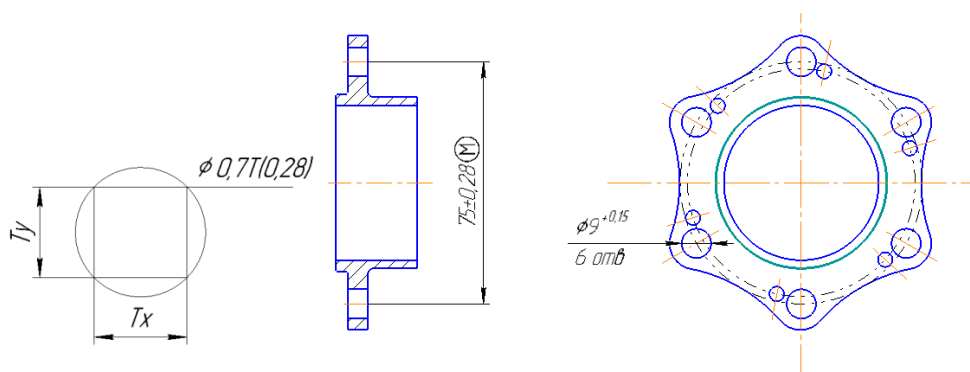
$$T_x = T_y = 0,7 \cdot T = 0,7 \cdot 0,4 = 0,28$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

КТМП.2020.1611091.000

Лист

53



## 2.2.6 Выбор технологического оборудования

Исходя из плана обработки детали был выбран станок для токарной операций:

Станок токарный с ЧПУ мод. 16Б16Т1 используется в мелко-, средне-, крупносерийном производстве для токарной обработки деталей в полуавтоматическом цикле, а так же в автоматическом цикле при оснащении автоматическими средствами загрузки и выгрузки заготовок.



Рис. 14 Токарный станок

### Таблица №3. Технические характеристики станка

- число частот вращения шпинделя  $z_n$  - 18;
- пределы частот  $n = 40 - 2000$  об/мин.;
- пределы продольных подач  $S_{пр} = 0,05-2,8$  мм/об.;
- пределы поперечных подач  $S_{пш} = 0,025-1,4$  мм/об.;
- мощность привода главного движения  $N_{ст} = 7,5$  кВт.

#### 2.2.7 Выбор средств технологического оснащения операций

Инструмент: резец подрезной 2112-0085 T15K10 ГОСТ 18880-73

Инструмент: резец проходной 2101-0002 T15K10 ГОСТ 18879-73

Инструмент: резец расточный 2141-0004 T15K10 ГОСТ 18883-73

Инструмент: Сверло по металлу 2300-8169 P6M5 ГОСТ 10902-77

#### 2.2.8 Расчет режимов резания

Инструмент: резец подрезной 2112-0085 T15K10 ГОСТ 18880-73 –  
установ 1

Рассмотрим токарную операции подрезание торца (рис 15)

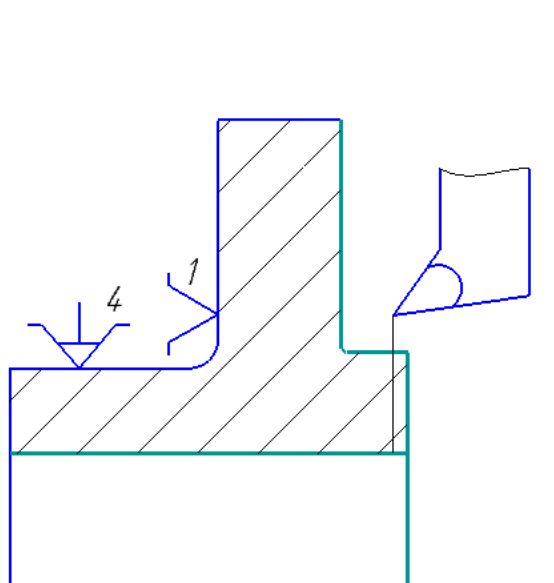


Рис 15 . Подрезание торца

Для условий чернового подрезания торца стали 40ХЛ, относящейся к XI гр. обрабатываемых материалов, рекомендуется твердый сплав Т5К10.

Выбор СОЖ.

5-10% Укринол 1-М.

Глубины резания  $t$ .

Согласно операционным размерам и размерам заготовки определяем глубину резания для резца,  $t = 0,4$  мм

Определение значения подачи  $S$ .

$$S_T = 0,6$$

После выбора подачи с помощью поправочных коэффициентов необходима корректировка  $S_T$ .

$$K_S = 0,77$$

$$S_j = S_{Tj} \cdot K_{Sj}$$

$$S_1 = 0,60 \cdot 0,77 = 0,462 \text{ мм/об};$$

Токарный станок располагает необходимым подач.

Выявление значения стойкости резцов  $T$ .

При чистовой обработке материалов XI гр. Используется твердосплавный инструмент :

1) для резца,  $T = 90$  мин.;  $h_3 = 0,8$ мм

Расчет скорости резания  $V$ .

Для стали XI гр. с в зависимости от  $t_j$

$$S_j : V_{T1} = 223 \text{ м/мин.}$$

Корректировка  $V_{Tj}$

$$K_v = 0,455$$

$$V_j = V_{Tj} \cdot K_{vj}$$

$$V_1 = 223 \cdot 0,455 = 101,5 \text{ м/мин.}$$

Определение частоты вращения заготовки  $n$

$$n = \frac{10^3 V}{\pi \cdot D_3}, \text{ 1/мин.}$$

где:

$D_3$  – диаметр поверхности заготовки, которая обрабатывается инструментом, мм или

$$n = \frac{10^3}{3,14} \cdot \frac{V}{D_3} = 318,5 \frac{V}{D_3}$$

Вычисление знаменателя геометрического ряда частот

$$\varphi_n = \sqrt[18-1]{\frac{2000}{40}} = 1,26$$

Корректировка частот вращения для резца.

$$N = 318,5 \frac{101,5}{55,3} = 585 \Rightarrow 504 \text{ 1/мин.};$$

Расчет фактической скорости резания  $V_\phi$ :

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_{cm}}{10^3} \text{ м/мин} = 0,00314 \cdot D_3 \cdot n_{cm}$$

$$V = 0,00314 \cdot 55,3 \cdot 504 = 87,52 \text{ м/мин.};$$

Определение основного времени  $\tau_0$ .

$$\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S \cdot n}, \text{ мин.}$$

где  $L_1, L_2$  - значение величины врезания и перебега резца, мм;

L - длина поверхности которая обрабатывается резцом, мм.

$$\tau_{01} = \frac{2+9,8+2}{0,462 \cdot 504} = 0,06 \text{ мин.};$$

Вычисление силы резания  $P_z$ .

$$P_z = C_p t^{x_p} \cdot S^{y_p} V^{z_p} K_p,$$

где  $K_p = \prod_{i=1}^4 K_i$

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75$$

Поправочные коэффициенты (суммарное значение)

$$K = 0,94$$

$$P_{z1} = 300 \cdot 0,4 \cdot 0,462^{0,75} \cdot 0,94 = 63,2 \text{ кг};$$

Вычисление мощности резания.

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102}, \text{ кВт.} \leq N_{ст}$$

$$P_{z1} \cdot V_1 = 63,2 \cdot 87,52 = 5531 \text{ кгм/мин.} = \text{max};$$

Наибольшая мощность резания :

$$N_e = \frac{5531}{60 \cdot 1020} = 0,9 \text{ кВт}$$

Таблица №8. Основные параметры:

$\alpha$	$\gamma$	$\varphi$	r	f	t	S	$h_z$	T	$n_{ст}$	$V_{\phi}$	$\omega$	$P_z$	$N_e$
<u>ГРД</u>	<u>ГРД</u>	<u>ГРД</u>	мм	мм	мм	мм/ <u>об</u>	мм	<u>мин</u>	<u>1/мин</u>	м/ <u>мин</u>	<u>мин</u>	кг	кВт
60	60	120	1	0,2	0,4	0,27	0,6	60	504	87,5 2	0,14 6	63,2	2,39

### Сверлильная операция

Рассмотрим в токарно-сверлильной чистовой операции сверление отверстий (рис 16)

Сверло по металлу 2300-8169 Р6М5 ГОСТ 10902-77.

					КТОМП.2020.1611091.000				Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					58

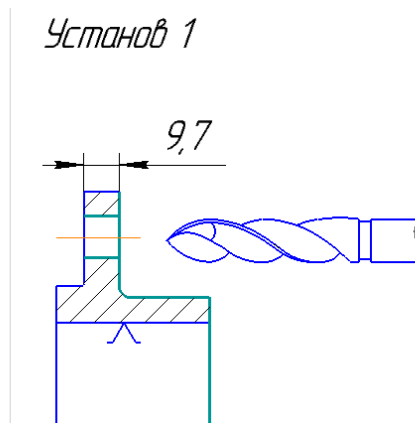


Рис 16. Сверление в токарно-сверлильной чистовой операции.

В качестве оборудования согласно был выбран токарный станок мод.16Б16Т1 с приводным инструментом для сверления

Выбор числа ходов  $z$  при сверлении отверстия.

Число проходов,  $z = 1$ .

Длины участков  $L$  сверления

Сверление данного отверстия на выполняется без вывода сверла для удаления стружки.

$$L \leq 4 \cdot D \leq 4 \cdot 9 \leq 36 \text{ мм} > 9,7 \text{ мм}$$

Выбор инструментального материала.

Материал инструмента - быстрорежущая сталь Р6М5.

Выбор СОЖ.

5-10% Укринол 1-М.

Вычисление глубины резания  $t$ .

Исходя из операционных размеров и параметров заготовки

$$t = 4,5 \text{ мм}$$

Определение значения подач  $S$ .

Сверление  $\varnothing 9 \text{ H12}$ .

Определена 1-я группа подач согласно условием сверления.

$$S_{T1} = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Суммарное значение поправочных коэффициентов

$$K = 0,85$$

Корректировка:

$$S_1 = S_{T1} \cdot K_{S1} = 0,25 \cdot 0,85 = 0,21 \Rightarrow 0,2 \text{ мм/об.}$$

. Вычисление знаменателя геометрического ряда подач станка

$$\Phi_n = \sqrt[18-1]{\frac{0,28}{0,05}} = 1,12$$

Определение стойкости инструментов Т.

Рекомендуемые значения допустимого износа  $h_3$  и стойкости Т осевых инструментов:

$$h_3 = 0,6 ; T = 10$$

Выявление скоростей резания V.

Выбрана табличная скорость резания:

$$V_{T1} = 12 \text{ м/мин.}$$

Суммарное значение поправочных коэффициентов:

$$K=0,59$$

Корректировка:

$$V_1 = V_{T1} \cdot K_{v1} = 12 \cdot 0,59 = 7,08 \text{ м/мин.};$$

Вычисление частоты вращения инструмента n.

$$n = 10^3 V / (\pi D), \text{ 1/мин,}$$

где D – диаметр инструмента, мм.

Расчет знаменателя геометрического ряда частот вращения шпинделя

$$\Phi_n = \sqrt[18-1]{\frac{2000}{40}} = 1,26$$

Корректировка по n

$$n_1 = 318,5 \cdot \frac{7,08}{9} = 250 \Rightarrow 200 \text{ 1/мин.};$$

Вычисление фактической скорости резания

$$V_1 = 0,00314 \cdot 9 \cdot 200 = 5,65 \text{ м/мин.};$$

Вычисление основного времени  $\tau_0$ .

$$\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S \cdot n}, \text{ мин.}$$

$$\tau_{01} = \frac{2,5+9,7+2,5}{0,2 \cdot 200} = 0,37 \text{ мин.};$$

Расчет осевого усилия  $P_0$

$$P_{01} = C_p D^q S^y K_p$$

$$C_p = 68; \quad q = 1; \quad y = 0.7$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,87$$

Окончательно имеем

$$P_{01} = 68 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,87 = 172,6 \text{ кГ.}$$

Расчет крутящего момента  $M_k$ .

$$M_{k1} = C_m D^q S^y K_m$$

$$M_{k1} = 0,0345 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,87 = 0,67 \text{ кГм.}$$

Расчет мощности резания.

Эффективная мощность резания:

$$N_e = M_k \cdot n / 975, \text{ кВт.}$$

$$N_{e1} = \frac{0,67 \cdot 200}{975} = 0,14 \text{ кВт} < 7 \text{ кВт} = N_{ст.}$$

Таблица 11.

D	L	t	S	$h_z$	T	n	V	$\tau_0$	$P_0$	$M_k$	$N_e$
мм	м	мм	мм/о	мм	мм	1/мин	м/мин	мин	кГ	кГм	кВт
	м		б		н		н				
9	9,7	4,5	0,2	0,6	10	200	5,65	0,37	172	0,67	0,1
									,6		4

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была разработана отливка с литниково-питающей системой (ЛПС), получение моделей и технология литья по выплавляемым моделям (ЛВМ). Было произведено моделирование процесса заливки расплава и затвердевание оболочковой формы. Разработан технологический процесс механической обработки.

Основное внимание предоставлялось на изготовление заготовки с минимальными дефектами с помощью ЛВМ.

					<i>КТОМП.2020.1611091.000</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

## CONCLUSION

In the final qualification work, castings with a Gating-feeding system (GFS), obtaining models and technology of casting by molten models (CSM) were developed. Modeling of the melt filling process and solidification of the shell form was performed. The technological process of mechanical processing has been developed.

The main attention was given to the production of a billet with minimal defects using CSM.

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

### Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ 3.1109-82 «Единая система технологической документации. Термины и определения.»
2. Коровин Е.М. «Методические указания к практическим работам по курсу Основы технологии машиностроения. Размерный анализ», Зеленодольск 2012
3. Бурчаков Ш.А. Технологические размерные цепи
4. Бурчаков Ш.А. Лабораторная работа № 4: Расчет диаметральных операционных размеров без учета радиальных биений, Казань 2009
5. ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».
6. ГОСТ 3212-92 «Комплекты модельные, уклоны формовочные»..
7. Иванов В.Н., Казеннов С.А. и др. Литьё по выплавляемым моделям. Под ред. Шкленника Я.И., Озерова В.А.. М., "Машиностроение", 1984 (3-е издание, перераб. и доп.)
8. ОСТ 1.41512-86 Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные.
9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Под ред. В. И. Баранчикова . М. : Машиностроение , 1990.
10. ГОСТ 19406-74 Ящики стержневые алюминиевые разъемные. Крепления откидными болтами (с Изменениями N 1, 2)
11. Панов А. А. и др. Обработка металлов резанием . М. : Машиностроение,1988. 736 с.
12. ГОСТ 3.1001-2011 - Единая система технологической документации. Общие положения
13. ГОСТ Р 53464-2009 – Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
14. ГОСТ 3.1118-82 - Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт
15. ГОСТ 977-88 - Отливки стальные. Общие технические условия.

					<i>КТМП.2020.1611091.000</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

16. ГОСТ 3.1126-88 - Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки
17. ГОСТ 3.1403-85 - Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операцииковки и штамповки
18. ГОСТ 3.1405-86 - Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки
19. Evaluating of press stiffness in realistic operation conditions / P.F.Bariani, A/Ghiotti. – 8-th ESAFORM Conference, Cluj-Napoca, 2005. – 390p.
20. Metal forming. Fundamentals and applications / T.Altan, S.Oh, H.Gegel. – American Society for Metals, Metals Park, OH., 1983/ - 353 p.

Приложение А

Приложение 1  
Спецификация

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		КТМП.2020.1611091.003 СБ	Пресс-форма	1	
<i>Детали</i>					
	1		Верхняя полуформа	1	
	2		Нижняя полуформа	1	
<i>Стандартные изделия</i>					
	3		Рыч-болт М12 ГОСТ 4751-73	4	
	4		Гайка М6 ГОСТ 3032-76	2	
	5		Болт В.М6-6х32 ГОСТ 3033-79	2	
	6		Пластина ГОСТ 194036-74	2	
	7		Штифт 0,6х4 ГОСТ 3129-70	2	
<b>КТМП.2020.1611091.003 СП</b>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Барисов С.В.			
Проб.		Шакутдинова Е.Ф.			
Исполн.					
Утв.		Янбаев Р.М.			
			<b>Пресс-форма</b>		
			КНИТУ-КАИ зр. 1409		
			Формат А4		
<i>Копировал</i>					

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КТМП.2020.1611091.000