



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Практикум
по дисциплине

**" Системы технологической подготовки производства в
интегрированных машиностроительных комплексах"**

для студентов направления
Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Ростов-на-Дону
2020 г.

Составители: доц., к.т.н. Прокопец Г.А.

Содержание

Практическое занятие № 1. Оценка количества деталей в заданном допуске в выборке из n деталей

Практическое занятие № 2. Идентификация регрессионной модели процесса по последовательности экспериментальных точек

Практическое занятие № 3. Разработка алгоритма построения 3D-модели детали - тела вращения

Практическое занятие № 4. Разработка операционного эскиза для сверлильной операции

Практическое занятие № 5. Разработка алгоритма построения 3D-модели сборочной единицы на примере приспособления для механической обработки

Практическое занятие № 1.

Оценка количества деталей в заданном допуске в выборке из n деталей

Цель работы: ознакомиться с одной из методик статистического анализа технологического процесса

Формулировка задачи: Пусть в результате реализации некоторого технологического процесса выявлено, что совокупность измеренных размеров деталей подчинена нормальному распределению с параметрами μ , σ . Оценить количество деталей, фактический размер которых попал в поле допуска заданного размера в выборке из n деталей.

Методика выполнения работы:

1. Преобразуйте размер детали к нормированной величине по формулам:

$$U_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}, \quad U_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma},$$

где: x_1 , x_2 – максимальное и минимальное значение размера детали, μ – математическое ожидание случайной величины, σ – дисперсия выборки.

2. Используя табличные значения (таблица 3.1), определите площадь под кривой нормального распределения с учетом границ допуска на размер.

Табл. 3.1. Доля площади по кривой нормального распределения.

U	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84850	0.85083	0.85314	0.85543	0.85796	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92786	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670

Примечание: Приведенные в таблице значения доли площади под кривой нормального распределения даны для размеров больших или равных математическому ожиданию. В случае, когда в ходе определения по формуле нормирования случайной величины получается отрицательное значение, то реальная доля площади под кривой нормального распределения будет определяться как (1-значение таблицы без учета знака).

3. Приведите геометрическую интерпретацию решения задачи.
4. Оцените количество деталей, попавших и не попавших в поле допуска на размер.

Табл. 3.1. Исходные данные для выполнения работы

№	μ	σ	размер	n	№	μ	σ	размер	n
1	30,75	0,3	$31_{-0,5}$	100	11	16,1	0,25	$16^{+0,2}$	80
2	28,86	0,3	$29_{-0,28}$	30	12	30,14	0,05	$30^{+0,2}_{+0,1}$	56
3	13,95	0,03	$14_{-0,1}$	70	13	43,05	0,04	$43^{+0,2}_{-0,1}$	45
4	17,93	0,04	$18_{-0,14}$	20	14	11,2	0,2	$11^{+0,4}$	100
5	16,1	0,05	$16^{+0,2}$	75	15	38,2	0,14	$38^{+0,3}_{+0,11}$	60
6	30,14	0,05	$30^{+0,2}_{+0,1}$	68	16	10,05	0,015	$10^{+0,1}$	40
7	14,25	0,03	$14^{+0,32}_{+0,25}$	50	17	14,3	0,02	$14^{+0,32}_{+0,25}$	100
8	18,14	0,04	$18^{+0,22}_{+0,14}$	60	18	18,18	0,02	$18^{+0,22}_{+0,14}$	60
9	63,74	0,5	$64_{-0,53}$	70	19	15,9	0,2	$16_{-0,2}$	70
10	53,91	0,2	$54_{-0,18}$	20	20	47,91	0,2	$48_{-0,18}$	20

Пример.

Задание: Совокупность измеренных размеров деталей (задан размер $23_{-0,16}$) подчинена нормальному распределению с параметрами $\mu = 22,92(\text{мм})$, $\sigma (\text{мм}) = 0,05$. Оцените количество деталей в заданном допуске в выборке из $n=40$ деталей при условии, что размеры распределены по нормальному закону.

Решение

Преобразуем размер детали к нормированной величине по формулам:

$$U_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}, \quad U_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma},$$

где: x_1, x_2 – максимальное и минимальное значение размера детали, μ – математическое ожидание случайной величины, σ – дисперсия выборки.

Границы интервала:

$$U_1 = \frac{23 - 22,92}{0,05} = 1,6 \quad U_2 = \frac{22,84 - 22,92}{0,05} = -1,6$$

Используя табличные значения, определим площадь под кривой нормального распределения с учетом границ допуска на размер. Для $U_1 = 1,6$ табличное значение 0,945, для $U_2 = -1,6$ табличное значение 0,055. Итого $0,945 - 0,055 = 0,905$ или 90,5%. Следовательно, $(90,5/100) \cdot 40 = 36$ деталей попадают в заданное поле допуска.

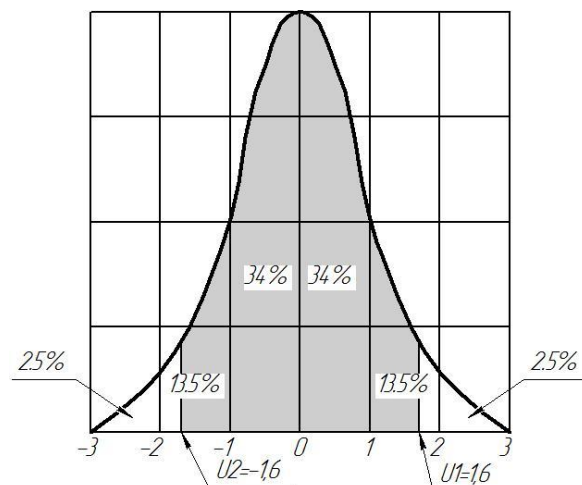


Рис. 3.1. Геометрическая интерпретация решения задачи.

Практическое занятие № 2.

Идентификация регрессионной модели процесса по последовательности экспериментальных точек

Цель работы: Ознакомление с методикой построения регрессионных моделей.

Формулировка задачи: По заданной совокупности экспериментальных точек выбрать вид регрессионной модели и выполнить идентификацию ее параметров.

Методика выполнения работы:

1. Для идентификации регрессионной модели необходимо определить коэффициенты регрессионной зависимости. В качестве регрессионной модели в рамках практической работы принят полином вида:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$$

Коэффициенты b_0, b_1, b_2 определяются по следующим зависимостям:

$$b_1 = \frac{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - \sum (x_{i2} - \bar{x}_2) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (x_{i2} - \bar{x}_2)}{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - (\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2))^2}$$

$$b_2 = \frac{\sum (x_{i2} - \bar{x}_2) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 - \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (x_{i2} - \bar{x}_2)}{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - (\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2))^2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \cdot \bar{x}_1 - b_2 \cdot \bar{x}_2$$

2. Определите значения функциональной модели при значениях абсциссы, соответствующих значениям абсциссы экспериментальных точек.

3. Определите значение “невязок” для каждой экспериментальной точки и функциональной модели по формуле

$$\Delta_i = Y_i - F(x_i),$$

где: Y_i – значение ординаты экспериментальной точки в соответствии с заданием; $F(x_i)$ – значение уравнения $Y = F(x_i)$ при значениях x_i , соответствующих значениям абсцисс экспериментальных точек.

4. Определите численное значение нормы Гаусса по формуле:

$$\|f\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - F(x_i))^2}$$

5. Определите численное значение нормы Чебышева по формуле:

$$\|f\| = \max |\Delta_i| = \max |Y_i - F(x_i)|$$

Табл. 3.1. Исходные данные для выполнения работы

№ вар.	x1; x2	y
1	(4;4) (20;4) (4;4) (20;4)	2.13; 2.51; 2.88; 3.12
2	(1;2) (20;2) (1;10) (20;10)	1.6; 2.71; 4.4; 6.91
3	(5;2) (24;2) (5;2) (24;10)	2.23; 2.05; 1.94; 1.79
4	(7;12) (20;12) (7;12) (20;1)	11.2; 8.8; 4.5; -0.29
5	(10;12) (2;12) (10;12) (2;10)	1.59; 1.78; 2.12; 2.51
6	(11;2) (30;2) (11;2) (30;10)	2; 5; 13.8; 23.6; 47.6
7	(15;22) (2;22) (15;22) (2;10)	2.5; 6.2; 9.7; 13.2
8	(21;28) (10;28) (21;28) (10;14)	1.7; 3.9; 4.2; 4.3
9	(1;3) (16;3) (1;3) (16;10)	8.1; 9.2; 9.9; 10.1
10	(18;29) (20;29) (18;29) (20;10)	2.41; 3.6; 4.12; 5.86
11	(6;2) (7;2) (6;2) (7;10)	2.5; 6.2; 9.7; 13.2
12	(8;12) (11;12) (8;12) (11;10)	15.42; 13.14; 12.35; 10.72
13	(1;9) (20;9) (1;9) (20;14)	11.2; 8.8; 4.5; -0.29
14	(16;26) (2;26) (16;26) (2;1)	1.59; 1.78; 2.12; 2.51
15	(19;2) (7;2) (19;2) (7;10)	1.7; 3.9; 4.2; 4.3
16	(3;2) (2;2) (3;2) (2;10)	8.1; 9.2; 9.9; 10.1
17	(31;27) (20;27) (31;27) (20;10)	2.5; 3.1; 4.5; 5.9
18	(5;12) (20;12) (5;12) (20;1)	0; 0.5; 2.05; 3.2
19	(18;20) (20;20) (18;20) (20;10)	0.45; 0.52; 0.87; 1.12
20	(1;11) (2;11) (1;10) (2;10)	0.45; 0.95; 2.02; 2.65

Пример.

Задание: По заданной совокупности экспериментальных точек выбрать вид регрессионной модели и выполнить идентификацию ее параметров.

x1; x2	y
(4;2) (20;2) (4;4) (20;4)	2.13; 2.51; 2.88; 3.12

Решение.

Для идентификации регрессионной модели определим коэффициенты регрессионной зависимости. В качестве регрессионной модели принимаем полином вида:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$$

Коэффициенты b_0, b_1, b_2 определяем по следующим зависимостям:

$$b_1 = \frac{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - \sum (x_{i2} - \bar{x}_2) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (x_{i2} - \bar{x}_2)}{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - (\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2))^2}$$

$$b_2 = \frac{\sum (x_{i2} - \bar{x}_2) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 - \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) \cdot \sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot (x_{i2} - \bar{x}_2)}{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 - (\sum (x_{i1} - \bar{x}_1) \cdot \sum (x_{i2} - \bar{x}_2))^2}$$

$$b_0 = -5,625$$

$$b_1 = 0,344;$$

$$b_2 = 3,25$$

$$y = -5,625 + 0,344 \cdot x_1 + 3,25 \cdot x_2$$

Определим значения функциональной модели при значениях абсциссы, соответствующих значениям абсциссы экспериментальных точек. Определим значение “невязок” для каждой экспериментальной точки и функциональной модели по формуле $\Delta_i = Y_i - F(x_i)$, где: Y_i – значение ординаты экспериментальной точки в соответствии с заданием. $F(x_i)$ – значение уравнения $Y = F(x_i)$ при значениях x_i , соответствующих значениям абсцисс экспериментальных точек.

x1	4	20	4	20
x2	2	2	4	4
У эксп.	3	8	9	15
У мод	2,29	7,95	8,79	14,45
ΔU	0,71	0,05	0,21	0,55
ΔU^2	0,5041	0,0025	0,044	0,3025

Определим численное значение нормы Гаусса по формуле:

$$\|f\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - F(x_i))^2} = \sqrt{(3-2,29)^2 + (8-7,95)^2 + (9-8,79)^2 + (15-14,45)^2} = 0,924$$

Определим численное значение нормы Чебышева по формуле

$$\|f\| = \max |\Delta_i| = \max |Y_i - F(x_i)| = 0,71$$

Практическое занятие № 3.

Разработка алгоритма построения 3D-модели детали - тела вращения

Цель работы: Ознакомиться с примитивами и методами построения 3D-модели детали – тела вращения.

Формулировка задачи: Разработать алгоритм построения 3D-модели детали тела вращения в системе КОМПАС.

Методика выполнения работы:

1. Изучить чертеж детали. Произвести анализ ее конструктивной формы, выявить асимметричные элементы, определить их положение.
2. Выявить методы (операции) получения выявленных элементов, и объединить элементы в группы по возможности формирования за одну операцию с учетом основного метода получения элементов детали «Вращением».
3. На основе анализа построить эскизы, определяющие основные размеры модели и форму элементов детали.
4. Выявить плоскости, на которых будут строиться эскизы, с учетом преобразования в последующем 3D-модели детали в проекционный чертеж и в управляющую программу для станка с ЧПУ (токарного с ЧПУ станка или токарно-фрезерного обрабатывающего центра).
5. Описать алгоритм построения детали.

Пример.

Задание: Составить алгоритм построения 3D-модели крышки. Чертеж крышки прилагается (рис. 6.1).

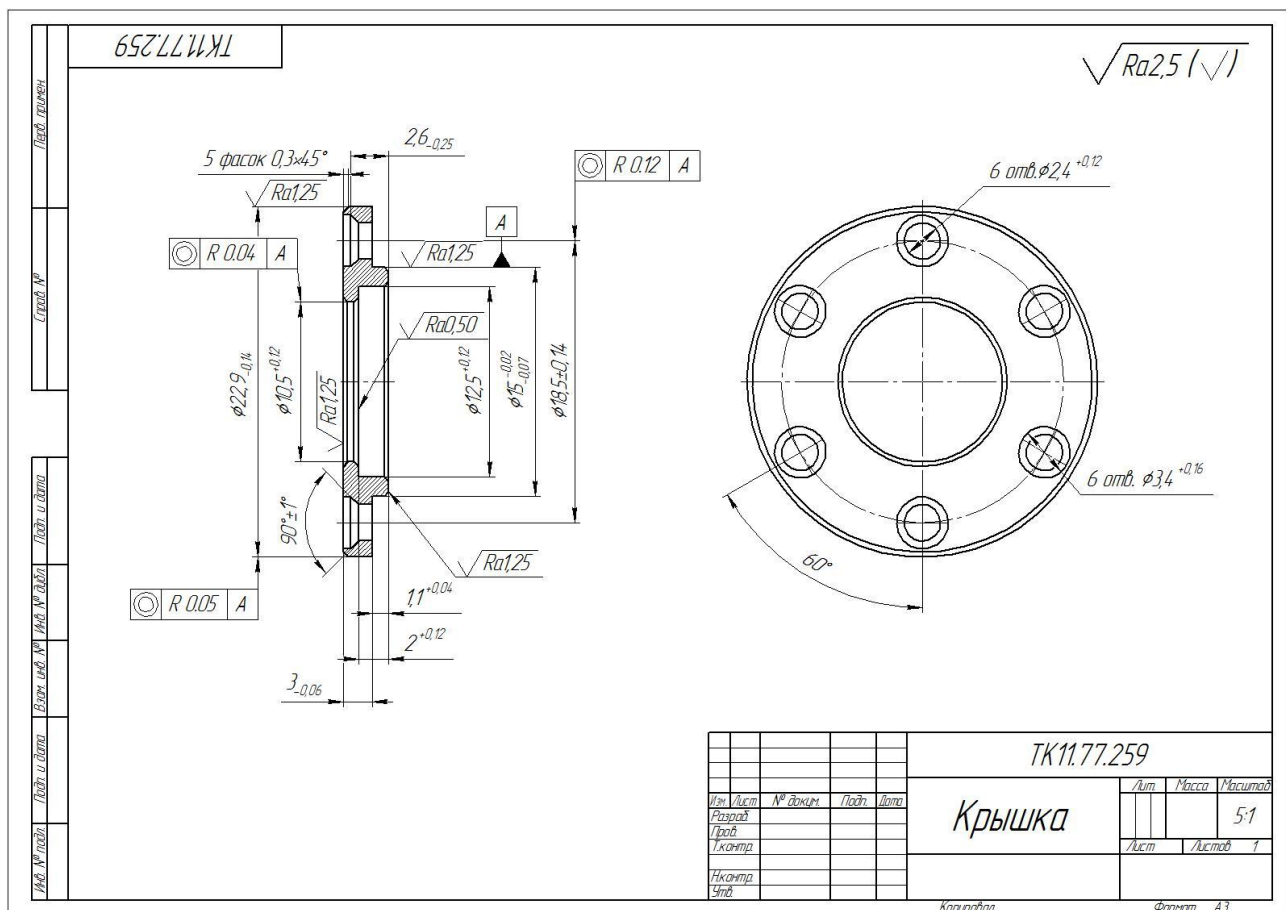


Рис. 6.1. Исходный чертеж крышки (задание)

Решение.

1. Деталь типа диска (рис. 6.1), так как длина меньше наружного диаметра. В крышке имеется ступенчатое отверстие, состоящее из цилиндрических, плоских (торцевых) и конических элементов (фасок) без ассиметричных элементов. Наружная поверхность также является ступенчатой и состоит из цилиндрических, плоских и конических элементов без ассиметричных элементов. Ассиметричными элементами являются четыре ступенчатых отверстия на фланце крышки, расположенные под углом 90 градусов.

2. Основное тело детали может быть получено вращением сечения крышки вокруг оси, поэтому в один эскиз объединяем элементы описывающие наружный контур и контур отверстия, а также ось, вокруг которой это сечение необходимо вращать для получения тела детали. Также нецентральное отверстие во фланце крышки может быть получено за одну операцию вращения, поэтому во второй эскиз объединяем элементы, описывающие половину контура отверстия и ось, вокруг которой будет производиться вращение сечения при вырезании отверстия (рис. 6.2).

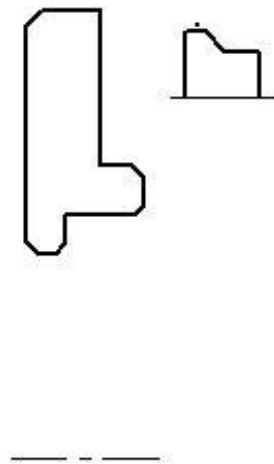


Рис. 6.2. Эскизы для построения основного тела детали вращением и вырезания нецентрального отверстия вырезанием вращения.

3. С учетом преобразования в последующем 3D-модели детали в проекционный чертеж и в управляющую программу для станка с ЧПУ выбираем для первого эскиза координатную плоскость XOY, ось детали должна совпадать с осью OX, второй эскиз будем строить либо в той же плоскости, либо в плоскости XOZ, они в данном случае равноценны, так как отверстия симметричны и расположены под углом 90 град., деталь на момент построения отверстий также осесимметрична. Строится будет одно отверстие, остальные получим при помощи операции "Массив по концентрической сетке".

4. Алгоритм построения детали:

- на плоскости XOY строим эскиз сечения крышки (первый эскиз);
- при помощи операции "Вращение" получаем основное тело детали;
- на плоскости XOZ строим эскиз сечения отверстия (второй эскиз), располагая его в соответствии с заданными размерами по отношению к контуру детали ($\phi 18,5$);
- при помощи операции "Вырезать элемент вращения" получаем одно отверстие в теле детали;
- при помощи операции "Массив по концентрической сетке" получаем четыре отверстия (выбор объектов - отверстие, параметры - ось наружной поверхности детали, количество элементов - 4, направление сетки - кольцевое);
- для получения МЦХ детали вводим в соответствующее окно материал детали Сталь 45 и получаем расчетные параметры (кратко): массу детали, ее объем, центр масс и др.

Практическое занятие № 4.

Разработка и оформление операционного эскиза обработки детали

Цель работы: Ознакомиться с принципами разработки операционных эскизов для обработки детали.

Формулировка задачи: Выполнить операционный эскиз для сверлильной операции детали в системе КОМПАС.

Методика выполнения работы:

1. Изучить чертеж детали. Произвести анализ ее конструктивной формы, выявить поверхности обработки, определить их положение.
2. Сформировать операцию сверления.
3. На основе структуры операции построить операционный эскиз

- в текстовой части указывают номер и наименование операции, а также используемые средства технологического оснащения. Например, «020. Вертикально-фрезерная». Для технологического оборудования указывают наименование и модель, например «Станок вертикально-фрезерный. 6Т13». Для импортного оборудования в скобках указывают фирму и страну-изготовитель. Например, «Станок токарно-винторезный станок SPF-1000PH (фирма PROMA, Чехия)». При использовании в операции нестандартного оборудования указывают только наименование оборудования.

- содержание графической части эскиза определяется видом операции.

В графической части эскиза приводят изображение заготовки в том виде, какой она получит после выполнения операции. При необходимости приводят виды, разрезы и сечения, которые позволяют показать все обрабатываемые поверхности. При выполнении операции в несколько установов приводят изображение для каждого установа. Над каждым изображением указывают номер установа, например, «Установ А». Графические изображения к позициям операции следует выполнять только в том случае, если это необходимо для показа всех поверхностей, обрабатываемых в данной операции. Допускается упрощенное изображение заготовки без прорисовывания конструктивных элементов, не относящихся к выполняемой операции. Заготовка может быть отображена в произвольном масштабе с соблюдением пропорций ее конструктивных элементов.

Заготовка на ТЭ должна быть представлена в рабочем положении, то есть в положении, которое она имеет, если смотреть на нее со стороны рабочего места у станка. В исключительных случаях допускается показывать заготовку в другом положении. При этом над изображением должна быть приведена поясняющая надпись, например, «Повернуто на 90°». С использованием условных изображений опор, зажимов и установочных устройств показывают базирование и закрепление заготовки.

Обрабатываемые поверхности заготовки выделяют линией толщиной 2s или линиями красного цвета. Необрабатываемые поверхности заготовки отображают линиями толщиной 0,5s. Для всех обрабатываемых поверхностей проставляют линейные и угловые размеры, обеспечивающиеся на данной операции, и их предельные отклонения, обеспечивающиеся на данной операции. Для предельных отклонений указывают численное значение. Допускается после указания численного значения в скобках указать квалитет точности. Например, « $\text{Æ } 40 \pm 0,062 \text{ (H9)}$ ». Не следует указывать предельные отклонения размеров для фасок, радиусов сопряжений, канавок для выхода инструмента при шлифовании или нарезке резьбы. Допуски формы и расположения обрабатываемых поверхностей указывают, если эти требования предусмотрены конструкторской документацией. В остальных случаях допуски формы и расположения указывают при необходимости обеспечения их на данной операции. Как справочные, допускается указывать размеры, не обеспечиваемые на данной операции, но характеризующие обрабатываемые поверхности. Например, длину цилиндрической поверхности при точении или диаметр при подрезке торца. Также как справочные можно указывать габаритные размеры заготовки. Размеры, предельные отклонения, требования точности формы и расположения, шероховатость указывают в соответствии с требованиями ЕСКД. Для всех обрабатываемых поверхностей указывают шероховатость, обеспечиваемую на данной операции.

5. Оформить карту эскизов в соответствии с ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

Формулировка задачи: Разработать алгоритм построения 3D-модели приспособления для сборки или механической обработки в системе КОМПАС .

Методика выполнения работы:

1. Изучить чертеж детали. Произвести анализ ее конструктивной формы, взаимное расположение поверхностей, технологических баз, выявить необходимость наложения позиционирующих сопряжений¹.

2. Выявить последовательность размещения деталей в приспособлении с точки зрения правильности и удобства наложения позиционирующих связей и обеспечения определенности базирования обрабатываемых или собираемых деталей.

3. Подробно описать алгоритм создания приспособления.

Пример.

Задание: Составить алгоритм построения 3D-модели приспособления для выполнения ремонтных работ «Съемник».

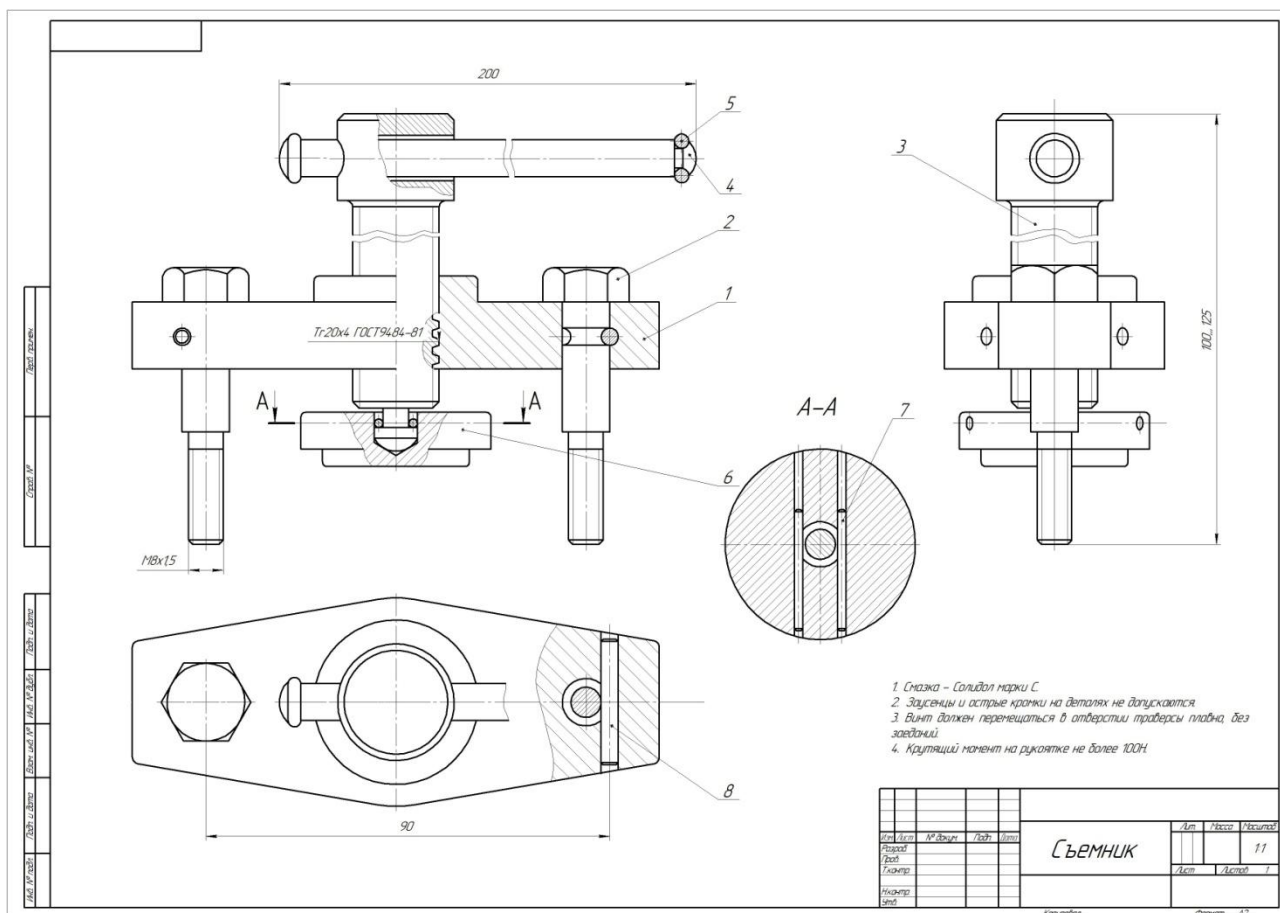


Рис. 7.1. Исходный чертеж приспособления «Съемник»: 1 – траверса; 2 – болт (2 шт.); 3 – винт; 4 – ручка; 5 – кольцо; 6 – пята; 7 – штифт (2 шт); 8 – штифт (2 шт).

Решение.

1. Базовой деталью, которая определяет положение всех остальных деталей, включенных в сборку, является траверса 1². В качестве узлов могут использоваться ручка 4 с

¹ К позиционирующим сопряжениям, определенным образом фиксирующим один объект относительно другого, относятся: совпадение, касание, соосность, параллельность, перпендикулярность, расположение элементов на заданном расстоянии, расположение элементов под заданным углом, симметрия, зависимое положение. Сопряжения могут накладываться, редактироваться или удаляться независимо друг от друга.

² Для проектирования станочного приспособления построение начинают с включения в сборку детали, которая будет обрабатываться на этой операции

кольцом 5 (соосность, касание), винт 3 с ручкой в сборе (соосность, расположение на расстоянии), можно для удобства построения модели предварительно собрать винт 3 с пятой 6 (соосность, касание) и двумя штифтами 7 (соосность, расположение на расстоянии). Траверса имеет форму неправильного шестигранника с отверстиями, на нее надо наложить позиционные связи (параллельность с координатной плоскостью, симметрия). Болты 2 (2 шт.) должны быть сориентированы в траверсе 1 при помощи сопряжений соосности и совпадения, а штифты 8 при помощи сопряжений соосности и симметричности, винт 3 в траверсе 1 должен быть сориентирован в траверсе 1 при помощи сопряжений соосности и на расстоянии.

2. Последовательность построения 3D-модели сборочной единицы «Съемник».

Узлы:

- винт 3 с ручкой 4 с кольцом 5 (отдельный файл сборки);
- траверса 1 с болтами 2 и штифтами 8 (2 шт.).

Файл общей сборки: траверса 1, винт в сборе, пята 6, штифт 7 (2 шт.).

3. Алгоритм построения модели.

Узел 1:

- создать файл «Сборка»;
- добавить компонент «Винт»;
- добавить компонент «ручка», наложить связи соосность и расположить на расстоянии;

добавить компонент «кольцо», наложить связи соосность и касание;

- войти в свойства модели и ввести номер узла и его наименование.

Узел 2:

- создать файл «Сборка»;
- добавить компонент «траверса»;
- добавить компонент «болт», наложить связи соосность и совпадение;
- добавить компонент «штифт», наложить связи соосность и симметричность; повторить действия со вторым штифтом;
- создать массив из болта и двух штифтов, симметричный относительно плоскости симметрии траверсы
- войти в свойства модели и ввести номер узла и его наименование.

Сборка:

- добавить компонент «Узел 2» и наложить связи параллельность с координатной плоскостью, симметрия;
- добавить компонент «Узел 1» и наложить связи симметричность и расположить на расстоянии;
- добавить компонент «пята» и наложить связи соосность и касание;
- добавить компонент «штифт 8» и наложить связи соосность и расположить на расстоянии; повторить действия со вторым штифтом;
- войти в свойства модели и ввести номер сборочной единицы и ее наименование;
- создать автоматически спецификацию.