МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Практикум
по дисциплине

"Компьютерные технологии в технологии машиностроения"

для студентов направления
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
ОПОП "Технология машиностроения"

Ростов-на-Дону
2023 г.

УДК 621.01

Составители: доц., к.т.н. Прокопец Г.А.
асс. Прокопец А.А.
асс. Садовая И.В.

Практикум по дисциплине "Компьютерные технологии в технологии машиностроения" для студентов направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств ОПОП "Технология машиностроения, Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 32 с.

Практикум по выполнению практических работ по дисциплине "Компьютерные технологии в технологии машиностроения" предназначен для студентов бакалаврской подготовки по профилю "Технология машиностроения" направления 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" и включает комплект заданий для выполнения практических работ, методические указания по их выполнению и справочные таблицы и данные, необходимые для выполнения работ.

УДК 621.01

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор д.т.н. проф. М.А.Тамаркин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технология машиностроения»
д.т.н. проф. М.А.Тамаркин

В печать ____._____. 2023 г.
Формат 60x84/14. Объем _____ усл. п.л.
Тираж _____ экз. Заказ № ____.

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный
технический университет, 2023

Содержание

Практическое занятие № 1. Исключение возможных выбросов и определение границ доверительного интервала для среднего в заданной выборке

Практическое занятие № 2. Выявление вероятности появления заданного числа бракованных деталей при изготовлении партии деталей

Практическое занятие № 3. Оценка количества деталей в заданном допуске в выборке из n деталей

Практическое занятие № 4. Идентификация регрессионной модели процесса по последовательности экспериментальных точек

Практическое занятие № 5. Оптимизация целевой функции в соответствии с заданным условием с учетом заданных ограничений

Практическое занятие № 6. Разработка алгоритма построения 3D-модели детали - тела вращения

Практическое занятие № 7. Разработка алгоритма построения 3D-модели корпусной детали

Практическое занятие № 8. Разработка алгоритма построения 3D-модели сборочной единицы

Практическое занятие № 1.
Исключение возможных выбросов и определение границ доверительного интервала для среднего в заданной выборке

Цель работы: освоить методику статистической обработки результатов контрольных измерений параметров качества деталей.

Формулировка задачи: Пусть в результате реализации некоторого технологического процесса полученный при неизменных значениях управляющих факторов параметр, распределяется, некоторым образом (генеральная совокупность). Для выборки значений из генеральной совокупности выходного параметра исключить выбросы, определить числовые характеристики выборки, построить доверительный интервал для математического ожидания. Графически проиллюстрировать результаты работы.

Методика выполнения работы:

1. Определить наличие “выбросов” в представленной выборке и при наличии таковых исключить их из дальнейших расчетов.

Обработка выбросов[1] описана в ИСО 5725-2. В качестве выброса рассматривают результат, который достаточно сильно отличается от всех других результатов, используемых для дальнейших исследований. В зависимости от типа распределения, которому принадлежат результаты наблюдений, результат, который кажется выбросом, в действительности может им не быть (ИСО 5725-2 рекомендует уровни доверия 95% для выбросов, которые называют "квазивыбросами", и 99% для выбросов, которые называют "статистическими выбросами"). Для конкретных обстоятельств выбор 95%-ных и 99%-ных уровней доверия означает, что один результат из 20 и один результат из 100, соответственно, могут быть ошибочно истолкованы. Следовательно, этот единственный результат может произойти случайно, а уровень доверия, установленный в ИСО 5725-2, может не соответствовать конкретным требованиям. Он может представлять степень приемлемости, которая недостаточна для некоторых целей.

В тестах, используемых для определения наличия или отсутствия выбросов, предполагается, что результаты распределены в соответствии с распределением Гаусса (нормальное распределение) или, по крайней мере, в соответствии с унимодальным распределением. Следовательно, перед выполнением любого теста, особенно теста, который требует использования большого количества результатов, должна быть сделана проверка этого предположения.

Для определения выброса (проверки минимального значения в выборке) запишите все элементы выборки в порядке возрастания их значений. Определите величину критического значения для определения выброса по формуле

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где: x_1, x_2, x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке возрастания значений.

Сравните величину r_{10} с критическим значением (таблица 1.1). В случае, если r_{10} меньше критического значения - x_1 не является выбросом, а если r_{10} больше критического значения - x_1 является выбросом и его необходимо исключить из дальнейших расчетов. Для определения выброса (проверки максимального значения в выборке) запишите все элементы выборки в порядке убывания их значений и повторите расчет для определения наличия выброса.

---

[1] Р 50.1.061-2007 Статистические методы. Практическое руководство по использованию ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 при планировании, выполнении и статистическом анализе межлабораторной повторяемости и воспроизводимости результатов

Таблица 1.1. Критические значения для проверки выбросов (экстремальное значение)

Число опытов	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
3	0.941	0.988
4	0.765	0.889
5	0.642	0.780
6	0.560	0.698
7	0.507	0.637
8	0.554	0.683

2. Определить характеристики выборки.

На основе анализа значений, представленных ы выборке выявите и запишите следующие ее характеристики:

- минимальное и максимальное значение выборки x(min) и x(max);
- моду выборки $\langle x \rangle$ (наиболее часто встречающееся значение выборки;
- размах выборки по формуле:

$$R=x(max)-x(min);$$

- среднее арифметическое значение выборки по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i ,$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

- выборочную дисперсию по формуле:

$$D = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 ,$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

3. Определить значения верхней и нижней границ доверительного интервала[2] для заданной доверительной вероятности (в соответствии с заданием). Доверительным интервалом называют интервал значений x, в котором в отсутствие систематических ошибок с заданной вероятностью P находится неизвестное истинное содержание определяемого компонента. Обычно доверительные интервалы рассчитывают для P=0,95. Иногда используют значения доверительной вероятности P=0,90 или P=0,99, а для наиболее ответственных анализов даже P=0,999. Последнее означает, что вероятность нахождения истинного значения (m) измеряемой величины вне границ интервала (так называемый уровень значимости) не превысит 0,001, т. е. будет менее одного шанса из тысячи.

Пользуясь таблицей 1.2, выпишите значение процентных точек t-распределения Стьюдента (t_n =).

Таблица 1.2. Процентные точки t-распределения Стьюдента.

ν	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
1	6.314	31.82
2	2.920	6.965
3	2.353	4.541
4	2.132	3.747

[2] ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего

5	2.015	3.365
6	1.943	3.143
7	1.895	2.998
8	1.860	2.896

Определите значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = \overline{x} + \frac{t_n \cdot \sqrt{D}}{\sqrt{n}},$$

$$\Theta_L = \overline{x} - \frac{t_n \cdot \sqrt{D}}{\sqrt{n}},$$

где: $\overline{x}$ - среднее арифметическое значение выборки, t_n - процентные точки t-распределения Стьюдента, D – дисперсия, n – количество элементов выборки.

4. Отобразить на графике все элементы и характеристики выборки.

В результате проделанной работы все полученные величины необходимо нанести на график, имеющий вид, представленный на рис. 1.1.

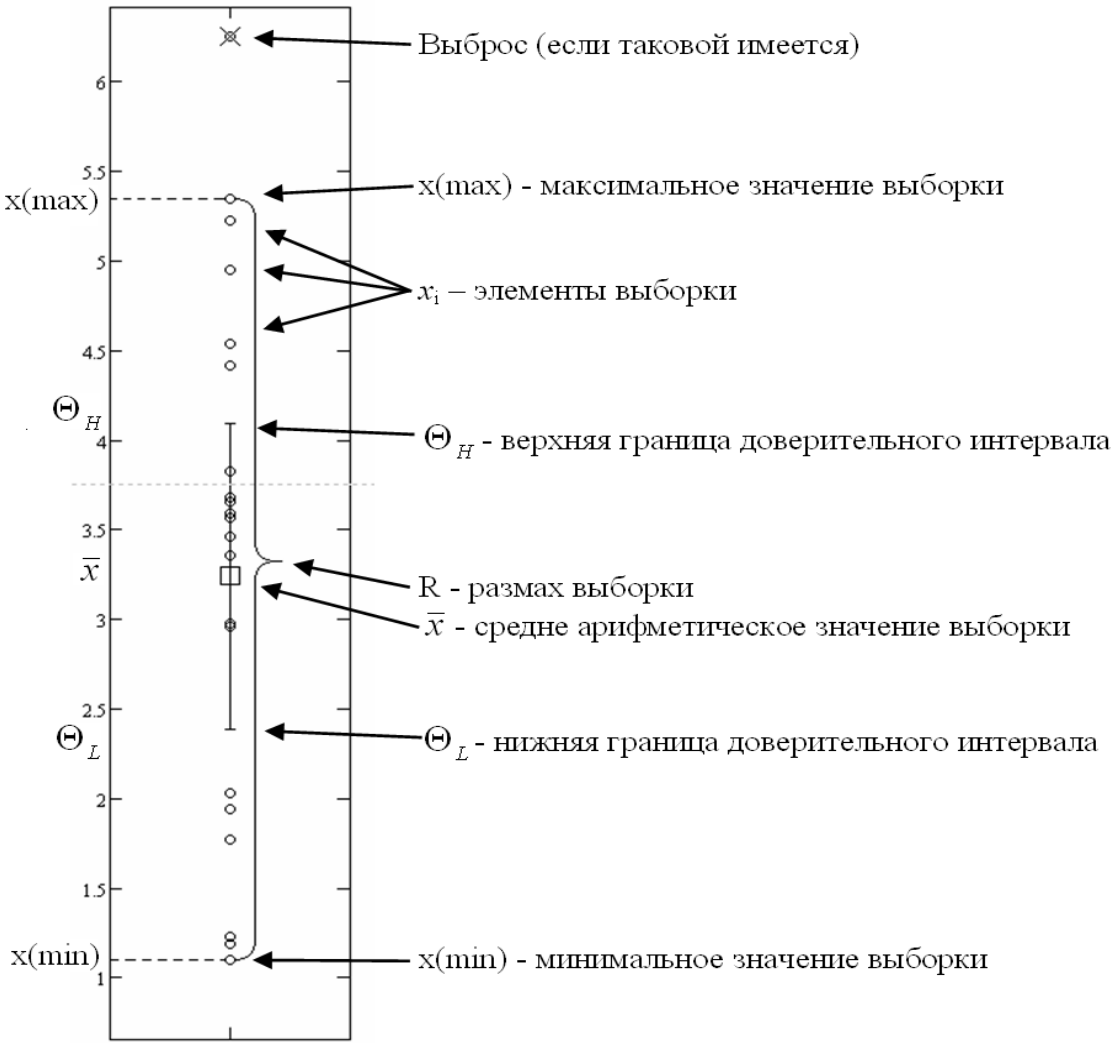

Рис. 1.1. График: элементы и характеристики выборки.

Табл. 1.3. Исходные данные для выполнения работы

№	Выборка	P
1	53,3; 59; 55,6; 50,3; 60,1;59,9; 54,5	0.99
2	1,1; 1,5; 1,2; 1,2; 1,5; 1,9; 1,7; 1,0	0.99
3	56; 58; 50; 56; 59; 54; 58; 70	0.95
4	11,2; 10,9; 13,0; 12,0; 11,6; 11,2	0.95
5	108; 110; 90; 112; 130; 128; 119; 120	0.99
6	34; 36; 35; 36; 37; 31;50; 34	0.99
7	0,2;0,6; 0,3; 0,2; 0,14; 0,58; 0,6; 0,4	0.95
8	44; 45; 48; 41; 35; 47; 40	0.99
9	1; 3; 4; 2; 1; 5; 3; 4	0.99
10	17; 20; 14; 15; 19; 24; 11; 16	0.99
11	12.85; 20.03; 23.68; 36.18; 21.16; 17.57; 12.42	0.99
12	14.89; 14.36; 22.36; 13.36; 25.78; 28.19; 12.25	0.99
13	27.03; 27.18; 29.87; 26.89; 13.08; 35.33; 39.98	0.95
14	3.75; 15.21; 4.17; 8.62; 6.27; 5.23; 4.51	0.99
15	10.17; 20.29; 12.33; 19.68; 16.62; 15.57; 22.44	0.99
16	34; 48.5; 47; 46; 53; 49; 50	0.99
17	20.29; 22.31; 17.56; 19.68; 18.65; 10.17; 16.62	0.95
18	135; 169; 147; 164; 154; 150; 158	0.99
19	18; 17; 19; 19; 20; 17; 16	0.99
20	11,2; 11; 11,9; 15; 13; 11,8; 12,7	0.99

Пример.

Задание: В результате реализации некоторого технологического процесса полученный при неизменных значениях управляющих факторов параметр, распределяется, следующим образом.

Выборка

34 48,5 47 46 53 49 50

Для выборки значений из генеральной совокупности выходного параметра исключить выбросы, определить числовые характеристики выборки, построить доверительный интервал для математического ожидания. Доверительная вероятность P=0,95. Графически проиллюстрировать результаты работы.

Решение

1. Запишем все элементы выборки в порядке возрастания их значений.

34 46 47 48,5 49 50 53

Определим величину критического значения для определения выброса по формуле

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где: x_1, x_2, x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке возрастания значений.

$$r_{10} = \frac{46-34}{50-34} = 0,906$$

Сравним величину r_{10} с критическим значением из таблицы 1.1. Для выборки из семи элементов и P=0,99 - r_{10}=0,637. Так как r_{10} больше критического значения 0,637, x_1=34 является выбросом.

Запишем все элементы выборки в порядке убывания их значений.

53	50	49	48,5	47	46	34

Определим величину критического значения для определения выброса:

$$r_{10} = \frac{50-53}{46-53} = 0,385$$

Сравним величину r_{10} с критическим значением из таблицы. Для выборки из шести элементов и P=0,99 r_{10}=0,637. Так как r_{10} меньше критического значения 0,637, x_1=53 не является выбросом. Следовательно, все элементы выборки являются представительными.

2. Определим характеристики выборки.

- Минимальное и максимальное значение выборки x(min)=46 и x(max)=53.
- Мода выборки – наиболее часто встречающееся значение выборки $\langle x \rangle$ - отсутствует.
- Размах выборки R=x(max)-x(min)=53-46=7.
- Среднее арифметическое значение выборки:

$$\overline{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{6} \cdot (48.5 + 47 + 46 + 53 + 49 + 50) = 48.917,$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке (после исключения выброса).

- Выборочная дисперсия:

$$D = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2 = \frac{1}{6} \cdot [(48,5 - 48,917)^2 + (47 - 48,917)^2 + (46 - 48,917)^2 +$$
$$+ (53 - 48,917)^2 + (49 - 48,917)^2 + (50 - 48,917)^2] = 0,786$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

3. Определим значения верхней и нижней границ доверительного интервала для заданной доверительной вероятности P=0,99.

Пользуясь таблицей 1.2, найдем значение процентных точек t-распределения Стьюдента (t_n = 3,143). Определим значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = \overline{x} + \frac{t_n \cdot \sqrt{D}}{\sqrt{n}} = 48,917 + \frac{3,143 \cdot 0,785}{\sqrt{6}} = 49,48,$$

$$\Theta_L = 48,917 - \frac{3,143 \cdot 0,785}{\sqrt{6}} = 48,35,$$

где: $\overline{x}$ - среднее арифметическое значение выборки, t_n - процентные точки t-распределения Стьюдента, D – дисперсия, n – количество элементов выборки.

Отобразим на графике все элементы и характеристики выборки (рис. 1.2).

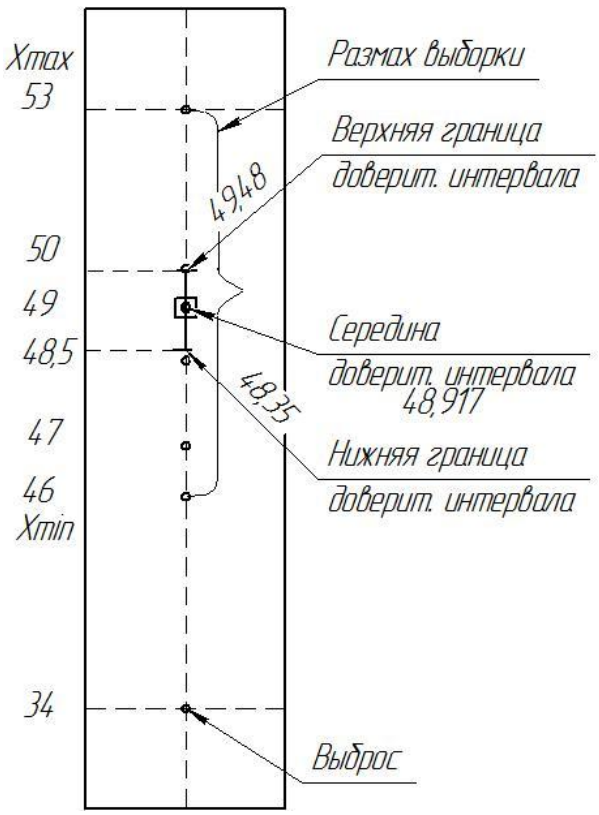

Рис. 1.2. Элементы и характеристики выборки

Практическое занятие № 2.
Выявление вероятности появления заданного числа бракованных деталей при изготовлении партии деталей

Цель работы: освоить одну из методик анализа технологического процесса.

Формулировка задачи: Пусть в результате реализации некоторого технологического процесса выявлено, что вероятность появления бракованных деталей составляет P%. Определить вероятность появления не более r бракованных деталей при обработке партии из деталей по тому же технологическому процессу. Из партии для контроля берется выборка из n деталей.

Методика выполнения работы:

1. Определите вероятность события, при котором в выборке (n – количество элементов выборки) будет присутствовать определенное количество бракованных образцов (r – количество бракованных образцов) по формуле:

$$p(Y=r)=\binom{n}{r}\cdot p^{r}\cdot(1-p)^{n-r},$$

где: p – процент брака,

$$\binom{n}{r}=\frac{n!}{r!\cdot(n-r)!}$$

Тогда вероятность наличия в партии не более r дефектных образцов будет равна:

$$P(r\le\ldots)=P_0+P_1+\ldots+P_r$$

Табл. 2.1. Исходные данные для выполнения работы

№	P,%	n	r
1	2	30	3
2	3	50	2

№	P,%	n	r
11	4	52	1
12	1	40	2

3	4	50	1
4	1	54	2
5	2	48	3
6	3	62	
7	4	20	2
8	1	52	1
9	2	20	2
10	3	34	3

13	2	54	3
14	3	68	2
15	4	24	2
16	6	12	1
17	2	42	2
18	3	64	1
19	1	55	3
20	1	28	3

Пример.

Задание: Пусть в некотором технологическом процессе получается P%=2 брака. Берется выборка из n=14 независимых деталей. Найдите вероятность того, что в этой выборке будет не более чем r=1 бракованная деталь.

Решение

Определим вероятность события, при котором в выборке (n=14) будет присутствовать только один бракованный образец по формуле:

$$p(Y=r)=\binom{n}{r}\cdot p^{n-r}\cdot(1-p)^{r},$$

где: p – процент брака, а

$$\binom{n}{r}=\frac{n!}{r!\cdot(n-r)!}$$

$$\binom{14}{1}=\frac{14!}{1!\cdot(14-1)!}=\frac{14!}{1!\cdot 13!}=\frac{13!\cdot 14}{1\cdot 13!}=\frac{14}{1}=14$$

$$P_1=\binom{14}{1}\cdot 0.98^{13}\cdot 0.02^{1}=\frac{14!}{13!\cdot 1!}\cdot 0.98^{13}\cdot 0.07^{1}=14\cdot 0.769\cdot 0.02=0.215$$

Определим вероятность того, что в этой выборке не окажется бракованных деталей:

$$P_0=\binom{14}{0}\cdot 0.98^{14}=\frac{14!}{14!\cdot 0!}\cdot 0.98^{14}=1\cdot 0.93^{14}=0.754$$

Вероятность наличия в партии не более одного дефектного образца:

$$P(r\le 1)=P_0+P_1=0,754+0.215=0.969$$

Практическое занятие № 3.
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:

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

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**
1	30,75	0,3	$31_{-0,5}$	100
2	28,86	0,3	$29_{-0.28}$	30
3	13.95	0.03	$14_{-0.1}$	70
4	17.93	0.04	$18_{-0.14}$	20
5	16,1	0,05	$16^{+0,2}$	75
6	30,14	0,05	$30^{+0,2}_{+0,1}$	68
7	14.25	0.03	$14^{+0,32}_{+0,25}$	50

№	μ	σ	размер	**n**
11	16,1	0,25	$16^{+0,2}$	80
12	30,14	0,05	$30^{+0,2}_{+0,1}$	56
13	43,05	0,04	$43^{+0,2}_{-0,1}$	45
14	11,2	0,2	$11^{+0,4}$	100
15	38,2	0,14	$38^{+0,3}_{+0,11}$	60
16	10,05	0,015	$10^{+0.1}$	40
17	14,3	0,02	$14^{+0,32}_{+0,25}$	100

8	18.14	0.04	$18^{+0,22}_{+0,14}$	60
9	63,74	0,5	$64_{-0.53}$	70
10	53,91	0,2	$54_{-0.18}$	20

18	18,18	0,02	$18^{+0,22}_{+0,14}$	60
19	15,9	0,2	$16_{-0.2}$	70
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 μ=22,92(мм), σ (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:

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

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

Границы интервала:

$$U_1 = \frac{23 - 22.92}{0.05} = 1.6 \qquad U_2 = \frac{22.84 - 22.92}{0,05} = -1.6$$

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)*40=36 деталей попадают в заданное поле допуска.

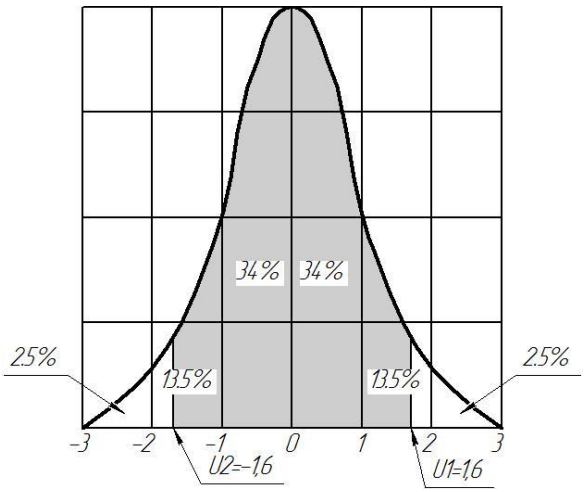

Рис. 3.1. Геометрическая интерпретация решения задачи.

Практическое занятие № 4.
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:

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

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

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

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:

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

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

$$b_0 = -5,625 \qquad b_1 = 0,344; \qquad b_2 = 3,25$$

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

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
ΔУ	0,71	0,05	0,21	0,55
$\Delta У^2$	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 № 5.

Оптимизация целевой функции в соответствии с заданным условием с учетом заданных ограничений

Цель работы: Ознакомиться с графическим методом решения задачи линейной оптимизации функции отклика, зависящей от двух факторов.

Формулировка задачи: Определить оптимальное значение целевой функции при заданных ограничениях.

Методика выполнения работы:

1. Составьте целевую функцию в соответствии с заданным условием.

2. Составьте систему границ и ограничений, описывающих область допустимых значений целевой функции в соответствии с заданным условием.

.3. Постройте график, на котором нанесите все границы и ограничения, составленные в п. 2.

4. Постройте целевую функцию с произвольным ее значением.

5. Перемещая целевую функцию параллельно самой себе в направлении оптимума, найдите точку решения.

6. В случае нецелочисленного решения определите точку решения с целыми значениями координат.

7. Определите значение целевой функции в точке решения.

Пример.

Задание: Составить план выпуска, обеспечивающий максимальную стоимость продукции. Участок выпускает два типа валов: вал №1 и вал №2. Оба вала изготавливаются из прутка, запасы которого на складе составляют 30 м. Для производства вала № 1 необходимо 380 мм прутка, а для вала № 2 - 420 мм. На изготовление вала № 1 необходимо 1,08 ст.ч., а на вал № 2 – 0,98 ст.ч. Оборудование на участке имеет фонд времени 82 ст.ч. Предприятие не может продать более чем 72 валов №1 и 30 валов №2 в сутки. Цена изготовленного вала №1 составляет 620 руб., а вала №2 - 710 руб.

Решение.

Обозначим искомое количество изделий вал №1 через X_1, а искомое количество изделий вал №2 через X_2. Сформируем целевую функцию, позволяющую определить максимальную стоимость продукции. Учитывая, что за одно изделие вал №1 возможно выручить 620 руб. то за X_1 изделий вал №1: $620 \cdot X_1$. За одно изделие вал №2 можно выручить 710 руб. следовательно, за X_2 изделий вал №2: $710 \cdot X_2$. Окончательно целевая функция будет иметь вид:

$$Z(X_1, X_2) = 620 \cdot X_1 + 710 \cdot X_2 \to \max$$

Сформируем систему ограничений по сырью, задающих область допустимых решений.

Ограничение по прутку. Данное ограничение показывает, что при расходе прутка при производстве одного изделия вал №1 - в количестве 380мм/1000=0,38 м, а также при производстве одного изделия вал №2 - в количестве 420 мм/1000=0,42 м общее количество расходуемого прутка не должно превысить 30м, имеющиеся на складе, т.е. $0,38 \cdot X_1 + 0,42 \cdot X_2 \le 30$.

Ограничение по трудоемкости. Данное ограничение показывает, что при трудоемкости изготовления одного изделия вал №1 - 1,08 ст.ч., а также при трудоемкости изготовления одного изделия вал №2 - 0,98 ст.ч. общая трудоемкость не должна превысить 82 ст.ч., т.е. $1,08 \cdot X_1 + 0,98 \cdot X_2 \le 82$.

Ограничение по количеству изделий. Здесь необходимо предусмотреть 4 ограничения, показывающих возможность реализации изделий, т.е. $X_1 \le 72$. $X_2 \le 30$, а также ограничения,

показывающих невозможность изготовления отрицательного количества изделий, т.е. $X_1 \geq 0$ и $X_2 \geq 0$.

Нарисуем в произвольном масштабе систему координат, в которой горизонтальная ось будет задавать количество изделий вал №1 (X_1), а вертикальная ось - количество изделий вал №2 (X_2). В данной системе координат нарисуем все границы и ограничения, предварительно поменяв знаки ≤ и ≥ на =:

1) $0,38 \cdot X_1 + 0,42 \cdot X_2 = 30$
2) $1,08 \cdot X_1 + 0,98 \cdot X_2 = 82$
3) $X_1 = 72$
4) $X_2 = 30$
5) $X_1 = 0$
6) $X_2 = 0$.

В таком виде все уравнения представляют собой уравнения прямых линии и их легко вычертить, определив точки их пересечения с осями координат.

Нарисуем целевую функцию внутри области допустимых значений. Для этого заменим уравнение целевой функции $Z(X_1, X_2) = 620 \cdot X_1 + 710 \cdot X_2 \to \max$ на $Z(X_1, X_2) = 620 \cdot X_1 + 710 \cdot X_2 = p$ и приравняем p=30000 (к произвольному целому числу). Для отыскания требуемого решения нарисованную целевую функцию будем перемещать параллельно самой себе вправо и вверх для отыскания **max** или влево и вниз для отыскания **min**.

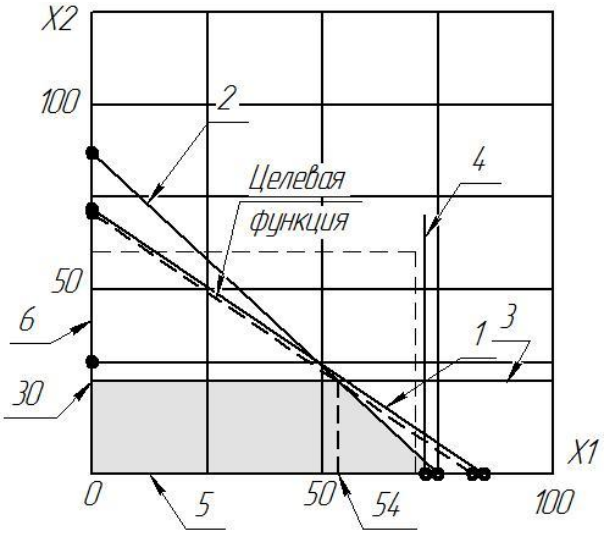

Рис. 5.1. Оптимизация целевой функции

Как видно из рисунка, максимальное значение целевой функции, при котором она не покинет область допустимых значений будет приблизительно в точке с координатами (54;30). Данная точка образована пересечением двух ограничений: $X_2 = 30$ и $1,08 \cdot X_1 + 0,98 \cdot X_2 = 82$. Подставив эти значения в целевую функцию, найдем решение поставленной задачи (54780 руб.).

Варианты 1,11

Составить суточный план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную цену продукции. Цех изготавливает валы (цена 150 руб) и втулки (цена 29 руб). В процессе механической обработки используются три вида станков: токарные, фрезерные и шлифовальные. Вал обрабатывается 12 мин. на токарном станке, 6 мин. на фрезерном станке

и 5 мин. на шлифовальном. Втулка обрабатывается 6 мин. на токарном станке, 8 мин. на фрезерном станке и 5 мин. на шлифовальном станке. Суточный фонд времени токарного станка 520 мин., фрезерного 450 мин., шлифовального 295 мин.

Варианты 2,12

Составить суточный план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную цену продукции. Участок изготавливает корпус в сборе №1 и корпус в сборе №2, цена которых составляет 550 руб и 752 руб соответственно. На корпус №1 идет 8 втулок, 28 гаек и 18 болтов М24×60. На корпус №2 идет 4 втулки, 18 гаек и 12 болтов М24×60. На складе запас втулок составляет 400 шт., гаек – 4500 шт. и 2500 болтов М24×60.

Варианты 3,13

Составить план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную прибыль. Цех изготавливает два типа изделий: изделие А и изделие Б. На одно изделие А тратится 1 кг стали 45, 4 кг Ст3 и 6 кг стали 35ХГСА. На одно изделие Б тратится 3 кг стали 45, 1 кг Ст3 и 2 кг стали 35ХГСА. Цена 1 кг стали 45 - 360 руб., Ст3 – 230 руб., стали 35ХГСА – 480 руб. На складе имеется запас стали 45 на 42000 руб., стали 3 на 35600 руб., стали 35ХГСА на 48000 руб. Себестоимость изделия А составляет 183 руб., изделия Б – 137 руб. Отпускная цена изделия А – 289 руб., изделия Б – 193 руб.

Варианты 4,14

Составить план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную прибыль. Цех располагает тремя видами сырья: сталь 45 - 15 кг., сплав ВК8 - 11 кг., медь - 6 кг. На одно сверло уходит 0,1 кг стали 45, 0,16 кг ВК8 и 0,07 кг меди. На один резец уходит 0,4 кг стали 45, 0,05 кг ВК8 и 0,1 кг меди. Прибыль от реализации одного сверла составляет 29 руб., а одного резца 56 руб.

Варианты 5,15

Составить план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную прибыль. Участок изготавливает два типа изделий: переходник и штуцер. На переходник тратится 0,05 кг стали 45, 0,02 кг Ст3 и 0,02 кг меди. На один штуцер тратится 0,04 кг стали 45, 0,035 кг Ст3 и 0,015 меди. Цена 1 кг стали 45 - 40 руб., Ст3 – 30, руб., медь – 180 руб. На складе имеется запас стали 45 на 4200 руб., стали Ст3 на 3560 руб., меди на 6800 руб. Себестоимость переходника составляет 10 руб., штуцера – 7 руб. Отпускная цена переходника – 17,9 руб., изделия Б – 14,8 руб.

Варианты 6,16

Составить план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную прибыль. Участок располагает тремя видами сырья: сталь 35 - 150 кг., сплав ВК8 - 90 кг., медь - 10 кг. На одну фрезу уходит 0,3 кг стали 45, 0,16 кг ВК8 и 0,1 кг меди. На один резец уходит 0,3 кг стали 45, 0,02 кг ВК8 и 0,04 кг меди. Прибыль от реализации одной фрезы составляет 39 руб., а одного резца 21 руб.

Варианты 7,17

Составить суточный план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную цену продукции. Цех изготавливает валы (цена 190 руб.) и втулки специальные (цена 120 руб.). В процессе механической обработки используются три вида станков: токарные, фрезерные и шлифовальные. Вал обрабатывается 7 мин на токарном станке, 9 мин на фрезерном станке и 6 мин. на шлифовальном. Втулка специальная обрабатывается 13 мин на токарном станке, 5 мин на фрезерном станке и 5 мин на шлифовальном станке. Суточный фонд времени токарного станка 680 мин, фрезерного 450 мин, шлифовального 330 мин.

Варианты 8,18

Составить план выпуска кронштейнов и подвесок в смену, обеспечивающий максимальную выручку. Отпускная цена кронштейна – 110 руб., подвески – 180 руб. Для кронштейна используют 0,7 м уголка №30 и 0,3 м, подвески – 0,56 м уголка №30 и 0,5 м уголка №40. На складе в наличии уголка №30 – 300 м, уголка №40 – 400 м. Заготовлено деталей для изготовления кронштейнов – 40 комплектов, подвесок – 60 комплектов.

Варианты 9,19

Составить план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную прибыль. Участок изготавливает два типа изделий: изделие А и изделие Б. На одно изделие А тратится 1 кг стали 45, 4 кг стали 3 и 6 кг стали 35ХГСА. На одно изделие Б тратится 3 кг стали 45, 1 кг стали 3 и 2 кг стали 35ХМ. Цена 1 кг стали 45 - 40 руб., стали 3 – 30 руб., стали 35ХГСА – 52 руб. На складе имеется запас стали 45 на 6200 руб., стали 3 - на 5560 руб., стали 35ХГСА - на 4800 руб. Себестоимость изделия А составляет 18 руб., изделия Б – 250 руб. Отпускная цена изделия А – 389 руб., изделия Б – 403 руб.

Варианты 10, 20

Составить суточный план выпуска продукции, обеспечивающий максимальную цену продукции. Участок изготавливает заглушки (цена 60 руб) и сапуны (цена 99 руб). В процессе механической обработки используются три вида станков: токарные, фрезерные и шлифовальные. Заглушка обрабатывается 2 мин. на токарном станке, 2,2 мин. на фрезерном станке и 0,5 мин. на сверлильном. Корпус сапуна обрабатывается 4 мин. на токарном станке, 3,1 мин. на фрезерном станке и 1,5 мин. на сверлильном станке. Суточный фонд времени токарного станка 520 мин., фрезерного 450 мин., сверлильного 595 мин.

Практическое занятие № 6.
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).

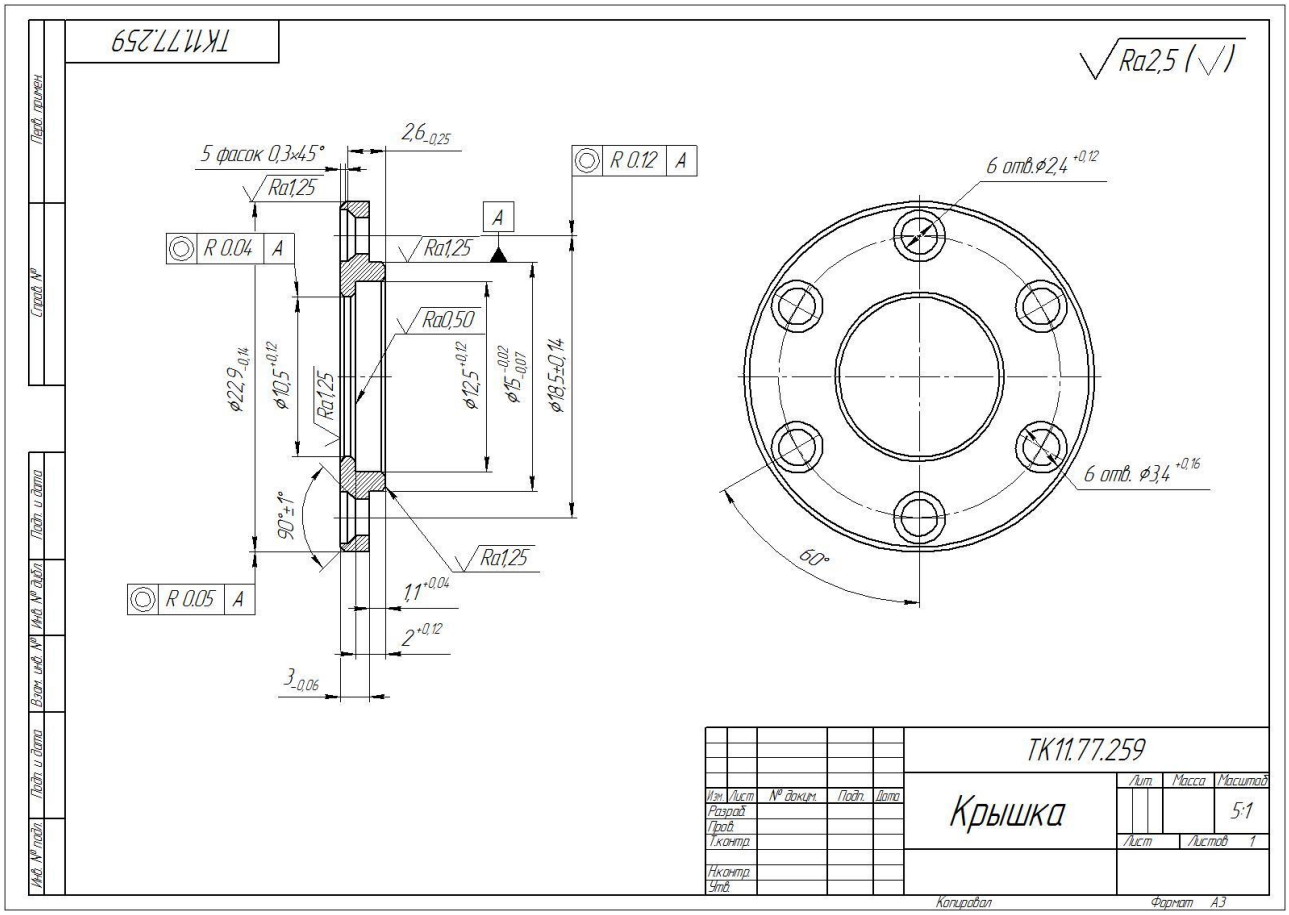

Рис. 6.1. Исходный чертеж крышки (задание)

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. Асимметричными 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).

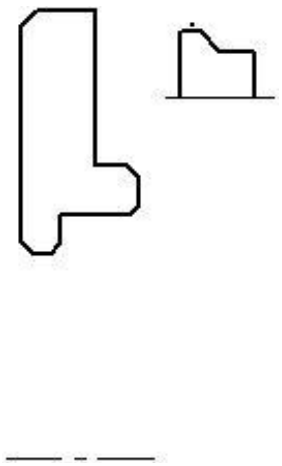

Рис. 6.2. Эскизы для построения основного тела детали вращением и вырезания нецентрального отверстия вырезанием вращения.

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 (⌀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 № 7.
Разработка алгоритма построения 3D-модели корпусной детали

Цель работы: Ознакомиться с примитивами и методами построения 3D-модели корпусной детали.

Формулировка задачи: Разработать алгоритм построения 3D-модели корпусной детали 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. На основе анализа

построить эскизы, определяющие основные размеры модели и форму элементов детали с учетом основного метода получения элементов детали «Выдавливанием».

3. На основе анализа конструкции детали 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 (обрабатывающего центра).

5. Описать алгоритм построения детали.

Пример.

Задание: Составить алгоритм построения 3D-модели крышки. Чертеж основания фрезерной головки прилагается.

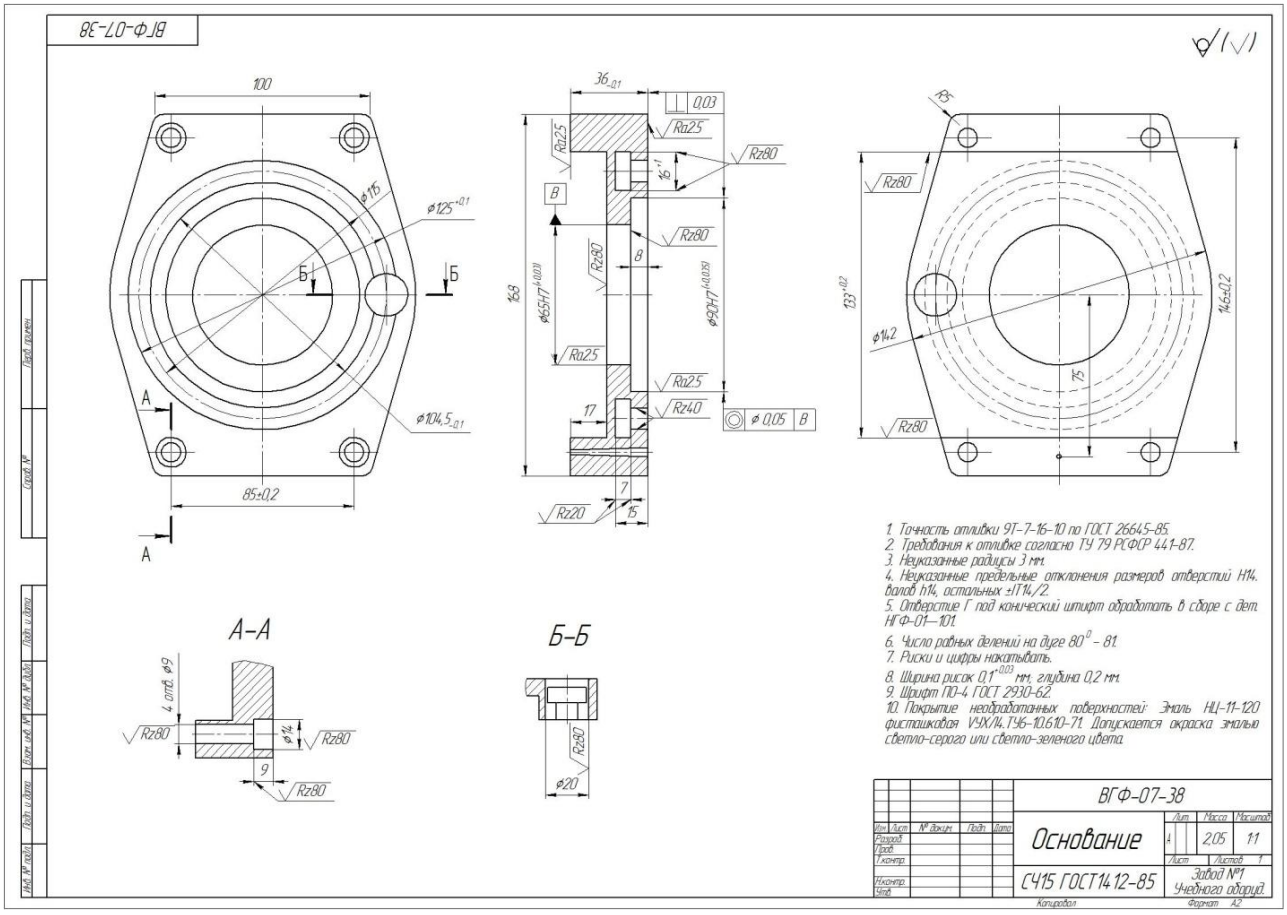

Рис. 7.1. Исходный чертеж основания (задание)

Решение.

1. Деталь корпусная (рис. 7.1), имеет форму неправильного шестигранника. В основании имеется ступенчатое отверстие, состоящее из цилиндрических, плоских (торцевых) и конических элементов (фасок) без ассиметричных элементов и фасонный кольцевой паз с той же осью, что и центральное отверстие. Асимметричными элементами являются два отверстия ⌀20 и коническое. Также в детали имеется четыре сквозных ступенчатых отверстия, расположенных по углам основания (симметрия 2х2).

2. Основное тело детали может быть получено выдавливанием сечения основания на длину 142 вдоль оси X, поэтому в один эскиз объединяем элементы описывающие наружный контур детали. Нецентральные отверстия в детали сквозные, поэтому они могут быть получены за одну операцию вырезания выдавливанием, поэтому во второй эскиз объединяем

элементы описывающие четыре отверстия ⌀9 и отверстие ⌀20 и эскиз для обрезки шестигранного контура. Так как фасонный кольцевой паз и ступенчатое центральное отверстие имеют одну ось, вокруг которой их сечения необходимо вращать объединяем эскизы сечений паза и отверстия и ось, вокруг которой будет производиться вращение этих сечений в один эскиз (третий). В четвертый эскиз объединяем эскизы углублений отверстиях ⌀9 (выдерживаем размеры 133 и 85), так как они имеют одинаковую глубину. В последний (пятый эскиз) включаем эскиз конического отверстия (рис. 7.2).

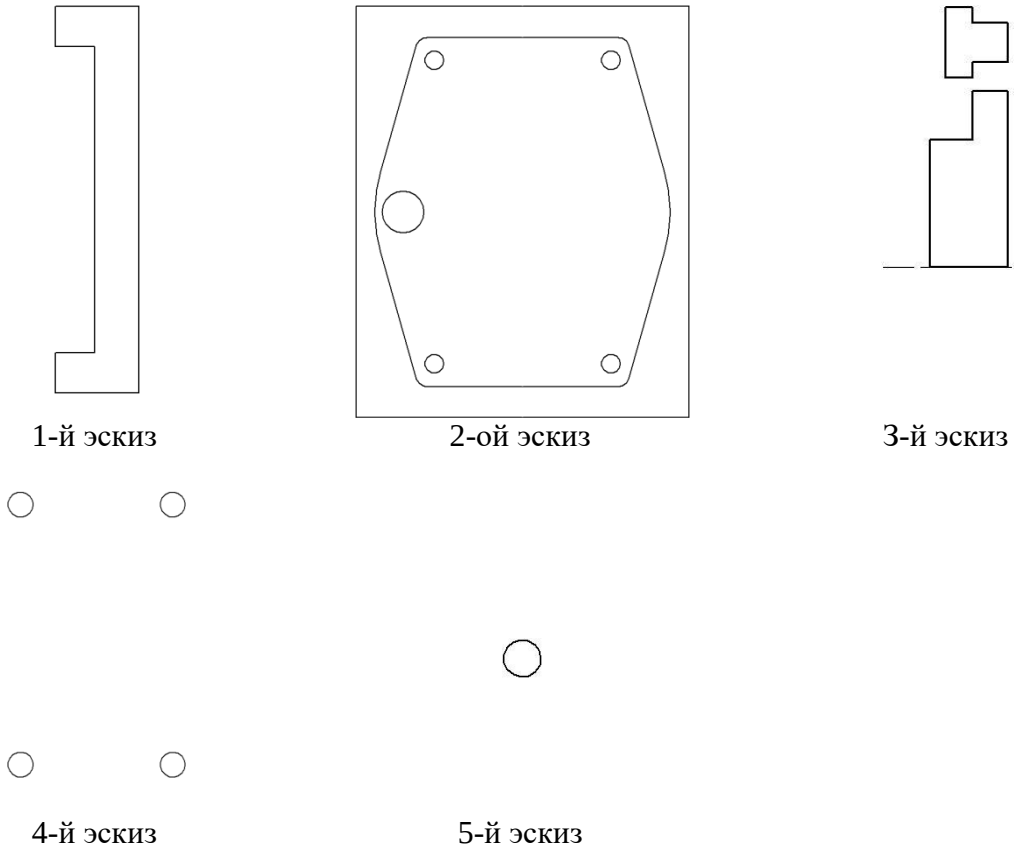

Рис. 7.2. Эскизы для построения детали «Основание»

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 ZOY, чтобы плоскости с наибольшими габаритными размерами были горизонтальными, плоскость симметрии детали в этом случае будет вертикальная и оси отверстий и паза тоже, что позволит применить обрабатывающий центр с ЧПУ для изготовления детали. Для второго эскиза выбираем верхнюю плоскость детали. Так как кольцевой паз и центральное отверстие будет получать, вращая сечения вокруг общей оси этих элементов, то эта ось должна по направлению совпадать с осью OX, третий эскиз будем строить либо в плоскости XOY, либо в плоскости XOZ, они в данном случае равноценны, так как отверстия симметричны. четвертый эских будем строить на той же плоскости, что и второй, так как именно от этой плоскости задана глубина этих отверстий 9 мм. Пятый эскиз строим на той же плоскости, что и четвертый.

4. Алгоритм построения детали.

- на плоскости ZOY строим эскиз сечения детали (первый эскиз), при этом линия пересечения плоскостей симметрии детали должна совпадать с осью XO;
- при помощи операции "Выдавливание" (в двух направлениях на расстояние 71) получаем основное тело детали;

- выбираем верхнюю плоскость детали и на ней строим эскиз для обрезки контура и детали и вырезки отверстий (второй эскиз);
- при помощи операции "Вырезать элемент выдавливанием" получаем наружный контур детали и отверстия;
- на плоскости XOZ строим эскизы сечений центрального отверстия и кольцевого паза (третий эскиз), ось эскиза должна совпадать с плоскостью симметрии детали);
- при помощи операции "Вырезать элемент вращения" получаем отверстие и паз в теле детали;
- на верхней плоскости детали выполняем эскиз углублений в четырех отверстиях, так чтобы их оси совпадали с осями отверстий ⌀9;
- при помощи операции "Вырезать элемент выдавливанием" на глубину 9 мм получаем четыре отверстия;
- на верхней плоскости детали выполняем эскиз конического отверстия (пятый эскиз);
- при помощи операции " Вырезать элемент выдавливанием" на глубину 38 мм, установив угол конуса 2 град. получаем коническое отверстие;
- для получения МЦХ детали вводим в соответствующее окно материал детали СЧ13 и получаем расчетные параметры (кратко): массу детали, ее объем, центр масс и др.

Практическое занятие № 8.
Разработка алгоритма построения 3D-модели сборочной единицы

Цель работы: Ознакомиться с принципами построения сборочных единиц, наложения позиционирующих сопряжений.

Формулировка задачи: Разработать алгоритм построения 3D-модели сборочной единицы в системе КОМПАС.

Методика выполнения работы:

1. Изучить чертеж сборочной единицы. Произвести анализ ее конструктивной формы, взаимное расположение деталей, выявить необходимость наложения позиционирующих сопряжений[3].

2. Выявить последовательность размещения деталей в сборочной единице с точки зрения правильности и удобства наложения позиционирующих связей.

3. Подробно описать алгоритм создания сборочной единицы.

Пример.

Задание: Составить алгоритм построения 3D-модели сборочной единицы «Съемник». Чертеж сборочной единицы прилагается.

[3] 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.

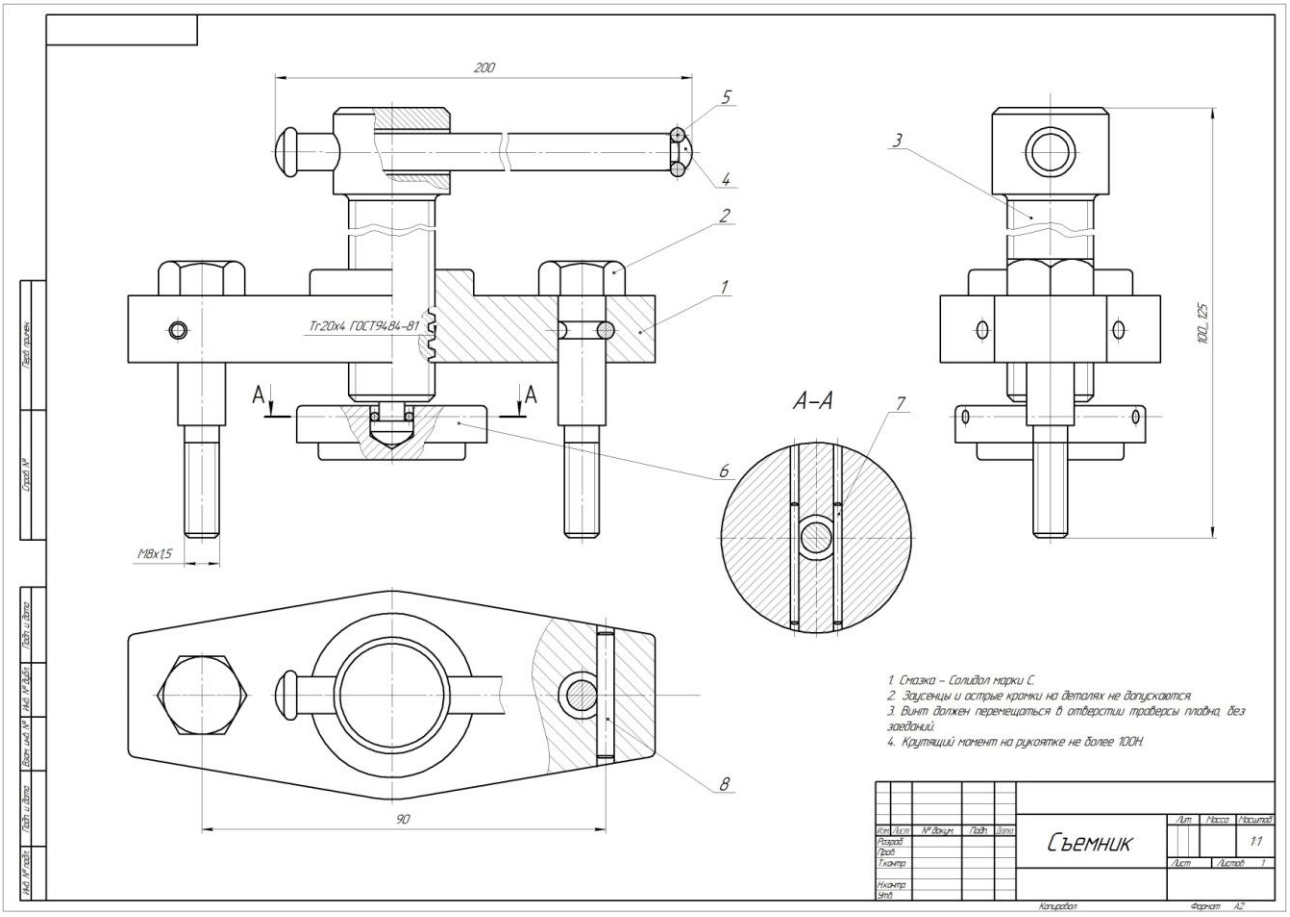

Рис. 7.1. Исходный чертеж сборочной единицы «Съемник»: 1 – траверса; 2 – болт (2 шт.); 3 – винт; 4 – ручка; 5 – кольцо; 6 – пята; 7 – штифт (2 шт); 8 – штифт (2 шт).

Решение.

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