

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.Ф.Дядик, Т.А.Байдали

СБОРНИК ЗАДАНИЙ
к выполнению лабораторных работ по курсу
«Статистические методы контроля и управления»

Практикум

Томск 2006

УДК 519.2

ББК 22.17

Дядик В.Ф., Байдали Т.А.

Сборник заданий к выполнению лабораторных работ по курсу
Статистические методы контроля и управления: Практикум -
Томск: Изд-во ТПУ, 2006 г. 81с.

Пособие предназначено для приобретения навыков экспериментального определения оценок статистических характеристик случайных величин, случайных процессов и их применения при разработке систем автоматического контроля и управления технологическими процессами. Содержит также задания к лабораторным работам, выполнение которых поможет студентам овладеть статистическими методами планирования экспериментов и обработки их результатов. Предназначено для студентов очного обучения специальности 140306 "Электроника и автоматика физических установок".

УДК 519.2

ББК 22.17

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензенты:

Кандидат физ.- мат. наук,
доцент кафедры ВМиМФ ТПУ.

М.Л. Шинкеев

ISBN

© Томский политехнический университет
© Оформление. Издательство ТПУ, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лабораторная работа №1</i>	6
<i>Тема: " Оценка законов распределения случайных величин "</i>	6
<i>Варианты 1-20</i>	7
<i>Лабораторная работа №2</i>	8
<i>Тема: «Эмпирическая плотность распределения</i>	8
<i>(гистограмма выборки) случайной величины»</i>	8
<i>Вариант 1</i>	9
<i>Вариант 2</i>	9
<i>Вариант 3</i>	10
<i>Вариант 4</i>	10
<i>Вариант 5</i>	11
<i>Вариант 6</i>	11
<i>Вариант 7</i>	12
<i>Вариант 8</i>	12
<i>Вариант 9</i>	13
<i>Вариант 10</i>	13
<i>Вариант 11</i>	14
<i>Вариант 12</i>	14
<i>Вариант 13</i>	15
<i>Вариант 14</i>	15
<i>Вариант 15</i>	16
<i>Вариант 16</i>	16
<i>Вариант 17</i>	17
<i>Вариант 18</i>	17
<i>Вариант 19</i>	18
<i>Вариант 20</i>	18
<i>Лабораторная работа №3</i>	19
<i>Тема: «Оценивание характеристик систем случайных величин»</i> 19	
<i>Вариант 1</i>	21
<i>Вариант 2</i>	21
<i>Вариант 3</i>	21
<i>Вариант 4</i>	21
<i>Вариант 5</i>	21
<i>Вариант 6</i>	22
<i>Вариант 7</i>	22
<i>Вариант 8</i>	22
<i>Вариант 9</i>	22
<i>Вариант 10</i>	22

<i>Вариант 11</i>	23
<i>Вариант 12</i>	23
<i>Вариант 13</i>	23
<i>Вариант 14</i>	23
<i>Вариант 15</i>	23
<i>Вариант 16</i>	24
<i>Вариант 17</i>	24
<i>Вариант 18</i>	24
<i>Вариант 19</i>	24
<i>Вариант 20</i>	24
<i>Лабораторная работа №4</i>	25
<i>Тема: «Оценка автокорреляционной функции. Экспоненциальное сглаживание»</i>	25
<i>Вариант 1</i>	26
<i>Вариант 2</i>	26
<i>Вариант 3</i>	26
<i>Вариант 4</i>	26
<i>Вариант 5</i>	27
<i>Вариант 6</i>	27
<i>Вариант 7</i>	27
<i>Вариант 8</i>	27
<i>Вариант 9</i>	28
<i>Вариант 10</i>	28
<i>Вариант 11</i>	28
<i>Вариант 12</i>	28
<i>Вариант 13</i>	29
<i>Вариант 14</i>	29
<i>Вариант 15</i>	29
<i>Вариант 16</i>	29
<i>Вариант 17</i>	30
<i>Вариант 18</i>	30
<i>Практическое занятие №5</i>	31
<i>Тема: " Планирование экспериментов. Планы первого порядка"</i> ..	31
<i>Вариант 1</i>	32
<i>Вариант 2</i>	33
<i>Вариант 3</i>	34
<i>Вариант 4</i>	35
<i>Вариант 5</i>	36
<i>Вариант 6</i>	37
<i>Вариант 7</i>	38

<i>Вариант 8</i>	39
<i>Вариант 9</i>	40
<i>Вариант 10</i>	41
<i>Вариант 11</i>	42
<i>Вариант 12</i>	43
<i>Вариант 13</i>	44
<i>Вариант 14</i>	45
<i>Вариант 15</i>	46
<i>Вариант 16</i>	47
<i>Вариант 17</i>	48
<i>Вариант 18</i>	49
<i>Вариант 19</i>	50
<i>Вариант 20</i>	51
<i>Лабораторная работа №6</i>	52
<i>Тема: " Планирование экспериментов. Планы второго порядка"</i>	52
<i>Вариант 1</i>	53
<i>Вариант 2</i>	55
<i>Вариант 3</i>	57
<i>Вариант 4</i>	59
<i>Вариант 5</i>	61
<i>Вариант 6</i>	63
<i>Вариант 7</i>	65
<i>Вариант 8</i>	67
<i>Вариант 9</i>	69
<i>Вариант 10</i>	71
<i>Вариант 11</i>	73
<i>Вариант 12</i>	74
<i>Приложение 1</i>	75
<i>Распределение Стьюдента при вероятности ошибки α для</i> <i>двухстороннего критерия, равной 0,05</i>	75
<i>χ^2 – распределение ($\beta = 0,95$)</i>	76
<i>Приложение 2</i>	77
<i>Доверительные границы для коэффициента корреляции</i>	77
<i>Приложение 3</i>	78
<i>Критерий Кохрена при $q=0,05$</i>	78
<i>Критерий Стьюдента</i>	79
<i>Критерий Фишера при $q=0,05$</i>	80
<i>Приложение 4</i>	81
<i>Значения α и общее число опытов</i>	81

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: " Оценка законов распределения случайных величин "

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все основные определения и формулы для оценки законов распределения случайной величины.
2. Выписать из таблицы 1 согласно номера варианта выборку случайной величины X .
3. Выполнить задание.

Задание

1. Записать выборку в виде вариационного ряда.
2. Образовать статистический ряд в виде таблицы. Построить полигон частот выборки (графическое изображение статистического ряда).
3. Записать эмпирическую функцию распределения в виде таблицы и в аналитическом виде. Построить диаграмму накопления частот – эмпирическую функцию распределения.

Таблица 1

Варианты 1-20	Выборка случайной величины X.														
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
1	5	3	7	10	5	5	2	10	7	2	7	7	4	2	4
2	1	5	6	8	1	4	1	1	3	4	5	6	8	6	5
3	8	3	2	2	3	3	5	6	8	6	3	5	6	2	10
4	6	9	6	5	5	8	9	4	6	9	4	5	2	8	6
5	4	1	7	9	4	3	5	3	9	3	9	3	5	9	4
6	8	9	6	3	5	7	9	6	7	9	7	5	7	6	9
7	3	4	5	2	2	4	3	4	9	5	8	3	5	4	9
8	6	1	7	8	6	1	9	7	7	1	8	7	8	4	6
9	5	3	10	5	3	5	10	6	3	10	8	2	8	2	10
10	3	5	7	1	9	3	5	10	1	9	3	9	7	3	5
11	1	3	8	10	1	1	2	10	8	4	8	8	4	2	4
12	2	5	6	9	2	4	2	2	3	4	5	6	9	6	5
13	8	3	2	2	3	3	4	7	8	7	3	4	7	2	10
14	7	10	7	5	5	8	10	4	7	8	10	5	2	4	7
15	4	2	7	9	7	3	5	3	9	3	9	3	5	9	7
16	8	10	3	3	5	6	5	6	7	10	6	5	6	8	10
17	3	4	5	2	9	4	3	4	9	5	8	3	2	4	9
18	6	1	7	2	6	1	6	1	9	1	2	7	2	4	6
19	5	3	10	5	3	5	5	6	3	10	8	2	8	2	10
20	2	5	7	1	9	2	5	10	1	9	2	9	7	2	5

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: «Эмпирическая плотность распределения (гистограмма выборки) случайной величины»

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все основные формулы для расчета статистического распределения выборки и проверки гипотезы о соответствии распределения случайной величины нормальному закону распределения.
2. Выписать согласно номера варианта дискретную выборку полученную в результате квантования непрерывного сигнала.
3. Выполнить задание.

Задание

1. Произвести расчет статистического распределения выборки.
2. Результат представить в виде таблицы

Таблица 1

i	Интервал	Элементы	V_i	$f(x_i)$
-----	----------	----------	-------	----------

3. Проверить гипотезу о нормальном распределении генеральной совокупности по критерию Пирсона на основании заданного эмпирического распределения.

4. Результат представить в виде таблиц 2 и 3:

Таблица 2

i	x_i	u_i	$\varphi(u_i)$	V_i'
-----	-------	-------	----------------	--------

Таблица 3

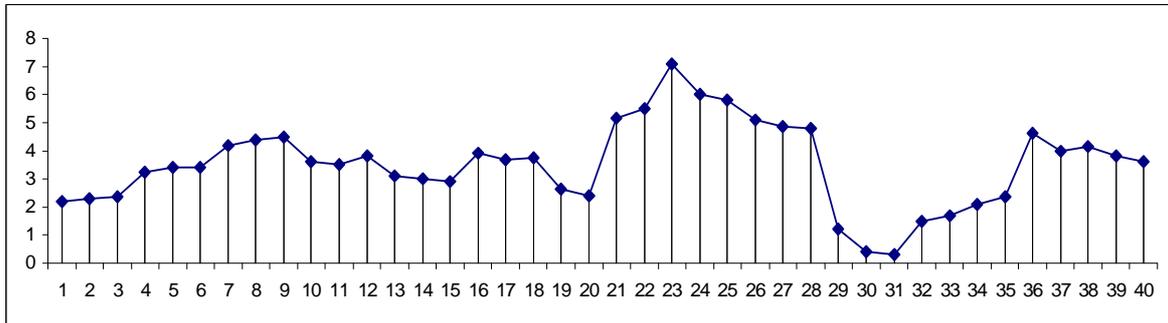
i	V_i	V_i'	$V_i - V_i'$	$(V_i - V_i')^2$	$\frac{(V_i - V_i')^2}{V_i'}$
-----	-------	--------	--------------	------------------	-------------------------------

5. Построить гистограмму выборки – эмпирическую плотность распределения – $f(x_i)$ и теоретическую нормальную кривую, если гипотеза о нормальном распределении генеральной совокупности из которой взята данная выборка принимается.

Вариант 1

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

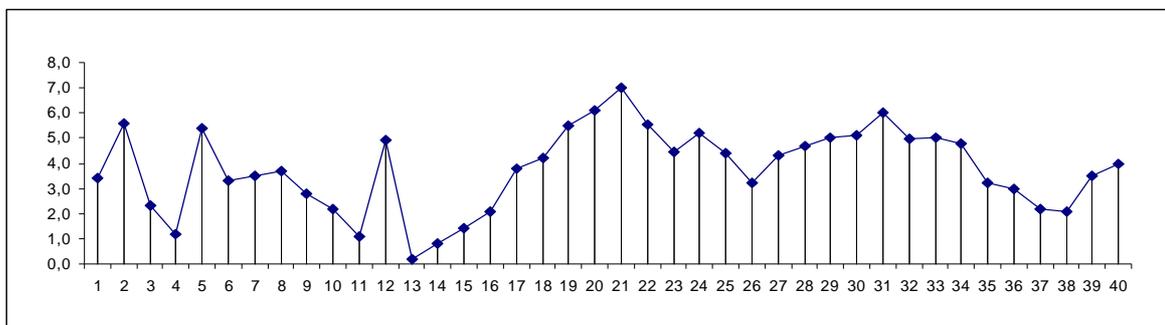
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
2,20	2,30	2,35	3,25	3,40	3,42	4,20	4,40	4,50	3,60	3,50	3,83	3,10	3,00
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
2,90	3,90	3,68	3,75	2,63	2,41	5,15	5,50	7,10	6,00	5,80	5,10	4,85	4,80
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
1,20	0,40	0,30	1,50	1,70	2,10	2,37	4,63	4,00	4,15	3,80	3,60		



Вариант 2

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

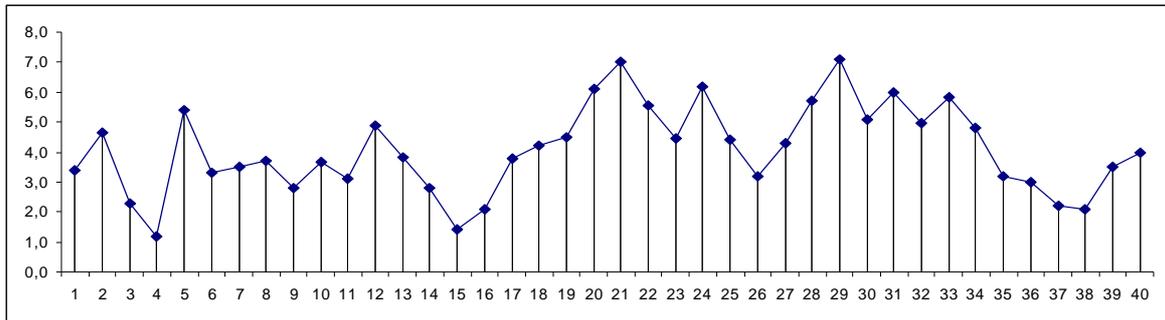
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,40	5,60	2,30	1,20	5,40	3,30	3,50	3,70	2,80	2,20	1,10	4,90	0,20	0,80
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
1,40	2,10	3,80	4,20	5,50	6,10	7,00	5,55	4,45	5,20	4,40	3,20	4,30	4,70
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
5,00	5,10	6,00	4,98	5,00	4,80	3,20	3,00	2,20	2,10	3,50	4,00		



Вариант 3

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

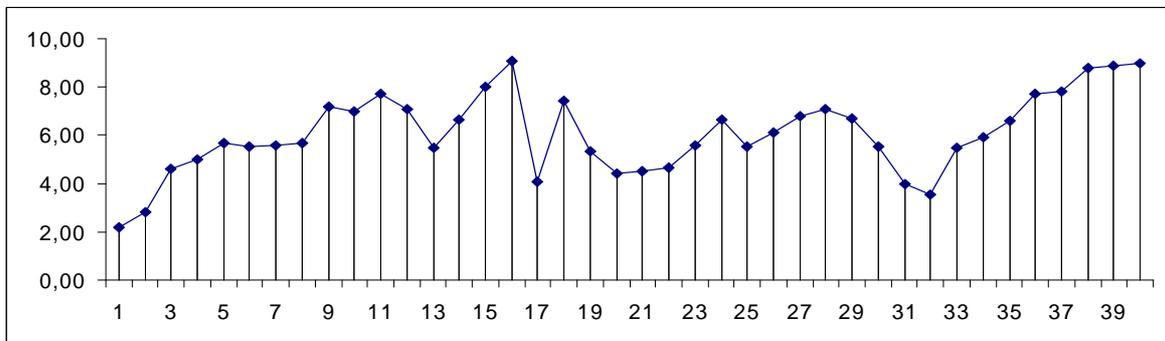
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,40	4,66	2,30	1,20	5,40	3,30	3,50	3,70	2,80	3,67	3,10	4,90	3,82	2,80
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
1,40	2,10	3,80	4,20	4,50	6,10	7,00	5,55	4,45	6,20	4,40	3,20	4,30	5,70
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
7,10	5,10	6,00	4,98	5,83	4,80	3,20	3,00	2,20	2,10	3,50	4,00		



Вариант 4

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

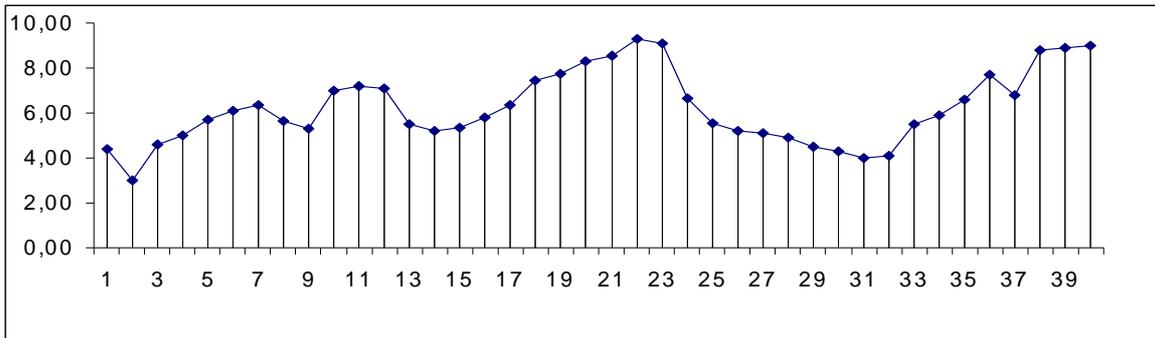
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
2,20	2,80	4,60	5,00	5,70	5,55	5,60	5,66	7,20	7,00	7,70	7,10	5,50	6,67
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
8,00	9,10	4,10	7,43	5,34	4,44	4,50	4,67	5,60	6,66	5,55	6,10	6,80	7,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
6,70	5,55	4,00	3,55	5,50	5,90	6,60	7,70	7,80	8,80	8,90	9,00		



Вариант 5

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

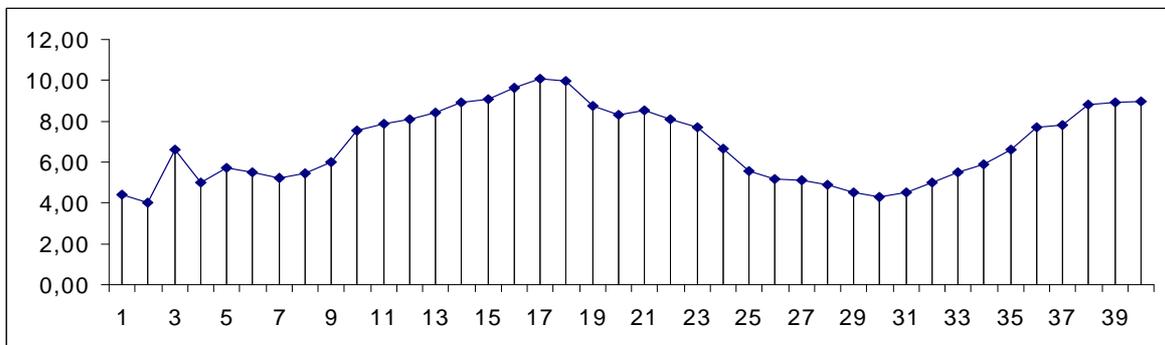
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	X9	x10	x11	x12	x13	x14
4,40	3,00	4,60	5,00	5,70	6,11	6,33	5,66	5,32	7,00	7,20	7,10	5,50	5,22
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
5,34	5,78	6,34	7,43	7,76	8,30	8,55	9,30	9,11	6,66	5,55	5,20	5,10	4,89
X29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,00	4,10	5,50	5,90	6,60	7,70	6,80	8,80	8,90	9,00		



Вариант 6

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

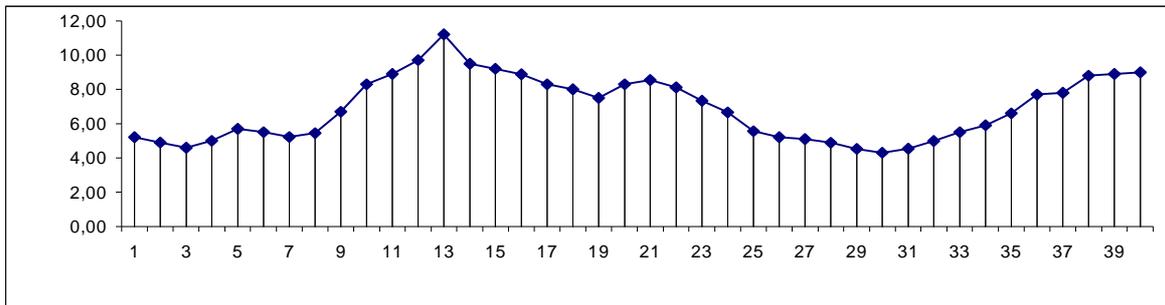
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
4,40	4,00	6,60	5,00	5,70	5,50	5,22	5,45	5,98	7,54	7,87	8,10	8,40	8,90
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
9,10	9,65	10,1	9,99	8,77	8,30	8,55	8,11	7,70	6,66	5,55	5,20	5,10	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,54	4,99	5,50	5,90	6,60	7,70	7,80	8,80	8,90	9,00		



Вариант 7

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

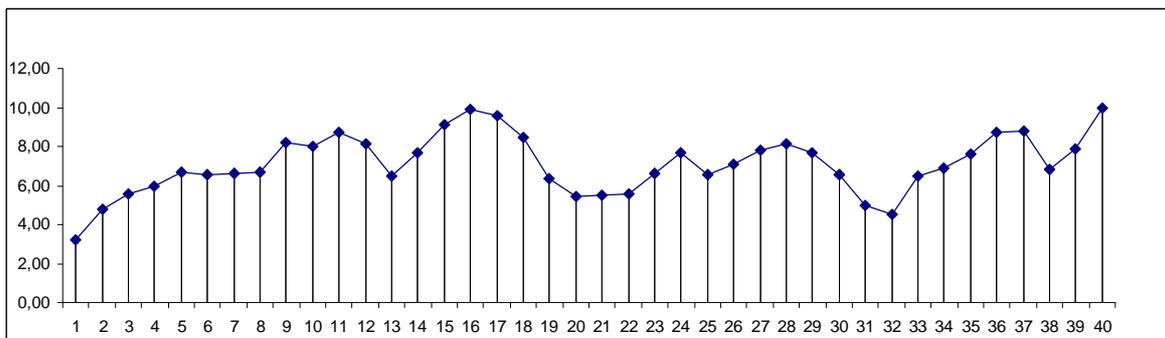
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
5,20	4,90	4,60	5,00	5,70	5,50	5,22	5,45	6,70	8,30	8,90	9,70	11,2	9,50
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
9,20	8,88	8,30	8,0	7,5	8,3	8,55	8,11	7,34	6,66	5,55	5,20	5,10	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,54	4,99	5,50	5,90	6,60	7,70	7,80	8,8	8,9	9,0		



Вариант 8

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

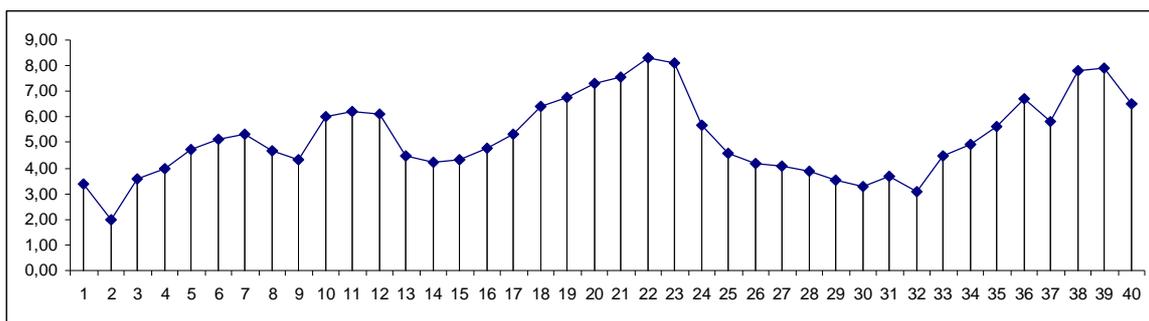
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,20	4,80	5,60	6,00	6,70	6,55	6,60	6,66	8,20	8,00	8,70	8,10	6,50	7,67
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
9,10	9,90	9,55	8,43	6,34	5,44	5,50	5,56	6,60	7,66	6,55	7,10	7,80	8,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
7,70	6,55	5,00	4,55	6,50	6,90	7,60	8,70	8,80	6,80	7,90	10,00		



Вариант 9

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

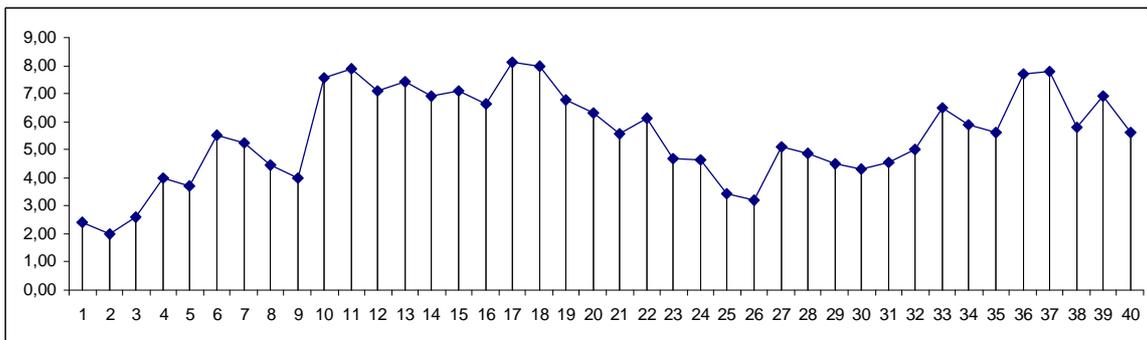
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	X9	x10	x11	x12	x13	x14
3,40	2,00	3,60	4,00	4,70	5,11	5,33	4,66	4,32	6,00	6,20	6,10	4,50	4,22
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
4,34	4,78	5,34	6,43	6,76	7,30	7,55	8,30	8,11	5,66	4,55	4,20	4,10	3,89
X29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
3,52	3,30	3,70	3,10	4,50	4,90	5,60	6,70	5,80	7,80	7,90	6,50		



Вариант 10

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

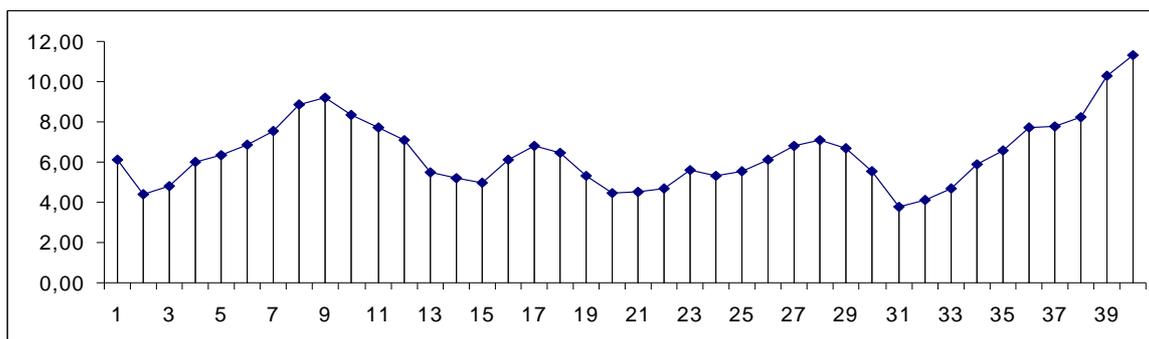
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	X9	x10	x11	x12	x13	x14
2,40	2,00	2,60	4,00	3,70	5,50	5,22	4,45	3,98	7,54	7,87	7,10	7,40	6,90
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,10	6,65	8,10	7,99	6,77	6,30	5,55	6,11	4,70	4,66	3,45	3,20	5,10	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,54	4,99	6,50	5,90	5,60	7,70	7,80	5,80	6,90	5,60		



Вариант 11

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

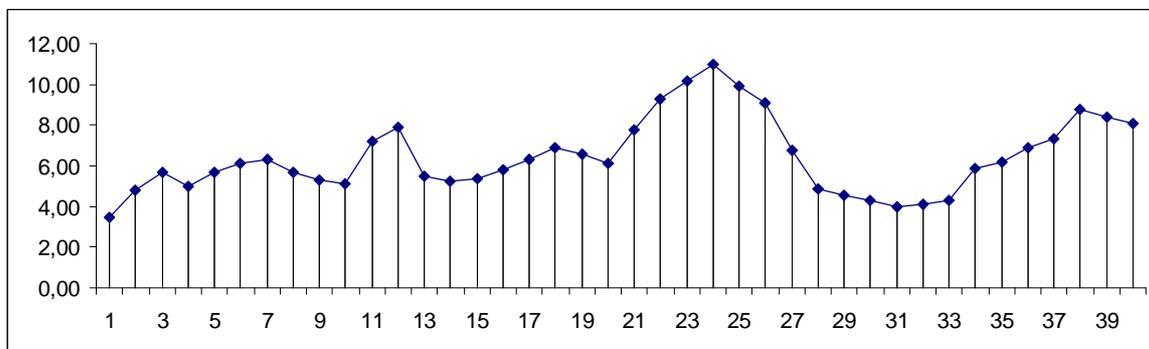
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
6,10	4,40	4,80	5,98	6,33	6,88	7,55	8,83	9,21	8,34	7,70	7,10	5,50	5,20
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
5,00	6,10	6,80	6,43	5,34	4,44	4,50	4,67	5,60	5,32	5,55	6,10	6,80	7,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
6,70	5,55	3,76	4,10	4,67	5,90	6,60	7,70	7,80	8,21	10,3	11,3		



Вариант 12

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

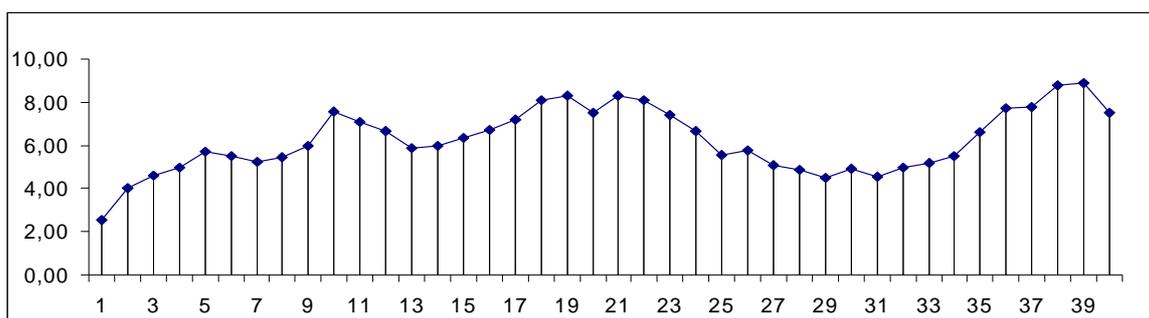
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,50	4,80	5,70	5,00	5,70	6,11	6,33	5,66	5,32	5,11	7,20	7,89	5,50	5,22
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
5,34	5,78	6,34	6,90	6,54	6,10	7,77	9,30	10,2	10,98	9,94	9,10	6,78	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,00	4,10	4,30	5,90	6,20	6,89	7,30	8,80	8,40	8,10		



Вариант 13

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

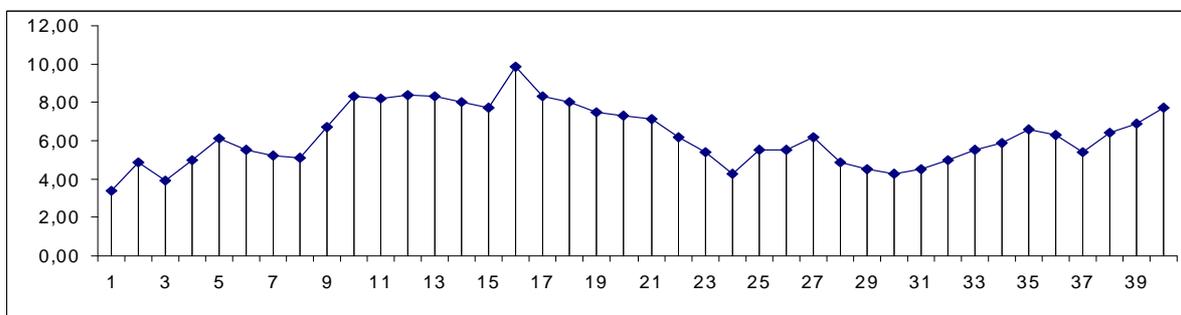
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
2,56	4,00	4,60	5,00	5,70	5,50	5,22	5,45	5,98	7,54	7,10	6,67	5,89	5,98
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
6,34	6,70	7,20	8,10	8,30	7,50	8,30	8,11	7,40	6,66	5,55	5,78	5,10	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,90	4,54	4,99	5,20	5,50	6,60	7,70	7,80	8,80	8,90	7,50		



Вариант 14

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

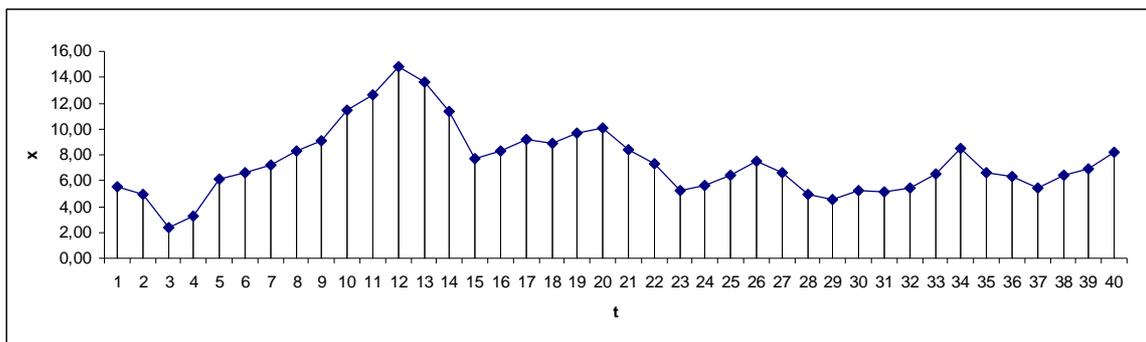
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,40	4,90	3,90	5,00	6,10	5,50	5,22	5,10	6,70	8,30	8,20	8,40	8,30	8,00
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,73	9,88	8,30	8,00	7,50	7,30	7,10	6,20	5,40	4,30	5,55	5,50	6,20	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	4,30	4,54	4,99	5,50	5,90	6,60	6,30	5,40	6,40	6,90	7,70		



Вариант 15

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

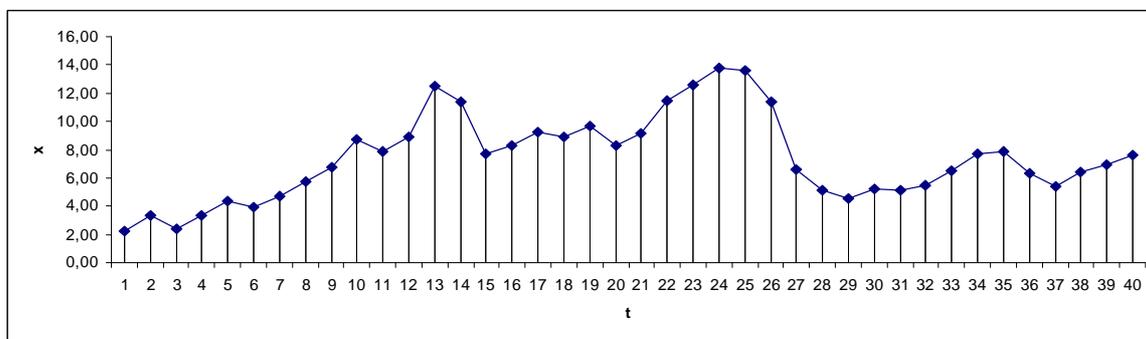
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
5,50	4,90	2,40	3,30	6,10	6,60	7,20	8,30	9,12	11,5	12,6	14,8	13,6	11,4
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,73	8,3	9,2	8,9	9,7	10,1	8,40	7,30	5,20	5,60	6,40	7,50	6,60	4,89
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	5,20	5,10	5,45	6,54	8,50	6,60	6,30	5,40	6,40	6,90	8,20		



Вариант 16

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

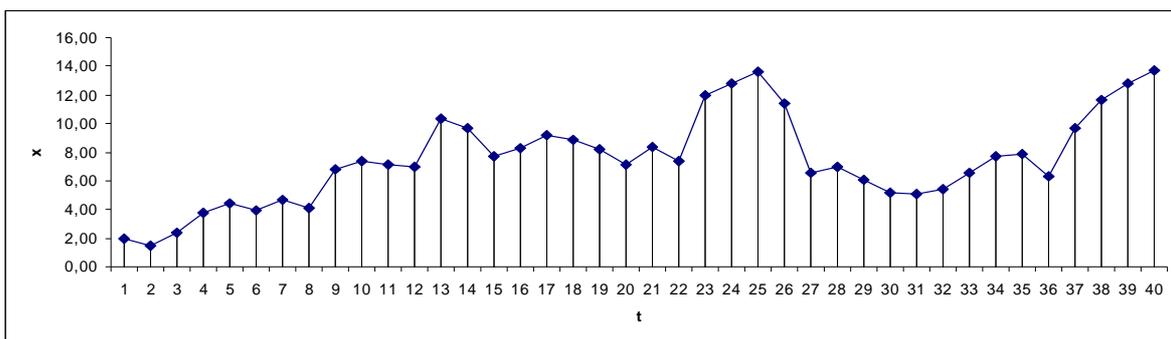
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
2,20	3,30	2,40	3,30	4,40	3,90	4,67	5,70	6,80	8,70	7,90	8,90	12,5	11,4
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,73	8,30	9,20	8,90	9,70	8,30	9,12	11,5	12,6	13,8	13,6	11,4	6,60	5,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
4,52	5,20	5,10	5,45	6,54	7,70	7,90	6,30	5,40	6,40	6,90	7,60		



Вариант 17

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

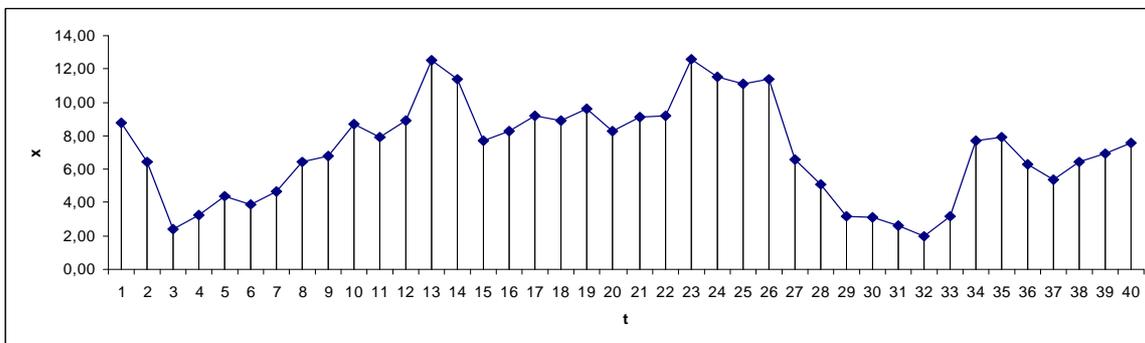
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
1,99	1,45	2,40	3,80	4,40	3,90	4,67	4,11	6,80	7,40	7,10	7,00	10,3	9,65
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,73	8,30	9,20	8,90	8,20	7,10	8,34	7,42	12,02	12,78	13,60	11,40	6,60	6,97
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
6,10	5,20	5,10	5,45	6,54	7,70	7,90	6,30	9,65	11,65	12,78	13,7		



Вариант 18

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

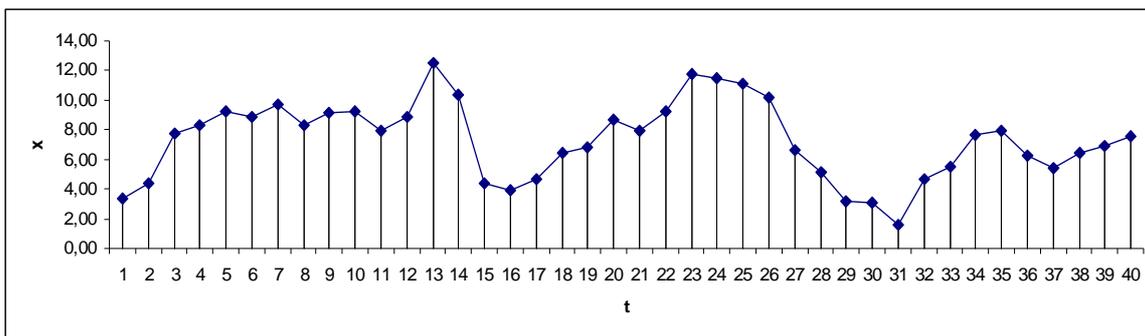
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
8,80	6,45	2,40	3,25	4,40	3,90	4,67	6,45	6,80	8,70	7,90	8,90	12,5	11,4
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
7,73	8,30	9,20	8,90	9,65	8,30	9,12	9,20	12,6	11,5	11,1	11,4	6,60	5,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
3,20	3,10	2,60	2,00	3,20	7,70	7,90	6,30	5,40	6,40	6,90	7,60		



Вариант 19

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

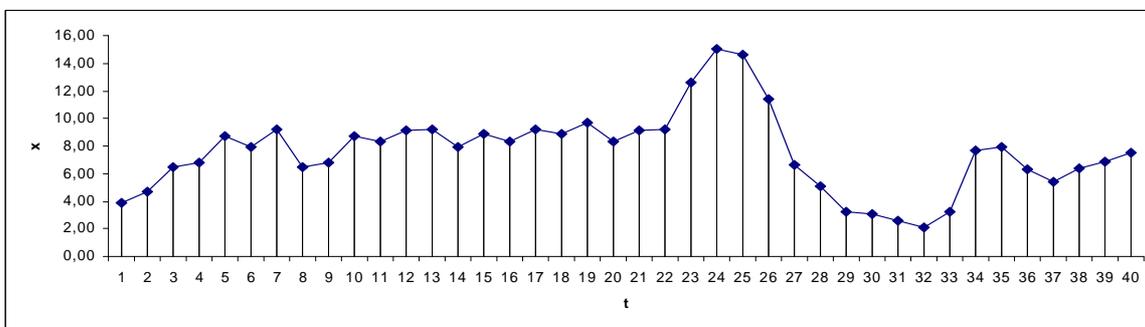
x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,40	4,40	7,73	8,30	9,20	8,90	9,70	8,30	9,12	9,20	7,90	8,90	12,5	10,4
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
4,40	3,90	4,67	6,45	6,80	8,70	7,90	9,20	11,8	11,5	11,1	10,2	6,60	5,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
3,20	3,10	1,56	4,70	5,50	7,70	7,90	6,30	5,40	6,40	6,90	7,60		



Вариант 20

Задана дискретная выборка, полученная в результате квантования непрерывного сигнала:

x1	x2	x3	x4	x5	X6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
3,90	4,67	6,45	6,80	8,70	7,90	9,20	6,45	6,80	8,70	8,30	9,12	9,20	7,90
x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	X22	x23	x24	x25	x26	x27	x28
8,90	8,30	9,20	8,90	9,70	8,30	9,12	9,20	12,6	15,0	14,65	11,4	6,60	5,10
x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40		
3,20	3,10	2,60	2,10	3,20	7,70	7,90	6,30	5,40	6,40	6,90	7,50		



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: «Оценивание характеристик систем случайных величин»

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все необходимые для оценивания числовых характеристик систем случайных величин формулы.

2. Выписать из таблицы 2, согласно номера варианта, значения входной X и выходной Y величин изучаемого объекта.

3. Создать текстовый файл исходных данных *имя.txt*, состоящий из n пар значений $X; Y$.

Образец:

356.5	90.5
361.5	91.5
...	...
357.6	91.5

размещение курсора (конец файла)

4. Выполнить задание.

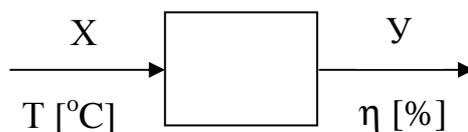
Задание

На нефтеперерабатывающем заводе для исследования зависимости процента выкипания продукта от температуры выкипания в атмосферно-вакуумной трубчатке было произведено n независимых попарных измерений этих показателей.

X – температура выкипания;

Y – процент выкипания.

Заданы значения входной и выходной величин изучаемого объекта



1. Рассчитать на ЭВМ с помощью программы «Оценка.exe» точечные оценки числовых характеристик системы 2-х случайных величин. (L:\Study\СМК\Лаб_работа_3\оценка.exe).

2. Построить корреляционное поле.

3. Найти интервальные оценки всех числовых характеристик системы случайных величин:

- оценить математические ожидания X и Y - m_x^* ; m_y^* ;

- оценить дисперсии и среднеквадратичные отклонения X и Y - $D_x^*; D_y^*; \sigma_x^*; \sigma_y^*$;
- оценить коэффициент корреляции - r_{yx}^* ;
- оценить коэффициенты уравнения регрессии $\hat{y} = a_{yx}^* + b_{yx}^* x$ - $b_{yx}^*; a_{yx}^*$;
- оценить дисперсию и среднеквадратичную ошибку предсказания опытных данных - $D_{y/x}^*; \sigma_{y/x}^*$.
- На корреляционном поле, согласно полученному уравнению, построить график уравнения регрессии с доверительным интервалом предсказания.
- Изобразить все найденные интервальные и точечные оценки числовых характеристик заданной системы двух случайных величин на соответствующих числовых осях.

Примечание:

Табличное значение коэффициента распределения Стьюдента (Приложение 1. Таблица 1)

Табличные значения χ^2 - квадрат- распределения. (Приложение 1. Таблица 2).

Доверительные границы для коэффициента корреляции (Приложение 2).

Таблица №2

Даны пары значений X; Y.

№	<i>Вариант 1</i>		<i>Вариант 2</i>		<i>Вариант 3</i>		<i>Вариант 4</i>		<i>Вариант 5</i>	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	356.5	90.5	345.8	95.0	356.0	93.5	350.6	94.2	341.6	94.5
2	361.5	91.5	346.0	95.1	360.0	93.0	351.3	94.5	342.4	94.8
3	357.0	91.5	346.4	95.4	346.5	93.5	353.0	93.3	345.8	95.0
4	360.5	92.5	347.5	94.9	347.2	93.7	356.5	94.1	346.0	95.1
5	351.5	92.0	333.4	96.1	348.0	94.0	341.6	94.5	346.4	95.4
6	353.0	92.5	336.6	95.5	350.6	94.2	342.4	94.8	347.5	94.9
7	346.5	92.5	337.1	95.8	351.3	94.5	345.8	95.0	333.4	96.1
8	349.5	93.5	337.8	96.0	353.0	93.3	346.0	95.1	336.6	95.5
9	352.0	92.5	339.9	96.2	356.5	94.1	346.4	95.4	337.1	95.8
10	354.5	93.0	341.2	96.5	341.6	94.5	347.5	94.9	337.8	96.0
11	356.0	93.5	342.0	95.6	342.4	94.8	333.4	96.1	339.9	96.2
12	360.0	93.0	344.2	96.2	345.8	95.0	336.6	95.5	341.2	96.5
13	346.5	93.5	341.4	96.4	346.0	95.1	337.1	95.8	342.0	95.6
14	347.2	93.7	331.7	96.6	346.4	95.4	337.8	96.0	344.2	96.2
15	348.0	94.0	332.9	97.1	347.5	94.9	339.9	96.2	341.4	96.4
16	350.6	94.2	336.5	97.3	333.4	96.1	341.2	96.5	331.7	96.6
17	351.3	94.5	336.7	96.7	336.6	95.5	342.0	95.6	332.9	97.1
18	353.0	93.3	338.9	97.0	337.1	95.8	344.2	96.2	336.5	97.3
19	356.5	94.1	339.9	97.2	337.8	96.0	341.4	96.4	336.7	96.7
20	341.6	94.5	340.7	97.5	339.9	96.2	331.7	96.6	338.9	97.0
21	342.4	94.8	343.5	97.1	341.2	96.5	332.9	97.1	339.9	97.2

Даны пары значений X; Y.

№	<i>Вариант 6</i>		<i>Вариант 7</i>		<i>Вариант 8</i>		<i>Вариант 9</i>		<i>Вариант 10</i>	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	347.5	94.9	337.8	96.0	339.9	96.2	346.5	92.5	360.0	93.0
2	333.4	96.1	339.9	96.2	341.2	96.5	349.5	93.5	346.5	93.5
3	336.6	95.5	341.2	96.5	342.0	95.6	352.0	92.5	347.2	93.7
4	337.1	95.8	342.0	95.6	344.2	96.2	354.5	93.0	348.0	94.0
5	337.8	96.0	344.2	96.2	341.4	96.4	356.0	93.5	350.6	94.2
6	339.9	96.2	341.4	96.4	331.7	96.6	360.0	93.0	351.3	94.5
7	341.2	96.5	331.7	96.6	332.9	97.1	346.5	93.5	353.0	93.3
8	342.0	95.6	332.9	97.1	336.5	97.3	347.2	93.7	356.5	94.1
9	344.2	96.2	336.5	97.3	336.7	96.7	348.0	94.0	341.6	94.5
10	341.4	96.4	336.7	96.7	338.9	97.0	350.6	94.2	342.4	94.8
11	331.7	96.6	338.9	97.0	339.9	97.2	351.3	94.5	345.8	95.0
12	332.9	97.1	339.9	97.2	340.7	97.5	353.0	93.3	346.0	95.1
13	336.5	97.3	340.7	97.5	343.5	97.1	356.5	94.1	346.4	95.4
14	336.7	96.7	343.5	97.1	318.3	97.9	341.6	94.5	347.5	94.9
15	338.9	97.0	318.3	97.9	322.4	97.8	342.4	94.8	333.4	96.1
16	339.9	97.2	322.4	97.8	324.7	98.3	345.8	95.0	336.6	95.5
17	340.7	97.5	324.7	98.3	327.1	97.6	346.0	95.1	337.1	95.8
18	343.5	97.1	327.1	97.6	330.8	98.4	346.4	95.4	337.8	96.0
19	318.3	97.9	330.8	98.4	332.6	98.1	347.5	94.9	339.9	96.2
20	322.4	97.8	332.6	98.1	336.2	98.3	333.4	96.1	341.2	96.5
21	324.7	98.3	336.2	98.3	341.5	98.5	336.6	95.5	342.0	95.6

Даны пары значений X; Y.

№	<i>Вариант 11</i>		<i>Вариант 12</i>		<i>Вариант 13</i>		<i>Вариант 14</i>		<i>Вариант 15</i>	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	351.3	94.5	336.6	95.5	346.5	93.5	357.0	91.5	361.5	91.5
2	353.0	93.3	337.1	95.8	347.2	93.7	360.5	92.5	357.0	91.5
3	356.5	94.1	337.8	96.0	348.0	94.0	351.5	92.0	360.5	92.5
4	341.6	94.5	339.9	96.2	350.6	94.2	353.0	92.5	351.5	92.0
5	342.4	94.8	341.2	96.5	351.3	94.5	346.5	92.5	353.0	92.5
6	345.8	95.0	342.0	95.6	353.0	93.3	349.5	93.5	346.5	92.5
7	346.0	95.1	344.2	96.2	356.5	94.1	352.0	92.5	349.5	93.5
8	346.4	95.4	341.4	96.4	341.6	94.5	354.5	93.0	352.0	92.5
9	347.5	94.9	331.7	96.6	342.4	94.8	356.0	93.5	354.5	93.0
10	333.4	96.1	332.9	97.1	345.8	95.0	360.0	93.0	356.0	93.5
11	336.6	95.5	336.5	97.3	346.0	95.1	346.5	93.5	360.0	93.0
12	337.1	95.8	336.7	96.7	346.4	95.4	347.2	93.7	346.5	93.5
13	337.8	96.0	338.9	97.0	347.5	94.9	348.0	94.0	347.2	93.7
14	339.9	96.2	339.9	97.2	333.4	96.1	350.6	94.2	348.0	94.0
15	341.2	96.5	340.7	97.5	336.6	95.5	351.3	94.5	350.6	94.2
16	342.0	95.6	343.5	97.1	337.1	95.8	353.0	93.3	351.3	94.5
17	344.2	96.2	318.3	97.9	337.8	96.0	356.5	94.1	353.0	93.3
18	341.4	96.4	322.4	97.8	339.9	96.2	341.6	94.5	356.5	94.1
19	331.7	96.6	324.7	98.3	341.2	96.5	342.4	94.8	341.6	94.5
20	332.9	97.1	327.1	97.6	342.0	95.6	345.8	95.0	342.4	94.8
21	336.5	97.3	330.8	98.4	344.2	96.2	346.0	95.1	345.9	95.0

Даны пары значений X; Y.

№	<i>Вариант 16</i>		<i>Вариант 17</i>		<i>Вариант 18</i>		<i>Вариант 19</i>		<i>Вариант 20</i>	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	353.0	92.5	352.0	92.5	341.6	94.5	346.0	95.1	333.4	96.1
2	346.5	92.5	354.5	93.0	342.4	94.8	346.4	95.4	336.6	95.5
3	349.5	93.5	356.0	93.5	345.8	95.0	347.5	94.9	337.1	95.8
4	352.0	92.5	360.0	93.0	346.0	95.1	333.4	96.1	337.8	96.0
5	354.5	93.0	346.5	93.5	346.4	95.4	336.6	95.5	339.9	96.2
6	356.0	93.5	347.2	93.7	347.5	94.9	337.1	95.8	341.2	96.5
7	360.0	93.0	348.0	94.0	333.4	96.1	337.8	96.0	342.0	95.6
8	346.5	93.5	350.6	94.2	336.6	95.5	339.9	96.2	344.2	96.2
9	347.2	93.7	351.3	94.5	337.1	95.8	341.2	96.5	341.4	96.4
10	348.0	94.0	353.0	93.3	337.8	96.0	342.0	95.6	331.7	96.6
11	350.6	94.2	356.5	94.1	339.9	96.2	344.2	96.2	332.9	97.1
12	351.3	94.5	341.6	94.5	341.2	96.5	341.4	96.4	336.5	97.3
13	353.0	93.3	342.4	94.8	342.0	95.6	331.7	96.6	336.7	96.7
14	356.5	94.1	345.8	95.0	344.2	96.2	332.9	97.1	338.9	97.0
15	341.6	94.5	346.0	95.1	341.4	96.4	336.5	97.3	339.9	97.2
16	342.4	94.8	346.4	95.4	331.7	96.6	336.7	96.7	340.7	97.5
17	345.8	95.0	347.5	94.9	332.9	97.1	338.9	97.0	343.5	97.1
18	346.0	95.1	333.4	96.1	336.5	97.3	339.9	97.2	318.3	97.9
19	346.4	95.4	336.6	95.5	336.7	96.7	340.7	97.5	322.4	97.8
20	347.5	94.9	337.1	95.8	338.9	97.0	343.5	97.1	324.7	98.3
21	333.4	96.1	337.8	96.0	339.9	97.2	318.3	97.9	327.1	97.6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: «Оценка автокорреляционной функции. Экспоненциальное сглаживание»

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все необходимые для оценивания автокорреляционной функции формулы.
2. Выписать согласно номера варианта, значения массива экспериментальных точек
3. Перед запуском программы необходимо создать файл исходных данных *имя.txt*, состоящий из n значений X .
Образец:
205 211 206 ... 208 204 *размещение курсора (конец файла)*
4. Выполнить задание согласно номера варианта.

Задание

1. Рассчитать на ЭВМ с помощью программы (L:\Study\СМК\Лаб_работа_4\Автокорреляционная_функция.exe) автокорреляционные функции по заданному малому массиву (файл *имя.txt*) и большому (общему) массиву (файл **akf526.txt**). Адрес файла **akf526.txt** (L:\Study\СМК\Лаб_работа_4\akf526.txt).
2. Построить автокорреляционные функции по заданному малому массиву и большому (общему) массиву
3. Оценить относительную величину погрешности определения автокорреляционной функции для малого и большого (общего) массивов.
4. Выделить по графику АКФ (526): D_u – дисперсию полезного сигнала; D_s – дисперсию помехи; АКФ полезного сигнала.
5. Вычислить α - коэффициент сглаживания.
6. Построить на графике исходные данные и сглаженные значения заданного малого массива.

Вариант 1

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
205	211	206	203	204	211	206	199	195	194	204	201	203	203	203	214	204	209
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
211	207	209	215	215	208	203	210	215	206	209	215	211	187	198	208	204	

Вариант 2

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
207	191	190	201	209	199	205	191	200	213	199	206	199	209	203	209	207	210
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
219	209	207	203	209	199	211	207	206	198	205	207	208	211	206	207	208	

Вариант 3

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
212	207	213	207	208	204	206	209	199	205	201	207	209	206	196	205	207	211
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
211	207	209	202	197	207	203	201	209	206	207	209	208	203	211	206	207	

Вариант 4

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
206	211	206	206	207	204	205	204	209	212	207	209	206	209	209	207	212	174
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
209	207	200	216	209	217	208	206	208	201	205	207	206	205	200	212	208	

Вариант 5

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
200	206	208	209	208	210	206	210	209	210	211	207	209	205	206	206	209	211
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
207	212	204	210	209	209	206	210	205	209	203	213	203	207	207	208	210	

Вариант 6

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
213	209	216	210	205	214	213	211	219	212	217	211	211	205	213	205	213	209
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
205	210	213	209	204	200	206	215	176	209	214	196	205	205	194	197	190	

Вариант 7

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
189	177	168	168	166	162	164	172	210	192	207	195	203	200	209	209	205	206
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
199	203	201	204	209	200	212	201	205	215	196	219	208	215	205	207	190	

Вариант 8

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
203	213	209	203	189	212	213	207	214	208	190	208	208	193	219	213	203	197
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
204	192	213	198	195	221	213	198	209	203	205	209	199	177	199	210	195	

Вариант 9

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
187	212	201	207	222	206	205	188	217	215	208	183	219	219	227	194	210	196
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
210	213	190	214	222	212	208	199	222	188	198	206	206	206	220	209	213	

Вариант 10

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
209	205	215	215	211	222	209	212	209	189	205	213	209	221	196	213	217	208
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
209	209	212	211	224	213	219	212	217	213	215	214	217	203	190	205	207	

Вариант 11

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
204	193	197	186	178	185	190	205	199	201	199	208	208	197	209	204	200	203
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
204	196	208	206	209	211	206	201	208	200	200	209	205	205	209	209	204	

Вариант 12

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
208	207	193	219	206	214	204	201	198	201	201	192	203	203	199	215	199	206
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
210	207	211	206	196	192	201	200	189	205	205	211	207	204	206	206	201	

Вариант 13

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
207	199	203	206	210	205	205	198	207	200	205	206	203	201	198	204	204	209
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
206	204	210	207	204	201	210	205	203	200	196	205	198	206	206	206	207	

Вариант 14

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
203	204	201	207	205	197	197	201	197	204	204	196	204	203	199	201	199	197
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
195	206	202	207	208	207	200	204	200	197	200	205	200	203	199	199	203	

Вариант 15

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
201	201	196	197	201	195	196	200	199	200	201	200	208	206	205	206	201	205
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
206	204	205	200	210	196	200	199	199	198	202	185	192	182	177	177	184	

Вариант 16

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
213	209	216	210	205	214	213	211	219	212	217	211	211	205	213	205	213	209
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
205	210	213	209	204	200	206	215	176	209	214	196	205	205	194	197	190	

Вариант 17

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
207	191	190	201	209	199	205	191	200	213	199	206	199	209	203	209	207	210
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
219	209	207	203	209	199	211	207	206	198	205	207	208	211	206	207	208	

Вариант 18

Дан массив экспериментальных точек. X(35) – изменение величины анодного газа с циклом опроса 30 сек. на входе в пламенный реактор.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
208	207	193	219	206	214	204	201	198	201	201	192	203	203	199	215	199	206
X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
210	207	211	206	196	192	201	200	189	205	205	211	207	204	206	206	201	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Тема: " Планирование экспериментов. Планы первого порядка"

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все необходимые для расчета факторного эксперимента формулы.
2. Выполнить задание согласно номера варианта.

Задание

1. Спланировать столбцы матрицы при факторах x_4 и x_5 (если это необходимо) по заданным формулам: ($x_4 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$), ($x_5 = x_1 \cdot x_2$)
2. Представить зависимость параметра оптимизации от факторов (уравнение регрессии) в виде линейного полинома.
3. Выполнить все этапы расчета факторного эксперимента:
 - вычислить средние значения отклика y по строкам матрицы;
 - вычислить построчные дисперсии;
 - проверить однородность построчных дисперсий;
 - вычислить ошибку опыта (дисперсия воспроизводимости);
 - проверить значимость различия между \bar{y}_{\max} и \bar{y}_{\min} по критерию Стьюдента;
 - рассчитать коэффициенты уравнения регрессии;
 - рассчитать дисперсии коэффициентов уравнения регрессии;
 - оценить значимость коэффициентов уравнения регрессии;
 - проверить адекватность линейного уравнения регрессии по критерию Фишера.
4. Проанализировать полученную полиномиальную модель выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья (характер влияния факторов на целевую функцию).
5. Записать полученное уравнение регрессии относительно факторов в натуральных величинах.

Примечание:

Табличное значение коэффициента Кохрена. (Приложение 3. Таблица 1).

Табличное значение коэффициента Стьюдента. (Приложение 3. Таблица 2).

Табличное значение коэффициента Фишера. (Приложение 3. Таблица 3).

Вариант 1

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	85.13	85.71
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	80.95
3	+1	-1	+1	-1			88.02	85.41	84.12
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	78.34
5	+1	+1	-1	-1			96.07	95.72	99.36
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	85.38
7	+1	+1	+1	-1			90.66	92.41	90.08
8	+1	+1	+1	+1			87.41	88.08	89.56

Вариант 2

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	84.13	82.57
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	79.33
3	+1	-1	+1	-1			87.02	85.41	83.14
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	76.24
5	+1	+1	-1	-1			96.07	93.72	96.86
6	+1	+1	-1	+1			88.83	87.84	83.76
7	+1	+1	+1	-1			90.66	91.41	86.10
8	+1	+1	+1	+1			86.41	88.08	88.10

Вариант 3

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	83.13	79.04
2	+1	-1	-1	+1			77.16	76.54	74.72
3	+1	-1	+1	-1			86.02	85.41	82.07
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	77.53
5	+1	+1	-1	-1			96.07	95.72	99.69
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	88.95
7	+1	+1	+1	-1			90.66	88.41	88.23
8	+1	+1	+1	+1			85.41	85.08	81.15

Вариант 4

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [С°];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	⁰ С	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) -Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2⁵) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	83.13	80.57
2	+1	-1	-1	+1			78.16	79.54	76.73
3	+1	-1	+1	-1			85.02	85.41	84.54
4	+1	-1	+1	+1			76.53	77.58	80.28
5	+1	+1	-1	-1			96.07	94.72	96.76
6	+1	+1	-1	+1			89.83	88.84	88.30
7	+1	+1	+1	-1			88.66	89.41	87.76
8	+1	+1	+1	+1			85.41	85.08	83.16

Вариант 5

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		67.5	65.90	65.70
2	+1	+1	-1	+1		69.3	67.90	68.60
3	+1	-1	+1	+1		59.3	61.90	60.00
4	+1	-1	-1	+1		61.5	59.60	60.10
5	+1	+1	+1	-1		71.4	69.90	71.65
6	+1	+1	-1	-1		69.5	71.50	71.50
7	+1	-1	+1	-1		63.8	65.00	63.40
8	+1	-1	-1	-1		60.8	63.40	62.10

Вариант 6

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	85.13	83.58
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	79.12
3	+1	-1	+1	-1			89.02	85.41	86.45
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	73.81
5	+1	+1	-1	-1			96.07	93.72	97.79
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	87.51
7	+1	+1	+1	-1			90.66	92.41	88.79
8	+1	+1	+1	+1			86.41	88.08	90.05

Вариант 7

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		68.50	68.40	67.90
2	+1	+1	-1	+1		69.30	68.60	69.90
3	+1	-1	+1	+1		60.30	62.90	63.90
4	+1	-1	-1	+1		62.50	62.45	61.60
5	+1	+1	+1	-1		72.40	71.95	70.90
6	+1	+1	-1	-1		70.50	71.90	72.50
7	+1	-1	+1	-1		64.80	65.80	66.00
8	+1	-1	-1	-1		61.80	63.60	64.40

Вариант 8

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		57.50	56.90	55.90
2	+1	+1	-1	+1		59.30	58.80	56.90
3	+1	-1	+1	+1		49.30	50.90	51.90
4	+1	-1	-1	+1		51.50	50.95	49.60
5	+1	+1	+1	-1		61.40	60.40	59.90
6	+1	+1	-1	-1		59.50	60.20	61.50
7	+1	-1	+1	-1		53.80	54.80	55.00
8	+1	-1	-1	-1		50.80	52.70	53.40

Вариант 9

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [С°];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	⁰ С	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) -Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2⁵) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			82,10	83,13	81,00
2	+1	-1	-1	+1			77,60	79,30	76,73
3	+1	-1	+1	-1			85,02	85,41	84,54
4	+1	-1	+1	+1			76,53	77,58	80,28
5	+1	+1	-1	-1			95,00	94,72	92,00
6	+1	+1	-1	+1			89,83	88,64	88,30
7	+1	+1	+1	-1			88,66	89,41	87,76
8	+1	+1	+1	+1			85,41	85,08	84,10

Вариант 10

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		67.40	68.40	68.00
2	+1	+1	-1	+1		68.20	68.60	69.90
3	+1	-1	+1	+1		60.30	63.00	63.90
4	+1	-1	-1	+1		59.30	62.45	61.60
5	+1	+1	+1	-1		72.40	72.00	70.90
6	+1	+1	-1	-1		70.50	71.90	71.00
7	+1	-1	+1	-1		64.80	65.80	66.00
8	+1	-1	-1	-1		61.80	63.60	65.00

Вариант 11

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	85.13	85.71
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	80.95
3	+1	-1	+1	-1			88.02	85.41	84.12
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	78.34
5	+1	+1	-1	-1			96.07	95.72	99.36
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	85.38
7	+1	+1	+1	-1			90.66	92.41	90.08
8	+1	+1	+1	+1			87.41	88.08	89.56

Вариант 12

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента ($\text{ДФЭ} = \frac{1}{4} \text{ ПФЭ}$ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	84.13	82.57
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	79.33
3	+1	-1	+1	-1			87.02	85.41	83.14
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	76.24
5	+1	+1	-1	-1			96.07	93.72	96.86
6	+1	+1	-1	+1			88.83	87.84	83.76
7	+1	+1	+1	-1			90.66	91.41	86.10
8	+1	+1	+1	+1			86.41	88.08	88.10

Вариант 13

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [С°];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	⁰ С	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ = $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	83.13	79.04
2	+1	-1	-1	+1			77.16	76.54	74.72
3	+1	-1	+1	-1			86.02	85.41	82.07
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	77.53
5	+1	+1	-1	-1			96.07	95.72	99.69
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	88.95
7	+1	+1	+1	-1			90.66	88.41	88.23
8	+1	+1	+1	+1			85.41	85.08	81.15

Вариант 14

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [С°];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	⁰ С	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ = $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	83.13	80.57
2	+1	-1	-1	+1			78.16	79.54	76.73
3	+1	-1	+1	-1			85.02	85.41	84.54
4	+1	-1	+1	+1			76.53	77.58	80.28
5	+1	+1	-1	-1			96.07	94.72	96.76
6	+1	+1	-1	+1			89.83	88.84	88.30
7	+1	+1	+1	-1			88.66	89.41	87.76
8	+1	+1	+1	+1			85.41	85.08	83.16

Вариант 15

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [С°];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	С°	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		67.5	65.90	65.70
2	+1	+1	-1	+1		69.3	67.90	68.60
3	+1	-1	+1	+1		59.3	61.90	60.00
4	+1	-1	-1	+1		61.5	59.60	60.10
5	+1	+1	+1	-1		71.4	69.90	71.65
6	+1	+1	-1	-1		69.5	71.50	71.50
7	+1	-1	+1	-1		63.8	65.00	63.40
8	+1	-1	-1	-1		60.8	63.40	62.10

Вариант 16

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [°C];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	°C	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ = $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			81.91	85.13	83.58
2	+1	-1	-1	+1			82.16	81.54	79.12
3	+1	-1	+1	-1			89.02	85.41	86.45
4	+1	-1	+1	+1			75.53	77.58	73.81
5	+1	+1	-1	-1			96.07	93.72	97.79
6	+1	+1	-1	+1			90.83	88.84	87.51
7	+1	+1	+1	-1			90.66	92.41	88.79
8	+1	+1	+1	+1			86.41	88.08	90.05

Вариант 17

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		68.50	68.40	67.90
2	+1	+1	-1	+1		69.30	68.60	69.90
3	+1	-1	+1	+1		60.30	62.90	63.90
4	+1	-1	-1	+1		62.50	62.45	61.60
5	+1	+1	+1	-1		72.40	71.95	70.90
6	+1	+1	-1	-1		70.50	71.90	72.50
7	+1	-1	+1	-1		64.80	65.80	66.00
8	+1	-1	-1	-1		61.80	63.60	64.40

Вариант 18

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	$^{\circ}\text{C}$	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		57.50	56.90	55.90
2	+1	+1	-1	+1		59.30	58.80	56.90
3	+1	-1	+1	+1		49.30	50.90	51.90
4	+1	-1	-1	+1		51.50	50.95	49.60
5	+1	+1	+1	-1		61.40	60.40	59.90
6	+1	+1	-1	-1		59.50	60.20	61.50
7	+1	-1	+1	-1		53.80	54.80	55.00
8	+1	-1	-1	-1		50.80	52.70	53.40

Вариант 19

Проводилось исследование процесса выщелачивания восстановленного барийсодержащего сырья.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – температура выщелачивания [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – количество твердого вещества в пульпе [%];

X_3 – процентное содержание сульфида бария в шихте [%];

X_4 – время выщелачивания [мин];

X_5 – интенсивность перемешивания [об/мин].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Размерность	$^{\circ}\text{C}$	%	%	мин	об/мин
Основной уровень	60.0	15.0	56.5	15.0	150.0
Интервал варьирования	20.0	2.5	4.5	5.0	50.0
Верхний уровень	80.0	17.5	61.0	20.0	200.0
Нижний уровень	40.0	12.5	52.0	10.0	100.0

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень выщелачивания сульфида бария BaS (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ = $\frac{1}{4}$ ПФЭ типа 2^5) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	-1	-1	-1			82,10	83,13	81,00
2	+1	-1	-1	+1			77,60	79,30	76,73
3	+1	-1	+1	-1			85,02	85,41	84,54
4	+1	-1	+1	+1			76,53	77,58	80,28
5	+1	+1	-1	-1			95,00	94,72	92,00
6	+1	+1	-1	+1			89,83	88,64	88,30
7	+1	+1	+1	-1			88,66	89,41	87,76
8	+1	+1	+1	+1			85,41	85,08	84,10

Вариант 20

Проводилось исследование процесса при реакции, протекающей в спиртовом растворе в присутствии катализатора.

В качестве факторов были выбраны:

X_1 – концентрация вещества А [г/л];

X_2 – концентрация катализатора [г/л];

X_3 – температура реакции [С°];

X_4 – время реакции [ч].

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4
Размерность	г/л	г/л	С°	ч
Основной уровень	30.0	10.0	60.0	4.0
Интервал варьирования	10.0	1.5	20.0	1.5
Верхний уровень	40.0	11.5	80.0	5.5
Нижний уровень	20.0	8.5	40.0	2.5

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) -Y выбран выход продукта (%).

Дан план дробного факторного эксперимента (ДФЭ= $\frac{1}{2}$ ПФЭ типа 2^4) и массивы экспериментальных точек переменной состояния в параллельных опытах.

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_1 [%]	Y_2 [%]	Y_3 [%]
1	+1	+1	+1	+1		67.40	68.40	68.00
2	+1	+1	-1	+1		68.20	68.60	69.90
3	+1	-1	+1	+1		60.30	63.00	63.90
4	+1	-1	-1	+1		59.30	62.45	61.60
5	+1	+1	+1	-1		72.40	72.00	70.90
6	+1	+1	-1	-1		70.50	71.90	71.00
7	+1	-1	+1	-1		64.80	65.80	66.00
8	+1	-1	-1	-1		61.80	63.60	65.00

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: " Планирование экспериментов. Планы второго порядка"

Последовательность выполнения задания

1. Выписать в рабочую тетрадь все необходимые для расчета факторного эксперимента формулы.
2. Выполнить задание согласно номера варианта.

Задание

2. Заполнить матрицу планирования для парных взаимодействий и модифицированных квадратичных членов:

$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---------	---------	---------	---------

3. Представить зависимость параметра оптимизации от факторов (уравнение регрессии) в виде полинома второго порядка.

4. Выполнить все этапы расчета факторного эксперимента.

- произвести преобразование квадратичных переменных и специальным образом выбрать величину звездного плеча (Приложение 4. Таблица 1);

- вычислить дисперсию воспроизводимости;

- рассчитать коэффициенты уравнения регрессии:

$$\hat{y} = b'_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n + b_{12} x_1 x_2 + \dots + b_{n-1,n} x_{n-1} x_n + b_{11} (x_1^2 - \bar{x}_1^2) + \dots + b_{nn} (x_n^2 - \bar{x}_n^2);$$

- рассчитать дисперсии коэффициентов уравнения регрессии (в данном эксперименте $m=1$);

- оценить значимость коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента;

- **оценить дисперсию свободного члена b_0** ;

- проверить адекватность построенного уравнения регрессии по критерию Фишера.

5. Проанализировать полученную полиномиальную модель зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот (характер влияния факторов на целевую функцию).

6. Записать полученное уравнение регрессии относительно факторов в натуральных величинах.

Примечание:

Табличное значение коэффициента Стьюдента. (Приложение 3. Таблица 2).

Табличное значение коэффициента Фишера. (Приложение 3. Таблица 3).

Вариант 1

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

- X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];
- X_2 – продолжительность реакции [мин];
- X_3 – расход фосфорной кислоты [%];
- X_4 – концентрация фосфорной кислоты [%, P_2O_5].

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,8; Y_{20} = 59,3; Y_{30} = 58,5; Y_{40} = 63,3.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислоты.

Дан композиционный план второго порядка для $n=5$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											86.9
	2	+1	-1	-1	+1	+1											40.0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											66.0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34.4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											76.6
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55.7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91.0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47.6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											74.1
	10	+1	-1	+1	+1	+1											52.0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74.6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29.6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											94.8
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49.6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68.6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											51.8
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				95.4
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41.7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0								α^2			79.0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0								α^2			42.4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0									α^2		77.6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0									α^2		58.0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$										α^2	45.6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$										α^2	52.3
	25	+1	0	0	0	0											61.8

Вариант 2

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [%, P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,8; \quad Y_{20} = 59,3; \quad Y_{30} = 58,5; \quad Y_{40} = 63,3.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=5$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											80,0
	2	+1	-1	-1	+1	+1											55,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											66,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34,4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											70,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											65,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74,6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29,6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											81,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											51,8
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				86,0
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0								α^2			79,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0								α^2			42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0									α^2		77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0									α^2		58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$										α^2	45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$										α^2	52,3
25	+1	0	0	0	0											61,8	

Вариант 3

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}C$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [%, P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}C$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,9; \quad Y_{20} = 59,5; \quad Y_{30} = 58,7; \quad Y_{40} = 62,9.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											82,0
	2	+1	-1	-1	+1	+1											55,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											54,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34,4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											70,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											55,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74,6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											44,0
	13	+1	+1	+1	+1	-1											81,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											51,8
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				77,0
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0								α^2			43,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0								α^2			42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0									α^2		77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0									α^2		58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$										α^2	45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$										α^2	52,3
	25	+1	0	0	0	0											61,8

Вариант 4

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,0; \quad Y_{20} = 58,6; \quad Y_{30} = 58,9; \quad Y_{40} = 64,0.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											81,5
	2	+1	-1	-1	+1	+1											43,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											70,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34,4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											70,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											89,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											55,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74,6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											46,0
	13	+1	+1	+1	+1	-1											81,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											52,0
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				77,0
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				46,8
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				42,8
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		52,3
	25	+1	0	0	0	0											59,9

Вариант 5

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,8; \quad Y_{20} = 59,2; \quad Y_{30} = 58,5; \quad Y_{40} = 63,3.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											81,5
	2	+1	-1	-1	+1	+1											42,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											70,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34,4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											68,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											77,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											57,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											43,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											63,0
	12	+1	-1	-1	-1	+1											39,0
	13	+1	+1	+1	+1	-1											88,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											55,5
	15	+1	+1	-1	-1	-1											55,0
	16	+1	-1	+1	-1	-1											52,0
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				88,0
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				46,8
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				42,8
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			51,3
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		44,7
	25	+1	0	0	0	0											55,8 0

Вариант 6

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,9; \quad Y_{20} = 59,3; \quad Y_{30} = 58,0; \quad Y_{40} = 63,0.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											87,0
	2	+1	-1	-1	+1	+1											40,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											66,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											34,4
	5	+1	+1	-1	+1	-1											70,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											74,1
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74,6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29,6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											90,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											51,8
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				95,4
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0								α^2			79,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0								α^2			42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0									α^2		77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0									α^2		58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$										α^2	45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$										α^2	52,3
	25	+1	0	0	0	0											61,8

Вариант 7

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,5; \quad Y_{20} = 59,3; \quad Y_{30} = 58,5; \quad Y_{40} = 63,5.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											82,6
	2	+1	-1	-1	+1	+1											38,7
	3	+1	+1	-1	-1	+1											66,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											33,0
	5	+1	+1	-1	+1	-1											71,7
	6	+1	-1	+1	+1	-1											54,9
	7	+1	+1	+1	-1	-1											88,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											74,1
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											75,9
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29,6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											91,1
	14	+1	-1	-1	+1	-1											50,2
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											51,8
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				94,9
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				78,9
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		53,8
	25	+1	0	0	0	0											62,0 0

Вариант 8

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,2; \quad Y_{20} = 59,8; \quad Y_{30} = 58,1; \quad Y_{40} = 63,3.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											88,8
	2	+1	-1	-1	+1	+1											40,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											65,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											35,9
	5	+1	+1	-1	+1	-1											71,1
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											75,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											77,9
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29,6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											91,8
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											61,9
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				95,4
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				79,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				44,0
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		55,9
25	+1	0	0	0	0											68,1	

Вариант 9

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,8; \quad Y_{20} = 59,3; \quad Y_{30} = 58,5; \quad Y_{40} = 63,3.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											76,9
	2	+1	-1	-1	+1	+1											41,0
	3	+1	+1	-1	-1	+1											65,8
	4	+1	-1	+1	-1	+1											35,9
	5	+1	+1	-1	+1	-1											71,1
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											91,0
	8	+1	-1	-1	-1	-1											47,6
	9	+1	+1	-1	+1	+1											75,0
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											77,9
	12	+1	-1	-1	-1	+1											29,6
	13	+1	+1	+1	+1	-1											91,8
	14	+1	-1	-1	+1	-1											49,6
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											61,9
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				95,4
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				79,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				44,0
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			67,0
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			58,0
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		45,6
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		66,0
25	+1	0	0	0	0											67,7	

Вариант 10

Исходные данные

Проводилось исследование зависимости степени разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот. В качестве факторов, от которых зависит степень разложения Y , выбраны:

X_1 – температура реакции [$^{\circ}\text{C}$];

X_2 – продолжительность реакции [мин];

X_3 – расход фосфорной кислоты [%];

X_4 – концентрация фосфорной кислоты [% , P_2O_5];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, ^{\circ}\text{C}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, \%$	$X_4, \%$
Нулевой уровень	55	37,5	80	32,8
Интервал варьирования	25	22,5	20	18,8
Верхний уровень	80	60	100	51,6
Нижний уровень	30	15,0	60	14,0

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 62,0; \quad Y_{20} = 59,3; \quad Y_{30} = 58,5; \quad Y_{40} = 64,1.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) - Y выбрана степень разложения боратов смесью серной и фосфорной кислот.

Дан композиционный план второго порядка для $n=4$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^4	1	+1	+1	+1	+1	+1											75,5
	2	+1	-1	-1	+1	+1											39,9
	3	+1	+1	-1	-1	+1											65,0
	4	+1	-1	+1	-1	+1											44,0
	5	+1	+1	-1	+1	-1											70,0
	6	+1	-1	+1	+1	-1											55,7
	7	+1	+1	+1	-1	-1											88,9
	8	+1	-1	-1	-1	-1											49,8
	9	+1	+1	-1	+1	+1											74,1
	10	+1	-1	+1	+1	+1											50,0
	11	+1	+1	+1	-1	+1											74,6
	12	+1	-1	-1	-1	+1											33,3
	13	+1	+1	+1	+1	-1											90,0
	14	+1	-1	-1	+1	-1											47,7
	15	+1	+1	-1	-1	-1											68,6
	16	+1	-1	+1	-1	-1											52,9
Звездные точки	17	+1	$+\alpha$	0	0	0							α^2				88,9
	18	+1	$-\alpha$	0	0	0							α^2				41,7
	19	+1	0	$+\alpha$	0	0							α^2				79,0
	20	+1	0	$-\alpha$	0	0							α^2				42,4
	21	+1	0	0	$+\alpha$	0								α^2			77,6
	22	+1	0	0	$-\alpha$	0								α^2			60,9
	23	+1	0	0	0	$+\alpha$									α^2		44,7
	24	+1	0	0	0	$-\alpha$									α^2		52,3
	25	+1	0	0	0	0											60,9

Вариант 11

Исходные данные

Проводилось исследование процесса окисления гипофосфита натрия железом. В качестве факторов, от которых зависит процесс окисления, выбраны:

X_1 – концентрация железа [%];

X_2 – кислотность HCl

X_3 – продолжительность окисления [мин];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, \%^\circ$	$X_2,$	$X_3, \text{мин}$
Нулевой уровень	0,032	1,0	15
Интервал варьирования	0.005	0.5	5
Верхний уровень	0,037	1,5	20
Нижний уровень	0,027	0.5	10

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 96,37; \quad Y_{20} = 95,80; \quad Y_{30} = 97,42; \quad Y_{40} = 96,90.$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) -Y выбрана степень окисления гипофосфита натрия.

Дан композиционный план второго порядка для $n=3$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^3	1	+1	+1	+1	+1							95,85
	2	+1	-1	-1	+1							97,88
	3	+1	+1	-1	-1							92,96
	4	+1	-1	+1	-1							98,34
	5	+1	+1	-1	+1							97,36
	6	+1	-1	+1	+1							98,18
	7	+1	+1	+1	-1							95,24
	8	+1	-1	-1	-1							99,32
Звездные точки	9	+1	$+\alpha$	0	0				α^2			98,30
	10	+1	$-\alpha$	0	0				α^2			98,40
	11	+1	0	$+\alpha$	0					α^2		99,78
	12	+1	0	$-\alpha$	0					α^2		94,53
	13	+1	0	0	$+\alpha$						α^2	97,34
	14	+1	0	0	$-\alpha$						α^2	99,24
	15	+1	0	0	0							99,08

Вариант 12

Исходные данные

Проводилось исследование процесса окисления гипофосфида натрия железом. В качестве факторов, от которых зависит процесс окисления, выбраны:

X_1 – концентрация железа [%];

X_2 – кислотность HCl

X_3 – продолжительность окисления [мин];

Основной уровень и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ф а к т о р ы	$X_1, \%^\circ$	$X_2,$	$X_3, \text{мин}$
Нулевой уровень	0,032	1,0	15
Интервал варьирования	0.005	0.5	5
Верхний уровень	0,037	1,5	20
Нижний уровень	0,027	0.5	10

Дисперсия воспроизводимости определяется по четырем дополнительным опытам в центре плана:

$$Y_{10} = 96,37; \quad Y_{20} = 95,80; \quad Y_{30} = 97,42; \quad Y_{40} = 96,90;$$

В качестве целевой функции (параметра оптимизации) -Y выбрана степень окисления гипофосфита натрия.

Дан композиционный план второго порядка для $n=3$ и массивы экспериментальных точек целевой функции

	№	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	x_1^1	x_2^1	x_3^1	Y [%]
Ядро плана – ПФЭ типа 2^3	1	+1	+1	+1	+1							95,85
	2	+1	-1	-1	+1							97,88
	3	+1	+1	-1	-1							92,96
	4	+1	-1	+1	-1							98,34
	5	+1	+1	-1	+1							97,36
	6	+1	-1	+1	+1							98,18
	7	+1	+1	+1	-1							95,24
	8	+1	-1	-1	-1							99,32
Звездные точки	9	+1	$+\alpha$	0	0				α^2			98,30
	10	+1	$-\alpha$	0	0				α^2			98,40
	11	+1	0	$+\alpha$	0					α^2		99,78
	12	+1	0	$-\alpha$	0					α^2		94,53
	13	+1	0	0	$+\alpha$						α^2	97,34
	14	+1	0	0	$-\alpha$						α^2	99,24
	15	+1	0	0	0							99,08

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Распределение Стьюдента при вероятности ошибки α для двухстороннего критерия, равной 0,05

Число степеней свободы		Число степеней свободы	
1	12,706	23	2,069
2	4,303	24	2,064
3	3,182	25	2,060
4	2,776	26	2,056
5	2,571	27	2,052
6	2,447	28	2,048
7	2,365	29	2,045
8	2,306	30	2,042
9	2,262	35	2,030
10	2,228	40	2,021
11	2,201	45	2,014
12	2,179	50	2,009
13	2,160	60	2,000
14	2,145	70	1,994
15	2,131	80	1,990
16	2,120	90	1,987
17	2,110	100	1,984
18	2,101	120	1,980
19	2,093	200	1,972
20	2,086	500	1,965
21	2,080	1000	1,962
22	2,074	∞	1,960

χ^2 – распределение ($\beta = 0,95$)

Число степеней свободы	$\alpha/2$	$1 - \frac{\alpha}{2}$
1	5,02	0,00098
2	7,38	0,0506
3	9,35	0,216
4	11,14	0,484
5	12,83	0,831
6	14,45	1,24
7	16,01	1,69
8	17,53	2,18
9	19,02	2,70
10	20,48	3,25
11	21,92	3,82
12	23,34	4,40
13	24,74	5,01
14	26,12	5,63
15	27,49	6,26
16	28,35	6,91
17	30,19	7,56
18	31,53	8,23
19	32,85	8,91
20	34,17	9,59
22	36,78	10,98
24	39,36	12,40
26	41,92	13,84
28	44,46	15,31
30	46,98	16,79
35	53,20	20,57
40	59,34	24,43
50	71,42	32,36
60	83,30	40,48
80	106,63	57,15
100	129,56	74,22
120	152,21	91,57
150	185,80	118,00
200	241,10	162,70

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Доверительные границы для коэффициента корреляции

95%-ый доверительный интервал для r определяется по рис. 1. Как расстояние между точками пересечения вертикали, соответствующей значению r^* , с кривыми, соответствующей значению n . Если доверительный интервал не включает значение $r = 0$, то можно говорить о наличии корреляции ($r \neq 0$).

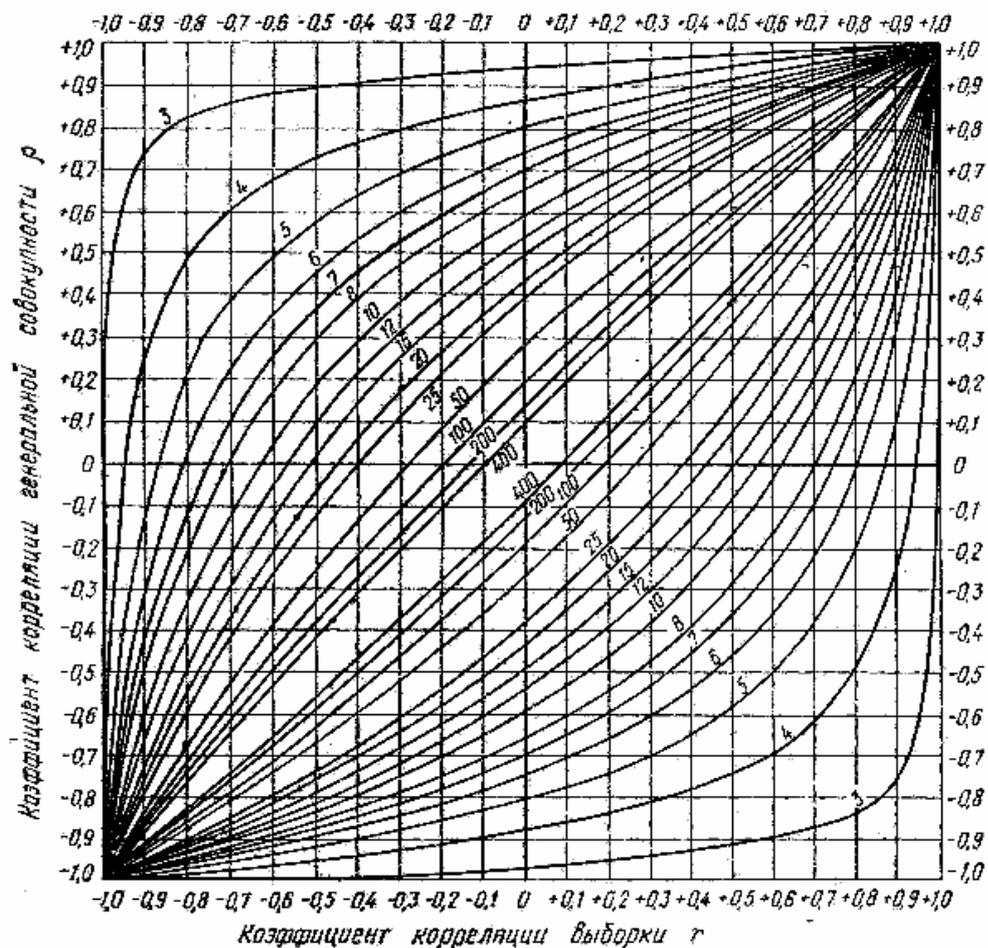


Рис. 1. Доверительные границы для коэффициента корреляции: 95%-ый доверительный интервал для r ; числа на кривых обозначают объем выборки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 1

Критерий Кохрена при $q=0,05$

$\nu_1 \rightarrow$ ν_2 \downarrow	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	36	144	∞
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8584	0,8534	0,8332	0,8159	0,8010	0,7880	0,7341	0,6602	0,5813	0,5000
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530	0,6333	0,6167	0,6025	0,5466	0,4748	0,4031	0,3333
4	0,9065	0,7679	0,6941	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365	0,5175	0,5017	0,4884	0,4366	0,3720	0,3093	0,2500
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5440	0,5063	0,4783	0,4564	0,4387	0,4241	0,4118	0,3645	0,3066	0,2513	0,2000
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980	0,3817	0,3682	0,3508	0,3135	0,2612	0,2119	0,1667
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3907	0,3726	0,3555	0,3384	0,3254	0,3154	0,2756	0,2277	0,1833	0,1429
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185	0,3043	0,2926	0,2829	0,2462	0,2022	0,1616	0,1250
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286	0,3067	0,2901	0,2768	0,2659	0,2568	0,2226	0,1820	0,1446	0,1111
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2606	0,2541	0,2439	0,2353	0,2032	0,1655	0,1308	0,1000
12	0,5410	0,3924	0,3204	0,2880	0,2624	0,2439	0,2299	0,2187	0,2098	0,2020	0,1737	0,1403	0,1100	0,0833
15	0,4709	0,3346	0,2758	0,2419	0,2195	0,2034	0,1911	0,1815	0,1736	0,1671	0,1429	0,1144	0,0889	0,0677
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735	0,1602	0,1501	0,1422	0,1357	0,1303	0,1108	0,0879	0,0675	0,0500
24	0,3434	0,2354	0,1907	0,1656	0,1493	0,1374	0,1286	0,1216	0,1160	0,1113	0,0942	0,0743	0,0567	0,0417
30	0,2929	0,1980	0,1593	0,1377	0,1237	0,1137	0,1061	0,1002	0,0958	0,0921	0,0771	0,0604	0,0457	0,0333
40	0,2370	0,1576	0,1259	0,1082	0,0958	0,0887	0,0827	0,0780	0,0745	0,0713	0,0595	0,0462	0,0347	0,0250
60	0,1737	0,1131	0,0895	0,0766	0,0682	0,0623	0,0583	0,0552	0,0520	0,0497	0,0411	0,0316	0,0234	0,0167
120	0,0998	0,0632	0,0495	0,0419	0,0371	0,0337	0,0312	0,0292	0,0279	0,0266	0,0218	0,0165	0,0120	0,0083
∞	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

Продолжение приложения 3

Таблица 2

Критерий Стьюдента

q	10%	5%	2%	1%	q	10%	5%	2%	1%
1	6,31	12,71	31,82	63,66	18	1,73	2,10	2,55	2,88
2	2,92	4,30	6,96	9,92	19	1,73	2,09	2,54	2,86
3	2,35	3,18	4,54	5,84	20	1,72	2,09	2,53	2,85
4	2,13	2,78	3,75	4,6	21	1,72	2,08	2,52	2,83
5	2,02	2,57	3,36	4,03	22	1,72	2,07	2,51	2,82
6	1,94	2,45	3,14	3,71	23	1,71	2,07	2,50	2,81
7	1,89	2,31	3,00	3,50	24	1,71	2,06	2,49	2,80
8	1,86	2,26	2,90	3,36	25	1,71	2,06	2,49	2,79
9	1,83	2,36	2,82	3,25	26	1,71	2,06	2,48	2,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	27	1,70	2,05	2,47	2,77
11	1,80	2,20	2,72	3,11	28	1,70	2,05	2,47	2,76
12	1,78	2,18	2,68	3,05	29	1,70	2,05	2,46	2,76
13	1,77	2,16	2,65	3,01	30	1,70	2,04	2,46	2,75
14	1,76	2,14	2,62	2,98	40	1,68	2,02	2,42	2,70
15	1,75	2,13	2,60	2,95	60	1,67	2,00	2,39	2,66
16	1,75	2,12	2,58	2,92	120	1,66	1,98	2,36	2,62
17	1,74	2,11	2,57	2,90	∞	1,64	1,96	2,33	2,58

Продолжение приложения 3

Таблица 3

Критерий Фишера при $q=0,05$

$\nu_{ad} \rightarrow$ $\nu_0 \downarrow$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,39	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,85	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,35	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,52
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 1

Значения α и общее число опытов

Число опытов	Число независимых переменных			
	2	3	4	5*
В ядре плана N_j	4	8	16	16
В “звездных” точках N_α	4	6	8	10
В центре плана m_0	1	1	1	1
Общее число опытов N	9	15	25	27
Величина “звездного” плеча α	1,00	1,215	1,414	1,547