Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Р.Р.Фаткуллина

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROSOFT EXCEL

Учебно-методическое пособие

Казань 2013

УДК 681.3:67(075)

Составитель канд. биол. наук Р.Р.Фаткуллина
Анализ технологических данных с использованием Microsoft Excel: учебно-методическое пособие / Казан. нац. иссл. технол. ун-т. Казань, 2013. 80 с.

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с действующей программой дисциплин «Моделирование и оптимизация технологических процессов». Содержит описание применения современных информационных технологий для обработки данных при анализе и моделировании технологических процессов легкой промышленности.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальностей 260901 - Технология швейных изделий, 260905 - Технология изделий из кожи, 260902 - Конструирование швейных изделий, 260906 - Конструирование изделий из кожи, 260904 Технология кожи и меха, 150406 Машины и аппараты текстильной и легкой промышленности ИТЛПМД

Подготовлено на кафедре Моды и технологии ИТЛПМД КНИТУ

Печатается по решению кафедры Моды и технологии Казанского национального исследовательского технологического университета

Печатается в авторской редакции

© Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

I. ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА АНИЗОТРОПНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА СОРТНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 7

II. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 10

III. АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ И РЕГРЕССИИ 17

IV. ПЛАНИРОВАНИЕ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА 24

V. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 33

VI. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ 39

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 62

ПРИЛОЖЕНИЕ 66

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы рационального использования средств производства и совершенствования организации труда в легкой промышленности (ЛП) на современном этапе тесно связаны с проблемами моделирования технологических процессов и использованием информационных технологий.

В настоящем пособии описываются практические задания, методические указания к их выполнению, вопросы для контроля знаний в рамках дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов», а также приложение с описанием использования программного продукта – электронных таблиц Microsoft Excel [1-3]. Показано, как современные компьютерные технологии помогают представить технологические данные в электронном виде, а также обработать количественную информацию с помощью методов математической статистики.

Предполагается первоначальное знакомство читателя с компьютером и программным продуктом Microsoft Office.

Проблемы определения качественных и количественных характеристик в ЛП

Оценка качества продукции. Под качеством продукции понимается совокупность свойств, обусловливающих удовлетворение определенных потребностей в соответствии с назначением этой продукции. Свойство продукции - это объективная особенность изделий, проявляющаяся при их создании, эксплуатации или потреблении.

Известно, что свойства продукции делятся на производственные и потребительские. К производственным относят те свойства, которые формируются в стадии разработки продукции и обеспечиваются на этапе процесса изготовления. К потребительским свойствам относят те свойства, которые наиболее значимы для тех или иных потребителей. Существуют количественные характеристики свойств продукции, которые рассматриваются применительно к определенным условиям ее создания, процессу изготовления или использования.

Оценка качества кожи. Качество кожи - это совокупность свойств, которые обеспечивают возможность изготовления изделий, эстетичный внешний вид и соответствие требованиям моды, удобство эксплуатации изделий, их гигиенические свойства (воздухопроницаемость, паропроницаемость и др.), неизменность свойств кожи в течение достаточно длительного времени, однородность свойств, особенно физико-механических [4-6].

Первая группа качества «ОМ» – особо модные кожи повышенного качества, соответствующие перспективному направлению моды. Вторая группа качества «ПК» – новые кожи повышенного качества, соответствующие современному направлению моды и нормативно-технической документации. Третья группа качества «ТМ» – кожи массового (серийного) производства. Органолептическая оценка кож всех групп качества осуществляется по трём основным признакам: эластичности, отделке и структуре лицевой поверхности. Сортировка кожи проводится после установления соответствия данных физико-механического и химического анализов требованиям стандартов. Для сравнительной оценки работы кожевенных заводов вводится коэффициент сортности продукции K_c, который определяется отношением стоимости всей выпускаемой продукции данного вида к стоимости того же объёма продукции, выраженного в ценах высшего сорта.

Зависимости свойств дермы от содержания в коллагене оксида хрома (III). Основным критерием окончания дубления является повышение температуры сваривания дермы. Чем больше образуется поперечных связей в дерме, тем выше температура её сваривания (табл. 1).

Таблица 1 - Зависимость температуры сваривания дермы от содержания в коллагене оксида хрома (III)

Содержание Cr_2O_3, %	-	0,88	3,0	10,0
Температура сваривания, ^oC	60,5	79,0	98,2	110,1

С повышением содержания в обводненной дерме дубящих соединений её прочность сначала увеличивается, достигает максимума, а затем снижается (табл. 2).

Таблица 2 - Зависимость прочности дермы от содержания в коллагене оксида хрома (III)

Содержание Cr_2O_3, %	1,1	2,1	3,1	10,4
Предел прочности при растяжении, усл. ед.	100	117	115	98

В связи с расширением ассортимента одежды актуальной становится проблема повышения качества обработки деталей и изделий в целом с учетом особенностей строения и свойств используемого материала. Кожа, в отличие от тканей, имеет сложное объемное строение, и поэтому деформация натуральной кожи происходит отлично от тканей. Актуальны исследования по определению оптимальных режимов формообразования и формозакрепления деталей одежды из натуральной кожи способом влажно-тепловой обработки с введением фиксирующих химических реагентов.

Оценка качества выкраивания деталей одежды. Качество выполнения операции выкраивания оценивается по точности совпадения размеров выкроенных деталей с размерами лекала детали. На качество выкраивания деталей одежды влияют следующие факторы: вид применяемого оборудования, угол заточки ножа раскройной машины, квалификация рабочего и др.

Оценка зависимости между двумя характеристиками. Осуществить математическое описание технологического процесса, например, сгладить неравномерность загрузки в оптимальном плане при соединении графиков различных объектов позволяет метод наименьших квадратов. Допуская линейную зависимость между временем и затратами средств, можно подсчитать изменение затрат ресурсов при сокращении работ на единицу времени. Графически отобразить распределение данных, произвести сглаживание эмпирических данных и формализовать зависимость между переменными величинами можно с помощью пакета прикладных программ Excel.

I. ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА АНИЗОТРОПНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА СОРТНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Задание. Выполнить вычисления коэффициента анизотропности и коэффициента сортности продукции. Оформить таблицу исходных данных. Данные для своего варианта (по последней цифре или по сумме последних цифр в зачетной книжке) берутся из таблиц *3-5*.

Таблица 3 - Выпуск партии продукции кожевенного завода по уровням качества

Сорт	Выпуск, дм^2	Цена, руб./дм^2
I	X_1	c_1
II	X_2	c_2
III	X_3	c_3
IV	X_4	c_4

Таблица 4 - Варианты заданий со значениями выпуска продукции кожевенного завода по уровням качества, дм^2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10000	15000	10000	11000	12000	13000	14000	12000	10000	11000
2	510	505	520	515	500	500	500	500	500	505
3	21	26	21	20	21	22	21	22	21	23
4	15	14	15	16	15	13	15	14	15	16

Таблица 5 - Варианты заданий с ценой продукции кожевенного завода по уровням качества, руб./дм^2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	45	50	47	51	45	50	45	50	46	52
2	35	35	35	36	36	35	35	37	35	35
3	20	21	19	21	20	22	20	21	20	21
4	14	10	14	10	13	10	11	10	14	9

Методические указания

На качество материала, его раскройные свойства, например, кожи в обувном производстве, большое влияние оказывает неравномерность удлинения (анизотропность) этого материала в периферийных участках. Неравномерность оценивается коэффициентом анизотропности K_n:

$$K_n = \frac{E_{\min}}{E_{\max}},$$

где E_{min} и E_{max} – соответственно минимальные и максимальные удлинения при заданном напряжении в направлениях вдоль и поперёк хребтовой линии кожи.

Рассмотрим вычисления коэффициента анизотропности продукции K_n на примере:

$$K_n = \frac{0{,}025}{0{,}028} = 0{,}98.$$

Коэффициент сортности продукции K_c вычисляется по формуле:

$$K_c = \frac{X_1 c_1 + X_2 c_2 + X_3 c_3 + X_4 c_4}{c_1 X_1 + X_2 + X_3 + X_4},$$

где X_1 ... X_4 - выпуск продукции кожевенного завода по сортам.

Допустим, что кожевенный завод выпускает продукцию четырёх уровней качества (табл. 6):

Таблица 6 - Выпуск партии продукции кожевенного завода по уровням качества

Сорт	Выпуск, дм^2	Цена, руб./дм^2
I	10000	45
II	500	35
III	21	20
IV	15	14

Рассмотрим вычисления коэффициента сортности продукции K_c на примере:

$$K_c = \frac{10000 \cdot 45 + 500 \cdot 35 + 21 \cdot 20 + 15 \cdot 14}{45 \cdot 10000 + 500 + 21 + 15} = 0{,}987.$$

Вопросы

1. Какие признаки определяют качество материала, изделия легкой промышленности?
2. Как вычисляется коэффициент анизотропности?
3. Как вычисляется коэффициент сортности продукции кожевенного предприятия?

II. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Задание. Построить диаграмму (гистограмму) распределения исследуемого показателя с равными интервалами, выделив четыре-шесть групп данных. Определить основные количественные статистические характеристики: выборочное среднее значение, выборочную дисперсию (вариацию) и среднеквадратическое отклонение. Оценить, возможно ли получение качественного материала в исследуемом производственном процессе, сравнив построенную диаграмму с типовыми на рисунках. Данные для своего варианта (по последней цифре или по сумме последних цифр в зачетной книжке) берутся из *таблиц 7-8.*

Таблица 7 - Варианты значений структурно-механических характеристик

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	6	3	6	6	3	5	3	5
2	5	5	6	3	6	6	5	7	3	5
3	3	5	4	7	6	6	3	3	4	5
4	5	4	7	4	5	4	7	5	6	4
5	5	5	4	4	5	5	4	5	6	5
6	5	6	3	6	5	4	6	5	4	6
7	4	4	5	7	4	4	6	4	7	2
8	5	4	3	5	5	6	4	5	5	2
9	6	4	7	5	6	6	7	6	5	2
10	4	4	4	5	3	6	4	4	5	5
11	4	7	4	4	3	7	3	4	5	5
12	4	4	4	5	3	7	5	4	5	4
13	4	3	4	6	4	7	3	4	6	6
14	7	4	6	3	6	4	7	7	5	6
15	4	6	6	3	6	5	4	4	5	4
16	6	6	4	3	4	4	7	7	5	7
17	4	4	7	5	7	4	3	3	4	3
18	7	7	3	5	4	3	3	3	5	3
19	4	3	3	5	4	3	3	5	6	3
20	3	3	7	5	4	3	3	5	4	3

Таблица 8 - Варианты поля допуска и его середины

№	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
$x_н$	2	3	1	3,5	2,5	3	2,5	2	4,5	1
$x_в$	8	7	7	6,5	8,5	7	8,5	7	6,5	6
x_0	4,7	4,65	5,25	4,65	4,8	5	4,5	5	4,9	5

Методические указания

Необходимо построить график - диаграмму распределения анализируемого показателя. По оси *x* откладываются интервалы этого показателя, а по оси *y* – количество образцов, попавших в тот или иной интервал. Далее определить промежуток, в который попало наибольшее количество образцов и соответствующие его границам значения исследуемого показателя [7].

Рассчитать центр рассеивания (среднее арифметическое), дисперсию и среднеквадратическое отклонение, характеризующие степень разброса исследуемого показателя, нанести их на график.

Одна из основных статистических характеристик ряда данных - выборочное среднее значение - вычисляется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n},$$

где n - объем выборки, x_i - значение признака (если значения признака различны); $i=1,\ldots,n$.

Мерой того, насколько широко разбросаны точки данных относительно среднего значения, служит выборочная дисперсия, значение которой вычисляется по следующей формуле:

$$D = \overline{(x^2)} - \bar{x}^2.$$

Среднеквадратическое отклонение представляет собой $\sqrt{D}$.

Представить анализ распределения исследуемого показателя в виде графика-гистограммы и таблицы 9. Отметить поле допуска δ и его середину (задаются преподавателем).

Таблица 9 - Анализ распределения показателя качества материала

Количество образцов, удовлетворяющих требованиям поля допуска		Количество образцов, не удовлетворяющих требованиям поля допуска	
абс. ед.	отн.ед., %	абс. ед.	отн.ед., %

По полученным характеристикам, а также по форме и по ширине построенной гистограммы оценивают возможность изготовления качественной продукции, сопоставляя полученную гистограмму с полем допуска и делая вывод, ориентируясь на представленные типовые распределения (рис. 1).

Если построенная гистограмма соответствует гистограмме, показанной на рис. 1.*а*, считают, что качество партии изделий находится в удовлетворительном состоянии.

Гистограмма, изображенная на рис. 1.*б*, показывает, что в партии могут находиться бракованные изделия, показатель x которых выходит за верхний предел допуска. При этом необходимо отрегулировать технологический процесс на той операции, где формируется рассматриваемый показатель x.

В случае, соответствующем рис. 1.*в*, возможно появление бракованных изделий, в которых нарушены верхний $x_в$ и нижний $x_н$ пределы допуска. Необходимо принять меры по наладке оборудования, уточнению условий выполнения технологических операций и т.п.

Гистограмма на рис. 1.*г* показывает необходимость без промедления «переместить» центр распределения в центр поля допуска путем регулировки технологического оборудования и корректировки условий выполнения операций.

Гистограмма, соответствующая рис. 1.*д,* свидетельствует о наличии в партии бракованных изделий, т.е. производственный процесс разрегулирован.

Случай, показанный на рис. 1.*е,* объясняется тем, что сырье фактически было двух разных сортов, либо тем, что в процессе работы была осуществлена переналадка технологического оборудования.

Выбрать интервал исследуемого показателя с наибольшим удельным весом попадания образцов (в пределах границ поля допуска).

Если гистограмма показывает несоответствие принятым требованиям поля допуска исследуемого показателя, то делается вывод о необходимости корректировки технологического процесса.

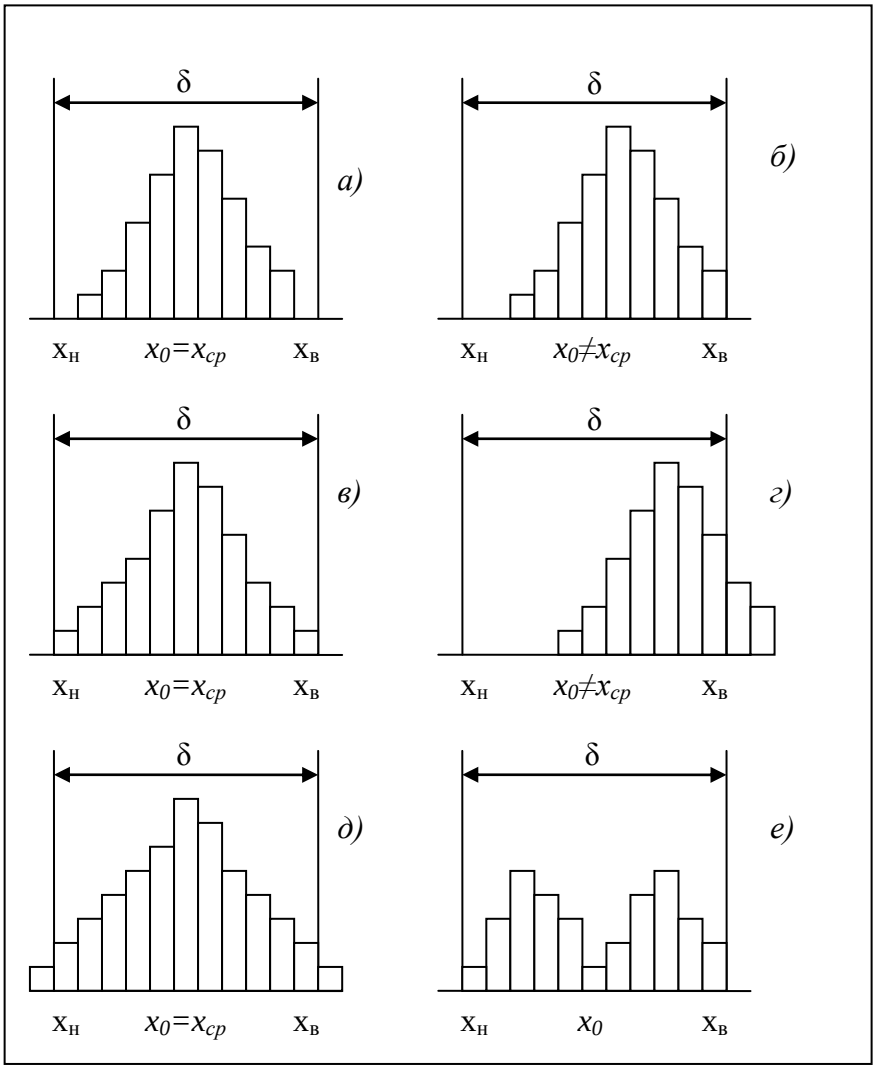


Рисунок 1 - Возможные сочетания плотности распределения исследуемого показателя с полем допуска δ

Рассмотрим на примере (табл. 10) вычисление статистических характеристик и оценим возможность получения качественного материала в исследуемом производственном процессе.

Таблица 10 - Пример данных и расчета значений структурно-механических характеристик

а)

№	X	X*X
1	5	25
2	7	49
3	3	9
4	5	25
5	5	25
6	5	25
7	4	16
8	5	25
9	6	36
10	4	16
11	4	16
12	4	16
13	4	16
14	7	49
15	4	16
16	6	36
17	4	16
18	7	49
19	4	16
20	3	9

б)

№	0
$x_н$	4
$x_в$	6
x_0	4,8

Построим диаграмму распределения значений показателя качества материала (рис. 2), проанализируем это распределение (табл. 11). Найдем среднее значение, дисперсию (вариацию) и среднеквадратическое отклонение:

$$\bar{x} = 4{,}8$$

$$D = 24{,}5 - 4{,}8^2 = 1{,}46$$

$$\sqrt{D} = 1{,}2.$$

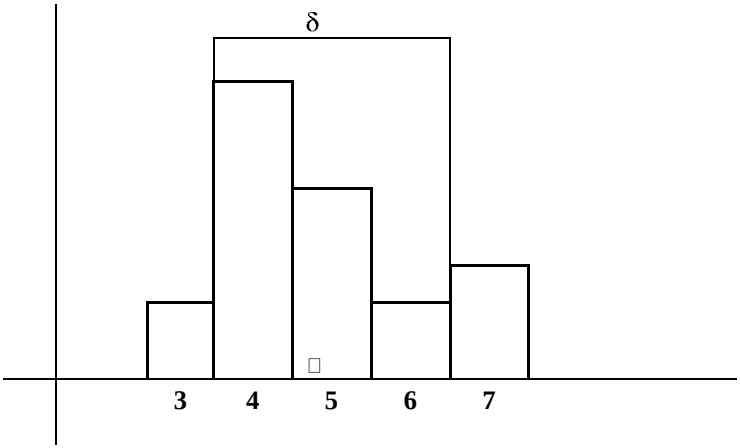


Рисунок 2 - Диаграмма распределения значений показателя качества материала

Таблица 11 - Пример анализа распределения показателя качества материала

Количество образцов, удовлетворяющих требованиям поля допуска		Количество образцов, не удовлетворяющих требованиям поля допуска	
абс. ед.	отн.ед., %	абс. ед.	отн.ед., %
15	75	5	25

Как видим, гистограмма соответствует рис. 1.*д* и свидетельствует о наличии в партии бракованных изделий, т.е. производственный процесс разрегулирован.

Вопросы

1. Для чего служит построение диаграммы распределения результатов измерений?
2. Как вычисляется среднее значение, дисперсия (вариация), среднеквадратическое отклонение выборочных данных?

III. АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ И РЕГРЕССИИ

Задание. Найти регрессионное уравнение, характеризующее влияние исследуемых технологических факторов на параметр оптимизации (температуры на паропроницаемость). Оценить силу линейной связи между исследуемыми показателями (определить линейный коэффициент корреляции и его значимость). С помощью *F*-критерия Фишера проверить адекватность уравнения регрессии. Данные по вариантам задания (по последней цифре или по сумме последних цифр в зачетной книжке) и таблица для промежуточных расчетов представлены в таблицах 12,13,14.

Таблица 12 - Варианты значений независимой переменной

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,2	3,1	3,4	3,4	3,4	3,5	3,2	3,6	3,2	3,6
2	5,2	5,2	5,2	5,1	5,9	5,9	5,9	5,6	5,6	5,6
3	7,8	7,1	7,4	7,4	7,4	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
4	7,2	7,2	7,2	7,9	7,6	7,6	7,6	7,6	7,7	7,6
5	9,9	9,1	9,4	9,4	9,4	9,2	9,2	9,8	9,8	9,8
6	9,2	9,2	9,2	9,1	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
7	13,1	13,1	13,4	13,4	13,4	13,9	12,9	12,2	12,4	12,2
8	19,3	19,2	19,2	19,9	19,2	19,2	19,2	17,2	17,2	17,2
9	19,1	19,1	19,4	19,4	19,4	19,1	19,1	19,1	20,5	19,1
10	23,5	23,2	23,2	23,1	22,7	22	22	22	24,6	22

Таблица 13 - Варианты значений зависимой переменной

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,9	3,5	3,8	3,8	3,9	3,9	3,8	3,7	3,5	3,7
2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	5,7	5,1	5,1	5,1
3	5,5	5,5	5,8	5,6	5,6	5,6	4,6	4,6	6,6	4,6
4	4,6	4,7	4,7	4,7	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
5	6,5	6,5	6,8	6,8	6,8	6,1	5,1	4,9	4,1	4,9
6	7,6	7,7	7,7	7,7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
7	7,5	7,5	7,8	7,6	7,6	7,6	6,6	6,6	6,8	6,6
8	9,3	9,7	9,7	9,7	9,4	9,4	8,4	8,4	8,4	8,4
9	11,5	11,5	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	13,2	13,3	13,2
10	15,7	15,7	15,7	12,7	16,7	16,7	12,7	12,7	12,7	12,7

Таблица 14 - Таблица для промежуточных расчетов

№	x	y	x^2	xy	$x-x_{сред}$	$y-y_{сред}$	$(x-x_{сред})^2$	$(y-y_{сред})^2$	$y^p=a+bx$	$y-y^p$	$(y-y^p)^2$	$(x-x_{сред})*(y-y_{сред})$
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Методические указания

В регрессионном анализе рассматривается функциональная связь между переменной Y, называемой зависимой переменной, и переменными $x_1, x_2, ..., x_n$, называемыми независимыми переменными [8]. Эта связь описывается некоторой математической моделью, выражаемой функцией

$$y_j^{\,p} = a + bx_j,\ j = 1,..., n.$$

Оценки неизвестных параметров регрессии a и b обеспечивают минимум суммы квадратов отклонений прогнозируемых значений y^p и эмпирических значений $y^э$ выборки данных (метод наименьших квадратов):

$$\rho = \sum_{j=1}^{n} (y_j^p - y_j^э)^2$$

Коэффициенты уравнения определяются следующим образом:

$$a = \frac{1}{n}\left(\sum_j y_j - b\sum_j x_j\right)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1} x_j \sum_j y_j - n\sum_j x_j y_j}{\left(\sum_j x_j\right)^2 - n\sum_j x_j^{\,2}}$$

Задача проверки на наличие прямолинейной зависимости между описанными парами рядов данных может решаться с помощью корреляционного анализа. Для оценки силы линейной статистической связи вычисляется коэффициент корреляции r (Пирсона):

$$r = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left(x_j - x_{сред}\right)\left(y_j - y_{сред}\right)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(x_j - x_{сред}\right)^2 \sum_{j=1}^{n} \left(y_j - y_{сред}\right)^2}},$$

где j – число измерений.

Если вычисленный коэффициент корреляции между двумя рассматриваемыми переменными приближается к единице, то это позволяет высказать предположение о линейной зависимости между данными. Коэффициент детерминации вычисляется путем возведения коэффициента корреляции в квадрат (обозначается R^2).

С помощью критических значений коэффициента корреляции и числа степеней свободы (общее число измерений за вычетом числа оценок, уже рассчитанных по этим измерениям и применяемых при

расчете рассматриваемой характеристики) можно оценить, достаточен ли объем выборки (Приложение 1).

Важно оценить значимость коэффициента корреляции, особенно если он вычислялся для небольшого числа наблюдений. Средняя ошибка коэффициента корреляции вычисляется по формуле:

$$\nabla = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}},$$

где *(n-2)* – число степеней свободы при линейной зависимости.

Затем находится отношение коэффициента корреляции к его ошибке – расчетное значение критерия Стьюдента:

$$t = \frac{r}{\nabla},$$

которое сравнивается с его табличным значением ($t_{табл}$ при числе степеней свободы *(n-2)* и уровне значимости *p=0,05; см.* Приложение 1). Если расчетное значение критерия больше табличного, то линейный коэффициент корреляции считается значимым.

Проверка гипотезы об адекватности уравнения регрессии (модели) описываемому процессу осуществляется путем сравнения разброса эмпирических данных относительно уравнения регрессии с величиной разброса относительно среднего значения.

Адекватность полученного уравнения регрессии эмпирическим данным проверяют по критерию Фишера:

$$F_p = \frac{S^2_{ост}}{S^2_{общ}},$$

где $S^2_{ост}$ - дисперсия остаточная и $S^2_{общ}$ – дисперсия общая.

Сумма квадратов разностей между эмпирическими значениями *y* и прогнозируемыми значениями y^p_j называется *остаточной* суммой квадратов; сумма квадратов разностей между эмпирическими значениями y_j и средним значением $y_{сред}$ называется *общей* суммой квадратов:

$$S^2_{ост} = \frac{1}{n-l}\sum_{j=1}^{n}(y^э_j - y^p_j)^2,$$

где l – число значимых коэффициентов регрессии;

$$S^2_{общ} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y^э_j - y_{сред})^2,$$

где n – объем выборки.

Рассчитываем числа степеней свободы: $f_1=n-l$; $f_2=n-2$. По таблице находим $F_{табл}$; если $F_p < F_{табл.}$, то делается вывод об адекватности уравнения (для данного уровня значимости p=0,05).

Рассмотрим на примере анализ корреляции и регрессии (Приложение 2). Заполним вспомогательную таблицу промежуточных вычислений (табл. 15).

Таблица 15 - Таблица промежуточных результатов

	x	y	x^2	xy	$x-x_{сред}$	$y-y_{сред}$	$(x-x_{сред})^2$	$(y-y_{сред})^2$	$y^p=ax+b$	$y-y^p$	$(y-y^p)^2$	$(x-x_{сред})*(y-y_{сред})$
№	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***	***12***
1	3	3	9	9	-8,4	-4,0	70,6	16,0	2,5	0,5	0,25	
2	5	3	25	15	-6,4	-4,0	41,0	16,0	3,6	-0,6	0,32	
3	7	5	49	35	-4,4	-2,0	19,4	4,0	4,6	0,4	0,13	
4	7	4	49	28	-4,4	-3,0	19,4	9,0	4,6	-0,6	0,41	
5	9	6	81	54	-2,4	-1,0	5,8	1,0	5,7	0,3	0,08	
6	9	7	81	63	-2,4	0,0	5,8	0,0	5,7	1,3	1,65	
7	13	7	169	91	1,6	0,0	2,6	0,0	7,9	-0,9	0,73	
8	19	9	361	171	7,6	2,0	57,8	4,0	11,1	-2,1	4,29	
9	19	11	361	209	7,6	4,0	57,8	16,0	11,1	-0,1	0,005	
10	23	15	529	345	11,6	8,0	134,6	64,0	13,2	1,8	3,19	
∑	114	70	1714	620	-	-	130,0	-	-	-	11,1	

Например, при $n\text{-}2=8$ по таблице находим $t_{табл}=2{,}306$. Если значение критерия фактическое больше табличного, то линейный коэффициент корреляции считается значимым.

Вычислим сумму квадратов разностей между фактическими значениями Y и прогнозируемыми значениями, т.е. остаточную дисперсию. Затем подсчитаем сумму квадратов разностей между фактическими значениями Y и их средним значением, т.е. общую дисперсию:

$$S^2_{ост} = 1{,}16$$

$$S^2_{общ} = 13{,}5.$$

Адекватность проверим, вычислив расчетный критерий Фишера F_p, а затем сравним его с табличным значением ($F_{табл}$):

$$F_p = 0{,}08,$$

Рассчитываем числа степеней свободы: $f_1=10\text{-}2;\ f_2=10\text{-}2$. По таблице находим $F_{табл}$; если $F_p < F_{табл.}$, то делается вывод об адекватности уравнения (для данного уровня значимости p=0,05). Далее построим график (рис. 3). Для этого достаточно подставить в полученное уравнение регрессии два любых значения из области определения независимой переменной (x_1 *и* x_2) и получить два соответствующих значения зависимой переменной (y_1 *и* y_2). Через полученные две точки провести линию.

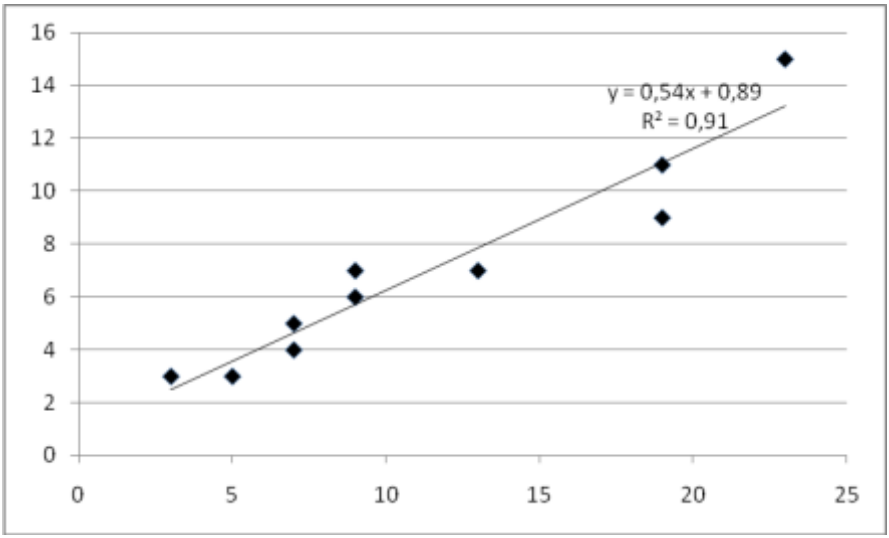


Рисунок 3 - ■ *- исходные данные, -- линия регрессии, уравнение регрессии и коэффициент детерминации* R^2

Выводы делаются подробно, приводятся численные результаты.

Вопросы

1) Для чего служит корреляционный и регрессионный анализ?

2) Как подтвердить значимость коэффициента корреляции?

3) Как подтвердить адекватность уравнения регрессии?

IV. ПЛАНИРОВАНИЕ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Задание. Найти значения верхнего и нижнего уровней каждого фактора. Восстановить матрицу планирования полного факторного эксперимента в натуральных величинах. Вычислить коэффициенты регрессии. Рассчитать критерий Стьюдента для каждого коэффициента. Проверить значимость коэффициентов уравнения регрессии. Рассчитать значение критерия Фишера. Проверить адекватность полученного уравнения. Варианты заданий даны в таблицах *16-19*.

Таблица 16 - Варианты заданий экспериментальных результатов

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	34,8	44,9	44,9	44,1	34,7	33,7	34,4	34,7	34,2	34,6
2	41,4	38,4	38,4	39,4	43,4	41,4	40,4	41,4	41,4	41,4
3	39,1	39	39	39	39	39	38,7	39	39,3	39
4	39,2	39,2	39,2	39,2	41,2	37,2	39,2	39,2	39,2	39,3
5	29,5	29,3	29,5	29,5	29,5	29,5	29,6	30,2	29,5	29,5
6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	24,6	26,6	26,6	28,6	26,6
7	30	30,5	32	32	30,3	30	30	30	30,1	30
8	34,4	34,4	34,6	34,5	34,5	32,5	34,4	34,5	34,5	34,4
9	34,8	44,9	44,9	44,1	34,7	33,7	34,4	34,7	34,2	34,6
10	41,4	38,4	38,4	39,4	43,4	41,4	40,4	41,4	41,4	41,4

Таблица 17 - Варианты заданий параллельных экспериментов в центре плана

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	34	30	32	28	30	31	31	32	33,4	33,1
2	40	41	40	38,4	35	36	39	38	37,2	36,7
3	34,8	35	35	32,9	34	33	33	34	34,3	35
4	34,9	34,9	35	35	36	37	36	35	35,1	34,8

Таблица 18 - Варианты заданий интервалов варьирования плана

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5,5	5,6	5,3	5,6	5,9	5,4	5,3	4,9	5,2	5,1
2	1,1	1,5	1,7	1,2	1,9	1,5	1,3	1	1,1	1,1
3	2,2	2,9	2,2	2,3	2,6	2,5	2,2	2	2,2	2,1

Таблица 19 - Варианты заданий начальных значений плана

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	36,1	36,5	36,3	47	36,2	35,5	36,2	35,9	36,1	36
2	5,2	5,1	5,7	6,2	5,4	5,2	5,4	5,1	4,9	5
3	9,5	9,2	9,9	11,3	9,7	8,5	9,4	9,2	9,2	9

Методические указания

Выбор плана полного факторного эксперимента определяется постановкой задачи исследования и особенностями объекта [10]. Процесс исследования обычно разбивается на отдельные этапы. Информация, полученная после каждого этапа, определяет дальнейшую стратегию эксперимента. Таким образом, возникает возможность оптимального управления экспериментом. Планирование эксперимента позволяет варьировать одновременно все факторы и получать количественные оценки основных эффектов и эффектов взаимодействия. Интересующие исследователя эффекты определяются с меньшей ошибкой, чем при традиционных методах исследования. Применение методов планирования значительно повышает эффективность эксперимента.

При планировании по схеме полного факторного эксперимента (ПФЭ) реализуются все возможные комбинации факторов на всех выбранных для исследования уровнях. Ниже приведены результаты полного факторного эксперимента (табл. 20), начальные значения факторов, интервалы варьирования, а также результаты параллельных опытов в центре плана.

Необходимое количество опытов N при ПФЭ определяется по формуле

$$N = n^k,$$

где n - количество уровней; k - число факторов.

Если эксперименты проводятся только на двух уровнях, при двух значениях факторов и при этом в процессе эксперимента осуществляются все возможные комбинации из *k* факторов, то постановка опытов по такому плану называется полным факторным экспериментом типа 2^k.

Уровни факторов представляют собой границы исследуемой области по данному технологическому параметру.

Таблица 20 - План полного факторного эксперимента

X_1	X_2	X_3	Y
-1	-1	-1	y_1
+1	-1	-1	y_2
-1	+1	-1	y_3
+1	+1	-1	y_4
-1	-1	+1	y_5
+1	-1	+1	y_6
-1	+1	+1	y_7
+1	+1	+1	y_8

Начальные значения: Интервалы варьирования:

x^0_1 Δx_1
x^0_2 Δx_2
x^0_3 Δx_3

Факторы кодируются по следующим формулам:

$$x_j^0 = \frac{x_j^{\max} + x_j^{\min}}{2},$$

$$\Delta x_j = \frac{x_j^{\max} - x_j^{\min}}{2},$$

Кодированный план геометрически представляется в виде куба (рис. 4):

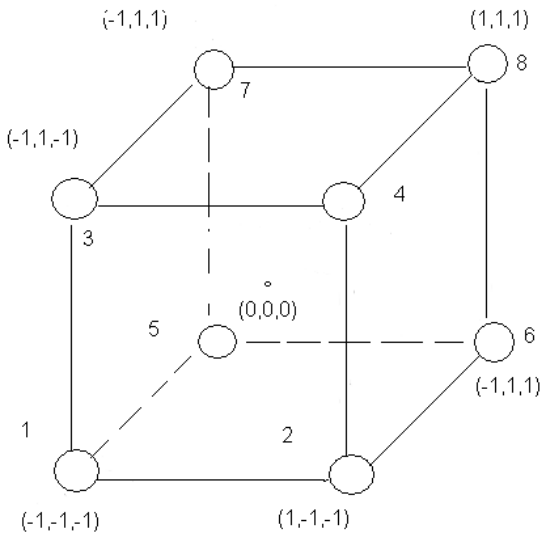


Рисунок 4 - Геометрическое представление кодированного плана в виде куба

Любой коэффициент уравнения регрессии b_j, определяется как произведение столбца y на соответствующий столбец x_j, деленное на число экспериментов n в матрице планирования:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ji} y_i}{n},$$

При этом выборочные коэффициенты b_i оказываются оценками для соответствующих теоретических коэффициентов, а значения коэффициентов уравнения регрессии характеризуют вклад соответствующего фактора b_i в Y.

Проверка значимости коэффициентов в уравнении регрессии производится с помощью расчета критерия Стьюдента.

Коэффициенты значимы, если расчетный критерий Стьюдента больше табличного значения. Коэффициенты, которые оказались незначимыми, следует исключить из уравнения:

$$y^p = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3,$$

Подсчитаем сумму квадратов разностей между значениями Y в центре плана(y^0_j) и средним значением ($y^0_{сред}$) параллельных экспериментов, т.е. дисперсию воспроизводимости $S^2_{вос}$:

$$S^2_{вос} = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_j (y^0_j - y^0_{сред})^2.$$

Подсчитаем значение критерия Стьюдента для каждого коэффициента:

$$t = \frac{|b_j| \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{S^2_{вос}}},$$

Значение критерия Стьюдента расчетное сравнивается с табличным значением критерия ($t_{табл}$ при числе степеней свободы (n_1-1) и уровне значимости p=0,05). Если значение критерия фактическое больше табличного, то коэффициент регрессии считается значимым.

Адекватность полученного уравнения регрессии эмпирическим данным проверяют по критерию Фишера. Рассчитаем сумму квадратов разностей между фактическими значениями Y и прогнозируемыми значениями, т.е. остаточную дисперсию $S^2_{ост}$.

$$S^2_{ост} = \frac{1}{n - l} \sum_j (y_j - y^p),$$

где y^p – прогнозируемые расчетные значения.

Рассчитаем число степеней свободы: $df_1=n-l$; $df_2=n_1-1$. По

$$F_p = \frac{S^2_{ост}}{S^2_{вос}},$$

таблице находим значение критерия Фишера $F_{табл}$. Если расчетное значение F_p меньше табличного, то уравнение адекватно описывает эмпирические данные.

Результаты полного факторного эксперимента представлены в таблице 21. План ПФЭ в натуральных величинах приведен в таблице 22. Вспомогательные расчеты для определения коэффициентов регрессии приведены в таблице 23.

Таблица 21 - Результаты полного факторного эксперимента

X_1	X_2	X_3	Y
-1	-1	-1	34,7
+1	-1	-1	41,4
-1	+1	-1	39
+1	+1	-1	39,2
-1	-1	+1	29,5
+1	-1	+1	26,6
-1	+1	+1	30
+1	+1	+1	34,5

Начальные значения:

x^0_1=36,1
x^0_2=5,2
x^0_3=9,5

Интервалы варьирования:

Δx_1=5,5
Δx_2=1,1
Δx_3=2,2

Значения верхнего и нижнего уровней каждого фактора.

$x_1(+1)=x_{1н}+\Delta x_1=36,1+5,5=41,6$; $x_1(-1)=x_{1н}-\Delta x_1=36,1-5,5=30,6$

…

Таблица 22 - План ПФЭ в натуральных величинах

X_1	X_2	X_3	y
30,6	4,1	7,3	34,8
41,6	4,1	7,3	41,4
30,6	6,3	7,3	39,1
41,6	6,3	7,3	39,2
30,6	4,1	11,7	29,5
41,6	4,1	11,7	26,6
30,6	6,3	11,7	30
41,6	6,3	11,7	34,4

Таблица 23 - Вспомогательные расчеты для определения коэффициентов регрессии

X_1	X_2	X_3	y	$X_1 \cdot y$	$X_2 \cdot y$	$X_3 \cdot y$
-1	-1	-1	34,7	-34,8	-34,8	-34,8
+1	-1	-1	41,4	41,4	-41,4	-41,4
-1	+1	-1	39	-39,1	39,1	-39,1
+1	+1	-1	39,2	39,2	39,2	-39,2
-1	-1	+1	29,5	-29,5	-29,5	29,5
+1	-1	+1	26,6	26,6	-26,6	26,6
-1	+1	+1	30	-30	30	30
+1	+1	+1	34,5	34,4	34,4	34,4
$\sum$			275			

Пользуясь планом, представленным в табл. 23, вычислим коэффициенты линейного уравнения регрессии:

b_0=275/8= 34,375; аналогично находятся b_1=1,025; b_2=1,3; b_3=-4,25.

Подсчитаем значение критерия Стьюдента для каждого коэффициента: t_1=35,40; t_2=1,05; t_3=1,34; t_4=-4,38.

Например, в центре плана поставлено дополнительно четыре параллельных эксперимента и получены следующие значения Y:

y_{01}=34; y_{02}=40; y_{03}=34,8; y_{04}=34,9

Для принятого уровня значимости p=0.05 и числа степеней свободы $n1-1$=3, т.е. df=3, табличное значение критерия Стьюдента равно $t_{табл}$=3.18.

По уравнению определяем расчетное значение модели путем подстановки значений факторов из матрицы планирования. Вспомогательные расчеты для определения дисперсии приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Вспомогательные расчеты для определения дисперсии

X1	*X2*	*X3*	*Y*	$Y_{расч.}$	$(Y-Y_{расч.})^2$
-1	-1	-1	34,7	38,625	14,63
+1	-1	-1	41,4	38,625	7,70
-1	+1	-1	39	38,625	0,23
+1	+1	-1	39,2	38,625	0,33
-1	-1	+1	29,5	30,125	0,39
+1	-1	+1	26,6	30,125	12,43
-1	+1	+1	30	30,125	0,02
+1	+1	+1	34,5	30,125	18,28

$$S^2_{ост}=(14,63+7,70+0,23+0,33+0,39+12,43+0,02+18,28)/7=7,71$$

$$S^2_{воспр}=(3,71+16,61+1,26+1,05)/3=7,542.$$

Адекватность проверим по критерию Фишера: F_p=7,71/7,542=1,02.

Например, для данного уровня значимости p=0,05 находим по таблице $F_{табл}$ (df_1=6,df_2=3)=8,9. Так как $F_p < F_{табл}$., то делается вывод об адекватности уравнения эмпирическим данным.

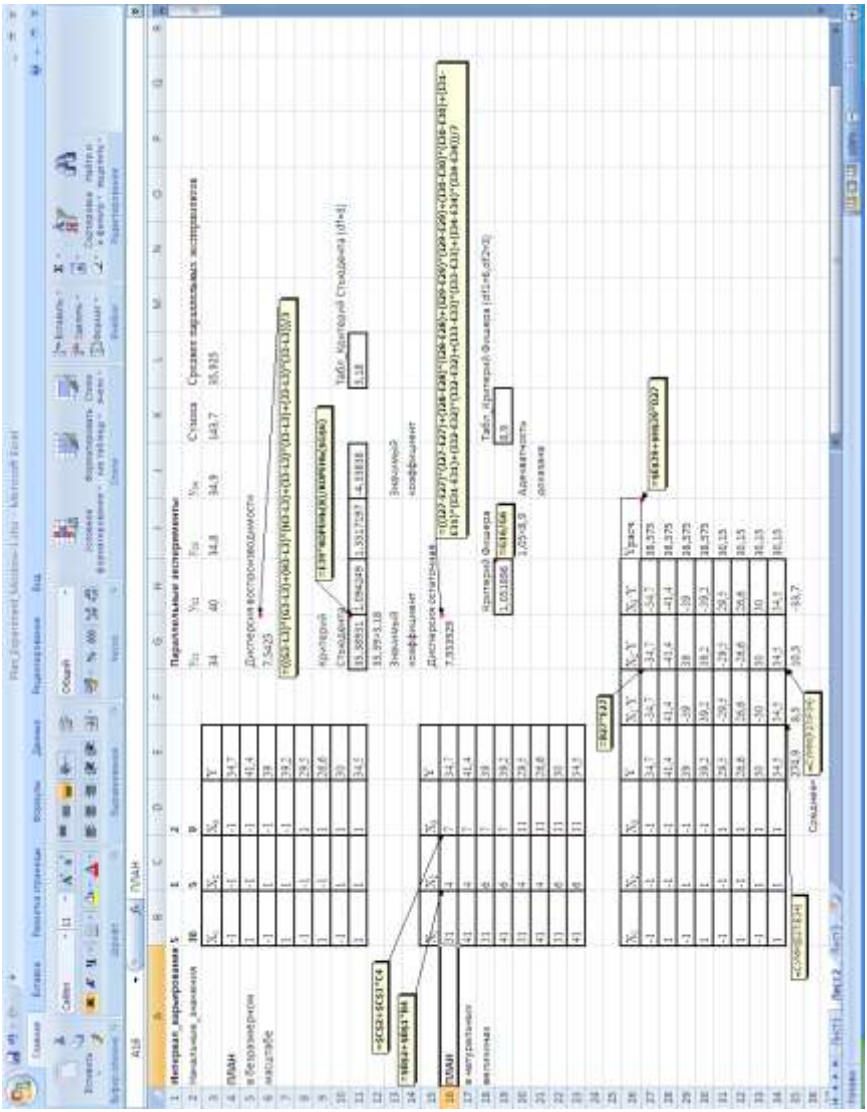


Рисунок 5 – Расчеты полного факторного эксперимента в среде электронных таблиц Excel

V. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Задание. Освоить методику задания исходной информации для последующего моделирования технологической схемы разделения труда для одномодельного потока.

1. Выбор модели
2. Составление технологической последовательности
3. Составление матрицы совместимости оборудования
4. Разработка граф-процесса, информационных матриц

Методические указания

Исходной информацией для моделирования технологической схемы разделения труда является внешний вид изделия легкой промышленности, структура элементов внешнего вида, т.е. конструктивно-технологические сведения об изготавливаемом изделии, данные о потоке (тип потока, мощность, наличие секций), диапазон отклонений от такта потока, описание технологического процесса изготовления изделия в виде справочника неделимых операций, граф-процесс, информационные матрицы [11,12].

Предлагается модель изделия в виде технического рисунка и краткого описания. В техническом описании указать: особенности обработки отдельных узлов (полочки, спинки, рукава и т.д.), модельные особенности изделия и используемые материалы [13].

На предложенную модель изделия легкой промышленности предлагается технологическая последовательность в виде справочника операций, фрагмент которого представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Фрагмент технологической последовательности

Номер недел. опер.	Содержание операции	Специаль ность	Разряд	Время, с	Оборудо вание приспособ ления
1	2	3	4	5	6
1	Проверка наличия деталей кроя	Р	2	89	стол
2	Стачивание рельефных срезов полочки	С	2	198	508 кл.
...					

На основании справочника неделимых операций составляется таблица условных номеров используемого оборудования [14], образец представлен в таблице 26, а также строится матрица F_{ij} с элементами $F(i,j)$ - трудоемкостями неделимых операций, где i - количество неделимых операций, $j = 2$ (табл. 27).

Таблица 26 - Условный номер оборудования

Условный номер	Класс оборудования	Специаль-ность	Назначение
1	1597 кл.	м	универ.
2	2222 кл.	с/м	для выметывания
3	302 кл.	с/м	для втачивания
4	1095 кл.	с/м	для пришив. пуговиц
5	51-284 кл.	с/м	для обметывания
6		*р*	ручные стоя…

Таблица 27 - Матрица F_{ij} трудоемкостей

Номер неделимой операции	Трудоемкость
1	89
2	198
	...

Также на основании условных номеров оборудования и условий комплектования организационных операций из неделимых составляется матрица совместимости оборудования C_{ij} с элементами $C(i,j) = 1$, если совместимое оборудование; $C(i,j) = 0$, если несовместимое оборудование; где $i = j$ - число кодов оборудования (табл. 28).

Таблица 28 - Матрица C_{ij} совместимости оборудования

j / i	1	2	3	4	5
1	1	1*	0	0	1*
2	1*	1	0	0	1
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0
5	1*	1	0	0	1
…					

* - оборудование совместимо в редких случаях

В графе технологические и временные связи элементов обработки четко выражены, информация, заложенная в графе, поддается формализации, исключает возможные ошибки при задании

и использовании информации при ручном и при машинном проектировании процессов труда в потоке.

Граф процесса строится в виде дерева, имеющего горизонтальные и вертикальные уровни. Вертикальные уровни – это узлы обработки, а горизонтальные – операционные уровни. Операционные уровни обработки неделимых операций (горизонтальные уровни графа) определяют временные связи между неделимыми операциями и устанавливают параллельность операций в обработке сборочных единиц изделия. Все неделимые операции одного уровня могут обрабатываться синхронно.

Основной сборочной единицей является та, которая имеет наиболее разветвленную систему технологических и конструктивных связей с другими сборочными единицами изделия. Первый вертикальный уровень – ствол дерева – соответствует основной сборочной единице и характеризует монтаж и отделку изделия, другие вертикальные уровни (ветви дерева) – обработке отдельных сборочных узлов (рис. 6).

Затем граф перенумеровывают. Новые номера расставляются по следующему принципу: в первую очередь обозначаются операции основного столбца до операции присоединения ветви, затем обозначаются операции присоединяемой ветви, потом операции по их присоединению и т.д. Знак - 1 обозначает присоединение ветви к определенному столбцу; знак 0 - отсутствие обработки на данном уровне.

На основании граф-процесса строятся четыре матрицы: *G1* с элементами *G1(i,j)* - номерами неделимых операций по технологическому справочнику, где *i* - количество горизонтальных уровней граф- процесса, j - количество вертикальных столбцов граф-процесса; *G2* с элементами *G2(i,j)* - новыми номерами неделимых операций (табл. 29). Аналогичным образом представляются матрицы *G3* с элементами *G3(i,j)* - трудоемкостями неделимых операций (табл. 30); *W* с элементами *W(i,j)* - условными номерами используемого оборудования (табл. 31).

Узел верха	Узел низа
1	27
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
28	
29	
30	

Рисунок 6 - Граф-процесс

Таблица 29 - Матрица G1 (G2 совпадает с G1)

№	Узел верха	Узел низа
1	1	27
2	2	0
3	3	0
4	4	0
5	5	0
6	6	0
7	7	0
8	8	0
9	9	0
10	10	0
11	11	0
12	12	0
13	13	0
14	14	0
15	15	0
16	16	0
17	17	0
18	18	0
19	19	0
20	20	0
21	21	0
22	22	0
23	23	0
24	24	0
25	25	0
26	26	0
27	28	-1
28	29	0
29	30	0

Таблица 30 - Матрица *G3*

№	Узел верха	Узел низа
1	30	57
2	12	0
3	6	0
4	18	0
5	15	0
6	19	0
7	30	0
8	34	0
9	19	0
10	22	0
11	14	0
12	15	0
13	38	0
14	26	0
15	46	0
16	43	0
17	50	0
18	18	0
19	19	0
20	20	0
21	760	0
22	22	0
23	23	0
24	24	0
25	55	0
26	26	0
27	38	-1
28	29	0
29	30	0

Таблица 31 - Матрица W_{ij}

№	Узел верха	Узел низа
1	9	6
2	9	0
3	9	0
4	9	0
5	1	0
6	1	0
7	4	0
8	1	0
9	8	0
10	3	0
11	3	0
12	4	0
13	9	0
14	1	0
15	1	0
16	1	0
17	3	0
18	8	0
19	8	0
20	8	0
21	8	0
22	1	0
23	3	0
24	1	0
25	4	0
26	1	0
27	1	-1
28	7	0
29	9	0

VI. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ

Выбор и обоснование значения мощности проектируемого потока производится с использованием построения синхронных графиков. Для определения предварительного значения такта потока строится диаграмма. По оси *x* откладываются интервалы $t_{инт}$, а по оси *y* - количество неделимых операций, попавших в тот или иной интервал.

Далее определяется промежуток, в который попало наибольшее количество операций и соответствующие его границам значения мощности.

Выбираем значение такта для составления схемы разделения труда и рассчитываем соответствующее ему значение мощности [15].

$$M = T_{смены}/t,$$

где $T_{смены} = 28800$ *с*, *t* - предполагаемый такт потока.

Определение оптимальной мощности потока сборки обуви. Мощность потока сборки обуви оценивают с помощью показателя эффективности - удельных приведенных затрат, представляющих собой сумму текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений.

Нижнюю границу диапазона изменения мощности сборочного потока устанавливают с учетом потребности в данной продукции, рекомендаций ГПИ-2 по выбору оптимальной мощности сборочных потоков, опыта работы промышленности [16]. За величину приращения мощности сборочного потока берут 50 или 100 пар, и рассматривают 3-4 варианта мощности.

Критерий оптимальной мощности сборочных потоков обуви можно представить в следующем виде:

$$\frac{C_j + E_n K_j}{2DM_j} \to \min,$$

где *j* – вариант мощности;

C_j – себестоимость годового выпуска обуви потоком j-й мощности, руб.;
E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (E_n=0.33);
K_j – капитальные вложения в сборочный поток j-й мощности, руб.;
D – число рабочих дней в году;
M_j – сменная мощность j-го потока сборки обуви.
Коэффициент загрузки потока

$$K_з = \frac{N_p}{N_ф}.$$

Алгоритм расчета оптимальной мощности сборочных потоков обуви можно представить следующим образом (рис. 7):

Начало
For j=1 to 3
$Z_j = \frac{C_j + E_n K_j}{2DM_j}$
Next j
min(Z_j)
$K_з = \frac{N_p}{N_ф}$
Конец

Рисунок 7 - Алгоритм расчета оптимальной мощности сборочных потоков обуви

Составление схемы разделения труда методом математического моделирования. Для составления схемы разделения труда исходными данными являются:

- ассортимент изделия;
- выпуск в смену, ед.;
- такт потока t, с;
- условия согласования для выбранного типа потока.

Условием формирования организационных операций следует считать минимум принятого числа рабочих при заданной производительности поточной линии, который достигается при минимальных потерях от некратности длительности организационных операций такту поточной линии [8]:

$$\min_{N}\left(N\tau - \sum_{i=1}^{n} t_i \right),$$

где N – количество рабочих, соответствующее данному варианту разделения труда; τ – такт поточной линии; t_i-длительность i-й неделимой операции.

Математическую модель задачи формирования организационных операций можно представить в следующем виде [15]:

1) определённое множество неделимых операций $HO = \{1, 2, \ldots, n\}$;
2) множество HO частично упорядочено отношением предшествования, определяющим технологическую последовательность процесса сборки изделий; ограничения очередности выполнения неделимых операций описаны графом очередности;
3) задано время выполнения неделимых операций t_i; трудоемкость сборки изделия: $T = \sum_{i=1}^{n} t_i$;
4) длительность сформированных организационных операций не должна превышать такт поточной линии, т. е.

$$\sum_{i \in Mk} t_i \le \tau,$$

где τ – такт поточной линии; M_k – подмножество неделимых операций, вошедших в состав k-й организационной операции;

5) неделимые операции, включаемые в состав одной организационной операции, должны выполняться на одноименном или совместимом оборудовании. Ручные операции, которые могут выполняться стоя и сидя, комплектуются с операциями, которые могут выполняться на соответствующем по оборудованию рабочем месте (утюжильными или машинными). Необходимо сформировать организационные операции таким образом, чтобы количество рабочих мест было минимальным при заданной величине такта поточной линии τ.

При составлении схемы разделения труда используются граф-процесс изделия и информационные матрицы. Схема разделения труда представляется в виде таблицы, где количество строк соответствует количеству неделимых операций, количество столбцов - количеству организационных операций (табл. 32). Для каждой организационной операции рассчитывается общая трудоемкость $T_{об}$, с, количество рабочих фактическое $K_{рф}$ и расчетное $K_{рр}$ по формуле:

$$K_{рр}=T_{оо}/t\ ,$$

где $T_{оо}$ - трудоемкость организационной операции, с;

$T_{оо}=\sum T_{но}$; t - такт потока, с.

Также для наглядности проводят построение графика загрузки организационных операций - синхронного графика (рис. 8).

Таблица 32 - Схема разделения труда

	Организационные операции											
Недел.опер.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	30											
2		12										
3		6										
4		18										
5			15									
6				19								
7					30							
8						34						
9							19					
10								22				
11									14			
12									15			
13										38		
14											26	
15											46	
16											43	
17												50
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24…												
Специаль-ность	М											
Время *T, c*	30											
Кол-во рабочих расч., *Кр,* чел.	1,5											
Кол-во рабочих факт., *Кф*, чел.	2											

Проверку соответствия структуры потока технологической последовательности обработки проводят путем построения монтажного графика, в котором организационные операции в потоке условно изображают в одну линию прямоугольниками (рис. 9). В них указывают номер организационной операции и входящие в нее номера неделимых операций. Кратные операции (где задействованы два и более рабочих) показывают подчеркиванием в соответствии с числом рабочих. Стрелками указывают направление перемещения деталей.

Рассчитывается коэффициент загрузки потока по формуле:

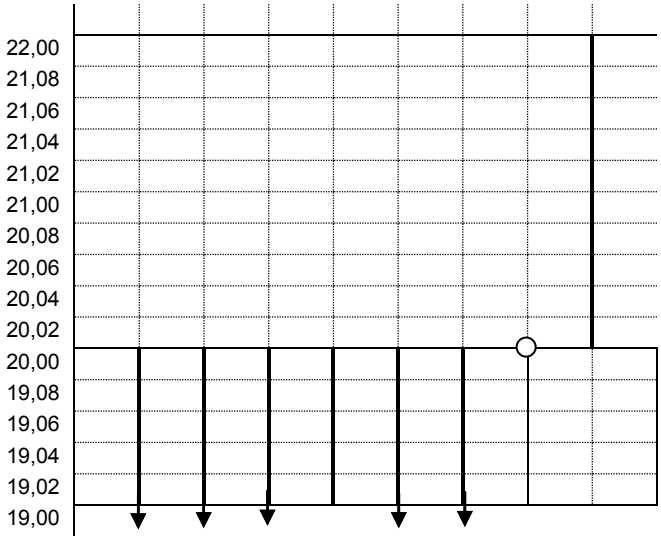
$$K_з = T/(t \cdot K_{рф})$$

где T — трудоемкость изделия, с; t - такт потока, с; $K_{рф}$ - фактическое количество рабочих. Приводятся данные анализа схемы разделения труда (таблица 33).

Таблица 33 - Анализ схемы разделения труда

Показатель	Значение
Количество рабочих (расчетное и фактическое)	
Коэффициент загрузки потока	
Количество организационных операций	
Количество кратных операций	
Количество возвратов и переносов	
Количество операций, не вошедших в условия согласования	

Выводы по результатам работы должны быть подробными и содержать наиболее важные числовые показатели.



№ орг. операции									
Время *T*, с	30	36	15	19	30	34	20	22	29
Кол-во рабочих расч., K_p, чел.	1,50	1,80	0,75	0,95	1,50	1,70	1	1,10	1,45
Кол-во рабочих , $K_ф$, чел.	2	2	1	1	2	2	1	1	2

Рисунок 8 - Синхронный график

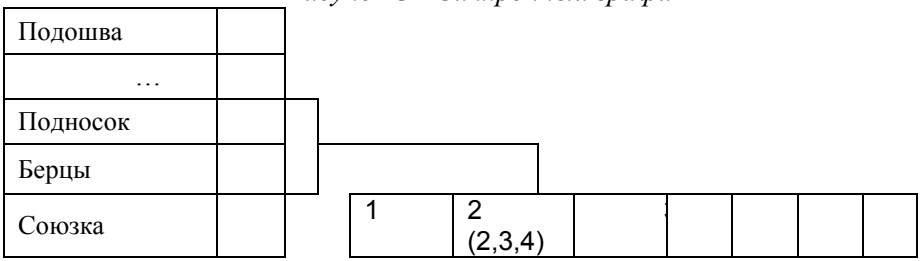


Рисунок 9 - Монтажный график

Расчет рациональной мощности кожевенного и мехового производства. Кибернетическую модель технологического процесса кожевенного производства можно представить в виде «черного ящика», отображающего процесс преобразования входных данных в выходные [17-18]. На входе имеем сырье, затем в «черном ящике» с сырьем происходят преобразования - выделение из шкуры дермы с определёнными микроструктурой и химическим составом (получение голья); получение дубленого полуфабриката, сопровождающееся фиксацией структуры голья (иногда дополнительным ее изменением), а на выходе получаем готовое изделие - кожу, т.е. дубленый полуфабрикат с необходимыми физико-механическими и органолептическими свойствами.

Внутри «черного ящика» все процессы и операции кожевенного производства делятся на три основные группы: подготовительные, заканчивающиеся получением дубленого полуфабриката; красильно-жировальные, сушильные и отделочные, заканчивающиеся получением кожи [19-20].

Считается, что производственная мощность (размер предприятия) действующих кожевенных предприятий, выпускающих различные виды кож, определяется для жестких кож и юфти мощностью отмочно-зольного и дубильного цеха, для сыромяти - мощностью отмочно-зольного цеха, для кож хромового дубления – мощностью дубильного и отделочного цехов. Поэтому целесообразно установление оптимального проектного размера предприятия исходя из мощностей отдельных цехов.

Особенности технологического процесса кожевенного и мехового производства. Основу кожевенного производства составляют различные технологии, разрабатываемые для каждого вида кожи [21-22]. В производстве кожи используется сырьё, вода, воздух и разнообразные химические материалы: щелочи, кислоты, соли, минеральные и органические дубители, ферменты, поверхностно-активные вещества, красители, жирующие вещества, водные дисперсии полимеров, пигментные концентраты и т.д.

Под процессами кожевенного производства понимают совокупность обработок сырья и полуфабриката, в результате которых происходит последовательное превращение шкуры

животного в кожу. Отдельными элементами технологического процесса являются операции. Так, процесс отделки кож включает операции нанесения покрывной краски, пролежку, тяжку, прессование кож и др. (Приложение 3).

Различают обработку сырья и полуфабриката химическими реагентами, механическими и физико-химическими воздействиями. Основной особенностью технологического процесса кожевенного и мехового производства является наличие и чередование процессов и операций химико-технологического и механико-технологического типа, отличающихся по содержанию, воздействию на предмет труда, принципу и режиму работы используемого оборудования, а также его обслуживания.

Соответственно основными процессами кожевенного производства являются отмочно-зольные, преддубильные, дубильные, красильно-жировальные, сушильные и отделочные. Для мехового производства необходимы отмочно-моечные операции, мездрение, пикелевание, дубление и отделка.

Эта специфика технологии так проявляется в производственно-технологической структуре кожевенного производства: группы однотипных операций выполняются в самостоятельных цехах - отмочно-зольном, дубильном, красильно-жировальном, отделочном. Виды оборудования, входящие в состав системы цехов, различаются по характеру воздействия на предмет труда (машины, аппараты, агрегаты), принципу действия (проходные, непроходные) и по своим техническим характеристикам.

Для меховой овчины принята следующая схема обработки: отмока-мойка-стрижка-мездрение-обезжиривание-пикелевание-дубление-крашение. В отличие от меховой, шубная овчина обрабатывается по следующей схеме: отмока-мездрение-обезжиривание-пикелевание-дубление-влажное шлифование-нейтрализация-крашение-обезжиривание кожевой ткани-отделка волосяного покрова и кожевой ткани. На меховых фабриках при обработке пушно-мехового сырья в настоящее время предусматриваются варианты совмещения процессов пикелевания-дубления-жирования.

Способы оптимизации производства. Большой эффект на технико-экономические показатели производства оказывает использование средств автоматизации и управления [5-6]. Одной из форм совершенствования организации производственного процесса является замена имеющегося оборудования на новое, более совершенное, например, использование проходного оборудования вместо непроходного. Кроме того, к факторам, оптимизирующим производственные процессы, относятся механизация всех работ, связанных с транспортированием предметов труда; автоматизированное дозирование исходных материалов, а также регулирование температуры и времени обработки; внедрение систем дистанционного управления поточными линиями с выносом пульта управления из зон размещения оборудования; создание замкнутых циклов использования технологической воды в операциях кожевенного и мехового производства .

Алгоритмический подход к определению рациональной мощности кожевенного и мехового производства по критерию удельных приведенных затрат. При алгоритмизации данного метода используется методика определения рациональной мощности, заключающаяся в следующем. Задаются начальное и конечное значения диапазона изменения мощности; полученный диапазон разбивается на конечное число интервалов, значения которых соответствует шагу приращения; для границ каждого интервала подсчитывается значение критерия оптимальности; анализируются технико-экономические показатели; выбирается экстремальное значение критерия, и соответствующая ему мощность принимается за рациональную [15].

Сопоставление рациональных мощностей отдельных цехов основного производства позволяет выявлять имеющиеся диспропорции между их пропускной способностью. Возможность использования более современных вариантов оборудования или двухрежимного функционирования процессов и операций химико-технологического типа позволяет сравнивать и оптимизировать пропускную способность аппаратных и машинных операций.

Задание. Произвести выбор значения рациональной мощности проектируемого производства, т.е. найти такое значение мощности, при котором достигается минимум приведенных затрат; освоить методику расчета.

Методические указания

Мощность M_j оценивают с помощью показателя эффективности – минимума приведенных затрат, представляющих собой сумму текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений. Составляющие критерия объединены в следующие группы (для j-го варианта мощности):

- Трудовые затраты (Z_j)
- Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (E_j)
- Цеховые расходы (X_j)
- Капитальные вложения (F_j)

Критерий оптимальной мощности производства можно представить в следующем виде:

$$\frac{Z_j + E_j + X_j + F_j}{M_{Гj}} \to \min ,$$

где j – вариант мощности;

$M_{Гj}$ – годовая мощность кожевенного или мехового предприятия, дм^2.

Нижнюю границу диапазона изменения мощности устанавливают с учетом наличия сырья, производственных площадей, трудовых ресурсов, потребности в готовой продукции, опыта работы промышленности. Рассматривают 3-4 варианта мощности, два варианта количества рабочих дней в году [15]. Расчет ведется по плану:

1. Задание технологической последовательности операций для выпускаемых кож (меха);

2. Задание нижней ($M_н$) и верхней ($M_в$) границ годовой мощности предприятия;
3. Разбиение полученного диапазона на конечное число интервалов, значения которых соответствуют шагу приращения мощности;
4. Расчет критерия оптимальности и технико-экономических показателей для каждого варианта мощности;
5. Выбор экстремального значения критерия, анализ результатов;
6. Составление блок-схемы алгоритма расчета, представление таблицы идентификаторов.

Трудовые затраты. Трудовые затраты включают заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование. Расчёт всех затрат будет производиться на основе суточной мощности предприятия по формуле

$$M_j = \frac{M_Г}{Д},$$

где МГ – годовая мощность кожевенного или мехового предприятия, дм2, изменяющаяся в заданном диапазоне от Мн до Мв; Д – число рабочих дней в году, учитывая возможность наличия различных режимов работы исполнителей по операциям (251-270 дней).

Для каждой технологической операции требуемое число аппаратов и машин для выполнения суточной программы рассчитывается, исходя из количества обрабатываемого сырья. Количество аппаратов можно определить по формуле

$$N_a = \frac{G_{год} t_p}{G_a t_{сут} Д K_и},$$

где $G_{год}$ – количество обрабатываемого сырья за год, кг; t_p – длительность обработки сырья в аппаратах; G_a - вместимость (разовая загрузка аппаратуры); кг; $t_{сут}$ – длительность использования аппаратуры в течение суток; $Д$ - число рабочих дней в году; $K_и$ – коэффициент прохождения сырья в данной операции.

Потребность в машинах для выполнения суточной программы

$$N_м = \frac{G_{год} K_{оп}}{H t_{сут} Д K_и},$$

где $K_{оп}$ – коэффициент прохождения сырья в данной операции; H – норма выработки, шт/час; $N_{см}$ – количество смен.

Принятое (фактическое) число оборудования определяется округлением расчетного числа до ближайшего большего целого (при перегрузке более 10%). Расчет принятого числа рабочих P_{ji} производится в соответствии с технологической схемой (определяется процессом и оборудованием).

Годовые затраты на заработную плату основных рабочих. Годовые затраты на заработную плату основных рабочих с учетом дополнительной заработной платы (20%) и отчислений на страхование (14%) для j-го варианта мощности определяются по формуле:

$$Z_j = 1{,}14 \cdot 1{,}2 \cdot Д \left(\sum_{i=1}^{m} P_{ji} L_i \right),$$

где $i=1,...,m$ – номер операции; P_{ji} - число рабочих для i-й операции; L_i – дневные тарифные ставки по операциям, руб.

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования. Годовые расходы по содержанию и эксплуатации оборудования с учетом затрат на его доставку и монтаж (10%) определяется по формуле

$$E_j = 1{,}1 \left(K_{об} \sum_{l=1}^{m1} N_l C_l \right),$$

где $l=1,...,m1$ – суммарное количество оборудования, шт.; $K_{об}$ – коэффициент, отражающий затраты по эксплуатации и содержанию оборудования; N – фактическое число оборудования на разнотипных операциях (аппаратных, машинных), шт.; C_l – стоимость единицы оборудования на разнотипных операциях, руб.

Цеховые расходы. Они включают затраты по содержанию, эксплуатации зданий цехов и на охрану труда. Расходы на

амортизацию и содержание зданий цехов зависят от размера и стоимости производственной площади.

$$X_j = U\left(\sum_{i=1}^{m} P_{ji}\right) + 2{,}85 \cdot K_{зд} \sum_{l=1}^{m1} c_l S_l,$$

где U – годовые расходы по охране труда на одного человека, руб.; $K_{зд}$ – коэффициент, отражающий затраты по эксплуатации и содержанию зданий; c_l– стоимость единицы площади под оборудованием, руб.; S_l - площадь, занимаемая оборудованием, м^2.

Капитальные вложения. Капитальные вложения состоят из затрат на основные фонды.

$$F_j = 1{,}1\left(\sum_{l=1}^{m1} N_l C_l\right) + 2{,}85 \sum_{l=1}^{m1} c_l S_l.$$

Наряду с критерием оптимальности рассчитываются следующие технико-экономические показатели:

- показатель использования оборудования (отношение фактического времени работы оборудования к календарному или плановому:

$$U_0 = \frac{t_p}{t_{сут}},$$

- производительность труда рабочего в сутки:

$$B = \frac{M_Г}{Д \cdot P},$$

- съём продукции с 1 м^2 производственной площади:

$$C_П = \frac{M_Г}{S},$$

- где S – производственные площади.

Задание. Освоить методику расчета мощности проектируемого мехового производства и найти такое значение мощности, при котором достигается минимум приведенных затрат. Пример оформления исходных данных - технологических операций производства полуфабриката овчины - приведен в таблице 34.

Таблица 34 - Пример оформления исходных данных - технологических операций производства полуфабриката овчины

N	Тип опера-ции	Оборудование		Опто-вая цена, услов-ная, р.	Время функциони-рования раб.места,ч, при работе		Жид-костн. Коэф-фици-ент
		Наиме-нование	Марка		2-х смен	3-х сме н	
1	Отмока	Баркас	Б5000	10000		20	10
2	Отжим	Мездрил ьная машина	ММ-1625	16000 0		0,5	
3	Отжим	Центри фуга	ФМБ-63	16500 0		0,5	
4	Стрижка	Рубиль ная машина	МР-1200-1-М				
5	Мойка	Баркас	Б5000	10000		0,5	10
6	Мездрение	Мездрил ьная машина	ММ-1625	16000		0,5	
7	Обезжири вание	Баркас	Б5000	10000 0		1,0	7
8	Промывка 1	Баркас	Б5000	10000		0,5	7
9	Промывка 2	Баркас	Б5000	10000		0,5	7

После расчетов привести технико-экономические показатели:

- Значение мощности;
- Общее принятое число рабочих;
- Производственная площадь, $м^2$;
- Показатель использования оборудования;
- Производительность труда рабочего в сутки, $дм^2$ (шт.);
- Съем продукции с $м^2$ производственной площади, $дм^2$ (шт.);
- Удельные приведенные затраты, руб. на 100 $дм^2$ (шт.).

Расчеты ведут для каждого варианта мощности с использованием коэффициентов и констант из таблицы 35 и алгоритма (рис. 10) и записывают в таблицу 36. Примеры расчета количества оборудования и технико-экономических показателей в среде Excel приведены на рисунках *11 (а,б,в), 12 (а,б).*

Таблица 35 - Значения коэффициентов и констант, используемых в формуле критерия оптимальности мощности производства

Коэффициент, константа	Значение
1	2
G – суточное количество обрабатываемого сырья, шт.	2000
Число рабочих дней в году (*Д*)	260; 270
Режим работы цехов ($t_{сут}$) – жидкостного отделочного,час.	24 16
Длительность использования аппарата в течение суток (t_a),час.	24
Коэффициент прохождения сырья в данной операции для аппаратов ($K_{оп}$)	1
Вместимость, разовая загрузка аппарата (G_a), *кг* (усл. знач.)	220
Коэффициент выполнения нормы выработки ($K_{нв}$)	1,2
Норма выработки (*Н*)	1000
Количество смен ($N_{см}$)	1
Коэффициент прохождения сырья в данной операции для машин ($K_{оп}$)	2

Продолжение таблицы 35

1	2
Годовые расходы по охране труда на одного человека (*U*), *р.* (усл. знач.)	120
Стоимость площади под оборудованием на разнотипных операциях ($Cs_{обi}$), *р.* (усл. знач.)	5000
Площадь, занимаемая единицей оборудования – аппаратом ($S_{обi}$),м^2	12
Коэффициент, отражающий затраты по эксплуатации и содержанию зданий в цехах жидкостной обработки в отделочных цехах ($K_{зд}$)	 0,081 0,071
Коэффициент, отражающий затраты по эксплуатации и содержанию оборудования ($K_{об}$) в цехах жидкостной обработки	 0,19
Стоимость барабана подвесного, *р.* (усл. знач.)	150691

Допустим, количество рабочих на аппаратах Р=2, количество рабочих на машинах Р=1, тогда

Трудовые затраты=1,14*1,2*260*(5,54*1+6,24*1+5,54*1)= 6160,378

Допустим, имеется шесть аппаратов: *Na*=6, тогда

Расходы по эксплуатации оборудования=1,1*0,19*150621*6=188878,7

Цеховые расходы=120*3+0,081*5000*12*2,85*6*1,1=91776,6

Капитальные вложения=1,1*150691*6+2,85*5000*12*6=2020560

Показатель использования оборудования =16ч/24ч=0,666

Производительность труда рабочего/сутки=520000/(260*число рабочих)

Съем продукции= 520000/площадь

Таблица 36 - Сводные данные для определения рациональной мощности кожевенного или мехового производства

Цех/показатель	Вариант мощности, дм^2 (шт.)		
	M_1	M_2	M_3
Д			
N_a			
$N_м$			
P_a			
$P_м$			
S			
Z			
E			
X			
F			
R			

Сравнить варианты использования оборудования, производственной площади, трудовых и финансовых ресурсов, при разных мощностях и различном количестве рабочих дней в году. При возможности выявить диспропорции между пропускной способностью отдельных цехов производства, сравнив их рациональные мощности.

Начало
Ввод данных
Для двух значений числа рабочих дней в году Д=260, Д=270
Расчет годовой мощности M_j в соответствии с шагом приращения (диапазон между минимальным и максимальным значениями разбивается на три интервала)
For j=1,…,3
Расчет суточной мощности для каждого значения шага приращения
Расчет числа оборудования
Расчет числа рабочих по операциям
Расчет количества работающих на машинах и аппаратах
Расчет удельных приведенных затрат
Расчет технико-экономических показателей
Next j
Повторить
Выбор минимального значения удельных приведенных затрат
Конец

Рисунок 10 - Алгоритм расчета мощности в зависимости от изменения годовой мощности в соответствии с шагом приращения

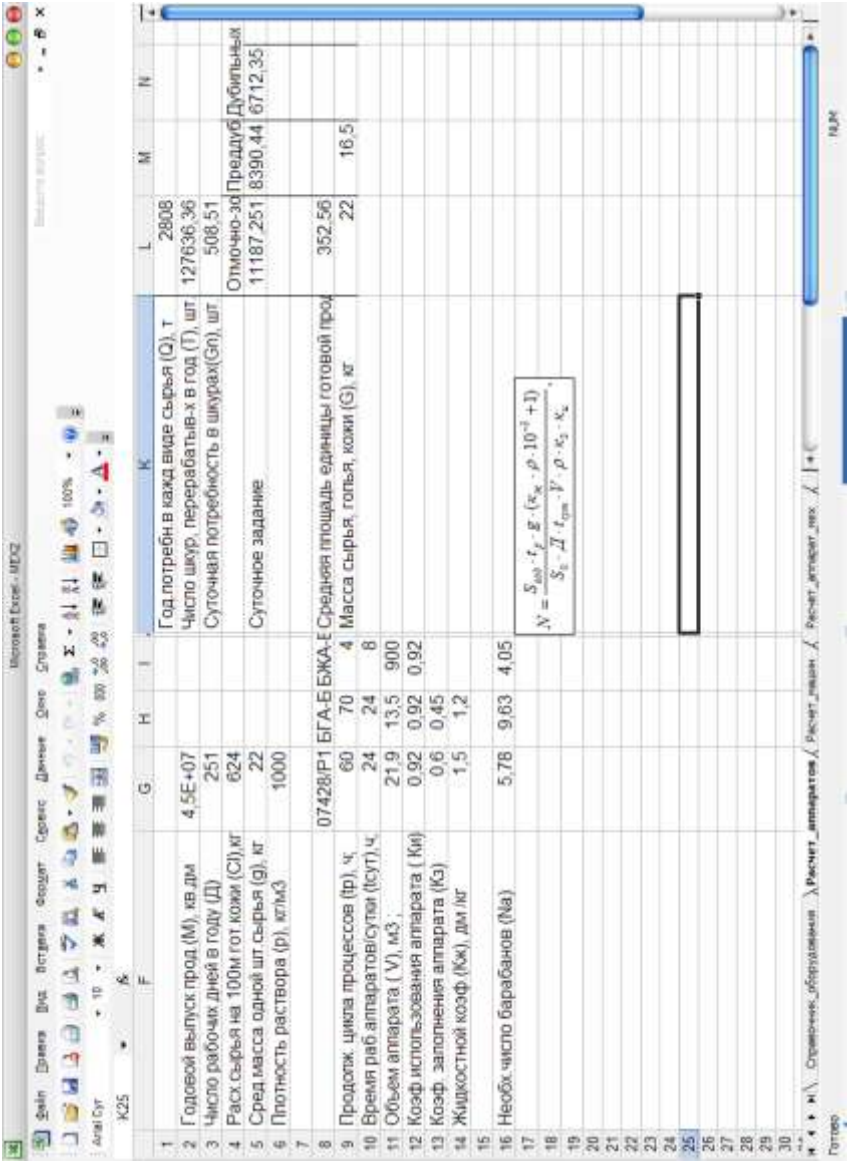
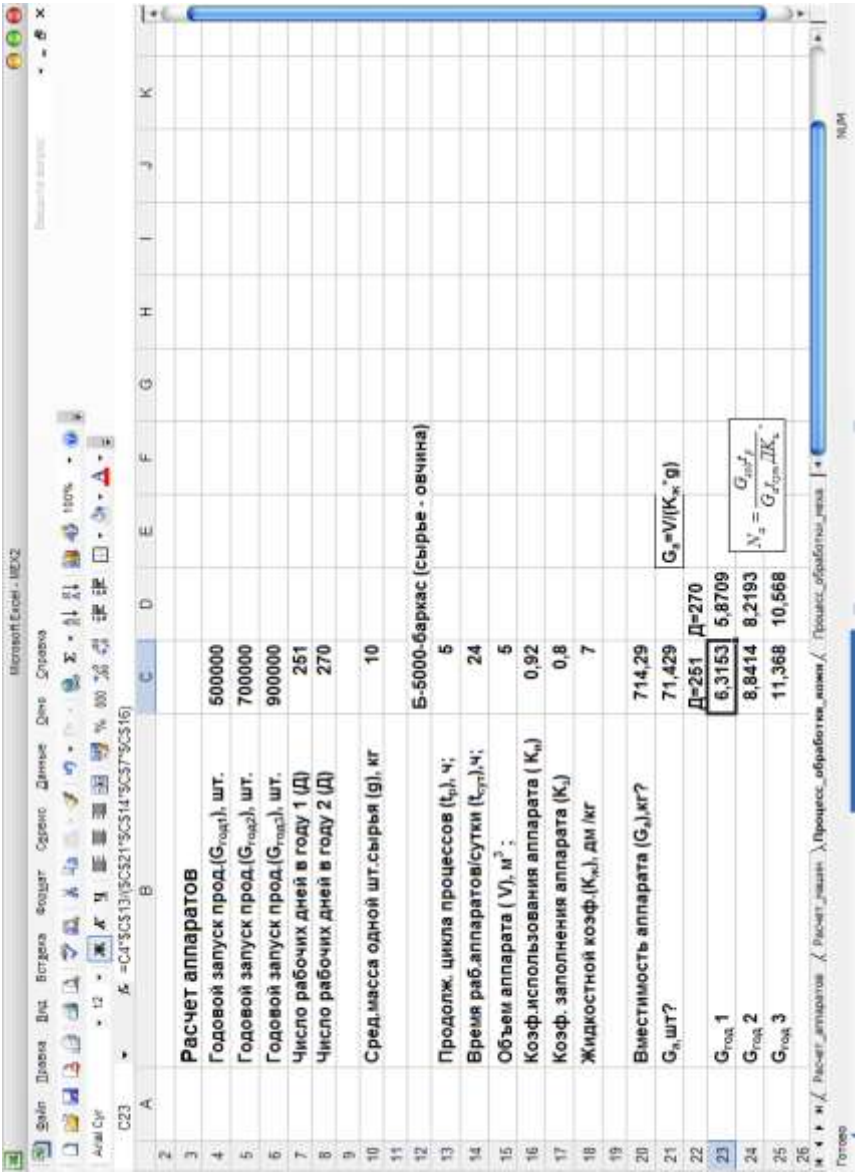
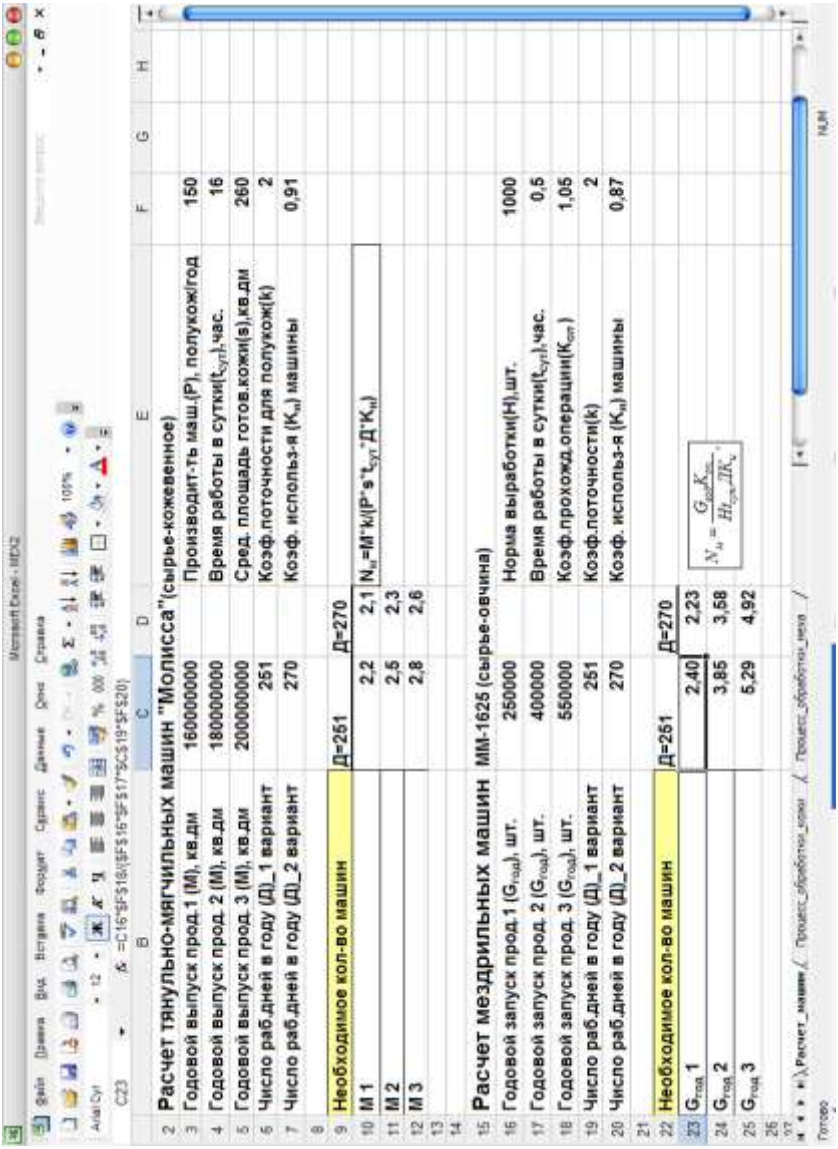


Рисунок 11 (а, б, в) - Примеры расчета количества оборудования в среде Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2											
3		**Расчет аппаратов**									
4		Годовой запуск прод.($G_{год1}$), шт.	500000								
5		Годовой запуск прод.($G_{год2}$), шт.	700000								
6		Годовой запуск прод.($G_{год3}$), шт.	900000								
7		Число рабочих дней в году 1 (Д)	251								
8		Число рабочих дней в году 2 (Д)	270								
9											
10		Сред.масса одной шт.сырья (g), кг	10								
11											
12				Б-5000-баркас (сырье - овчина)							
13		Продолж. цикла процессов ($t_ц$), ч;		5							
14		Время раб.аппаратов/сутки ($t_{сут}$),ч;		24							
15		Объем аппарата (V), $м^3$;		5							
16		Коэф.использования аппарата ($K_и$)		0,92							
17		Коэф. заполнения аппарата ($K_з$)		0,8							
18		Жидкостной коэф.($K_ж$), дм /кг		7							
19											
20		Вместимость аппарата ($G_а$),кг?		714,29							
21		$G_а$,шт?		71,429		$G_а$=V/($K_ж$*g)					
22				Д=251	Д=270						
23		$G_{год}$ 1		6,3153	5,8709						
24		$G_{год}$ 2		8,8414	8,2193	$N_з = \frac{G_{аппF}}{G_{годпрПК}}$					
25		$G_{год}$ 3		11,368	10,568						
26											

Рисунок 11 б)



	B	C	D	E	F	G	H
2	**Расчет тянульно-мягчильных машин "Молисса"(сырье-кожевенное)**						
3	Годовой выпуск прод.1 (М), кв.дм	160000000		Производит-ть маш.(P), полукож/год	150		
4	Годовой выпуск прод. 2 (М), кв.дм	180000000		Время работы в сутки($t_{сут}$),час.	16		
5	Годовой выпуск прод. 3 (М), кв.дм	200000000		Сред. площадь готов.кожи(s),кв.дм	260		
6	Число раб.дней в году (Д)_1 вариант	251		Коэф.поточности для полукож(k)	2		
7	Число раб.дней в году (Д)_2 вариант	270		Коэф. использ-я ($K_и$) машины	0,91		
8							
9	Необходимое кол-во машин	Д=251	Д=270				
10	М 1	2,2	2,1	$N_м$=M*k/(P*s*$t_{сут}$*Д*$K_и$)			
11	М 2	2,5	2,3				
12	М 3	2,8	2,6				
13							
14							
15	**Расчет мездрильных машин**	**ММ-1625 (сырье-овчина)**					
16	Годовой запуск прод.1 ($G_{год}$), шт.	250000		Норма выработки(Н),шт.	1000		
17	Годовой запуск прод. 2 ($G_{год}$), шт.	400000		Время работы в сутки($t_{сут}$),час.	0,5		
18	Годовой запуск прод. 3 ($G_{год}$), шт.	550000		Коэф.прохожд.операции($K_{оп}$)	1,05		
19	Число раб.дней в году (Д)_1 вариант	251		Коэф.поточности(k)	2		
20	Число раб.дней в году (Д)_2 вариант	270		Коэф. использ-я ($K_и$) машины	0,87		
21							
22	Необходимое кол-во машин	Д=251	Д=270				
23	$G_{год}$ 1	2,40	2,23	$N_м = \frac{G_{год} K_{оп}}{Н t_{сут} Д K_и}$			
24	$G_{год}$ 2	3,85	3,58				
25	$G_{год}$ 3	5,29	4,92				

Рисунок 11 в)

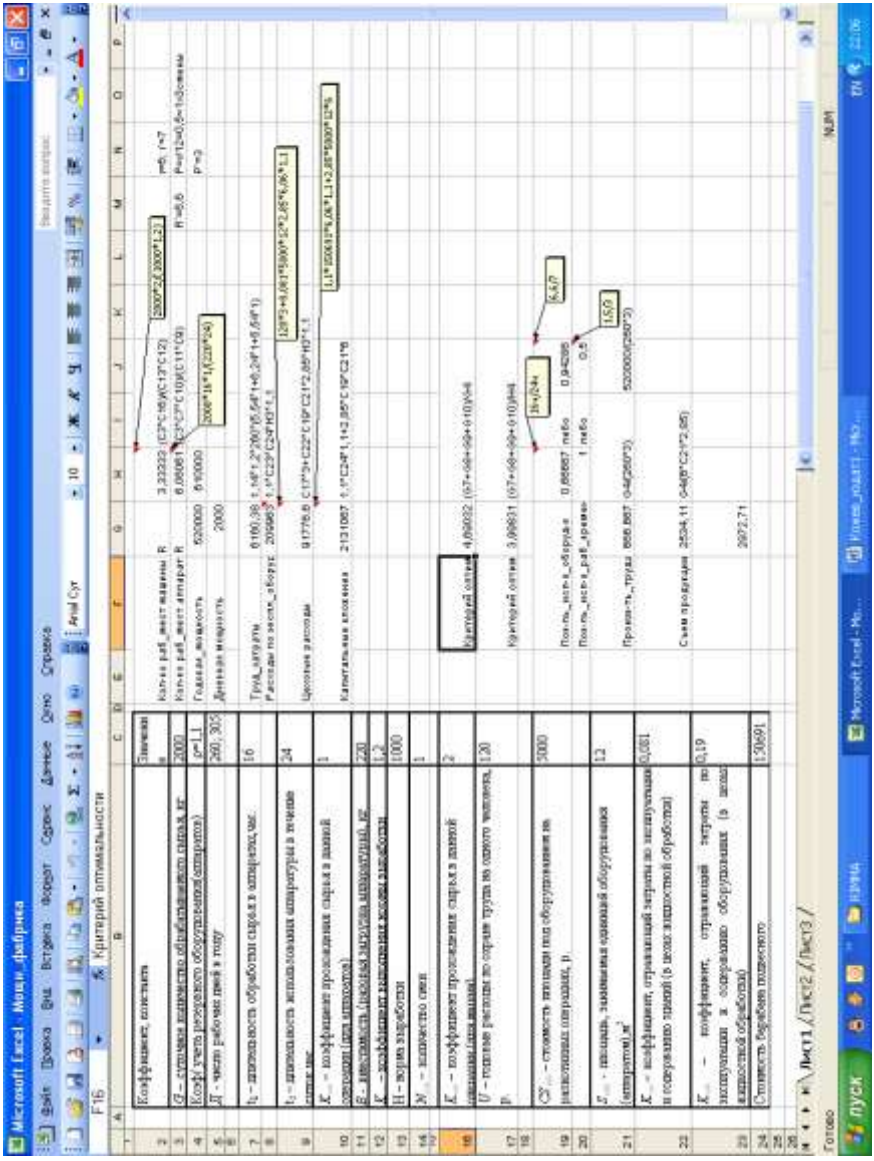


Рисунок 12 (а,б) - Пример расчета мощности и технико-экономических показателей с помощью Microsoft Excel

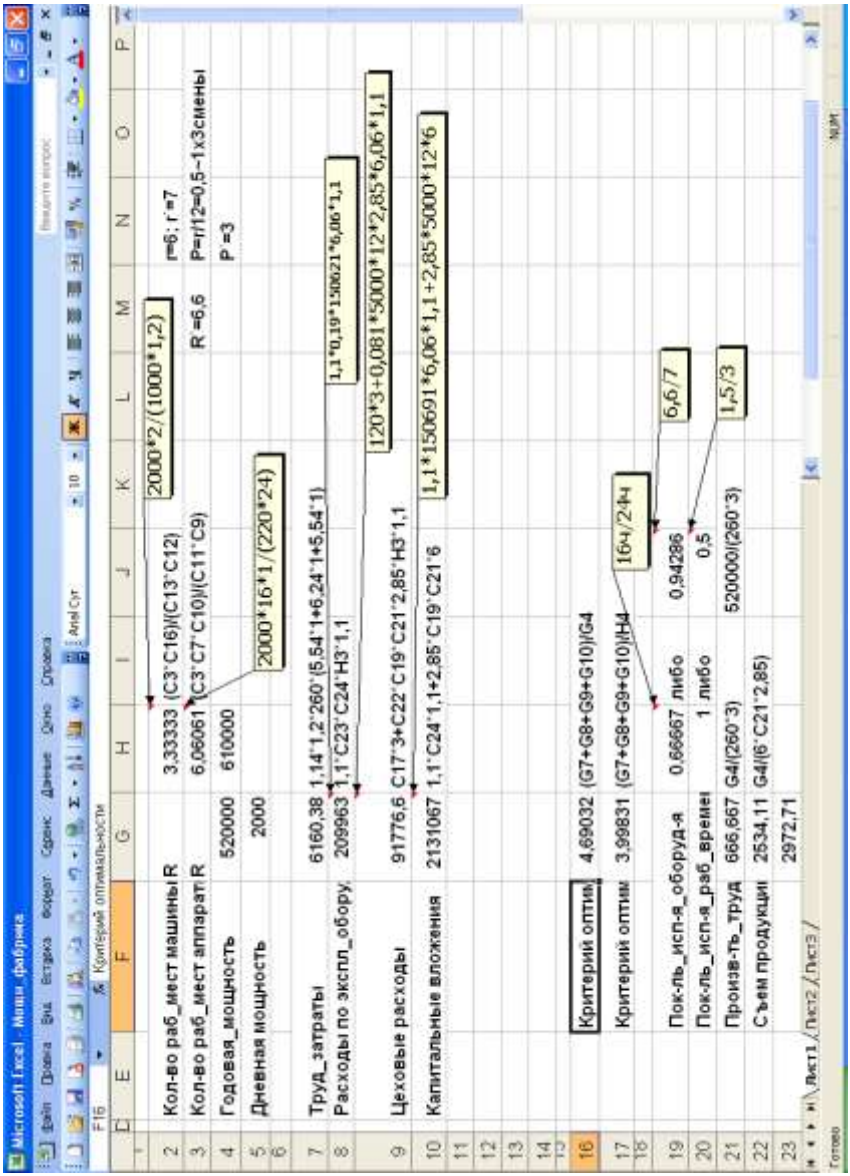

Microsoft Excel - Минск фабрика
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка
Критерий оптимальности
Кол-во раб_мест машины R 3,33333 (C3*C16)/(C13*C12) 2000*2/(1000*1,2) r=6; r'=7
Кол-во раб_мест аппарат R 6,06061 (C3*C7*C10)/(C11*C9) R'=6,6 P=r/r2=0,5~1х3смены
Годовая_мощность 520000 610000 P'=3
Дневная мощность 2000 2000*16*1/(220*24)
Труд_затраты 6160,38 1,14*1,2*260*(5,54*1+6,24*1+5,54*1)
Расходы по экспл_обору 209963 1,1*C23*C24*H3*1,1 1,1*0,19*150691*6,06*1,1
Цеховые расходы 91776,6 C17*3+C22*C19*C21*2,85*H3*1,1 120*3+0,081*5000*12*2,85*6,06*1,1
Капитальные вложения 2131067 1,1*C24*1,1+2,85*C19*C21*6 1,1*150691*6,06*1,1+2,85*5000*12*6
Критерий оптим 4,69032 (G7+G8+G9+G10)/G4
Критерий оптим 3,99831 (G7+G8+G9+G10)/H4 16ч/24ч
Пок-ль_исп-я_оборуд-я 0,66667 либо 0,94286 6,6/7
Пок-ль_исп-я_раб_времен 1 либо 0,5
Произв-ть_труд 666,667 G4/(260*3) 520000/(260*3) 1,5/3
Съем продукции 2534,11 G4/(6*C21*2,85)
2972,71
Лист1 / Лист2 / Лист3
Готово

Рисунок 12 б)

В выводах следует оценить целесообразность варианта размера производства по показателям использования оборудования, производительности труда, съема продукции с производственной площади, удельным приведенным затратам. Определить рациональное значение мощности кожевенного или мехового производства.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте кожевенное и меховое производство как систему;
2. Назовите элементы технологической составляющей кожевенного и мехового производства;
3. Назовите три основные группы, на которые делятся процессы и операции кожевенного и мехового производства;
4. Охарактеризуйте критерий оптимальности определения рациональной мощности кожевенного и мехового производства;
5. Нарисуйте блок-схему алгоритма расчета мощности в зависимости от видов оборудования, включенных в состав системы машин цехов:
   - по способу воздействия на предмет труда (машины, аппараты, агрегаты),
   - по принципу действия (проходные, непроходные, линии);
6. Рассмотрите кибернетическую модель технологического процесса мехового производства (в сравнении с кожевенным);
7. Предложите способы оптимизации производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информатика: Практикум по технологии работы на компьютере/ Под ред Н.В. Макаровой. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 256с.
2. Безручко В.Т. Практикум по курсу «Информатика». Работа в Windows, Word, Excel: Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 272с.
3. Лавренов С.М. Excel: Сборник примеров и задач. - М.:Финансы и статистика, 2001. - 336с.
4. Белякова В.И., Зуева В.Г., Курлатова Л.Н. Технология меха и шубной овчины. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 248с.
5. Дубиновский М.З., Чистякова Н.В. Технология кожи. - М.: Легпромбытиздат, 1991. - 319с.
6. Медведева Э.А., Галаева А.М. Экономика, организация и планирование мехового производства. - М.: Легпромбытиздат, 1991. - 240с.
7. Комиссаров О.Ю., Скирута М.А. Одежда и компьютер. - М.: Легпромбытиздат. 1991. - 203с.
8. Абуталипова Л.Н., Фаткуллина Р.Р. Основы применения ЭВМ в технологиях легкой промышленности. Учебное пособие. Ред. Л.Н. Абуталипова. – Казань: КНИТУ, 2011. -120 с.
9. Громыко Г.Л. Общая теория статистики. - М.: Инфра-М., 1999. - 138с.
10. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: Учебное пособие. – М.: Высш. Шк., 1985. – 327с.
11. Кокеткин П.П. Одежда: технология-техника, процессы-качество. - М.: Изд. МГУДТ, 2001. - 560с.
12. Конопальцева Н.М., Рогов П.И., Крюкова Н.А. Конструирование и технология изготовления одежды из различных материалов. Ч. 2. Технология изготовления одежды. М.: Издательский дом «Академия», 2007. – 288с. и др.
13. Конопальцева Н.М., Рогов П.И., Крюкова Н.А. Конструирование и технология изготовления одежды из

различных материалов. Ч. 1. Конструирование одежды. М.: Издательский дом «Академия», 2007. – 256с.
14. Кокеткин П.П. Пооперационная машинно-автоматизированная технология одежды. - М.: Высшая школа, 2003. - 232с.
15. Апыхтин О.В., Афанасьев В.А. Оптимальное проектирование потоков в легкой промышленности. - М.: Легпромбытиздат, 1989. - 160с.
16. Гайнуллина И.Н. Определение оптимальной мощности потока обуви. Методические указания. - Казань, 1998. - 15с.
17. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. - М.: Химия, 1982. - 288с.
18. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1985. - 448с.
19. Абдуллин И.Ш., Абуталипова Л.Н., Островская О.В. Химия и технология кожи и меха. Учебное пособие. Ч. 1. Изд. КГТУ. - Казань, 2002. - 85с.
20. Светлаков А.П., Островская А.В. Расчеты в проектах по производству кожи и меха: Метод. указания. - Казань 1994. - 36с.
21. Светлаков А.П. Проектирование кожевенных и меховых предприятий: Учебное пособие. - Казань: КГТУ. 1996. - 60с.
22. Светлаков А.П. Контрольные задания по дисциплине «Принципы технического перевооружения, реконструкции и проектирования предприятий отрасли»: Метод. указания к самостоятельной работе студентов. – Казань: КГТУ. 2000. - 48с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Статистические таблицы

Таблица 37 - Значение коэффициента t_q для случайной величины, имеющей распределение Стьюдента с *n-1* степенями свободы при доверительных уровнях p =0,95 и p =0,99

n - 1	p = 0,95	p = 0,99	*n-1*	p = 0,95	p= 0,99
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
9	2,262	3,250	28	2,048	2,763
10	2,228	3,169	30	2,043	2,750
12	2,179	3,055	∞	1,960	2,576
14	2,145	2,977			

Таблица 38 - Критические значения коэффициентов корреляции *(r)* при доверительных уровнях *p*=0,9;0,95;0,98;0,99;0,999 и степенях свободы от 1 до 100

Степени свободы	*p*=0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
1	2	3	4	5	6
1	0,9877	0,99692	0,99951	0,99988	0,9999
2	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900	0,9990
3	0,805	0,878	0,9343	0,9587	0,9911
4	0,729	0,811	0,882	0,9172	0,9741
5	0,669	0,754	0,833	0,875	0,9509
6	0.621	0,707	0,789	0,834	0,9249
7	0,582	0,666	0,750	0,798	0,898
8	0,549	0,632	0,715	0,765	0,872
9	0,521	0,602	0,685	0,735	0,847
10	0,497	0,576	0,658	0,708	0,823
11	0,476	0,553	0,634	0,684	0,801
12	0,457	0,532	0,612	0,661	0,780
13	0,441	0,514	0,592	0,641	0,760
14	0,426	0,497	0,574	0,623	0,742
15	0,412	0,482	0,558	0,606	0,725
16	0,400	0.468	0,543	0,590	0,708
17	0,389	0,456	0,529	0,575	0,693
18	0,378	0,444	0,516	0,561	0,679
19	0,369	0,433	0,503	0,549	0.665
20	0,360	0,423	0,492	0,537	0,652
25	0,323	0,381	0,445	0,487	0,597
30	0,296	0,349	0,409	0,449	0,554
35	0,275	0,325	0,381	0,418	0,519
40	0,257	0,304	0,358	0,393	0,490
45	0,243	0,288	0,338	0,372	0,465

Таблица 39 - Значение *F*- критерия при доверительном уровне *p*=0,95

Знаменатель	Число степеней свободы Числитель							
	2	***3***	***4***	***6***	***8***	***10***	***12***	***16***
2	35,91	31,84	30,90	27,81	26,54	25,85	25,42	24,92
3	17,87	15,34	14,44	12,80	12,08	11,68	11,42	11,11
4	12,99	10,95	10,13	8,88	8,31	7,98	7,77	7,51
6	9,11	7,53	6,83	5,91	5,48	5,22	5,06	4,85
8	7,70	6,29	5,65	4,84	4,46	4,23	4,08	3,89
10	6,98	5,66	5,05	4,30	3,94	3,63	3,58	3,40
12	6,54	5,28	4,69	3,98	3,73	3,42	3,28	3,10
16	6,03	4,84	4,27	3,60	3,27	3,07	2,93	2,76
20	5,75	4,60	4,04	3,39	3,07	2,87	2,74	2,57
24	5,57	4,44	3,89	3,26	2,94	2,75	2,61	2,44
30	5,40	4,29	3,75	3,13	2,82	2,62	2,49	2,32
40	5,23	4,15	3,62	3,01	2,70	2,51	2,38	2,21
60	5,07	4,01	3,49	2,89	2,58	2,39	2,26	2,09

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ MICROSOFT EXCEL

Оформление таблиц в Microsoft Excel

Основные объекты Microsoft Excel – таблицы, которые размещаются в файле формата .xls (рис. 13).

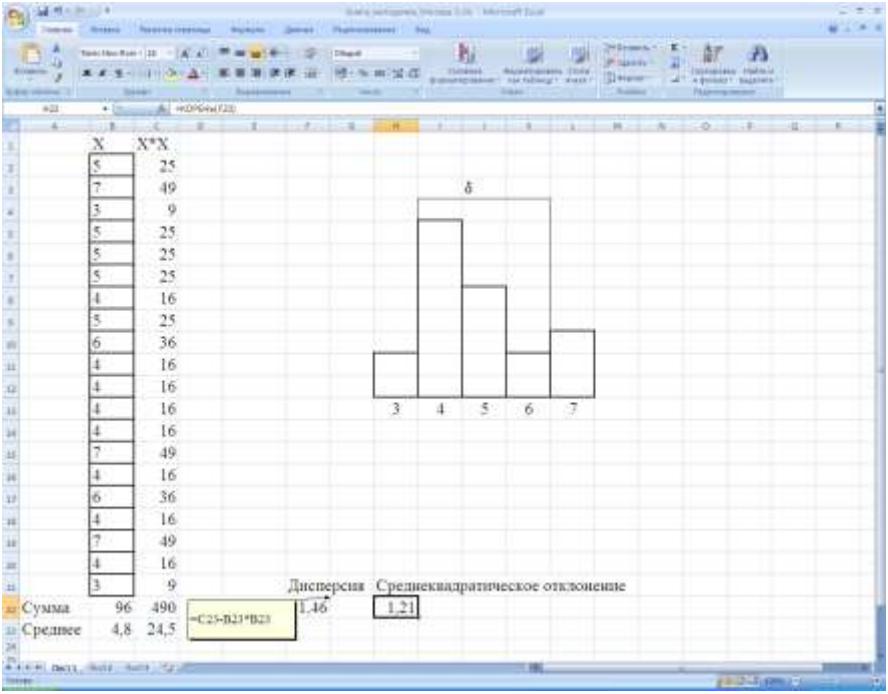


Рисунок 13 - Оформление данных в виде таблицы и результаты элементарных статистических расчетов

Таблицы могут иметь большие размеры. Чтобы при прокрутке листа заголовки строк или столбцов постоянно оставались на виду, нужно закрепить области заголовков и обозначений.

- Выделить ячейку на строке ниже закрепляемой области и (или) столбце правее закрепляемой области.
- Выбрать меню *Окно/Закрепить области.*

Чтобы вернуть окно в исходное состояние, нужно

- Выбрать *Окно/Снять закрепление областей.*

В процессе сохранения книги можно переименовывать. Для этого предназначена команда

- *Сохранить как* в меню *Файл.*

В результате активизации указанной команды открывается диалоговое окно *Сохранение документа*. Это окно появляется также при попытке сохранить документ с промежуточным именем *Книга*,* где * - номер рабочей книги.

Построение гистограмм с использованием Excel

Чтобы по имеющейся выборке построить гистограмму, нужно проделать следующие действия:

- Разбить промежуток, в который попадает случайная величина, на интервалы и записать на рабочем листе в возрастающем порядке границы этих интервалов;
- Выбрать меню *Сервис/Анализ данных* (рис. 14);

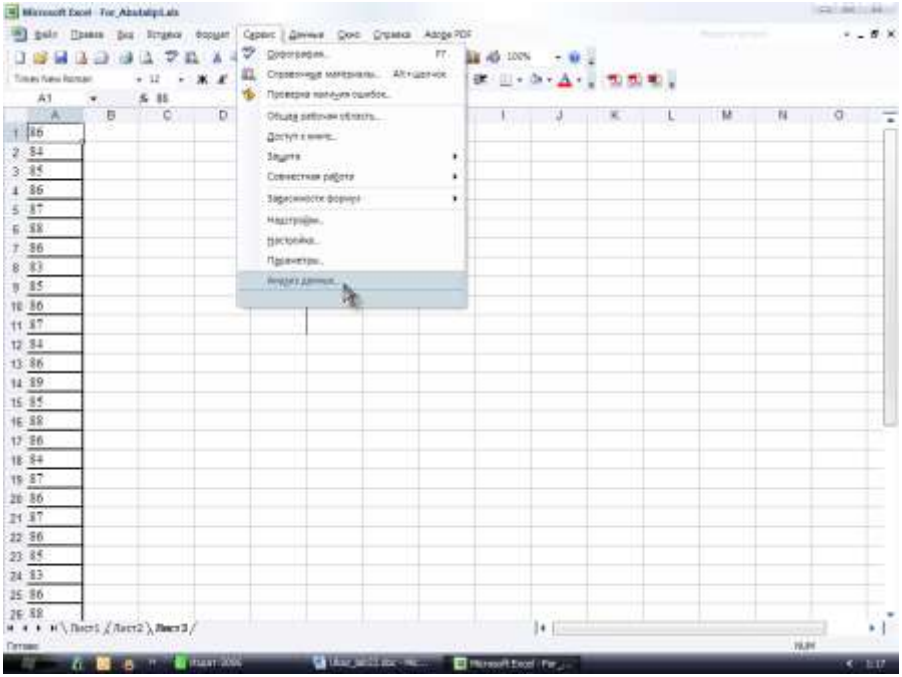


Рисунок 14 - Диалоговое окно построения гистограммы

- Выбрать в списке *Инструменты анализа* пункт *Гистограмма* и нажать кнопку *ОК* (рис. 15);

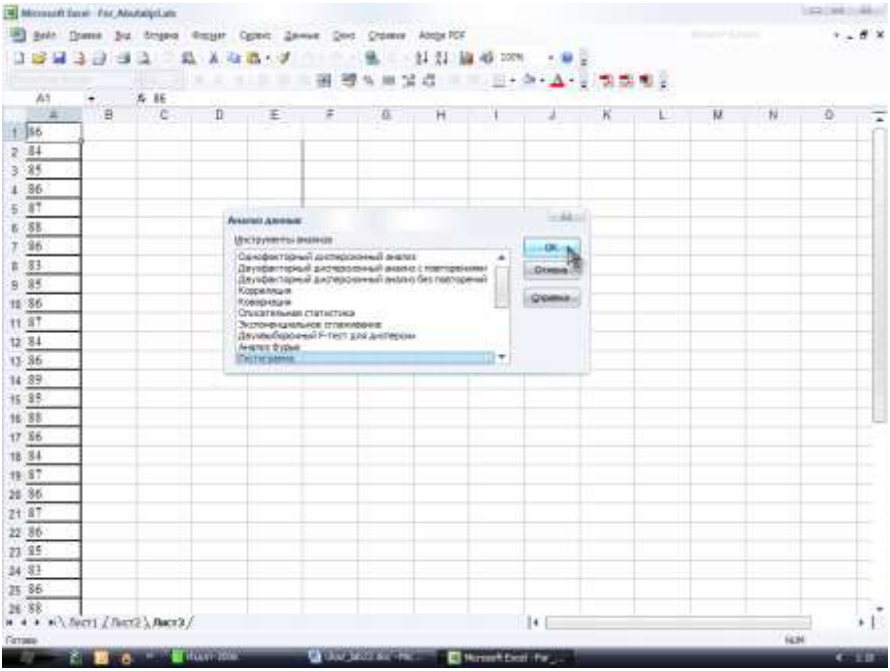


Рисунок 15 - Диалоговое окно построения гистограммы

- В поле *Входной интервал* ввести диапазон ячеек анализируемых данных (можно с помощью мыши);
- В поле *Интервал карманов* ввести диапазон ячеек, в которых указаны интервалы разбиения данных; если в поле *Интервал карманов* ничего не указывать, то будет создан равномерно разделенный диапазон;
- В поле *Выходной интервал* ввести ссылку на верхнюю левую ячейку того диапазона, где надо поместить результаты;
- Нажать кнопку *ОК*.

В диалоговом окне *Гистограмма* можно установить флажки (рис. 16).

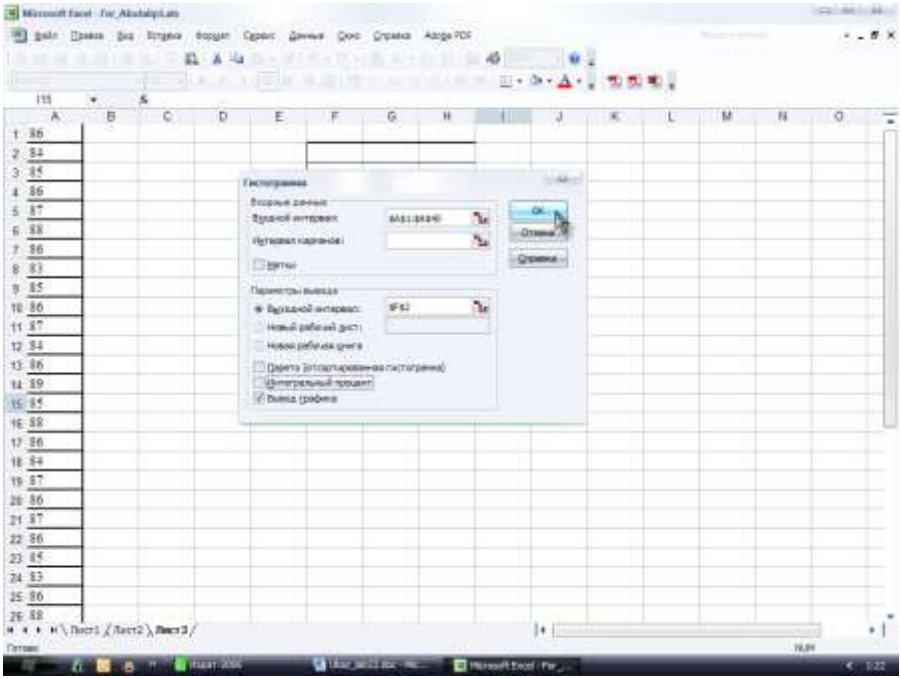


Рисунок 16 - Диалоговое окно построения гистограммы

Если установить флажок *Вывод графика*, то по результатам будет построена диаграмма (рис. 17), которая представляет собой графическое отображение частотного распределения данных. В нашем примере с помощью гистограмм можно узнать, например, как часто значение результатов измерений будет лежать в определенных пределах, иначе говоря, построить частотное распределение.

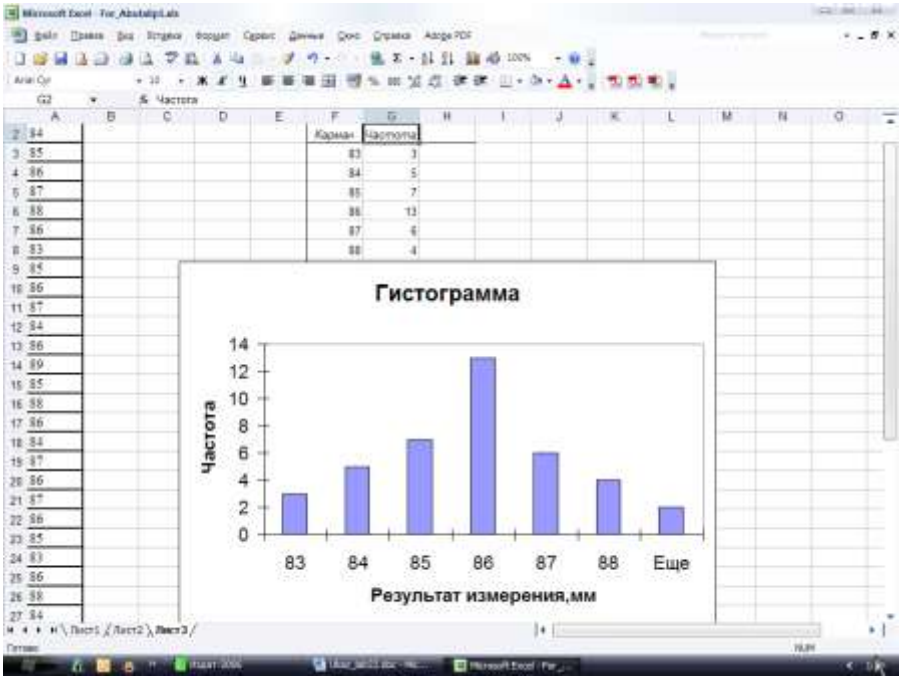


Рисунок 17 - Гистограмма распределения результатов измерений

В интервал от нуля до 83 мм попадают три результата измерений. В интервал от 83 до 84 мм – пять результатов измерений и т.д., что изображено в так называемом *Кармане* и соответственно – в столбце *Частота*.

Вычисление коэффициента корреляции с помощью Excel

- Установить курсор на ячейке, где будет размещен результат вычислений.
- Команда *КОРРЕЛ(массив1;массив2)* возвращает коэффициент корреляции между интервалами ячеек *массив1* и *массив2*, где *массив1* - это первый интервал ячеек, *массив2* - это второй

интервал ячеек со значениями. *Массив1* и *массив2* должны иметь одинаковое количество точек данных.

Например, команда *=КОРРЕЛ(B5:B9;C5:C9)* помещается в ячейке *K15*, где должен быть получен результат вычисления коэффициента корреляции (рис. 18).

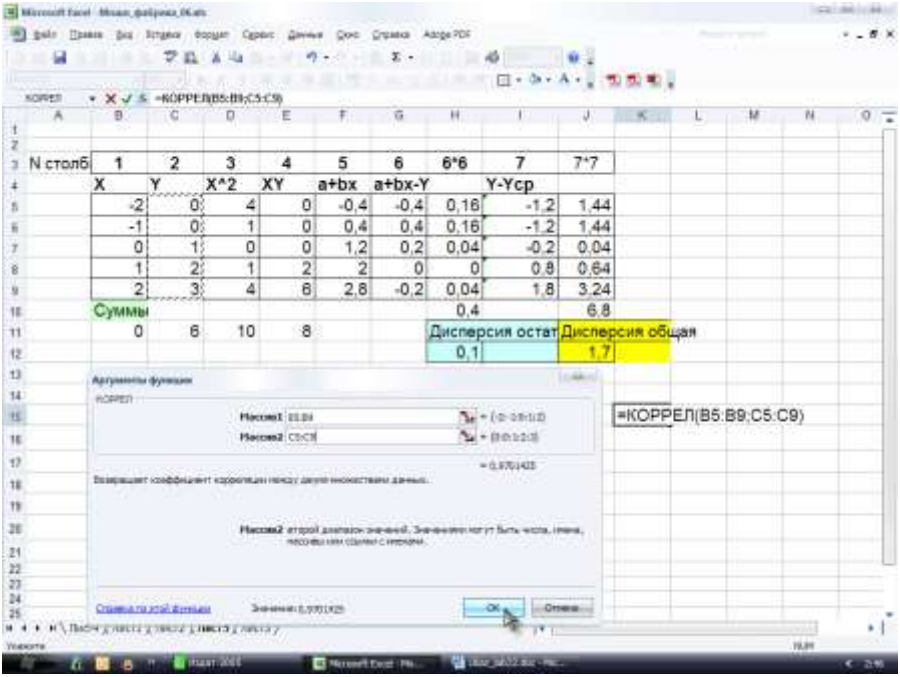
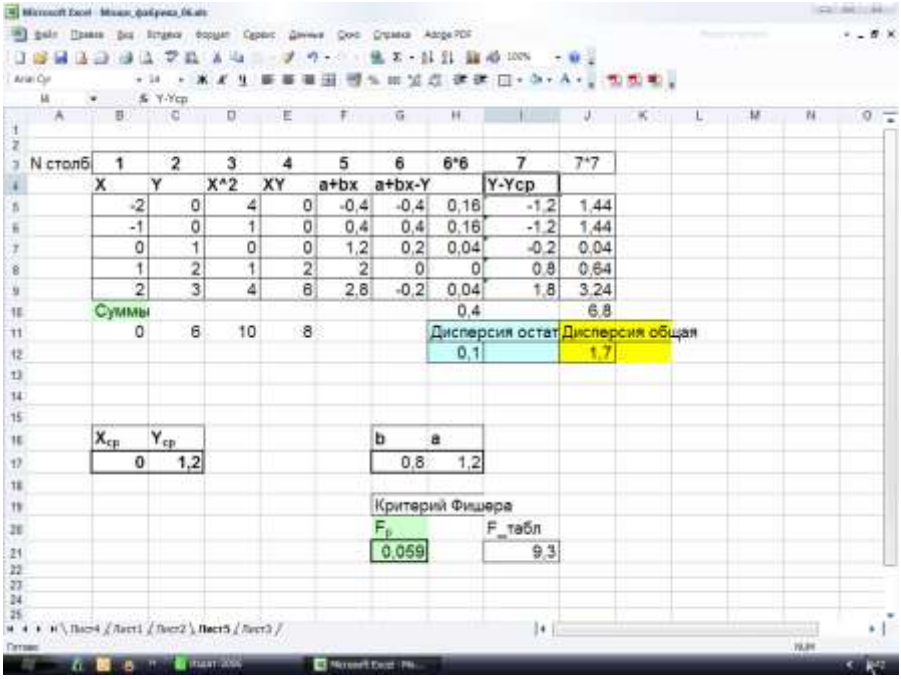


Рисунок 18 - Вычисление коэффициента корреляции

При построении графика модели прямолинейной регрессии можно подставить два значения из области допустимых значений *x* в полученное уравнение, нанести эти точки на координатную плоскость, а затем соединить их прямой линией (рис. 19, 20). По графику можно видеть тенденцию изменения данных.



N столб	1	2	3	4	5	6	6*6	7	7*7
	X	Y	X^2	XY	a+bx	a+bx-Y		Y-Ycp	
	-2	0	4	0	-0,4	-0,4	0,16	-1,2	1,44
	-1	0	1	0	0,4	0,4	0,16	-1,2	1,44
	0	1	0	0	1,2	0,2	0,04	-0,2	0,04
	1	2	1	2	2	0	0	0,8	0,64
	2	3	4	6	2,8	-0,2	0,04	1,8	3,24
	Суммы						0,4		6,8
	0	6	10	8			Дисперсия остат		Дисперсия общая
							0,1		1,7

X_{cp}	Y_{cp}
0	1,2

b	a
0,8	1,2

Критерий Фишера	
F_p	$F_{\text{табл}}$
0,059	9,3

Рисунок 19 - Построение регрессионной модели

Нажмите кнопку *Мастер диаграмм.* На экране появится диалоговое окно, в котором можно выбрать тип диаграммы. Выберем тип - *график*. Далее следуем подсказкам последующих меню, заполняем параметры диаграммы, а затем строим линию регрессии, или линию тренда.

- Выделить щелчком мышки график, для которого нужно построить линию регрессии, или иначе – линию тренда.
- Вызвать контекстное меню с помощью щелчка правой кнопки мышки. В открывшемся меню выбрать пункт *Добавить линию тренда* (рис. 20).

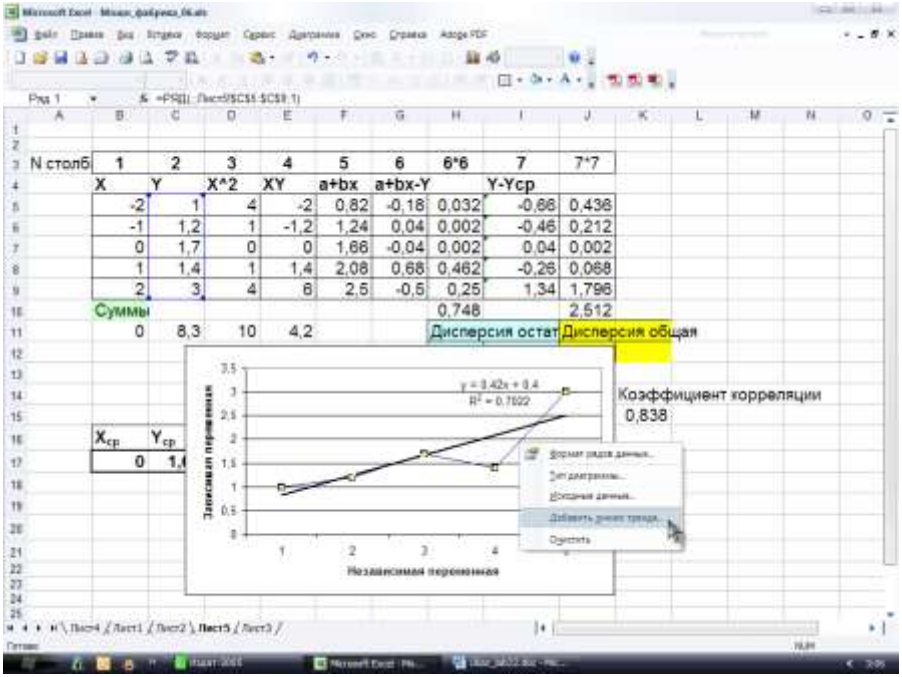


Рисунок 20 - Построение линии регрессии

- В открывшемся перечне предлагаемых для построения линий тренда надо выбрать один из типов: *линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная, экспоненциальная, скользящего среднего*. Выберем для примера тип линии тренда - *линейная*.
- На вкладке *Параметры* можно указать при помощи флажков следующие назначения: *Название аппроксимирующей (сглаженной) кривой автоматическое* (либо другое). *Пересечение кривой с осью Y в точке 0, Показывать уравнение на диаграмме, Поместить на диаграмму величину достоверности* (r^2).

Подпись уравнения и достоверности можно перемещать после ее активизации при помощи левой кнопки мышки.

При рассмотрении рисунка прямолинейной регрессии можно видеть долговременную тенденцию изменения данных, а также на основании этой тенденции делать прогноз

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Технологическая последовательность процессов и операций производства кожи и меха

Технологическая последовательность процессов и операций для производства юфти шорно-седельной из сырья крупного рогатого скота

Мездрение
Промывка 1-ая
Обеззоливание
Мягчение
Промывка 2-ая
Пикелевание
Хромирование
Отжим
Строгание
Двоение
Сортировка
Двоение
Сортировка
Определение массы после строгания
Дубление органическими дубителями в одну фазу
Отжим
Жирование
Подвяливание
Пролежка
Разводка
Сушка полуфабриката в фиксированном состоянии
Увлажнение
Пролежка
Тяжка 1-ая
Сортировка
Тяжка 2-ая
Грунтование полуфабриката 1-ое
Грунтование полуфабриката 2-ое

Прессование полуфабриката
Нанесение покрывной краски 1-ое, 2-ое, 3-е
Закрепление покрытия 1-ое, 2-ое
Нарезка мереи
Обрезка краев
Сортировка
Измерение площади
Маркировка, упаковка, сдача на склад

Технологическая последовательность процессов и операций для производства полуфабриката "вет-блю" из шкур крупного рогатого скота:

Отмочно-зольные процессы и операции
Промывка
Отмока I
Отмока II
Промывка
Золение
Промывка
Мездрение
Обрезка
Двоение
Определение массы голья

Преддубильные и дубильные процессы и операции
Промывка
Обеззоливание и мягчение
Промывка
Пикелевание
Дубление
Термообработка
Пролежка
Отжим влаги
Измерение
Сортировка, упаковка

Двоение
Строгание
Комплектование красильных партий

Пример отделки одежных кож из свиного сырья

Нанесение на распылительном агрегате за 2-3 прохода покрывной краски, масс. ч.; 40%-й пигментный концентрат-100, 20 %-я акриловая эмульсия МБМ-3-330, глицерин-15, вода-100;
Тяжка;
Закрепление водным закрепителем;
Обработка фетром на бахтарме.

Пример отделки одежных кож из овчины
Нанесение щеткой 2-3 раза покрывной краски;
Провалка в барабане;
Закрепление водным закрепителем.

Пример отделки шубной овчины наппалан
Гидрофобизация полуфабриката полифторакрилатным латексом ЛФ;
Грунтование латексом;
«Мягкое» прессование на гидравлическом прессе;
Нанесение покрывной краски на основе компаунда;
Закрепление водным закрепителем;
Прессование и провалка в барабане.