

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
по прохождению учебной практики  
«Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-  
исследовательской работы)»  
для студентов направления подготовки  
21.04.01 Нефтегазовое дело  
Направленность (профиль) Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в  
сложных горно-геологических условиях

Ставрополь, 2026

## **Содержание**

Практическое занятие №1 Составление реферата на научную работу.

Статистическая обработка результатов исследований.

Практическое занятие № 2 Графическая обработка результатов исследований. Подбор эмпирических формул.

Практическое занятие №3 Планирование эксперимента

Практическое занятие №4 Использование графических средств MS

Excel и MS PowerPoint для создания презентаций научных отчётов

Практическое занятие № 5 Общие сведения о пакете «Поиск решения»  
(MS Excel)

Практическое занятие №6 Научно-техническая патентная информации

Практическое занятие №7 Составление заявки на изобретение

Список рекомендуемой литературы

## **Практическое занятие №1 Составление реферата на научную работу. Статистическая обработка результатов исследований**

### **1.1 Составление реферата на научную работу**

#### **Теоретическая часть**

Реферат - краткое точное изложение документа, включающие основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора реферата. Требования к содержанию, построению и оформлению текста реферата регламентируются ГОСТ 7,9-95 (ИСО 214-76).

Сводный реферат-реферат, составленный на основе двух и более исходных документов.

Реферат выполняет следующие функции:

- дает возможность установить основное содержание документа, определить его релевантность и решить, следует ли обращаться к полному тексту документа;
- предоставляет информацию о документе и устраняет необходимость полного текста документа в случае, если документ представляет для читателя второстепенный интерес.

Реферат включает следующие аспекты содержания исходного документа:

- предмет, тему, цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- результаты работы;
- область применения результатов
- выводы;
- дополнительную информацию.

Оптимальная последовательность аспектов содержания зависит от назначения реферата. Например, для потребителя, заинтересованного в получении новых научных знаний, наиболее удобным является изложение результатов работы и выводов в начале текста реферата.

Предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если они не ясны из заглавия документа.

Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. Широко известные методы только называются.

В рефератах документов, описывающих экспериментальные работы, указывают источники данных и характер их обработки.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые по мнению автора имеют практическое значение.

Следует указать пределы точности и надежности данных, а также степень и обоснования. Уточнить, являются ли цифровые значения первичными или производными, результатом одного наблюдения или повторных испытаний.

Область применения результатов важно указывать для патентных документов.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в исходном документе.

Текст реферата не должен содержать интерпретацию содержания документа, критические замечания и точку зрения автора реферата, а также информацию, которой нет в исходном документе.

Текст реферата должен отличаться лаконичностью, четкостью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации.

Таблицы, формулы, чертежи, рисунки, схемы, диаграммы включают только в случае необходимости, если они раскрывают основное содержание документа и позволяют сократить объем реферата.

Контрольные задания и вопросы.

1. Составить реферат на методы исследования процессов разработки газовых месторождений.
2. Описать методологию планируемых исследований.
3. Оценить область применения результатов исследований.

## **1.2 Статистическая обработка результатов исследований**

### **Теоретическая часть.**

Целью теоретических исследований является выделение в процессе синтеза знаний существенных связей между исследуемым объектом и окружающей средой, объяснение и обобщение результатов эмпирического исследования, выявление общих закономерностей и их формализация.

Задачами теоретического исследования являются: обобщение результатов исследований; нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации опытных данных; расширение результатов исследования на ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований; изучение объекта, недоступного для непосредственного исследования; повышение надежности экспериментального исследования объекта (обоснование параметров и условий наблюдения, точности измерений).

На этапе выбора типа математической модели при помощи анализа данных поискового эксперимента устанавливаются: линейность или нелинейность, динамичность или статичность, стационарность или нестационарность, а также степень детерминированности исследуемого объекта или процесса.

Применение линейной математической модели значительно упрощает её дальнейший анализ, поскольку такая модель позволяет пользоваться принципом суперпозиции. Принцип суперпозиции утверждает, что когда на линейную систему воздействия несколько входных сигналов, то каждый из них фильтруется системой так, как будто никакие другие сигналы на нее не действуют. Общий выходной сигнал линейной системы их принципу

суперпозиции образуется в результате суммирования её реакции на каждый входной сигнал.

В процессе планирования экспериментов и статистической обработки их результатов следует руководствоваться рекомендациями по стандартизации Р.50.1.040-20002 «Статистические методы. Планирование экспериментов. Термины и определения», а также следующими стандартами: ГОСТ Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»; ГОСТ 50779.11-2000 «Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения».

Во многих случаях необходимо исследовать не только детерминированные, но и случайные, вероятностные (стохастические) процессы. Обычно технологические процессы выполняются в условиях непрерывно меняющейся обстановки: вынужденные простои машин; неравномерная работа транспорта; непрерывное изменение внешних (например, метеорологических) факторов и т.д. Те или иные события могут произойти или не произойти. В связи с этим приходится анализировать случайные, вероятностные или стохастические связи, в которых каждому аргументу соответствует множество значений функции. Наблюдения показали, что, несмотря на случайный характер связи, рассеивание имеет вполне определенные закономерности. Для таких статистических законов теория вероятностей позволяет представить исход не одного какого-либо события, а средний результат случайных событий и тем точнее, чем больше число анализируемых явлений. Это связано с тем, что, несмотря на случайный характер событий, они подчиняются определенным закономерностям, рассматриваемым в теории вероятностей.

*Теория вероятностей* изучает случайные события и базируется на следующих основных показателях. Совокупность множества однородных событий случайной величины  $x$  составляет первичный статистический материал. Совокупность, содержащая самые различные варианты массового явления, называют генеральной совокупностью или большой выборкой  $N$ .

Обычно изучают лишь часть *генеральной совокупности*, называемой выборочной совокупностью или малой выборкой  $N_i$ . Вероятностью  $p(x)$  события  $x$  называют отношение числа случаев  $N(x)$ , которые приводят к наступлению события  $x$  к общему числу возможных случаев  $N$ :

$$p(x) = N(x)/N \quad (2.1)$$

Теория вероятностей, рассматривает теоретические распределения случайных величин и их характеристики. *Математическая статистика* занимается способами обработки и анализа эмпирических событий. Эти две родственные науки составляют единую математическую теорию массовых случайных процессов, широко применяемую в научных исследованиях.

В математической статистике важное значение имеет понятие о частоте события  $\bar{y}_i$ , представляющего собой отношение числа случаев  $n(x)$ , при которых имело место событие к общему числу событий  $n$ :

$$\bar{y}(x) = n(x)/n \quad (2.2)$$

При неограниченном возрастании числа событий частота  $y(x)$  стремится к вероятности  $p(x)$ . Частота  $y_{i0} = n(x)/n$  характеризует вероятность появлений случайной величины и представляет собой ряд распределения (рис. 3.1), а плавная кривая — закон (функцию) распределения  $F(x)$ .

Вероятность случайной величины (события)— это количественная оценка возможности ее появления. Достоверное событие имеет вероятность  $p=1$ , невозможное событие  $p = 0$ . Следовательно, для случайного события  $0 \leq p(x) \leq 1$ , а сумма вероятностей всех возможных значений

$$\sum_{i=0}^n p_i = 1 \quad (2.3)$$

В исследованиях иногда недостаточно знать функцию распределения. Необходимо еще иметь ее характеристики: среднеарифметическое и математическое ожидания, дисперсию, размах ряда распределения.

Пусть среди  $n$  событий случайная величина  $x_i$  повторяется  $n_1$  раз, величина  $x_2$  -  $n_2$  раза и т.д. Тогда среднеарифметическое значение  $x$  имеет вид

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i n_i \quad (2.4)$$

Размах можно использовать для ориентировочной оценки вариации ряда событий:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (2.5)$$

где  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  — максимальное и минимальное значения измеренной величины или погрешности.

Если вместо эмпирических частот  $y_1, \dots, y_n$  принять их вероятности  $p_1, \dots, p_n$ , то это даст важную характеристику распределения — математическое ожидание:

$$m(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (2.6)$$

Пусть, например, имеется пять измерений одной выборки:  $x_1=1$ ;  $x_2=2$ ;  $x_3=3$ ;  $x_4=4$ ;  $x_5=5$  с вероятностями  $p_1=0,10$ ;  $p_2=0,15$ ;  $p_3=0,45$ ;  $p_4=0,30$ ;  $p_5=0$ . В этом случае среднее значение  $x=15/5=3,0$ , а математическое ожидание составит в соответствии с формулой (2.6)  $m(x) = 1 \cdot 0,10 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,30 + 5 \cdot 0 = 2,95$ .

Для непрерывных случайных величин математическое ожидание определяется интегралом

$$m(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x p(x) dx \quad (2.7)$$

т.е. оно равно действительному значению  $x_0$  наблюдаемых событий. Таким образом, если систематические погрешности измерений полностью исключены, то истинное значение измеряемой величины равно математическому ожиданию, а соответствующая ему абсцисса называется *центром распределения*. Площадь, расположенная под кривой распределения (рис. 2.1), соответствует единице вследствие того, что кривая охватывает все

результаты измерений. Для одной и той же площади можно построить большое количество кривых распределения, т. е. они могут иметь различное рассеяние. Мерой рассеяния (точности измерений) является *дисперсия* или *среднеквадратичное отклонение*. Таким образом, дисперсия характеризует рассеивание случайной величины по отношению к математическому ожиданию и вычисляется с помощью формулы

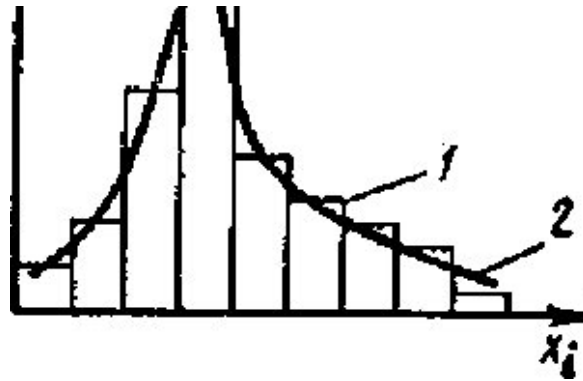


Рисунок 2.1. Общий вид распределения случайных величин:

1 — гистограмма; 2 — кривая распределения

$$D(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - m(x))^2 p_i \quad (2.8)$$

Для рассмотренного выше примера

$$D(x) = (1 - 2,95)^2 \times 0,1 + (2 - 2,95)^2 \times 0,15 + (3 - 2,95)^2 \times 0,45 + (4 - 2,95)^2 \times 0,3 + (5 - 2,95)^2 \times 0 = 0,83$$

Важной характеристикой теоретической кривой распределения является *среднеквадратичное отклонение*:

$$d(x) = \sqrt{D(x)} \quad (2.9)$$

Коэффициент вариации

$$k_g = d / m(x) \quad (2.10)$$

применяется для сравнения интенсивности рассеяния в различных совокупностях, определяется в относительных единицах ( $k_g < 1$ ).

Выше были рассмотрены основные характеристики теоретической кривой распределения, которые анализирует теория вероятностей. В статистике оперируют с эмпирическими распределениями. Основной задачей статистики является подбор теоретических кривых по имеющемуся эмпирическому закону распределения. Пусть в результате  $n$  измерений

случайной величины получен ряд ее значений  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . При первичной обработке таких рядов их вначале группируют в интервалы и устанавливают для каждого из них частоты  $y_i$  и  $\bar{y}_{0i}$ . По значениям  $x_i$  и  $\bar{y}_{0i}$  строят ступенчатую гистограмму частот и вычисляют характеристики эмпирической кривой распределения. Основными характеристиками эмпирического распределения являются среднеарифметическое значение  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , дисперсия  $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  и среднеквадратичное отклонение  $d = \sqrt{D}$ . Значения этих величин соответствуют величинам  $\bar{x}$ ,  $D(x)$  и  $d(x)$  теоретического распределения.

В исследованиях наиболее часто применяется закон нормального распределения (рис. 3.2)

$$f(x) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[x - m(x)]^2}{2d^2}\right\} \quad (2.11)$$

Это уравнение соответствует функции нормального распределения при  $m(x) \neq 0$  (рис. 3.2,а). Если совместить ось ординат с точкой  $m$ , т. е.  $m(x)=0$  (рис. 3.2,б), и принять  $d^2 = 1$ , то знаки нормального распределения описываются зависимостью

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} \quad (2.12)$$

если за единицу масштаба принять дисперсию  $d^2$ .

Для оценки *рассеяния* обычно пользуются величиной  $d$ . Чем меньше  $d$ , тем меньше рассеяние, т.е. большинство наблюдений мало отличается друг от друга (рис. 2.3). С увеличением  $d$  рассеяние возрастает, вероятность появления больших погрешностей увеличивается, а максимум кривой распределения (ордината, равная  $\frac{1}{d\sqrt{2\pi}}$ ) уменьшается. Поэтому

величину  $y = \frac{1}{d\sqrt{2\pi}}$  при  $d=1$  или  $y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$  называют *мерой точности*.

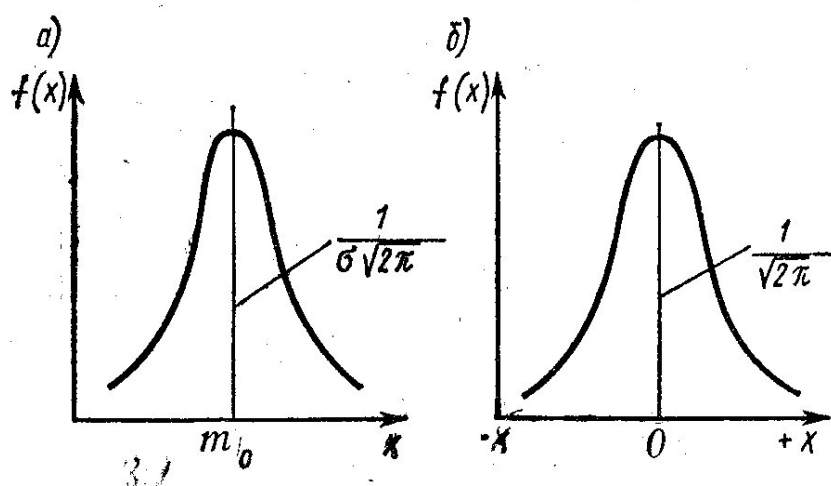


Рисунок 2.2. Общий вид кривой нормального распределения: а —  $m(x) \neq 0$ ; б —  $m(x)=0$

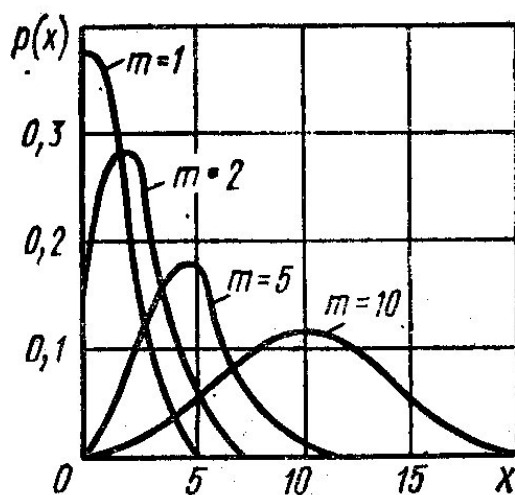


Рисунок 2.4. Общий вид кривой распределения Пуассона

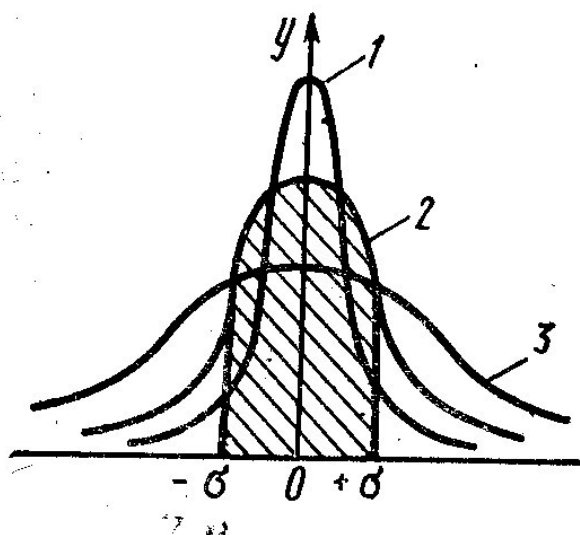


Рисунок 2.5. Характер рассеяния кривой нормального распределения:

1 -  $d = 0,5$ ; 2 -  $d = 1,0$ ; 3 -  $d = 2,0$

Таким образом, чем меньше  $\sigma$ , тем больше сходимость результатов измерений, а ряд измерений более точен, среднеквадратичное отклонение определяет закон распределения. Отклонения  $+d$  и  $-d$  соответствуют точкам перегиба кривой (заштрихованная площадь на рис. 3.3). Вероятность того, что случайные события не выйдут за эти пределы, составляет 0,683. В общем случае для предела  $\pm t d$  вероятность того, что событие  $d_i$  попадает в данный предел, вычисляется по распределению Лапласа

$$F(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-x^2/2} dx \quad (2.13)$$

При анализе многих случайных дискретных процессов пользуются распределением Пуассона.

Так, вероятность появления числа событий  $x = 1, 2, 3, \dots$  в единицу времени определяется законом Пуассона (рис. 3.4) и подсчитывается по формуле

$$p(x) = \frac{m^x}{x!} e^{-m} = \frac{(l t)^x}{x!} e^{-l t} \quad (2.14)$$

где  $x$  — число событий за данный отрезок времени  $t$ ;  $l$  — плотность, т.е. среднее число событий за единицу времени;  $l t$  — число событий за время  $t$ ,  $l t = m$ .

Распределение Пуассона относят к редким событиям, т. е.  $p(x)$  — вероятность того, что событие в период какого-то испытания произойдет  $x$  раз при очень большом числе измерений  $t$ . Для закона Пуассона дисперсия равна математическому ожиданию числа наступления события за время  $t$ , т.е.  $d^2 = m$ . Пуассоновский процесс можно задать параметрами  $x$  и  $m$ .

Например, в процессе наблюдений установлено, что за 5 мин на погрузку под экскаватор в среднем поступает шесть автосамосвалов. Какова вероятность поступления 10 автомобилей за 5 мин?

$$\text{В этом случае } x=10, t=6, p(x) = \frac{d^{10} e^{-6}}{10!} = 0,041.$$

Как видно, эта вероятность очень мала.

Для исследования количественных характеристик некоторых процессов (время обслуживания автомобилей на станции технического обслуживания, время отказов машин и изделий, длительность телефонных разговоров и т.д.) можно применять показательный закон распределения (рис. 3.5,а). Плотность вероятности показательного закона выражается зависимостью  $f(x) = l e^{-lx}$ . Здесь плотность является величиной, обратной математическому ожиданию  $l = 1/m(x)$ , кроме того,  $d^2 = [m(x)]^2$ .

В различных областях исследований широко применяется закон *распределения Вейбулла* (рисунок 3.5,б)  $f(x) = nm^n x^{n-1} e^{-m^n x^n}$ , где  $n, m$  — параметры закона;  $x$  — аргумент (чаще принимаемый как время).

Исследуя процессы, связанные с постепенным снижением параметров (ухудшением свойств материалов во времени, деградация конструкций, процессы старения, износные отказы в машинах и др.), применяют закон *г-распределения* (рисунок 2.5, в)  $f(x) = (l^a / a!) x^{a-1} e^{-lx}$ ; где  $l, a$  — параметры. Если  $a=1$ ,  $g$ -функция превращается в показательный закон (см. рисунок 2.5, а).

При исследовании многих процессов, связанных с установлением расчетных характеристик, материалов и т. п., используют закон *распределения Пирсона* (рисунок 3.5, г), чаще всего представляемый в виде

$f(x) = ae^{\frac{-x}{b}} \frac{x^{\frac{a}{b}-1}}{\Gamma(\frac{a}{b})}$ , где  $a$  — максимальная ордината;  $d, b$  — соответственно расстояния от максимальной ординаты до центра распределения  $C$  и начала координат  $0$ .

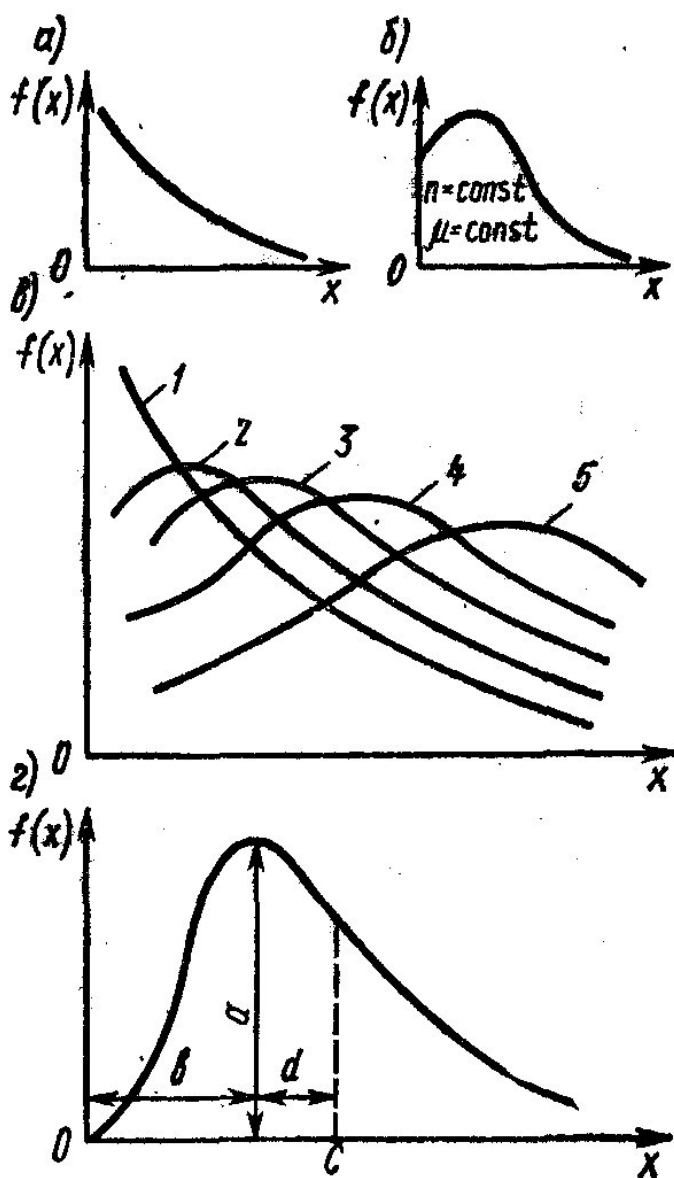


Рисунок 2.14. Кривые распределения:

$a$  — показательное;  $б$  — Вейбулла;  $в$  — распределения ( $1 - a = 1; l = 1$ ;  $2 - a = 3; l = 1$ ;  $3 - a = 4; l = 1,5$ ;  $4 - a = 5; l = 2$ ;  $5 - a = 6$ );  $г$  — Пирсона

Кроме приведенных выше применяют и другие виды распределений, например, Рэля  $b$ -распределение, Шарлье, Гудрича.

## Контрольные задания и вопросы

1. Дать определения основных характеристик теории вероятностей.
2. Как определяется вероятность случайной величины?
3. Дайте математическую характеристику кривой нормального распределения.

## **Практическое занятие № 2 Графическая обработка результатов исследований. Подбор эмпирических формул**

### **2.1 Подбор эмпирических формул**

#### **Теоретическая часть.**

При обработке результатов измерений и наблюдений широко используются методы графического изображения, так как результаты измерений, представленные в табличной форме, иногда не позволяют достаточно наглядно характеризовать закономерности изучаемых процессов. Графическое изображение дает наиболее наглядное представление о результатах эксперимента, позволяет лучше понять физическую сущность исследуемого процесса, выявить общий характер функциональной зависимости изучаемых переменных величин, установить наличие максимума или минимума функции.

Для графического изображения результатов измерений (наблюдений), как правило, применяют систему прямоугольных координат. Если анализируется графическим методом функция, то наносят в системе прямоугольных координат значения. Прежде чем строить график, необходимо знать ход (течение) исследуемого явления. Как правило, качественные закономерности и форма графика экспериментатору ориентировочно известны из теоретических исследований.

Точки на графике необходимо соединять плавной линией так, чтобы она по возможности проходила ближе ко всем экспериментальным точкам. Если соединить точки прямыми отрезками, то получим ломаную кривую. Она характеризует изменение функции по данным эксперимента. Обычно

функции имеют плавный характер. Поэтому при графическом изображении результатов измерений следует проводить между точками плавные кривые. Резкое искривление графика объясняется погрешностями измерений. Если бы эксперимент повторили с применением средств измерений более высокой точности, то получили бы меньшие погрешности, а ломаная кривая больше бы соответствовала плавной кривой.

Однако могут быть и исключения, так как иногда исследуются явления, для которых в определенных интервалах наблюдается быстрое скачкообразное изменение одной из координат (рис. 5,б). Это объясняется сущностью физико-химических процессов, например фазовыми превращениями влаги, радиоактивным распадом атомов в процессе исследования радиоактивности и т.д. В таких случаях необходимо особо тщательно соединять точки кривой. Общее «осреднение» всех точек плавной кривой может привести к тому, что скачок функции подменяется погрешностями измерений.

Иногда при построении графика одна-две точки резко удаляются от кривой. В таких случаях вначале следует проанализировать физическую сущность явления, и если нет основания полагать наличие скачка функции, то такое резкое отклонение можно объяснить грубой ошибкой или промахом. Это может возникнуть тогда, когда данные измерений предварительно не исследовались на наличие грубых ошибок измерений. В таких случаях необходимо повторить измерение в диапазоне резкого отклонения данных замера. Если прежнее измерение оказалось ошибочным, то на график наносят новую точку. Если же повторные измерения дадут прежнее значение, необходимо к этому интервалу кривой отнестись особенно внимательно и тщательно проанализировать физическую сущность явления.

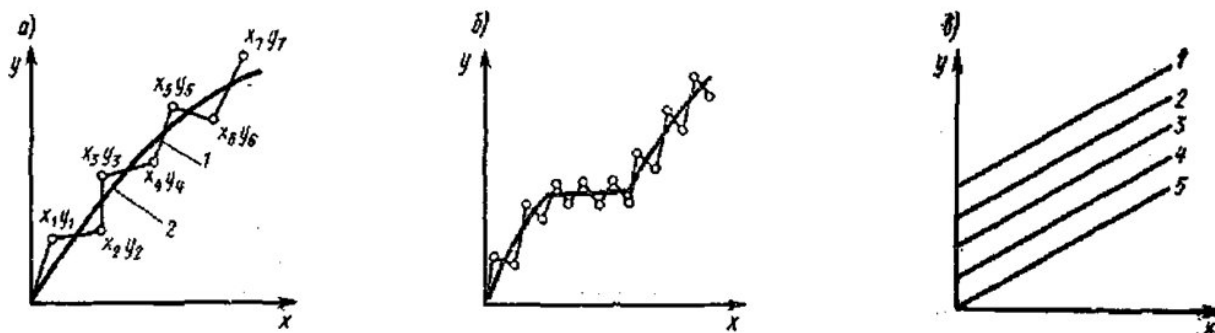


Рисунок 3.1. Графическое изображение функции :

а — плавная зависимость: 1 — кривая по результатам непосредственных измерений; 2 — плавная кривая; б — при наличии скачка; в — при трех переменных: 1 — , 2 — ; 3 — ; 4 — ; 5 —

Правила выполнения диаграмм регламентируются рекомендациями Госстандарта Р 50-77-88

Контрольные задания и вопросы.

1. Поясните приемы и правила выполнения диаграмм (графиков), изображающих функциональные зависимости двух и более переменных величин в системе координат.
2. Принцип выбора типа координатных сеток.
3. Построить номограммы для расчетов сложных эмпирических формул.

## 2.2 Подбор эмпирических формул

### Теоретическая часть

В процессе экспериментальных исследований получается статистический ряд измерений двух величин, когда каждому значению функции  $y_1, y_2, \dots, y_n$  соответствует определенное значение аргумента  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

На основе экспериментальных данных можно подобрать алгебраические выражения функции

$$y = f(x) \quad (4.1)$$

которые называют эмпирическими формулами. Такие формулы подбираются лишь в пределах измеренных значений аргумента  $x_1 - x_n$  и имеют тем большую ценность, чем больше соответствуют результатам эксперимента.

Необходимость в подборе эмпирических формул возникает во многих случаях. Так, если аналитическое выражение (4.1) сложное, требует громоздких вычислений, составления программ для ЭВМ или вообще не имеет аналитического выражения, то эффективнее пользоваться упрощенной приближенной эмпирической формулой.

Эмпирические формулы должны быть по возможности наиболее простыми и точно соответствовать экспериментальным данным в пределах изменения аргумента. Таким образом, эмпирические формулы являются приближенными выражениями аналитических формул. Замену точных аналитических выражений приближенными, более простыми называют аппроксимацией, а функции — аппроксимирующими.

Процесс подбора эмпирических формул состоит из двух этапов.

I этап. Данные измерений наносят на сетку прямоугольных координат, соединяют экспериментальные точки плавной кривой и выбирают ориентировочно вид формулы.

II этап. Вычисляют параметры формул, которые наилучшим образом соответствовали бы принятой формуле. Подбор эмпирических формул необходимо начинать с самых простых выражений. Так, например, результаты измерений многих явлений и процессов аппроксимируются простейшими эмпирическими уравнениями типа

$$y = a + bx \quad (4.2)$$

где  $a$ ,  $b$  — постоянные коэффициенты. Поэтому при анализе графического материала необходимо по возможности стремиться к использованию линейной функции. Для этого применяют метод выравнивания, заключающийся в том, что кривую, построенную по экспериментальным точкам, представляют линейной функцией.

Для преобразования некоторой кривой (6.1) в прямую линию вводят новые переменные:

$$X = f_1(x, y), Y = f_2(x, y) \quad (4.3)$$

В искомом уравнении они должны быть связаны линейной зависимостью

$$Y = a + bX \quad (4.4)$$

Значения  $X$  и  $Y$  можно вычислить на основе решения системы уравнений (6.4). Далее строят прямую (рис. 6.1), по которой легко графически вычислить параметры  $a$  (ордината точки пересечения прямой с осью  $Y$ ) и  $b$  (тангенс угла наклона прямой с осью  $X$ ):  $b = \operatorname{tg} \alpha = (Y_i - a) / X_i$ .

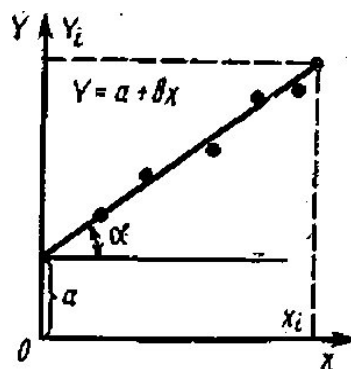


Рисунок 4.1. Графическое определение параметров  $x$  и  $y$

При графическом определении параметров  $a$  и  $b$  обязательно, чтобы прямая (6.2) строилась на координатной сетке, у которой началом является точка  $Y=0$  и  $X=0$ . Для расчета необходимо точки  $Y_i$  и  $X_i$  принимать на крайних участках прямой.

Для определения параметров прямой можно применить также другой графический метод. В уравнение (4.4) подставляют координаты двух крайних точек, взятых с графика. Получают систему двух уравнений, из которых вычисляют  $a$  и  $b$ . После установления параметров  $a$  и  $b$  получают эмпирическую формулу (4.2), которая связывает  $Y$  и  $X$ , позволяет установить функциональную связь между  $x$  и  $y$  и эмпирическую зависимость (4.1).

Линеаризацию кривых можно легко осуществить на полу- или логарифмических координатных сетках, которые сравнительно широко применяют при графическом методе подбора эмпирических формул.

**Пример.** Подобрать эмпирическую формулу следующих измерений:

|      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 12,1 | 19,2 | 25,9 | 33,3 | 40,5 | 46,4 | 54,0 |
| 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |

Графический анализ этих измерений показывает, что в прямоугольных координатах точки хорошо ложатся на прямую линию и их можно выразить зависимостью (4.2). Выбираем координаты крайних точек и подставляем в (4.2). Тогда  $A_0 + 7A_1 = 54,0$ ;  $A_0 + A_1 = 12,1$ , откуда  $A_1 = 41,9/6 = 6,98$  и  $A_0 = 12,10 - 6,98 = 5,12$ . Эмпирическая формула примет вид  $y = 5,12 + 6,98A_1$ .

Таким образом, аппроксимация экспериментальных данных прямолинейными функциями позволяет просто и быстро установить вид эмпирических формул.

Графический метод выравнивания может быть применен в тех случаях, когда экспериментальная кривая на сетке прямоугольных координат имеет вид плавной кривой. Так, если экспериментальный график имеет вид, показанный на рис. 6.2, а, то необходимо применить формулу

$$y = ax^b \quad (4.5)$$

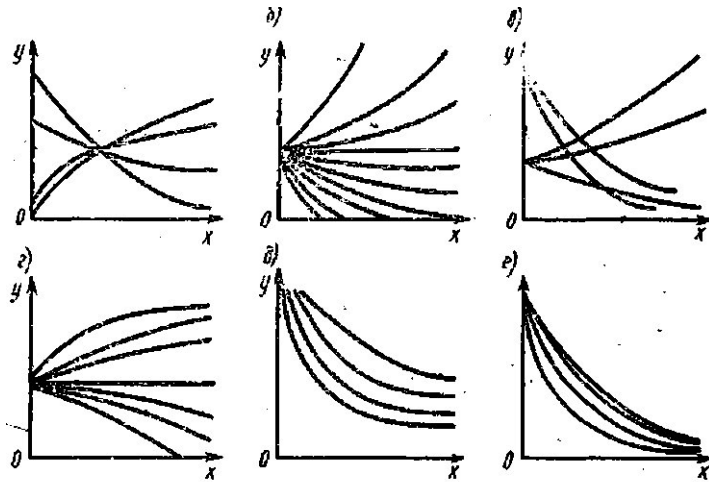
Заменяя  $X = \lg x$  и  $Y = \lg y$ , получим  $Y = \lg a + bX$ . При этом экспериментальная кривая превращается в прямую линию на логарифмической сетке. Если экспериментальный график имеет вид, показанный на рис. 6.2, б, то целесообразно использовать выражение

$$y = ae^{bx} \quad (4.6)$$

При замене  $Y = \lg y$  получим  $Y = \lg a + bx \lg e$ . Здесь экспериментальная кривая превращается в прямую линию на полулогарифмической сетке. Если экспериментальный график имеет вид, представленный на рис. 6.2, в, то эмпирическая формула принимает вид

$$y = c + ax^b \quad (4.7)$$

Если  $b$  задано, то надо принять  $X = x^b$ , и тогда получим прямую линию на сетке прямоугольных координат  $y = c + aX$



Если же  $b$  неизвестно, то надо принять  $X = \lg x$  и  $y = \lg(y-c)$ , в этом случае будет прямая линия, но на логарифмической сетке  $Y = \lg a + bX$ .

В последнем случае необходимо предварительно вычислить  $c$ . Для этого по экспериментальной кривой принимают три произвольные точки  $x_1, x_2, x_3$  и  $y_1, y_2, y_3$  и вычисляют  $c$  в виде отношения

$$c = \frac{y_1 y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3} \quad (4.8)$$

Если экспериментальный график имеет вид, показанный на рис. 6.1, г, то нужно пользоваться формулой

$$y = c + ae^{bx} \quad (4.9)$$

Путем замены  $y = \lg(y-c)$  можно построить прямую на полулогарифмической сетке:

$$Y = \lg a + bx \lg e$$

где  $c$  предварительно определено с помощью формулы (4.8). В этом случае  $x_3 = 0,5(x_1 + x_2)$ .

Если экспериментальный график имеет вид, представленный на рис. 4.2, д, то применяется выражение

$$y = a + b/x \quad (4.9')$$

Путем замены  $y=z/l$  можно получить прямую линию на сетке прямоугольных координат  $y = a+bz$ .

Если график имеет вид, соответствующий кривым на рис. 6.1, е, то используют формулу

$$y = 1/(a + bx) \quad (4.10)$$

Если принять  $y=l/z$ , то  $z=a+bx$ , т.е. прямая на сетке прямоугольных координат. Аналогично, уравнению

$$y = \frac{1}{a + bx + cx^2} \quad (4.11)$$

путем замены  $y=l/z$  можно придать вид  $z = a + bx + cx^2$ . Сложную степенную функцию

$$y = ae^{nx+mx^2} \quad (4.12)$$

можно преобразовать в более простую. При  $\lg y=z$ ;  $\lg a=p$ ;  $\lg e=q$ ;  $m\lg e=r$  получается зависимость

$$z = p + qx + rx^2$$

С помощью приведенных на рис. 6.1 графиков и выражений (4.5)...(4.11) можно практически всегда подобрать уравнение эмпирической формулы.

Пусть, например, необходимо подобрать эмпирическую формулу для следующих измерений:

|      |      |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1    | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 4,5   |
| 15,2 | 20,6 | 27,4 | 36,7 | 49,2 | 66,0 | 87,4 | 117,5 |

На основе этих данных строится график (рис. 4.2,а), соответствующий кривым (4.6) (рис. 4.1,б).

После логарифмирования выражения (4.6)  $\lg y = \lg a + bx \lg e$ . Если обозначить  $\lg y = Y$ , то  $Y = \lg a + bx \lg e$ , т.е. в полулогарифмических координатах выражение для  $Y$  представляет собой прямую линию (рис. 4.3,б). Подстановка в уравнение координат крайних точек дает  $\lg 15,2 = \lg a + b \lg e$  и  $\lg 117,5 = \lg a + 4,5 b \lg e$ .

Следовательно,

$$lga + blge = 1,183;$$

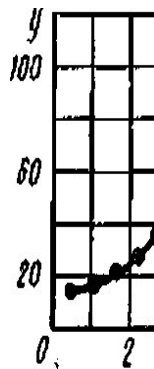
$$lga + 4,56lge = 2,070,$$

$$\text{откуда } b = 0,887 / (3,5 \lg e) = 0,579; \lg 1,183 - 0,254 = 0,929; a = 1,85.$$

Окончательно эмпирическая формула получит вид

$$y = 1,85 \times e^{0,579x}$$

а)



б)

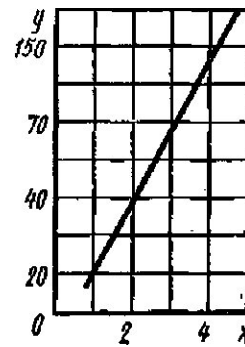


Рисунок 4.3. Подбор эмпирической характеристики:

а — эмпирическая; б — спрямленная

При подборе эмпирических формул широко используются полиномы

$$y = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + \dots + A_nx^n \quad (4.13)$$

где  $A_0, A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  — постоянные коэффициенты. Полиномами можно аппроксимировать любые результаты измерений, если они графически выражаются непрерывными функциями. Особо ценным является то, что даже при неизвестном точном выражении функции (4.13) можно определить значения коэффициентов  $A$ . Для определения коэффициентов  $A$  кроме графического метода, изложенного выше, применяют методы средних и наименьших квадратов.

Метод средних квадратов основан на следующем положении. По экспериментальным точкам можно построить несколько плавных кривых. Наилучшей будет та кривая, у которой разностные отклонения оказываются

наименьшими, т.е.  $\Delta x \gg 0$ . Порядок расчета коэффициентов полинома сводится к следующему. Определяется число членов ряда (4.13), которое обычно принимают не более 3...4. В принятое выражение последовательно подставляют координаты  $x$  и  $y$  нескольких ( $m$ ) экспериментальных точек и получают систему из  $m$  уравнений. Каждое уравнение приравнивают соответствующему отклонению:

$$\begin{aligned} A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_1^2 + K + A_n x_1^n - y_1 &= x_1 \\ A_0 + A_1 x_2 + A_2 x_2^2 + K + A_n x_2^n - y_2 &= x_2 \\ A_0 + A_1 x_3 + A_2 x_3^2 + K + A_n x_3^n - y_3 &= x_3 \end{aligned} \quad (4.14)$$

Число точек, т.е. число уравнений, должно быть не меньше числа коэффициентов  $A$ , что позволит их вычислить путем решения системы (4.4).

Разбивают систему начальных уравнений (4.4) последовательно сверху вниз на группы, число которых должно быть равно количеству коэффициентов  $A_0$ . В каждой группе складывают уравнения и получают новую систему уравнений, равную количеству групп (обычно 2...3). Решая систему, вычисляют коэффициенты  $A$ .

Метод средних обладает высокой точностью, если число точек достаточно велико (не менее 3...4). Однако степень точности можно повысить, если начальные условия сгруппировать по 2...3 варианта и вычислить для каждого варианта эмпирическую формулу. Предпочтение следует отдать той формуле, у которой  $\Delta x_2 = \min$ . Пусть, например, выполнено семь измерений:

|      |     |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 10,2 | 6,2 | 4,8 | 3,6 | 2,7 | 2,1 | 1,7 |

Для подбора эмпирической формулы можно выбрать полином

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2.$$

Путем подстановки в это уравнение значений измерений систему начальных уравнений можно разделить на три группы: 1...2, 3...4; 5...7 в виде

1.  $A_0 + 4A_1 + 16A_2 - 10,2 = x_1$ ;
2.  $A_0 + 5A_1 + 25A_2 - 6,7 = x_2$ ;

3.  $A_0 + 6A_1 + 36A_2 - 4,8 = x_3;$
4.  $A_0 + 7A_1 + 49A_2 - 3,6 = x_4;$
5.  $A_0 + 8A_1 + 64A_2 - 2,7 = x_5;$
6.  $A_0 + 9A_1 + 84A_2 - 2,1 = x_6;$
7.  $A_0 + 10A_1 + 100A_2 - 1,7 = x_7.$

Сложение уравнений в каждой подгруппе дает

1-я группа  $2A_0 + 9A_1 + 41A_2 = 16,9;$

2-я группа  $2A_0 + 13A_1 + 85A_2 = 8,4;$

3-я группа  $3A_0 + 27A_1 + 24A_2 = 6,5.$

Определение из этих выражений коэффициентов  $A_0$ ,  $A_1$  и  $A_2$  приводит к эмпирической формуле  $y = 26,168 - 5,2168x + 0,2811x^2$ .

Метод средних квадратов может быть применен для различных кривых после их выравнивания. Пусть, например, имеется восемь измерений:

|      |      |      |      |      |      |     |     |
|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 3    | 6    | 9    | 12   | 15   | 18   | 21  | 24  |
| 57,6 | 41,9 | 31,0 | 22,7 | 16,6 | 12,2 | 8,9 | 6,5 |

Анализ кривой в системе прямоугольных координат дает возможность применить формулу (4.6)

$$y = ae^{-bx}.$$

Произведем выравнивание путем замены переменных  $Y = \lg y$ ,  $X = x/2,303$ . Тогда  $Y = A + BX$ , где  $A = \lg a$ ,  $B = b$ . Так как необходимо определить два параметра, то все измерения делятся на две группы по четыре измерения. Это приводит к уравнениям:

$$1,7604 = A + \frac{3}{2,303}B; \quad 1,2201 = A + \frac{15}{2,303}B;$$

$$1,6222 = A + \frac{6}{2,303}B; \quad 1,0864 = A + \frac{18}{2,303}B;$$

$$1,4914 = A + \frac{9}{2,303}B; \quad 0,9494 = A + \frac{21}{2,303}B;$$

$$1,3560 = A + \frac{12}{2,303}B; \quad 0,8129 = A + \frac{24}{2,303}B;$$

$$\overline{6,2300 = 4A + \frac{30}{2,303} B; \quad 4,0688 = 4A + \frac{78}{2,303} B.}$$

После суммирования по группам можно получить систему двух уравнений с двумя неизвестными  $A$  и  $B$ , решение которых дает:  $A=1,8952$ ;  $a=78,56$ ;  $B=-0,1037$ ;  $b=-0,1037$ . Окончательно  $y = 78,56e^{-0,1037x}$ .

Хорошие результаты при определении параметров заданного уравнения дает использование *метода наименьших квадратов*. Суть этого метода заключается в том, что если все измерения функций  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , произведены с одинаковой точностью и распределенные величины ошибок измерения соответствуют нормальному закону, то параметры исследуемого уравнения определяются из условия, при котором сумма квадратов отклонений измеренных значений от расчетных принимает наименьшее значение. Для нахождения неизвестных параметров  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  необходимо решить систему линейных уравнений:

$$\begin{aligned} y_1 &= a_1 x_1 + a_2 u_1 + \mathbf{K} + a_n z_1; \\ y_2 &= a_1 x_2 + a_2 u_2 + \mathbf{K} + a_n z_2; \\ &\dots\dots\dots \\ y_n &= a_1 x_m + a_2 u_m + \mathbf{K} + a_n z_m, \end{aligned} \tag{4.15}$$

где  $y_1, K, y_n$  — частные значения измеренных величин функции  $y$ ;  $x, u, z$  — переменные величины. Эту систему приводят к системе линейных уравнений путем умножения каждого уравнения соответственно на  $x_1 K x_m$  и последующего их сложения, затем умножения соответственно на  $u_1 K u_m$ . Это позволяет получить так называемую систему нормальных уравнений

$$\begin{aligned}
\overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{yx} &= a_1 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{xx} + a_2 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{xu} + K + a_n \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{xz}; \\
\overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{yu} &= a_1 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{ux} + a_2 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{uu} + K + a_n \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{uz}; \\
\hline
\overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{yz} &= a_1 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{zx} + a_2 \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{zu} + K + a_n \overset{m}{\underset{1}{\ddot{a}}}_{zz}
\end{aligned} \tag{4.16}$$

решение которой и дает искомые коэффициенты.

Пусть, например, необходимо определить коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  в уравнении  $k_p = a_1 + a_2 u$ . Так как требуется определить два параметра, то система уравнений может быть представлена в виде двух уравнений  $y = a_1 x_1 + a_2 x_2$  и  $u x_2 = a_2 x_1 u_2 + a_2 u_2^2$ , где  $y = k_p$ ;  $x_1 = 1$ ;  $x_2 = u$ .

Так как уравнения линейные, можно ограничиться четырьмя сериями опытов. Если они сведены в табл. 6.1, то систему нормальных уравнений можно записать в виде  $5,48 = 4a_1 + 1100a_2$ ;  $1519 = 1100a_1 + 307350a_2$ , решение которых дает  $a_1 = 0,78$ ;  $a_2 = 0,0025$  ц. Следовательно, эмпирическая формула получит вид  $k_p = 0,78 + 0,0025$  ц.

Т а б л и ц а 6.1 Результаты опытов

| $u_2 = u$ | $y = k_p$ | $u^2$  | $ux$   |
|-----------|-----------|--------|--------|
| 230       | 1,26      | 52900  | 289,8  |
| 255       | 1,32      | 65025  | 336,6  |
| 295       | 1,40      | 87025  | 413,0  |
| 320       | 1,50      | 102400 | 480,0  |
| 1100      | 5,48      | 307350 | 1519,4 |

Метод наименьших квадратов обеспечивает достаточно надежные результаты. При этом степень точности коэффициентов  $A$  в (6.13) должна быть такой, чтобы вычисленные значения  $y$  совпадали со значениями в исходных табличных значениях. Это требует вычислять значения  $A$  тем точнее, чем выше индекс  $A$ , т.е. должно быть точнее (больше число десятичных знаков), чем  $A_3$ ;  $A_3$  — точнее, чем  $A_2$ , и т.д. Для вычисления коэффициентов  $A$  методом наименьших квадратов необходимо пользоваться типовыми программами для ЭВМ.

## Контрольные задания и вопросы

1. Основные этапы процедуры подбора эмпирических формул.

## Практическое занятие №3 Планирование эксперимента

### Теоретическая часть

Важнейшей составной частью научных исследований является эксперимент, основой которого является научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями. Само слово эксперимент происходит от лат. *experimentum* — проба, опыт. В научном языке и исследовательской работе термин «эксперимент» обычно используется в значении, общем для целого ряда сопряженных понятий: опыт, целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, организация особых условий его существования, проверка предсказания, В это понятие вкладывается научная постановка опытов и наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий. Само по себе понятие «эксперимент» означает действие, направленное на создание условий в целях осуществления того или иного явления и по возможности наиболее частого, т. е. не осложняемого другими явлениями. Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются химическими, биологическими, физическими, психологическими, социальными и т. п. Они различаются по способу формирования условий (естественных и искусственных); по целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролирующие,

поисковые, решающие); по организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.); по структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные); по характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные); по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный); по типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный); по контролируемым величинам (пассивный и активный); по числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный); по характеру изучаемых объектов или явлений (технологические, социометрические) и т. п. Конечно, для классификации могут быть использованы и другие признаки.

Из числа названных признаков *естественный эксперимент* предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования (чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках). *Искусственный эксперимент* предполагает формирование искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках). *Преобразующий* (созидательный) *эксперимент* включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта. *Констатирующий эксперимент* используется для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных фактов. *Контролирующий эксперимент* сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

*Поисковый эксперимент* проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых. *Решающий эксперимент* ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению, какую именно из гипотез считать правильной.

Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Примером решающего эксперимента служат опыты по проверке справедливости ньютоновской теории истечения света и волнообразной, теории Гюйгенса. Эти опыты были поставлены французским ученым Фуко (1819—1868). Они касались вопроса о скорости распространения света внутри прозрачных тел. Согласно гипотезе истечения, скорость света внутри таких тел должна быть больше, чем в пустоте. Но Фуко своими опытами доказал обратное, т.е. что в менее плотной среде скорость света большая. Этот опыт Фуко и был тем решающим опытом, который решил спор между двумя гипотезами (в настоящее время гипотеза Гюйгенса заменена электромагнитной гипотезой Максвелла).

Другим примером решающего эксперимента может служить спор между Птолемеем и Коперником о движении Земли. Решающий опыт Фуко с маятником окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

*Лабораторный эксперимент* проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную

информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента. *Натурный эксперимент* проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натурных испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т.п. Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, рационального подбора методов исследования. Практически во всех случаях основная научная проблема натурного эксперимента — обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект. Поэтому центральными задачами натурного эксперимента являются: изучение характеристик воздействия среды на испытуемый объект; идентификация статистических и динамических параметров объекта; оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

*Простой эксперимент* используется для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры, с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции,

В *сложном эксперименте* изучаются явления или объекты с разветвленной структурой (можно выделить иерархические уровни) и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции. Высокая степень связности элементов приводит к тому, что изменение состояния какого-либо элемента или связи влечет за собой изменение состояния многих других элементов системы. В сложных объектах исследования возможно наличие нескольких разных структур, нескольких разных целей. Но все же конкретное состояние

сложного объекта может быть описано. В очень сложном эксперименте изучается объект, состояние которого по тем или иным причинам до сих пор не удастся подробно и точно описать. Например, для описания требуется больше времени, чем то, которым располагает исследователь между сменами состояний объекта или когда современный уровень знаний недостаточен для проникновения в существо связей объекта (либо они непонятны).

*Информационный эксперимент* используется для изучения воздействия определенной (различной по форме и содержанию) информации на объект исследования (чаще всего информационный эксперимент используется в биологии, психологии, социологии, кибернетике и т.п.). С помощью этого эксперимента изучается изменение состояния объекта исследования под влиянием сообщаемой ему информации.

*Вещественный эксперимент* предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние различных добавок на качество стали и т.п.

*Энергетический эксперимент* используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования. Этот тип эксперимента широко распространен в естественных науках.

*Обычный (или классический) эксперимент* включает экспериментатора как познающего субъекта; объект или предмет экспериментального исследования и средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент.

В обычном эксперименте экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования. Они являются посредниками между экспериментатором и объектом исследования.

*Модельный эксперимент* в отличие от обычного имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект.

Модельный эксперимент при расширении возможностей экспериментального исследования одновременно имеет и ряд недостатков, связанных с тем, что различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок и, кроме того, экстраполяция результатов изучения поведения модели на моделируемый объект требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования правомочности такой экстраполяции.

Различие между орудиями эксперимента при моделировании позволяет выделить мысленный и материальный эксперимент. Орудиями *мысленного* (умственного) *эксперимента* являются мысленные модели исследуемых объектов или явлений (чувственные образы, образнознаковые модели, знаковые модели). Для обозначения мысленного эксперимента иногда пользуются терминами: *идеализированный* или *воображаемый* эксперимент. Мысленный эксперимент является одной из форм умственной деятельности познающего субъекта, в процессе которой воспроизводится в воображении структура реального эксперимента. Структура мысленного эксперимента включает: построение мысленной модели объекта исследования, идеализированных условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и планомерное изменение, комбинирование условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и точное применение на всех стадиях эксперимента объективных законов науки, благодаря чему исключается абсолютный произвол. В результате такого эксперимента формируются выводы.

*Материальный эксперимент* имеет аналогичную структуру. Однако в материальном эксперименте используются материальные, а не идеальные объекты исследования. Основное отличие материального эксперимента от мысленного в том, что реальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, между тем как мысленный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта.

Сходство мысленного эксперимента с реальным в значительной мере определяется тем, что всякий реальный эксперимент, прежде чем быть осуществленным на практике, сначала проводится человеком мысленно в процессе обдумывания и планирования. Поэтому мысленный эксперимент нередко выступает в роли идеального плана реального эксперимента, в известном смысле предваряя его.

Мысленный эксперимент имеет более широкую сферу применения, чем реальный эксперимент, так как применяется не только при подготовке и планировании последнего, но и в тех случаях, когда проведение реальных опытов представляется невозможным. Так, Галилей в мысленном эксперименте пришел к выводу о существовании движения по инерции, опрокинувшему аристотелевскую точку зрения, согласно которой движущееся тело останавливается, если сила, его толкающая, прекращает свое действие.

*Пассивный эксперимент* предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате наблюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование. Примерами пассивного эксперимента является наблюдение: за интенсивностью, составом, скоростями движения транспортных потоков; за числом заболеваний вообще или какой-либо определенной болезнью; за работоспособностью определенной группы лиц; за показателями, изменяющимися с возрастом; за числом дорожнотранспортных происшествий и т.п.

Пассивный эксперимент, по существу, является наблюдением, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования.

*Активный эксперимент* связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы.

*Однофакторный эксперимент* предполагает: выделение нужных факторов; стабилизацию мешающих факторов; поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

Стратегия *многофакторного эксперимента* состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

*Технологический эксперимент* направлен на изучение элементов технологического процесса (производства, оборудования, деятельности работников и т.п.) или процесса в целом.

*Социометрический эксперимент* используется для измерения существующих межличностных социально-психологических отношений в малых группах с целью их последующего изменения.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо: разработать гипотезу, подлежащую проверке; создать программы экспериментальных работ; определить способы и приемы вмешательства в объект исследования; обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ; разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента; подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.); обеспечить эксперимент, необходимым обслуживающим персоналом.

Контрольные задания и вопросы:

1. Классификации, типы и задачи эксперимента
2. Основные отличия лабораторных экспериментов от натурных
3. Как разрабатывается методика экспериментов
4. Принципы выбора средств измерений

## **Практическое занятие №4 Использование графических средств MS Excel и MS PowerPoint для создания презентаций научных отчётов**

*Цель занятия:* изучить графические возможности программных средств MS Excel и MS PowerPoint, получить навыки по их применению при оформлении презентаций отчётов научно-исследовательских работ.

*Содержание занятия:*

1. Создание различных типов диаграмм в MS Excel, применение пользовательских настроек к различным элементам диаграмм.
2. Создание презентаций в MS PowerPoint. Пользовательское оформление презентаций.

*Аппаратура и материалы:* персональные компьютеры и программы MS Excel и MS PowerPoint. При выполнении работы выполнять требования по технике безопасности эксплуатации аппаратуры, подключенной к сети 220 В.

*Методика выполнения работы*

Использование графических средств MS Excel

Рассмотрим создание диаграмм в MS Excel. Диаграмма — это графическое представление числовых данных. Диаграммы упрощают сравнение и восприятие чисел. Диаграммы создаются по элементам — отдельным числам рабочего листа и по ряду данных — группам данных внутри столбца или строки. Типы диаграмм MS Excel представлены на рисунке 6.1.

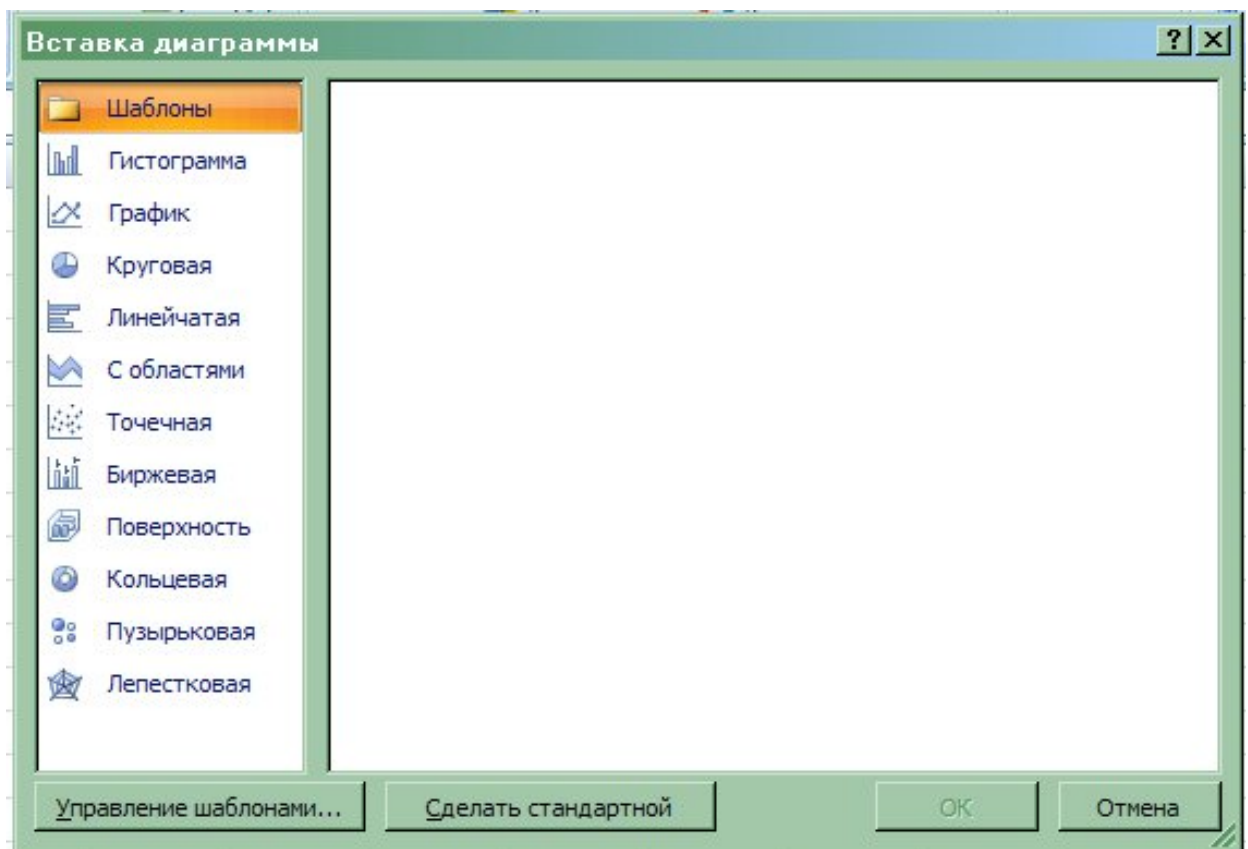


Рисунок 6.1. Типы диаграмм

Большинство диаграмм, построение которых возможно в MS Excel, являются электронными графиками функций от аргумента с конечным числом натуральных значений (натуральных – целых, положительных). Это диаграммы типа «гистограмма», «линейчатая», «график», «круговая», «с областями», «кольцевая», «лепестковая», «пузырьковая», «биржевая». Примером данных для таких диаграмм является: объём добычи по скважинам по дням месяца, количество ремонтов по месяцам, объём капитальных затрат по какому-либо месторождению по годам и т.п.

Мы рассмотрим диаграмму типа «Точечная». Точечная диаграмма позволяет строить графики функциональной зависимости  $y = f(x)$ . Для построения графика функции  $y = f(x)$  необходимо для некоторого набора значений аргумента  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$  определить соответствующие значения  $y_i$ ,  $i=1, \dots, n$ . При этом значения аргумента  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$  могут быть произвольными действительными числами.

Для построения точечной диаграммы необходимо

- 1) создать таблицу значений функции  $y = f(x)$  на рабочем листе MS Excel;
- 2) выделить таблицу значений функции  $y = f(x)$
- 3) в главном меню MS Excel выбрать закладку «Вставка», затем закладку «Диаграммы»;
- 4) из указанных на рисунок 6.2 типов диаграмм выбрать «Точечная», из типов точечных диаграмм выбрать наиболее подходящую для построения заданной функции.

После выполнения шагов 1) – 4) будет построена точечная диаграмма.

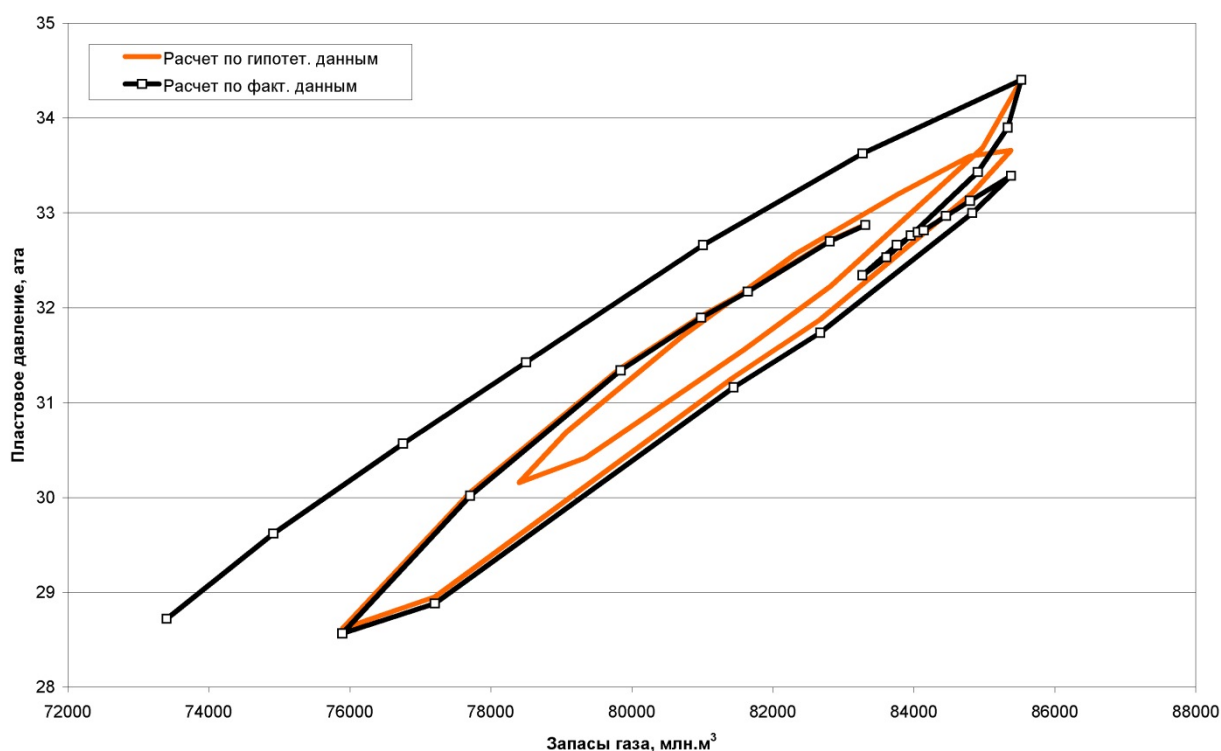


Рисунок 6.2. Точечная диаграмма с двумя графиками

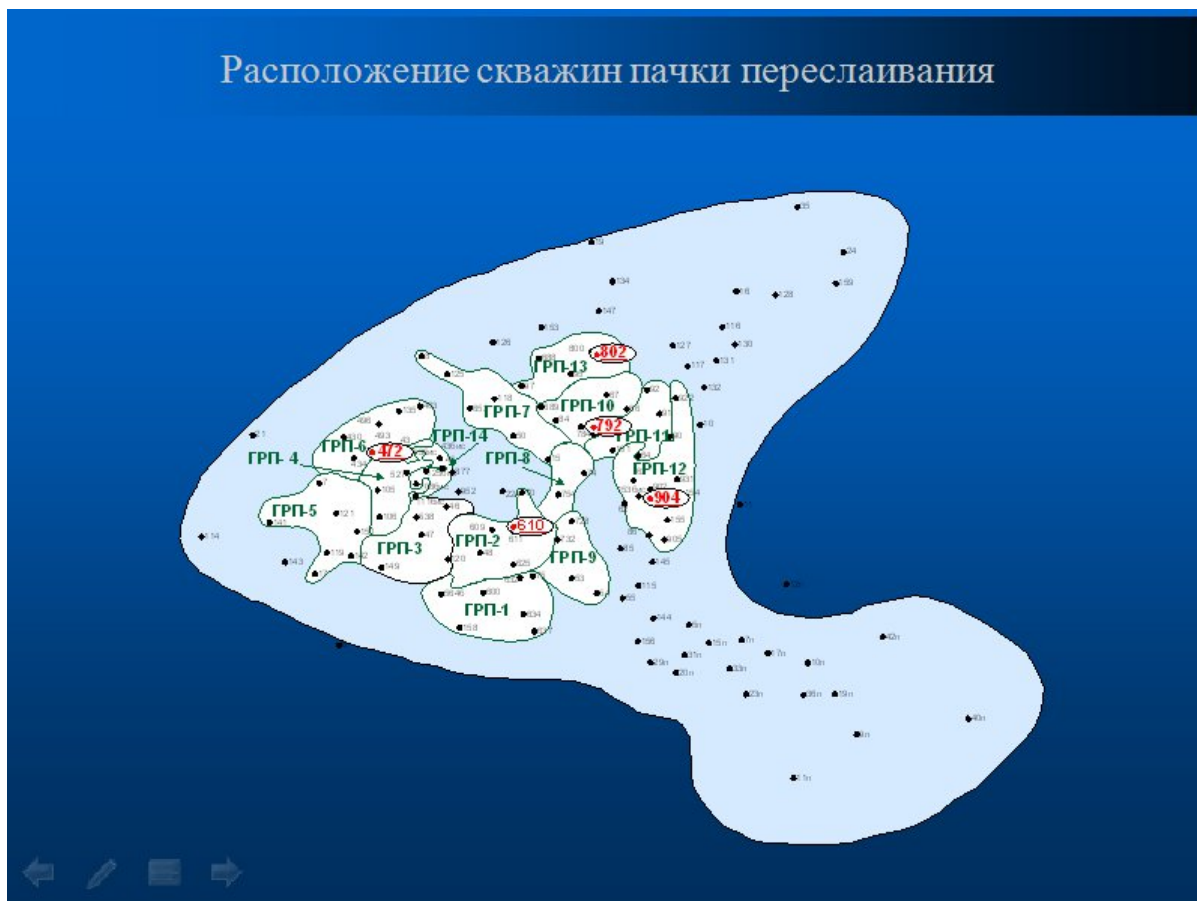
Точечная диаграмма позволяет строить графики функциональной зависимости сразу нескольких функций  $y_1 = f_1(x)$ ,  $y_2 = f_2(x)$ , ...,  $y_m = f_m(x)$ . Если значения функций сильно различаются, то возможно использование второй оси Oy. Пример точечной диаграммы с двумя графиками приведён на рисунке 6.2.

#### Использование средств MS PowerPoint

Программа PowerPoint предназначена для создания электронных презентаций (слайд шоу). С помощью программы PowerPoint готовят

презентации, выполняющиеся автоматически (автономно). Автономные презентации часто используют в «электронных киосках», на выставках, они также встречаются в Интернете.

Создание презентации. Каждая презентация PowerPoint состоит из набора слайдов: текста или объектов, отображаемых на графическом фоне,



как показано на рисунок 6.3. Создание презентации в основном заключается в размещении текста и объектов на слайдах.

Рисунок 6.3. Пример слайда PowerPoint

Для каждой презентации, создаваемой в PowerPoint, выполняется единая последовательность действий:

1. Создание презентации, ввод и редактирование текста, изменение порядка следования слайдов.
2. Формирование плана презентации. Редактирование этого плана в случае необходимости.
3. Форматирование отдельных слайдов, если это необходимо.

4. Добавление объектов в презентацию.
5. Формирование и изменение переходов, анимационных эффектов и ссылок в электронных презентациях.
6. Подготовка раздаточных (печатных) материалов и заметок для докладчика.
7. Определение и добавление интервалов между слайдами.
8. Демонстрация презентации.

Начать работу можно с создания новой презентации или открытия существующей (готовой) презентации.

Применение переходов, эффектов, анимации и ссылок. Электронная презентация (Slide Show) может демонстрироваться на мониторе компьютера или выводиться на большой внешний экран автономным способом. Так как слайды сменяются компьютером, а не вручную, появляется возможность добавить специальные эффекты. Переход — это специальный эффект, влияющий на появление слайда на экране. Например, слайд может «вплывать» на экран с любой стороны, увеличиваться в размерах из центра, пока не займет весь экран, проступить сквозь фон предыдущего слайда. Некоторые из шаблонов дизайна включают анимационные эффекты, например, один из объектов заднего плана «вплывает» на свое место. Слайд может содержать анимацию — тогда его вывод на экран занимает несколько шагов. Например, вначале появляется заголовок, затем поочередно проступают маркированные пункты. Переходы добавляют в режиме сортировщика слайдов с помощью панели инструментов Сортировщик слайдов (Slide Sorter). Однако в этом режиме задается лишь анимация текста, «оживление» других объектов происходит в режиме слайдов.

Настройка анимации.

1. Выберите слайд, объекты которого надо анимировать, в режиме слайдов.

2. Щелкните на кнопке Эффекты анимации (Animation Effects) на панели инструментов Форматирование (Formatting) — откроется панель инструментов Эффекты анимации (Animation Effects).
3. Выберите на этой панели инструментов один из встроенных эффектов.
4. Щелкните на кнопке Настройка анимации (Custom Animation) — откроется
5. диалоговое окно Настройка анимации (Custom Animation).
6. На вкладке Порядок анимации (Order & Timing) используйте кнопки со стрелками для изменения порядка анимации.

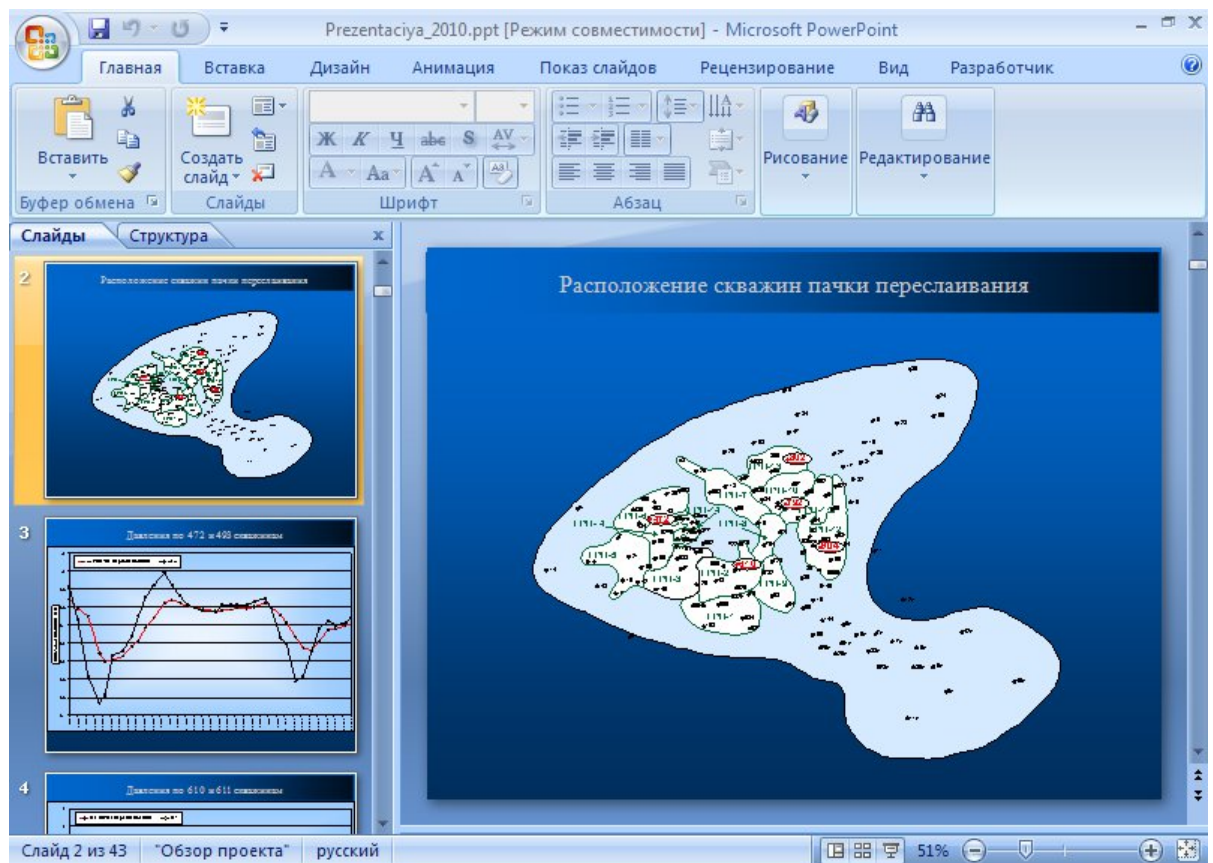


Рисунок 6.4. Обычный режим просмотра

7. Выберите любой пункт в списке Порядок анимации (Animation Order) и затем воспользуйтесь вкладкой Эффекты (Effects) для настройки параметров анимации.
8. Настройте параметры анимации для диаграмм на вкладке Эффекты в диаграммах (Chart Effects).

9. Настройте параметры воспроизведения клипов на вкладке Параметры воспроизведения (Multimedia Settings).

10. Щелкните на кнопке Просмотр (Preview), чтобы просмотреть изменения.

11. Щелкните на кнопке ОК для применения параметров, назначенных при настройке анимации.

Программа PowerPoint позволяет вставлять объекты других приложений в пользовательские презентации. На рисунках 6.5 – 6.7 приведены слайды презентации, в которые внедрены объекты различных приложений – Surfer, CorelDraw, Microsoft Equation.

## Карта ёмкости ( $m_{эф} * h_{эф}$ ) по горизонту h2

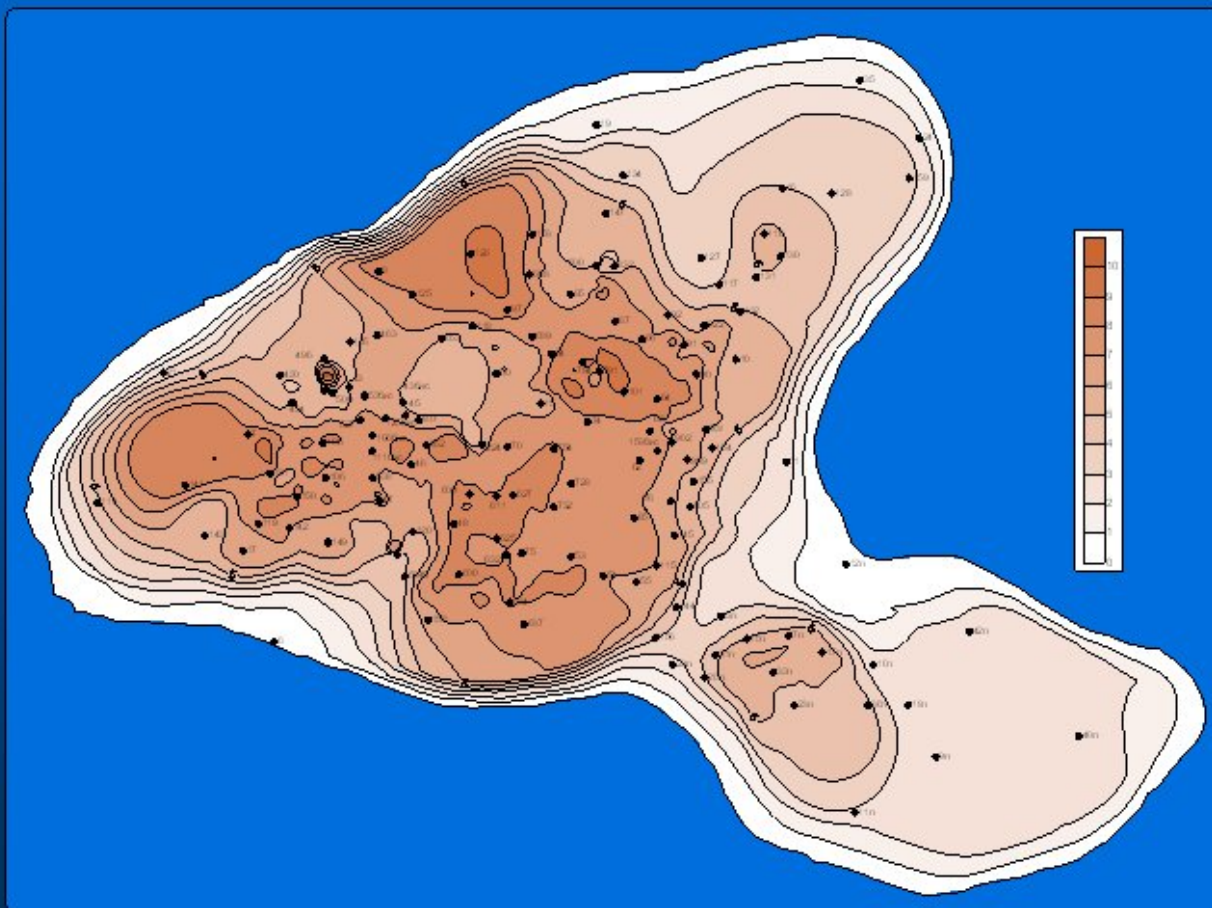


Рисунок 6.5. Карта Surfer, внедренная в презентацию

## Блок-схема расчёта двухобъёмной балансовой модели

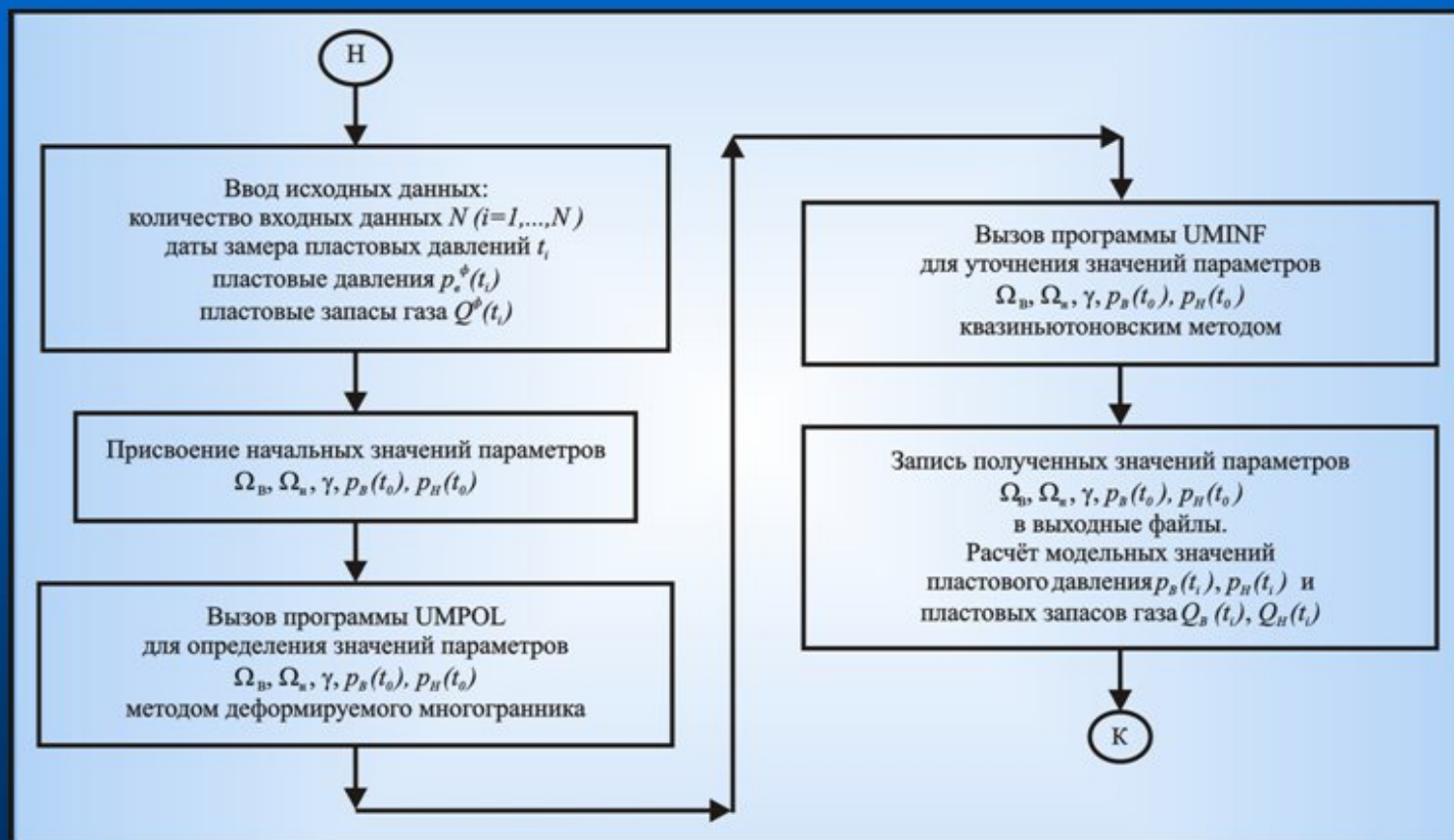


Рисунок 6.6. Рисунок CorelDraw, внедренный в презентацию

## Основные уравнения фильтрационной модели

$$\frac{1}{\Delta t}(\tau^n - \tau^{n-1})_{ij} = \left\{ \left( \sum q_{пер} + q_{сн} - q_{ске} \right)_{ij} \right\}^{n-\theta}, \quad 0 \leq \theta \leq 1 \quad (1)$$

$$q_{i-\frac{1}{2},j} = \underbrace{\left\{ \left( \frac{k}{\mu} \right)_{i-\frac{1}{2},j} \cdot \frac{P_{i-1,j} - P_{i,j}}{\Delta r} \right\}}_{\text{скорость фильтрации}} \cdot \underbrace{\left\{ h_{i-\frac{1}{2},j} \cdot \frac{\varphi_j^0 \cdot \pi \cdot \Delta r (i-1)}{180^\circ} \right\}}_{\text{площадь среднего сечения потока}} \cdot \underbrace{\left\{ \frac{P_{i-\frac{1}{2},j} \cdot T_0}{z(P_{i-\frac{1}{2},j}) \cdot P_0 \cdot T_{пл}} \right\}}_{\text{объемный коэффициент перевода в нормальные условия}} \quad (2)$$

$$q_{i,j-\frac{1}{2}} = \left\{ \left( \frac{k}{\mu} \right)_{i,j-\frac{1}{2}} \cdot \frac{P_{i,j-\frac{1}{2}} - P_{i,j}}{\Delta l_{i,j-\frac{1}{2}}} \right\} \cdot \left\{ h_{i,j-\frac{1}{2}} \cdot \Delta r \right\} \cdot \left\{ \frac{P_{i,j-\frac{1}{2}} \cdot T_0}{z(P_{i,j-\frac{1}{2}}) \cdot P_0 \cdot T_{пл}} \right\} \quad (3)$$

Рисунок 6.7. Объекты Microsoft Equation, внедренные в презентацию

*Задание:* Создать презентацию по выбранной нефтегазовой тематике, с использованием в презентации рисунков, графиков, формул, анимационных эффектов.

*Содержание отчета:* Отчет о работе выполняется в тетради или на листах формата А4. По каждому пункту задания: указать название пункта работы; привести результаты работы в электронном и печатном виде; сделать выводы по каждому пункту задания.

*Контрольные вопросы:*

1. Краткое описание основных типов диаграмм в MS Excel.
2. Основные элементы диаграмм в MS Excel, возможности изменения их формата.
3. Краткое описание шагов построения презентаций в MS PowerPoint.
4. Редактирование презентаций в MS PowerPoint, изменение формата презентаций.

### **Практическое занятие № 5 Общие сведения о пакете «Поиск решения» (MS Excel)**

*Цель занятия:* получение навыков работы с надстройкой MS Excel «Поиск решения», применение надстройки MS Excel «Поиск решения» для решения оптимизационных задач.

*Содержание занятия:*

1. Подключение и вызов пакета Solver, параметры пакета.
2. Запись оптимизационной задачи на листе MS Excel. Решение оптимизационной задачи с помощью пакета Solver.

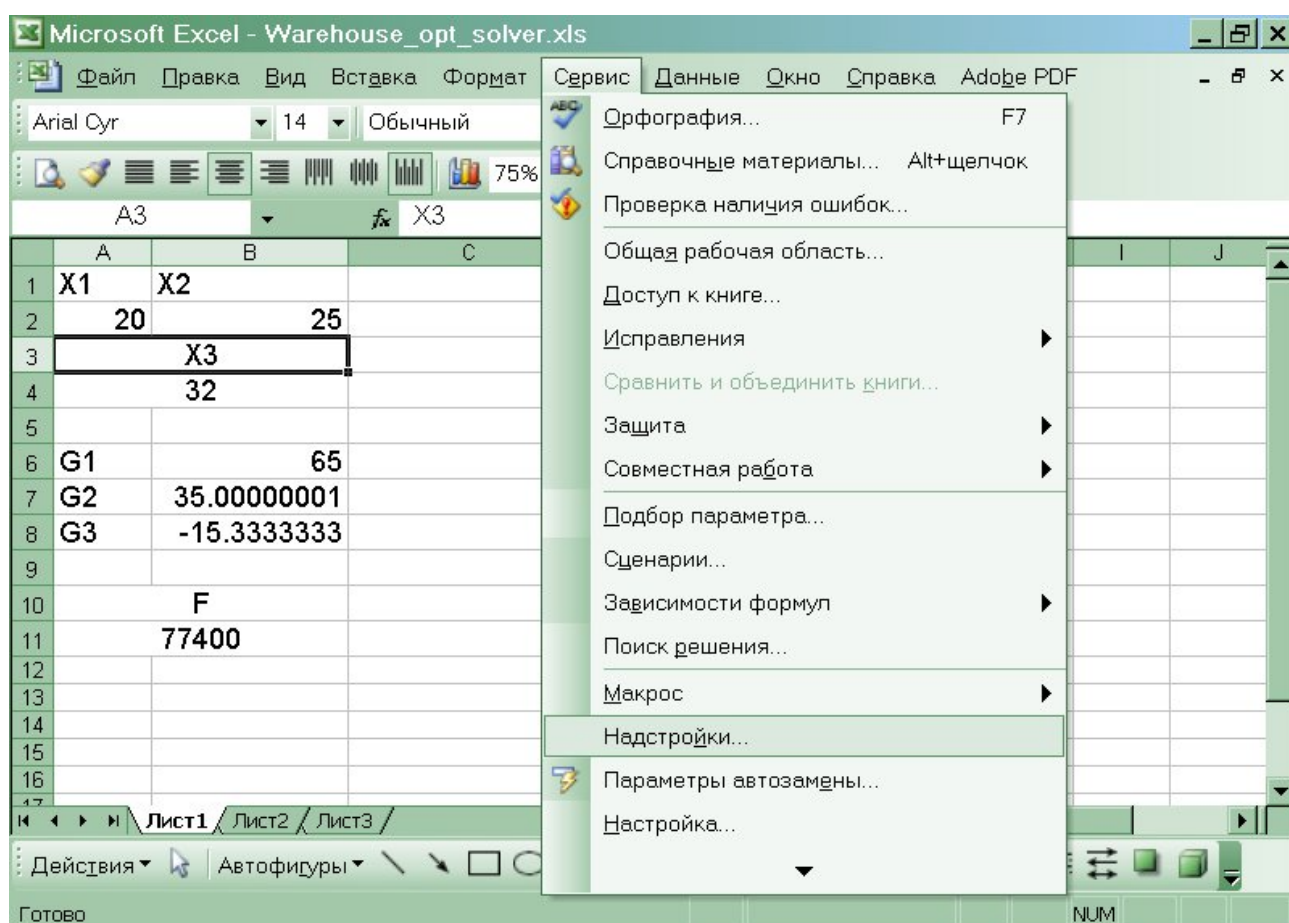
*Аппаратура и материалы:* персональные компьютеры, программа MS Excel. При выполнении работы выполнять требования по технике безопасности эксплуатации аппаратуры, подключенной к сети 220 В.

*Методика выполнения работы*

В лабораторной работе описывается решение оптимизационных задач с помощью использовать MS Excel, а точнее с помощью его надстройки – «Поиск решения» (или пакета «Solver»). Вызов надстройки происходит следующим образом:

MS Excel 2003 и ранние версии => «Основное меню» => Сервис  
=> Надстройки => Поиск решения (см. рис. 7.1, 7.2)

MS Excel 2007 => кнопка Office => параметры Excel =>



Надстройки => Поиск решения (см. рис. 7.3, 7.4, 7.5).

Рисунок 7.1 Подключение надстроек в MS Excel 2003.

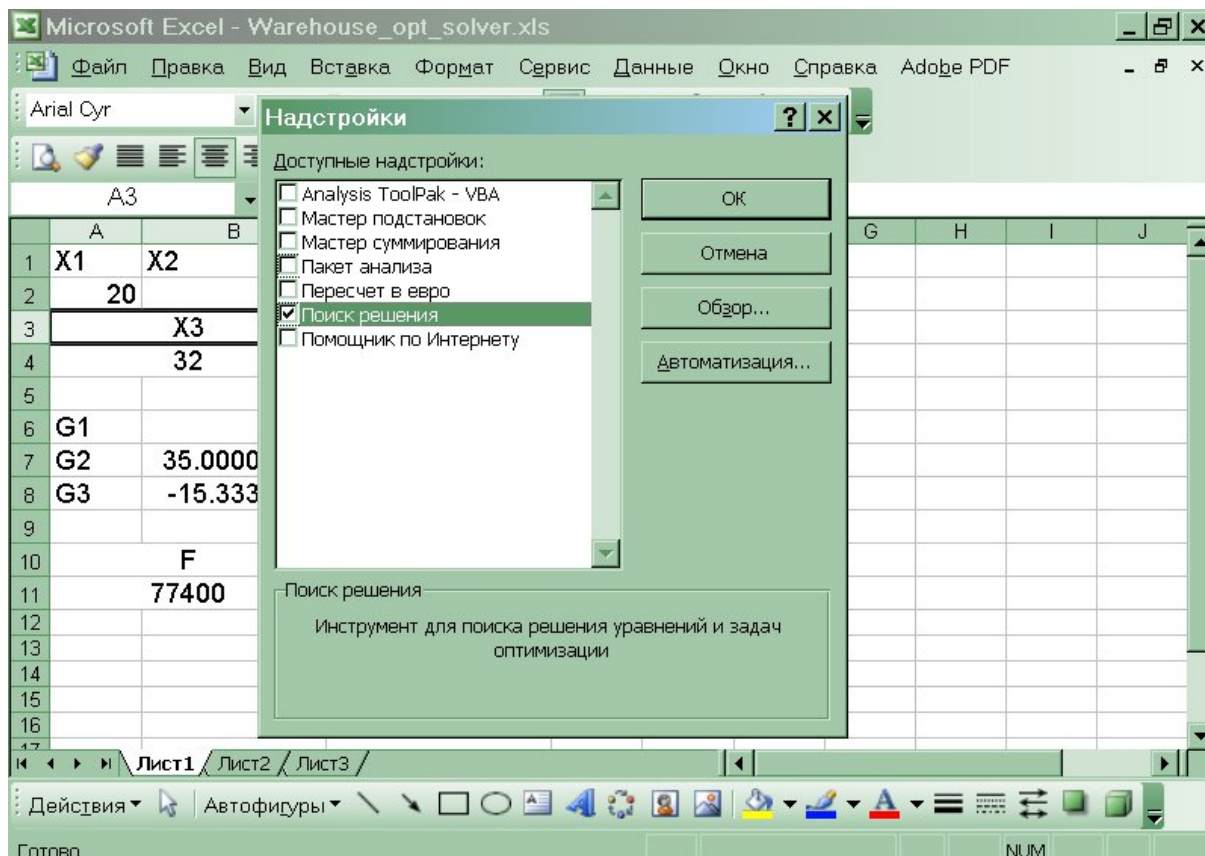


Рисунок 7. 2 Подключение надстройки «Поиск решения» в MS Excel 2003.

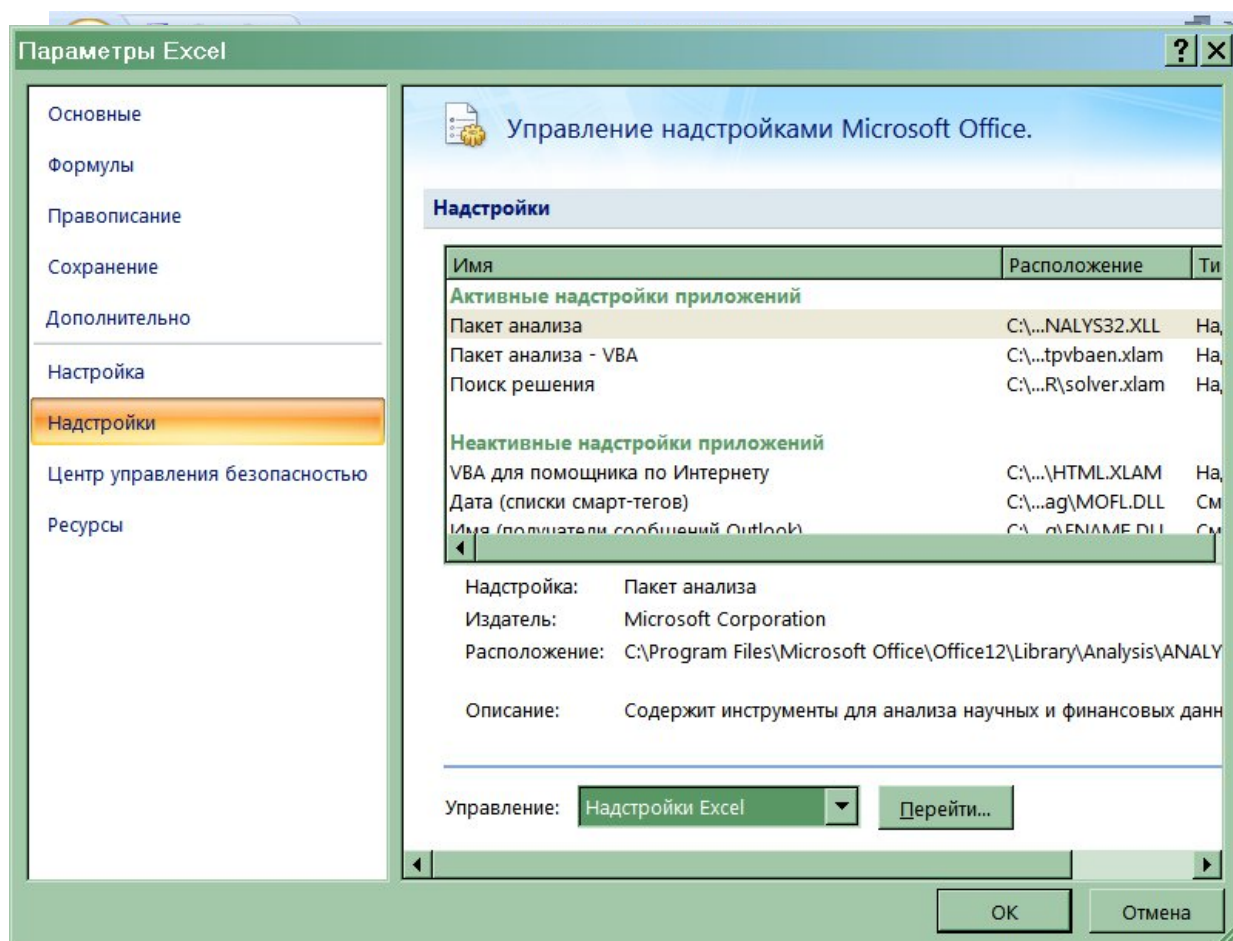


Рисунок 7. 3 Переход к настройке параметров в MS Excel 7.

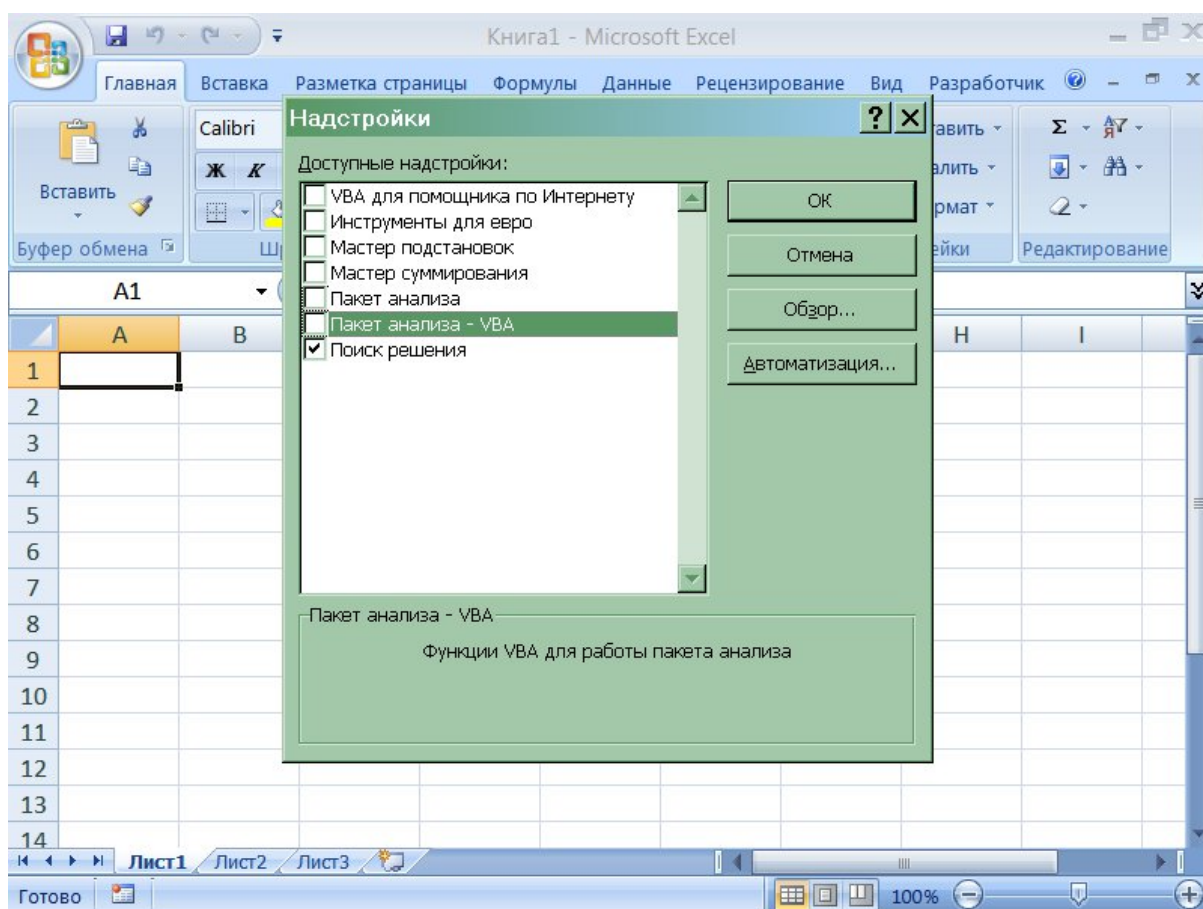
Рисунок 7.4 Управление надстройками в MS Excel 7.

Рисунок 7.5 Подключение надстройки «Поиск решения» в MS Excel 7.

С помощью надстройки «Поиск решения»:

1. Можно искать минимальное значение, максимальное значение, можно искать значения входных параметров, при которых целевая функция принимает заданное значение.
2. Можно добавить ограничения типа равенства, неравенства.
3. Можно ограничить по некоторым переменным допустимую область только целыми или двоичными значениями (0 или 1).

Основное окно «Поиска решения» приведено на рисунке 7.6. В поле «Установить целевую ячейку» указывается ячейка, в которой рассчитывается значение целевой функции, в поле «Изменяя ячейки» указываются ячейки, в которых находятся аргументы целевой функции, в поле «Ограничения» указываются ячейки, в которых рассчитываются



значения функций ограничений. Если решается задача максимизации

целевой функции, то «включается» радио-кнопка «максимальному значению», если решается задача минимизации целевой функции, то «включается» радио-кнопка «минимальному значению». Если требуется найти точку, где целевая функция принимает заданное значение, то это значение вводится в поле «значению». Далее после нажатия кнопки «Выполнить» происходит решение поставленной задачи.

Для иллюстрации рассмотрим пример решения простой оптимизационной задачи с помощью пакета «Поиск решения». Пусть задача состоит в следующем: найти минимум функции:

$$\sqrt{x_1^2 + x_2^2} \text{ @ min}$$

при ограничении:

$$x_1 + x_2^3 \leq 1$$

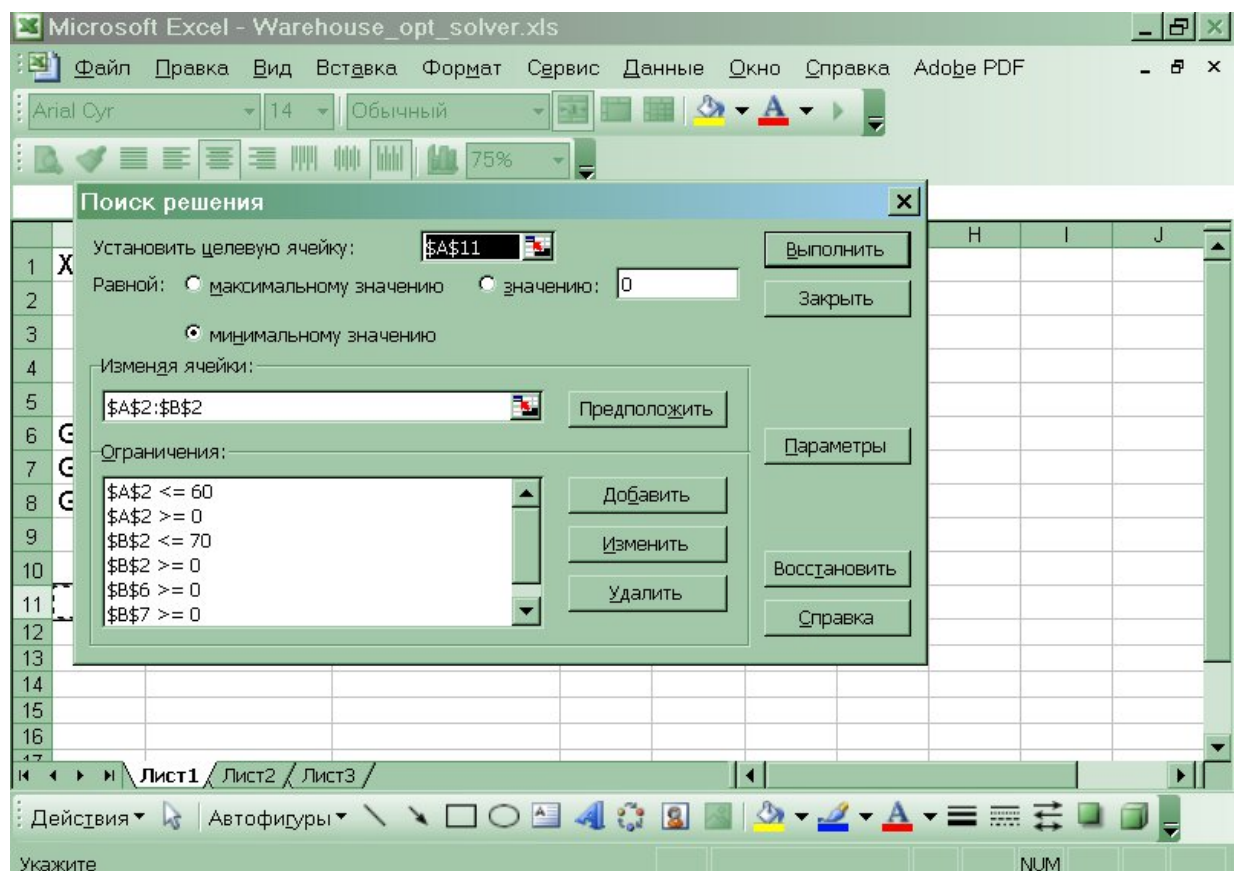


Рисунок 7.6. Диалоговое окно надстройки «Поиск решения»

Для решения задачи создадим лист Excel-я в следующем виде:

|   | A       | B                    |
|---|---------|----------------------|
| 1 | X1=     | <нач.знач. X1>       |
| 2 | X2 =    | <нач.знач. X2>       |
| 3 | F =     | $=(B1^2+B2^2)^{0.5}$ |
| 4 | X1+X2 = | $= B1+B2$            |

Далее подключим пакет «Поиск решения», если он не подключён. Для этого выполним следующие действия:

В Excel 2003:

Меню => Сервис => Надстройки => «Поиск решения»  
(отметить включение)

После этого команда «Поиск решения» появляется в списке команд «Сервис». Далее выполним следующие действия:

Меню => Сервис => «Поиск решения».

В Excel 2007:

Кнопка Office => Параметры Excel => Надстройки => Управление => Надстройки => Перейти => «Поиск решения» (отметить включение)

После этого команда «Поиск решения» появляется в списке команд «Данные»

Далее выполним следующие действия: Меню => Данные => «Поиск решения».

В диалоговом окне «Поиск решения» укажем значения полей:

1. Задаём оптимизируемую функцию:

«Установить целевую ячейку» => B3 (в этой ячейке записана формула вычисления функции F)

2. Указываем, что мы ищем минимум функции, помечаем опцию «Минимальное значение»:

«Равной  $\sqrt{\text{минимальному значению}}$

максимальному значению

3. Указываем аргументы функции (это  $x_1$ ,  $x_2$ ) :

«Изменяя ячейки»       $\Rightarrow$  \$B\$1:\$B\$2

4. Задаём ограничение:

«Ограничения»       $\Rightarrow$  \$B\$4  $\geq$  1

В ячейки B1, B2 необходимо занести произвольные начальные значения, например, 0, 0. Далее следует нажать кнопку «Выполнить», после чего SOLVER начнёт поиск решения. После завершения решения в ячейках B1, B2 будут значения  $X_1$ ,  $X_2$ , в которых не нарушено ограничение (2) и при которых функция (1) принимает минимальное значение. Таким образом, задача поиска минимума будет решена.

*Задание:* Построить математическую модель оптимизационной задачи. Решить оптимизационную задачу, используя пакет «Solver».

*Содержание отчета:* Отчет о лабораторной работе выполняется в тетради или на листах формата A4. По каждому пункту задания: указать название пункта работы; привести результаты работы в электронном и печатном виде; сделать выводы по каждому пункту задания.

*Контрольные вопросы:*

1. Назначение пакета «Solver».
2. Подключение и вызов пакета «Solver».
3. Параметры пакета «Solver».
4. Формирование листов «Excel» для решения оптимизационной задачи.

## **Практическое занятие №6 Научно-техническая патентная информация**

Патентная информация имеет юридическую и научно-техническую основу. Патентование занимается вопросами правовой охраны и защиты приоритета открытий и изобретений. Авторство охраняется законом. Результаты умственного труда, применяемые в промышленности, называют промышленной собственностью. Она разделяется на открытия, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, фирменные наименования.

Полезная модель — это отличающееся относительной новизной решение технической задачи, относящееся к устройству и имеющее явно выраженные пространственные формы (объем, компоновку).

Под промышленным образцом понимаются особенности внешнего вида промышленного изделия, которые выполнены промышленным путем, придают изделию художественные (эстетические) достоинства и обладают новизной или оригинальностью.

Товарный знак — это помещаемые на товарах или употребляемые при их рекламе обозначения, отличающие данные товары от аналогичных товаров других предприятий.

Чтобы защитить определенный вид промышленной собственности, необходимо подать заявку на получение авторского свидетельства или патента. Авторское свидетельство предоставляет изобретателю права и льготы в соответствии с действующим законодательством, а исключительное право пользоваться и распоряжаться изобретением оставляет за собой государство. Авторское свидетельство действует бессрочно. Патент предоставляет патентодателю исключительное право распоряжаться изобретением. Патент действует только определенный срок (15... 18 лет).

Патентная информация как источник научно-технической информации обладает оперативностью (как правило, предшествует публикации других информационных материалов), достоверностью (данные проверяются государственной патентной экспертизой), полнотой сведений (излагается суть открытий или изобретений, используется сквозная нумерация патентных документов). Основной научно-технической ценностью патентной информации являются описания изобретений, которые согласно патентному законодательству не могут содержать неправильных сведений и должны отличаться новизной. Поэтому правильное использование патентной информации дает возможность осуществлять новые разработки на уровне лучших мировых образцов с учетом имеющихся решений и основных тенденций развития техники.

В связи с этим перед началом разработки научно-исследовательской темы (проблемы) необходимо предварительно провести патентные исследования. Это комплекс работ, включающих поиск, отбор, анализ и целенаправленное использование патентной информации (патентной документации и литературы). Под патентной документацией понимается публикация официальными органами различных стран сведений об открытиях, изобретениях, промышленных образцах, полезных моделях, товарных знаках. Сведения публикуются в виде библиографических или реферативных данных или в виде полных описаний.

Под патентной литературой понимаются различные издания (статьи, брошюры, книги, журналы, заметки и т.п.), посвященные различным вопросам патентной, патентно-правовой, патентно-лицензионной, патентно-информационной и изобретательской деятельности. В зависимости от задач, решаемых разработчиками на различных стадиях НИР и ОКР, патентные исследования имеют следующие цели: обоснование включения темы в план работы организации и определение возможных потребителей объекта разработки; обоснование выбора пути решения задачи и обеспечение его патентоспособности и патентной чистоты, выбор оптимальных

конструктивных и технологических решений, выявление предполагаемых изобретений и их проверку на новизну; оформление заявочных материалов на изобретение и государственную защиту; обоснование целесообразности патентования созданных изобретений за рубежом; проверка объекта разработки и его составных частей на патентную чистоту.

Патентоспособность - свойство технического решения быть защищенным в качестве изобретения на основе закона соответствующей страны.

Патентная чистота - это юридическое свойство объекта, заключающееся в том, что он может быть использован в данной стране без опасности нарушения действующих на ее территории патентов.

Основной объем работ по патентным исследованиям выполняется отделом-разработчиком при методической помощи патентного подразделения и отдела научно-технической информации (ОНТИ). При разработке регламента поиска обязанности распределяются так, что отдел - разработчик определяет предмет поиска (разбивка темы на составные части), круг стран и глубину поиск (период времени, за который проводится поиск). Патентное подразделение оказывает при этом помощь в классификации предметов поиска по Международной или национальной классификации изобретений, в определении требуемых источников информации, в обосновании видов поиска (тематический, именной и т. д.). Отдел научно-технической информации оказывает помощь разработчику в классификации предметов поиска по УДК и предоставляет имеющиеся информационные материалы для использования.

Источниками информации, используемыми в процессе патентных исследований, являются бюллетень патентных ведомств стран мира, описания изобретений, реферативная информация по изобретениям, публикации о внедренных изобретениях, рекламные материалы, отчеты о НИР, ОКР и о заграничных командировках, информация по отраслям народного хозяйства, а также отчеты о патентных исследованиях.

Наиболее оперативным источником патентной информации являются патентные бюллетени, в которых дается сигнальная информация для предварительного ознакомления и отбора нужных патентных материалов: формула (аннотация, реферат) изобретения с чертежом.

Описание изобретения (патентное описание) кроме технической информации, раскрывающей сущность изобретения, содержит элементы, определяющие объем правовой защиты. Описание изобретения должно отражать следующие обязательные пункты: название изобретения и класс Международной классификации изобретений, характеристику аналогов изобретения, характеристику и критику прототипов, цель изобретения, сущность изобретения и его отличительные признаки, примеры конкретного выполнения и сведения о предполагаемой технико-экономической эффективности, формулу изобретения, в которой выделяются наиболее существенные его признаки, подлежащие правовой защите.

В зависимости от задач патентные поиски могут быть тематическими (предметными): поиск описаний изобретений в соответствии с заданной тематикой; именованными (фирменными): поиск описаний изобретений по имени изобретателя или патентовладельца; нумерационными: описания изобретений отбирают по номеру авторского свидетельства, патента, заявки; поисками патентов-аналогов: описания изобретений отбираются по родовой зависимости (единство даты приоритета, номера приоритетной заявки и страны приоритета); патентно-правовыми: по сроку действия патента и других юридических правил, действующих в стране поиска.

Основным средством организации и поиска информации в мировом патентном фонде являются системы классификации изобретений. В ряде стран до настоящего времени применяются национальные классификации изобретений (НКИ). Однако рост объема мирового патентного фонда и развитие международного сотрудничества привели к необходимости создания единой классификации — Международной классификации изобретений (МКИ). МКИ и НКИ представляют собой многоступенчатые

системы деления понятий, организованные по принципу от общего к частному, т.е. построенные по иерархическому способу. Международная классификация изобретений создавалась в соответствии с положениями Европейской конвенции о международной патентной классификации (1954). МКИ периодически пересматривается для совершенствования системы с учетом развития науки и техники. Каждые пять лет выходит очередная редакция МКИ для индексирования документов текущей регистрации. Органом по внедрению МКИ является международное бюро Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС). В нашей стране МКИ была введена в качестве единой государственной классификации патентной документации в 1970 г. МКИ охватывает все области знаний. В информационно-поисковом языке МКИ используются слова, фразы и словосочетания естественного языка, снабженные алфавитно-цифровой нотацией.

Все сферы материального производства в МКИ подразделяются на разделы, классы, подклассы, группы и подгруппы. Первый классификационный ряд состоит из восьми разделов, которые обозначаются прописными латинскими буквами от А до Н. Раздел подразделяется на классы, индексы которых состоят из индекса раздела и двухзначного числа, например, А 01. Индекс подкласса состоит из индекса класса и прописной латинской буквы, например А 01 В. Каждый подкласс разбит на подразделения, называемые рубриками. Среди рубрик различают основные (главные) группы и подгруппы. Индекс основной группы состоит из индекса подкласса, за которым следует одно-, двух- или трехзначное число с символом 00 после косой черты, например. А 01 В 1/00. Подгруппы образуют рубрики, подчиненные основной группе. Индекс подгруппы состоит из индекса подкласса, за ним следует одно-, двух- или трехзначный номер группы и двух - или трехзначный номер (вместо 00) после косой черты, например А 01 В 1/00/02. Степень подчиненности подгруппы в группе определяется сдвигом текста вправо и точками, которые стоят перед текстом

подгруппы и указывают на то, что подгруппа является рубрикой, подчиненной ближайшей рубрике с меньшим сдвигом текста и имеющей на одну точку меньше. Иерархические отношения между рубриками определяются всегда только количеством точек, стоящих перед текстом рубрики, а не присвоенными им индексами. Стоящие перед текстом рубрики точки как бы заменяют собой текст иерархически более старших рубрик, чтобы избежать повторения.

Патентный фонд имеет справочно-поисковый аппарат, включающий классификации изобретений (МКИ, НКИ), различные указатели и таблицы соответствия. В состав указателей к системам классификации входит указатель классов изобретений (УКИ), который включает перечень рубрик классификации с указанием их подчиненности, и алфавитно-предметный указатель, включающий перечень ключевых понятий (терминов), расположенных в алфавитном порядке, и отнесенных к ним соответствующих индексов системы классификации. Кроме названных имеются указатели, содержащие библиографические данные о патентных документах текущей регистрации (описания изобретений): нумерационный (описания упорядочены по номерам документов); систематический (описания упорядочены по индексам системы классификации); именной (описания упорядочены по именам заявителей или патентовладельцев); патентов-аналогов (т.е. патентов, выданных в разных странах на одно и то же изобретение).

Таблицы соответствия индексов систем классификации изобретений служат вспомогательным материалом для установления аналогичных рубрик в различных классификациях. Обычно используются таблицы соответствия МКИ указателю классов изобретений конкретной страны и, наоборот, таблицы соответствия НКИ страны и МКИ.

Порядок проведения поиска в патентных фондах зависит от особенностей организации патентного фонда конкретной страны. Затем проводится именной (фирменный) поиск на основе именных указателей,

издаваемых патентными ведомствами соответствующих стран, а также различных фирменных справочников. Необходимо также учесть, что в некоторых странах в именные указатели включаются только фирмы-патентовладельцы.

Нумерационный поиск можно проводить, если известен номер авторского свидетельства или патента и страна. Поиск от приоритетного патента к патентам-аналогам может производиться по нумерационным указателям приоритетных заявок или по указателям патентов-аналогов.

При поиске патентной информации также можно пользоваться интернет порталами патентных ведомств различных стран:

России – [www.fips.ru](http://www.fips.ru)

США – [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

Европейского сообщества – [www.european-patent-office.org](http://www.european-patent-office.org)

Патентно-правовой поиск проводится по соответствующим разделам официальных патентных бюллетеней и по спискам действующих патентов исключительного пользования. При проведении патентно-правового поиска следует иметь в виду, что время начала и срок действия охранного документа определяются патентным законодательством конкретной страны, причем в разных странах они различны.

## Практическое занятие №7 Составление заявки на изобретение

Основные понятия об изобретениях.

Результаты НИР нередко содержат положения, которые имеют новизну на уровне изобретения или полезные модели. Поэтому их необходимо анализировать на этот предмет и, если таковая обнаруживается, составлять заявку на изобретение. Наличие авторского свидетельства (АС) существенно повышает значимость и престиж выполненной работы.

*Изобретение* - это неочевидное техническое решение, которое обладает новизной и является промышленно применимым. Объектами изобретения могут являться: *устройство, способ, вещество, применение* ранее известных устройств, способов, веществ по новому назначению с положительным эффектом.

Следует иметь в виду, что *изобретениями не признаются* методы и системы информации и классификации, методы расчетов и математические решения задач. Кроме того, не признаются изобретениями вычислительные алгоритмы и программы для ЭВМ, методы научных разработок и, наконец, научные теории, основные положения науки, не решающие какой-либо конкретной задачи.

Новое конструкторское решение, которое является хотя и новым, но его патентоспособность вызывает сомнения, может быть сформулировано как заявка на выдачу свидетельства на полезную модель.

*Полезная модель* - это отличающееся относительной новизной конструкторское решение технической задачи, которое является промышленно применимым.

Заявка на выдачу патента на изобретение подается автором (авторами) в Госкомизобретений. *Описание изобретения* является основным документом заявки, отображающим созданное изобретение. В описание включаются:

- название изобретения и класс Международной классификации изобретений (МКИ), к которому оно, по мнению заявителя, относится;
- область техники, к которой относится изобретение и преимущественная область использования изобретения и их критика;
- характеристика аналогов изобретения и их критика;
- характеристика прототипа, выбранного заявителем и его критика;
- цель изобретения;
- сущность изобретения и его отличительные (от прототипа) признаки;
- перечень фигур графических изображений;
- примеры конкретного выполнения;
- технико-экономическая или иная эффективность;
- формула изобретения;
- источники информации.

Центральными характеристиками при описании изобретения являются *аналог и прототип*.

*Аналогом* называется техническое решение, близкое по признакам к заявляемому. *Прототип* - это техническое решение, наиболее близкое из аналогов по технической сути и достигаемому эффекту.

*Формула изобретения* - это краткая характеристика, выражающая техническую суть и существенные признаки объекта изобретения.

*Существенными называются признаки*, каждый из которых необходим, а все вместе взятые - достаточны для того, чтобы отличить данный объект изобретения от всех других и характеризовать его в качестве, которое появляется в положительном эффекте.

Формула изобретения составляется либо в виде одного пункта (однозвенная формула), либо в виде двух или более пунктов (многозвенная формула). Однозвенная формула применяется, когда техническая сущность изобретения охарактеризована совокупностью существенных признаков, необходимых и достаточных для характеристики изобретения в общем виде, и не имеет развития или уточнения в виде признаков, необходимых в

частных случаях использования изобретения. В многозвенной формуле первый пункт содержит общие существенные признаки, а второй и последующие - включают частные существенные признаки, развивающие и уточняющие совокупность признаков, указанных в первом пункте.

Каждый пункт формулы изобретения должен состоять, как правило, из *ограничительной части*, включающей признаки, общие для заявляемого объекта изобретения и прототипа (известные признаки) и *отличительной части*, включающей признаки, которые отличают заявляемый объект изобретения от прототипа (т.е. новые признаки объекта изобретения).

Если объектом изобретения является применение ранее известных устройств по новому назначению, его формула излагается следующим образом: "Применение [указывается название известного устройства, способа, вещества] в качестве [указывается его новое назначение]".

Алгоритм составления заявки на изобретение.

Для облегчения работы по составлению заявки на изобретение ниже предлагается алгоритм составления заявки. Предмет изобретения - способ. Итак:

Название изобретения.

Изобретение относится [к какой отрасли промышленности относится изобретение] и может быть использовано [для чего].

Известен способ [описывается способ-аналог].

Недостатками способа являются [описываются недостатки способа-аналога].

Известен также способ [описывается способ-прототип].

Недостатком этого способа является [описывается недостаток способа-прототипа].

Цель изобретения - [формулируется].

Поставленная цель достигается тем, что [описывается порядок применения предлагаемого способа]

Сущность способа заключается в следующем [описывается сущность изобретения].

Способ применяется для [область и условия применения способа].

Способ позволяет [описываются преимущества способа по сравнению со способом-прототипом].

Формула изобретения. Способ [его название], основанный на (идея способа), *отличающийся тем, что* [описывается последовательность действий по реализации способа].

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе [приводятся источники].

Иногда допускаются незначительные изменения в порядке изложения описания изобретения, однако их основной смысл всегда сохраняется.

При обучении студентов технических специальностей рекомендуется провести блок занятий по составлению заявки на изобретение. Для этого каждому студенту дается реальное авторское свидетельство или патент. Предлагается *принять это изобретение за прототип. Прототип, содержащийся в изобретении, предлагается принять за аналог* и составить самостоятельную "заявку" на изобретение.

Методология проведения патентных исследований

Виды патентного поиска и техника его проведения

Для установления уровня технических решений и границ прав патентовладельцев на различных этапах создания, освоения и реализации новой техники выделяют следующие виды патентного поиска: тематический, именной и нумерационный, поиск по ключевым словам и другим терминам, поиск патентов-аналогов.

*Тематический (предметный) поиск* проводят для выявления изобретений, имеющих отношение к рассматриваемому вопросу (теме), по фондам опубликованных описаний к заявкам на изобретения, полезных моделей и промышленных образцов. Этот вид поиска является наиболее распространенным и требует значительных затрат времени.

*Именной (фирменный) поиск*, как правило, предшествует тематическому и используется для обнаружения конкретного лица (или фирмы), преимущественно для установления границ прав патентовладельца и условий их реализации. Для проведения именного поиска обычно используются различные алфавитно-именные указатели к официальным бюллетеням, издаваемые патентными ведомствами. Поиск сводится к установлению следующих видов соответствий: автор (изобретатель), патентовладелец, номера охранных документов.

*Нумерационный поиск* проводится для установления соответствия между различными номерами, входящими в библиографическое описание патентного документа и другими алфавитно-цифровыми данными (номер акцептованной заявки, номер основного или дополнительного охранного документа, дата заявки и т. п.).

*Поиск по ключевым словам и другим терминам.* В патентной БД некоторых стран предусмотрены три варианта поиска по ключевым словам и другим терминам [9]: Basic Search (простой поиск), Boolean Search (логический поиск) и Advanced Search (расширенный поиск).

*Поиск патентов-аналогов* направлен на выявление патентов, выданных в различных странах на одно и то же изобретение. Методы проведения традиционных и специальных видов патентного поиска изложены в.

Для сокращения затрат труда и времени на проведение тематического поиска изобретений анализ патентной документации рекомендуется начинать с изучения годового указателя к бюллетеню "Открытие, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки". С помощью указателя за соответствующий год необходимо установить по индексам МКИ наличие изобретений в данном году по интересующему профилю и выписать сведения о них в специальные карточки.

Проводить тематический поиск патентной документации удобно, пользуясь ранее выпущенной переводной классификационной таблицей. При этом следует помнить, что ранее применяемая система МКИ являлась

основной классификацией СССР, Франции, ФРГ и Японии. В США и Великобритании в качестве основной классификации изобретений действовала система НКИ, а система МКИ использовалась как дополнительная. При этом необходимо учитывать, что одному индексу МКИ могут отвечать 1-2 и более индексов НКИ. В основном, это касается классов изобретений США. В Великобритании и Японии их нет. Поэтому при определении индексов по классификации изобретений Великобритании и Японии (до 1 января 1980 г.) необходимо пользоваться Указателями классов изобретений этих стран.

Поиск индексов НКИ зарубежных стран удобно проводить, зная точную индексацию предмета поиска по МКИ, путем просмотра за последние 3-5 лет бюллетеня "Изобретение за рубежом и в СССР". Определив индексы по соответствующим национальным классификациям, приступают к более глубокому поиску изобретений по годам, т.е. проводят тематический поиск. Издание тематических выпусков реферативных сборников "Изобретения стран мира" не только на бумажном носителе и дискетах, но и на компактных оптических дисках CD-ROM позволяет наиболее эффективно проводить многоаспектный поиск в мировом фонде патентной документации.

#### Web-сайты в сети Internet и их поисковые возможности

Начиная с 1980 г., в мире прослеживается четкая тенденция перехода от патентного поиска по бумажным носителям к использованию информации в электронном виде. Использование Web-серверов в сети Интернет приобрело большую популярность по причине широкой доступности патентной информации и относительной "бесплатности".

Открывается реальная перспектива использования электронной цифровой библиотеки в области интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели, товарные знаки).

При проведении патентного поиска в большей степени используются англоязычные БД (табл. 10.1): USPTO, PAJ, EPO-espace, IPDL WIPO.

Таблица 10.1 -БД патентных ведомств и организаций

| Наименование<br>БД                     | Основные возможности использования                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| USPTO<br>(патентное<br>ведомство США)  | Доступ к БД патентов и товарных знаков (с 1976 г.), поиск по библиографическим данным и тексту документов, просмотр копий документов в графическом формате                                                                                                                                                       |
| PAJ (патентное<br>ведомство<br>Японии) | Доступ к реферативной патентной документации на английском языке, возможен поиск по библиографическим данным по тексту реферата                                                                                                                                                                                  |
| EPO-espacent                           | Поиск патентных документов: ЕРО, Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO), Японии, Австрии, Бельгии, Кипра, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Италии, Ирландии, Нидерландов, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии, Англии                                                        |
| IPDL WIPO                              | Возможность поиска патентных документов Японии, Канады, США, ЕРО, Франции, заявок РСТ; поиск патентно-ассоциируемой литературы (JOPAL); ограниченный доступ к БД по международным товарным знакам, промышленным образцам; возможность использования БД патентных ведомств Индии, Китая и стран Латинской Америки |

Полнотекстовая и библиографическая база данных включает четыре вида поиска с использованием логических операторов:

- логический поиск (Boolean Search);
- ручной поиск (Manual Search);
- расширенный поиск (Advanced Search);
- поиск по номеру патента (Patent Number).

БД включает следующие библиографические и текстовые поля:

- (12) вид документа;
- (11) номер документа;
- (21) номер заявки;
- (54) англоязычное и франкоязычное название;

- (72) изобретатель;
- (73) патентовладелец; -(71) заявитель;
- (74) агент;
- (45) дата публикации;
- дата повторной публикации;
- (22) дата подачи заявки;
- (43) дата выкладки заявки;
- дата подачи ходатайства о проведении экспертизы;
- дата подачи ходатайства о проведении повторной экспертизы;
- (52) Канадская патентная классификация (CPC);
- (51) международная патентная классификация (МПК); РСТ;
- (87) номер международной классификации;
- (85) дата поступления на национальную фазу;
- (30) дата подачи приоритетной заявки;
- возможность лицензирования;
- язык, на котором была подана заявка;
- реферат;
- формула.

Поисковые возможности (Quick Searches) по ключевым словам, по номеру документа, по названию фирмы позволяют быстро находить информацию по содержащимся в БД патентным документам, опубликованным в более чем 50 странах мира. В этом же источнике изложен поиск документов с использованием логических операторов, операторов близости, поиск в определенном поле, во временном диапазоне, с использованием правостороннего сечения. Патентная БД Канады предусматривает

три варианта поиска по ключевым: словам и другим терминам: Basic Search (простой поиск), Boolean Search (логический поиск), Advanced Search (расширенный поиск).

Патентные исследования.

Патентные исследования включают в себя исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты, а также технических возможностей конкурента или уровня компетентности фирмы либо частного лица в данной области. Патентные исследования проводят на различных стадиях работы над объектом, начиная от составления технического задания на проектирование, кончая патентованием и реализацией законченной разработки. Используются как патентные, так и прочие источники научно-технической информации. Порядок и правила патентных исследований регламентируются ГОСТ Р15.011-96.

Можно выделить пять этапов патентных исследований - определение цели и составление технического задания; разработка регламента поиска; проведение поиска по патентной и научно-технической литературе; анализ отобранной информации; формулировка выводов и оформление результатов.

Цели патентных исследований.

Под целью понимают ожидаемый результат деятельности. Если исследования ведутся при составлении технического задания на разработку объекта или в ходе его разработки либо усовершенствования, то цель исследований - определение технического уровня области техники, к которой относится объект. Если объект уже разработан, то цель состоит в определении новизны объекта для доказательства его охраноспособности.

Если объект предполагается разрабатывать с помощью соисполнителей (посторонних фирм или частных лиц) или если объект готовится к реализации, то проводят конъюнктурные патентные исследования. Конъюнктура - это совокупность условий, явлений, ситуаций, стечения обстоятельств, способных повлиять на исход какого-либо дела. Если решается вопрос о сотрудничестве (или соперничестве) с фирмой или частным лицом, то цель исследований - определение уровня компетентности предполагаемого соисполнителя или конкурента в области техники, к которой относится объект. При подготовке объекта (в виде проекта или

готовой продукции) к реализации цель конъюнктурных патентных исследований - определение патентной чистоты объекта относительно выбранных для реализации стран (в том числе и России). В результате патентных исследований в последнем случае надо доказать, что объект или его часть не нарушают действующие в данной стране патенты, т.е. объект относительно этой страны обладает патентной чистотой. Такие исследования называют экспертизой на патентную чистоту. Их проводят также и перед экспонированием объектов техники на выставках и ярмарках. Не обладает патентной чистотой в данной стране изделие, попадающее под действие патента на промышленный образец или свидетельства на полезную модель. Таким образом, патентная чистота - это юридическое свойство объекта техники, заключающееся в том, что он может быть свободно использован в данной стране без опасности нарушения действующих на ее территории охранных документов на объекты промышленной собственности.

## Список рекомендуемой литературы

- Кузнецов, И. Н. Научное исследование: методика проведения и оформление / И. Н. Кузнецов. - М.: Дашков и К, 2004. - 432 с. - Библиогр.: с. 424
- Герасимов, И. Г. Научное исследование / И. Г. Герасимов. - М. : Политиздат, 1972. - 279 с. - Библиогр.: с. 271-277
- Ахмедов К.С. Комплексное решение задачи оптимального планирования добычи газа. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, № 2, 2014 г.
- Толпаев В.А., Ахмедов К.С., Колесников Подготовка данных для разработки планов проведения ремонтно-восстановительных работ на газодобывающих скважинах. Газовая промышленность, №3, 2011. с.74-77
- Гасумов Р.А., Толпаев В.А., Ахмедов К.С., Виниченко И.А. Среднесрочный прогноз дебитов добывающих скважин в среде MS EXCEL. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, № 7, 2012 г. с.32-36.
- Ахмедов К.С., Толпаев В.А., Жданова А.А. Методология оценки экономической эффективности геолого-технических мероприятий, Газовая промышленность, №7, 2013 г. с.15-16.
- Ахмедов К.С., Аршинова Н.М., Семеняк А.А. Методика оценки экономической эффективности планируемых геолого-технических мероприятий на фонде скважин газовых месторождений. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, № 2, 2014 г.
- Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. – М.: Наука, 1967.- 368 с.

**Учебное издание**

Толпаев Владимир Александрович  
Вержбицкий Вячеслав Владимирович,

**Научно-исследовательская работа**

Учебное пособие

для магистров по направлению 21.04.01 Нефтегазовое дело

Редактор:

-----  
**Подписано в печать**

Формат 60 × 84 1/16 Усл. п. л.- Уч. изд. л.-

Бумага газетная Тираж 70 Заказ № Тираж

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»