

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задание для ГП-17

29.12.2020

Задание на 29 декабря 2020

1) Ознакомиться с лекционным занятием №9 «Экспериментальные методы научных исследований. Измерения в физическом эксперименте».

Сделать письменный конспект лекционного занятия.

2) Контрольная работа «Методы корреляционного и регрессионного анализа». Методика приведена после лекции.

№	ФИО	№ индивидуального задания
1	Ананьев Александр Евгеньевич	1
2	Ворошилов Василий Анатольевич	2
3	Качин Никита Максимович	3
4	Колмагоров Эдуард Александрович	4
5	Кубицкий Егор Сергеевич	5
6	Мальцев Семен Александрович	6
7	Павлов Денис Олегович	7
8	Смирнов Антон Александрович	8
9	Смирнов Николай Александрович	9
10	Софронов Никита Анатольевич	-
11	Томских Никита Сергеевич	10

Лекция № 9

Экспериментальные методы научных исследований. Измерения в физическом эксперименте

Классификация, типы и задачи эксперимента.

Лат. experimentum - проба, опыт.

Эксперимент - важнейшая составная часть научных исследований. Это опыт, целенаправленное наблюдение для:

- воспроизведения объекта познания;

- проверки предсказания;
- изучения объекта.

Эксперименты классифицируются:

1. По отраслям науки: химические, биологические, физические, психологические и т.д.

2. По способу формирования условий: естественные, искусственные.

3. По целям исследования:

- Преобразующий (созидательный) - включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой. Исследователь преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

- Констатирующий - для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируются наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных факторов.

- Контролирующий - для контроля за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

- Поисковый — проводится при отсутствии достаточной предварительной (априорной) информации о характере влияния некоторых факторов при их воздействии на объект исследования. По результатам этого эксперимента устанавливается значимость факторов и осуществляется отсеивание незначимых.

- Решающий - 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. (Ньютон - теория истечения света. Гюйгенс - волнообразная теория. По Ньютону скорость света внутри прозрачного тела больше, чем скорость в пустоте. Фуко доказал обратное. В нашем веке теория Гюйгенса заменена электромагнитной гипотезой Максвелла).

4. По организации проведения:

- Лабораторные - для изучения влияния одних характеристик при варьировании других (можем задавать различные комбинации как свойств объекта, так и влияющих факторов). Зачастую получаем качественную картину исследуемого процесса, т.к. не всегда моделируется реальный ход изучаемого процесса.

- Натурные - в естественных условиях и на реальных объектах для:

- 1) изучения характеристик воздействия среды на испытываемый объект;
- 2) оценки эффективности функционирования объекта и проверки его на соответствие заданным требованиям.

5. По структуре изучаемых объектов и явлений:

- Простые - для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простые функции.

- Сложные - для изучения явления и объектов с разветвленной структурой и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции.

6. По характеру внешних воздействий на объект исследований:

- Вещественных эксперимент - предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта.

- Энергетический эксперимент - используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования (естественные науки).

- Информационный - изучается воздействие определенной (различной по форме и содержанию) информации на объект исследования (в биологии, психологии, социологии, кибернетике).

7. По характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования:

- Обычный (классический): объект (или предмет исследования) — > средства эксперимента —> познающий субъект (исследователь). Т.е. экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования. Они - посредники между экспериментатором и объектом исследований.

- Модельный эксперимент - исследуемый объект заменяется моделью.

8. По типу моделей, исследуемых в эксперименте:

- Мысленный эксперимент - умственный (воображаемый), когда составляются мысленные модели исследуемых объектов или явлений. Это специфическая форма теоретической деятельности субъекта. Мысленный эксперимент имеет более широкую сферу применения, чем реальный. Он применяется как на стадии планирования реального эксперимента, так и при невозможности проведения последнего. Так Галилей в мысленном эксперименте пришел к выводу о существовании движения по инерции (Аристотель - движущееся тело остановится, если прекращает действовать сила, его толкающая). Мысленный эксперимент имеет очень важное значение. Им пользуются не только ученые, но и писатели, художники, педагоги, врачи, шахматисты). Большую роль играет мысленный эксперимент и в техническом конструировании, изобретательстве.

- Материальный эксперимент, используются материальные 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.

9. По контролируемым величинам:

- активный (связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы);

- пассивный (это - наблюдение, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования).

10. По числу варьирующих факторов:

- однофакторный, предполагает: выделение нужных факторов; стабилизацию мешающих факторов; поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

- многофакторный - состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

Измерения в физическом эксперименте

Важное место в экспериментальных исследованиях занимают измерения. Измерение — это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Суть измерения составляет сравнение измеряемой величины с известной величиной, принятой за единицу (эталон).

Теорией и практикой измерения занимается метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Методы измерения можно подразделить на *прямые* и *косвенные*. При **прямых** измерениях искомую величину устанавливают непосредственно из опыта, при **косвенных** — функционально от других величин, определенных прямыми измерениями, например $b=f(a)$, где b — величина, найденная с помощью косвенных измерений.

Различают также *абсолютные* и *относительные* измерения. **Абсолютные** — это прямые измерения в единицах измеряемой величины; относительные измерения представляют собой отношение измеряемой величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерения этой величины по отношению к одноименной, принимаемой за исходную. Например, влажность воздуха принимается в относительных единицах (процентах) по отношению к полному его водонасыщению.

В исследованиях применяются *совокупные* и *совместные* измерения. При **совокупных** измерениях одновременно измеряются несколько одноименных величин, а искомую величину при этом находят путем решения системы уравнений. При **совместных** измерениях — одновременно проводят измерения неоднородных величин для нахождения зависимости между ними.

Выделяется несколько основных методов измерения.

1) Метод непосредственной оценки (определение значения величины производится непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение массы на циферблатных весах)).

2) Метод сравнения (измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями)).

3) Метод противопоставления, осуществляется сравнение с мерой (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор, с помощью которого устанавливается соотношение

между этими величинами, как, например, при измерении массы на равноплечных весах с помещением измеряемой массы и гирь на двух противоположных чашках весов).

4) Дифференциальный метод (на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой (например, измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе).

5) Нулевой метод (результатирующий эффект воздействия величины на прибор доводят до нуля (например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием).

6) Метод замещения (измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гири на одну и ту же чашку весов).

7) Метод совпадений (разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряется с использованием совпадения отметок шкал или периодических сигналов).

Неотъемлемой частью экспериментальных исследований являются **средства измерений**, т. е. совокупность технических средств, имеющих нормированные погрешности, которые дают необходимую информацию для экспериментатора.

К *средствам измерений* относят меры, измерительные приборы, установки и системы. Простейшим средством измерения является мера, предназначенная для воспроизведения физической величины заданного размера (например, гиря — мера массы).

Измерительным прибором называют средство измерения, предназначенное для получения определенной информации об изучаемой величине в удобной для экспериментатора форме. В этих приборах измеряемая величина преобразуется в показание или сигнал.

Измерительная установка (стенд) представляет собой систему, состоящую из основных и вспомогательных средств измерений, предназначенных для измерения одной или нескольких величин.

Измерительные приборы (отсчетные устройства) характеризуются величиной погрешности и точности, стабильностью измерений и чувствительностью. Погрешности приборов бывают **абсолютными и относительными**. Под абсолютной погрешностью измерительного прибора принимается величина $b = \pm (x_u - x_d)$, где x_u — показания прибора (номинальное значение измеряемой величины); x_d — действительное значение измеренной величины, полученное более точным методом. Погрешность средства измерения — одна из важнейших его характеристик. Она возникает вследствие недоброкачественных материалов, комплектующих изделий, применяемых для приготовления приборов; плохого качества изготовления приборов; неудовлетворительной эксплуатации и др. Существенное влияние оказывают градуировка шкалы и периодическая поверка приборов. Относительная погрешность определяется отношением $b_{отн} = \pm (x_u - x_d) 100 / x_d$.

Суммарные погрешности, установленные при нормальных условиях ($t_0=20^{\circ}\text{C}$; влажность воздуха 80%; $p=1,01325\cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ (101 325 Па, или 760 мм ртутного столба), называют **основными погрешностями прибора**.

Диапазоном измерений называют ту часть диапазона показаний прибора, для которой установлены погрешности прибора (если известны погрешности прибора, то диапазон измерений и показаний прибора совпадает). Диапазон измерений является важной характеристикой прибора. Если шкала измерений изменяется от 0 до N , то в характеристике на прибор диапазон указывают в пределах 0... N . Ряд приборов с нижним пределом измерения 0 имеет большую погрешность в интервале 0...25 % от верхнего предела измерений. Поэтому имеется много приборов без нижнего нулевого предела измерения, например 100...1000 Н/м^2 .

Основной характеристикой прибора является его **точность**. Она характеризуется суммарной погрешностью.

Средства измерения делятся на классы точности. **Класс точности** — это обобщенная характеристика, определяемая пределами основной и дополнительных допускаемых погрешностей, влияющих на точность.

Стабильность (воспроизводимость прибора) - это свойство отсчетного устройства обеспечивать постоянство показаний одной и той же величины. Со временем в результате старения материалов стабильность показаний приборов нарушается.

Все средства измерения (приборы, используемые для измерения в научных исследованиях) проходят **периодическую поверку** на точность. Такая поверка предусматривает определение и по возможности уменьшение погрешностей приборов. Поверка позволяет установить соответствие данного прибора регламентированной степени точности и определяет возможность его применения для данных измерений, т. е. определяются погрешности и устанавливается, не выходят ли они за пределы допускаемых значений.

Важным моментом в организации эксперимента является выбор средств измерений. Средства измерения должны максимально соответствовать тематике, цели и задачам НИР; обеспечивать высокую производительность труда экспериментальных работ; обеспечивать требуемое качество экспериментальных работ (т. е. заданную степень точности при минимальном количестве измерений, высокую воспроизводимость и надежность); в наибольшей степени исключать систематические ошибки (желательно максимально использовать средства измерений с автоматической записью); иметь высокую экономическую эффективность (т. е. минимум затрат людских, денежных и материальных ресурсов); обеспечивать эргономические требования эксперимента (антропометрические, санитарно-гигиенические, психофизиологические и др.); обеспечивать требования техники безопасности и пожарной профилактики.

Контрольная работа

Методы корреляционного и регрессионного анализа

По данным индивидуального задания необходимо:

1. Определить коэффициенты корреляции и детерминации и сделать вывод о характере парной зависимости. Установить значимость коэффициента корреляции.
2. Установить уравнение регрессии.
3. Построить ломанную регрессии по эмпирическим данным и зависимость по установленному уравнению регрессии.

Выполнение контрольной работы производится по методике, приведенной ниже.

Задания и образец выполнения приведены после методики.

Оформление письменной работы согласно МИ 01-02-2018 («Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации»)

Методические указания к контрольной работе

Регрессионный анализ

Под регрессионным анализом понимают исследование закономерностей связи между явлениями (процессами), которые зависят от многих, иногда неизвестных, факторов. Часто между переменными x и y существует связь, но не вполне определенная, при которой одному значению x соответствует несколько значений (совокупность) y . В таких случаях связь называют регрессионной. Таким образом, функция $y = f(x)$ является регрессионной (корреляционной), если каждому значению аргумента соответствует статистический ряд распределения y . Следовательно, регрессионные зависимости характеризуются вероятностными или стохастическими связями. Поэтому установление регрессионных зависимостей между величинами y и x возможно лишь тогда, когда выполнимы статистические измерения.

Статистические зависимости описываются математическими моделями процесса, т.е. регрессионными выражениями, связывающими независимые значения x (факторы) с зависимой переменной y (результативный признак, функция цели, отклик). Модель по возможности должна быть простой и адекватной. Например, модуль упругости материала E зависит от его плотности p так, что с возрастанием плотности модуль упругости материала увеличивается. Но выявить эту закономерность можно только при наличии большого количества измерений, так как при исследованиях каждой отдельной парной связи в зависимости $E=f(p)$ наблюдаются большие отклонения.

Суть регрессионного анализа сводится к установлению уравнения регрессии, т.е. вида кривой между случайными величинами (аргументами x и

функцией y), оценке тесноты связей между ними, достоверности и адекватности результатов измерений.

Чтобы предварительно определить наличие такой связи между x и y , наносят точки на график и строят так называемое корреляционное поле (рис. 1).

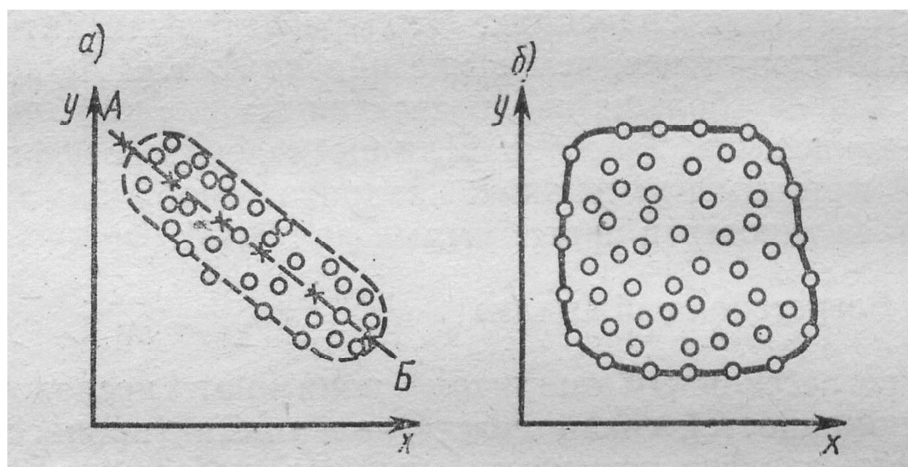


Рис. 1. Корреляционное поле

По тесноте группирования точек вокруг прямой или кривой линии, по наклону линии можно визуально судить о наличии корреляционной связи. Так, из рис. 1, *а* видно, что экспериментальные данные имеют определенную связь между x и y , а измерения, приведенные на рис. 1, *б*, такой связи не показывают.

Корреляционное поле характеризует вид связи между x и y . По форме поля можно ориентировочно судить о форме графика, характеризующего прямолинейную или криволинейную зависимости. Даже для вполне выраженной формы корреляционного поля вследствие статистического характера связи исследуемого явления одно значение x может иметь несколько значений y . Если на корреляционном поле осреднить точки, т. е. для каждого значения x_i определить $\bar{y}_i$ и соединить точки $\bar{y}_i$, то можно будет получить ломаную линию, называемую *экспериментальной регрессионной зависимостью (линией)*. Наличие ломаной линии объясняется погрешностями измерений, недостаточным количеством измерений, физической сущностью исследуемого явления и др. Если на корреляционном поле провести плавную линию между $\bar{y}_i$, которая равноудалена от них, то получится новая теоретическая регрессионная зависимость — линия *АБ* (см. рис. 1, *а*).

Различают *однофакторные (парные) и многофакторные регрессионные зависимости*. Парная регрессия при парной зависимости может быть аппроксимирована прямой линией, параболой, гиперболой, логарифмической, степенной или показательной функцией, полиномом и др. Двухфакторное поле можно аппроксимировать плоскостью, параболоидом второго порядка, гиперboloидом. Для переменных факторов связь может быть установлена с помощью n -мерного пространства уравнениями второго порядка:

$$y = b_0 + \sum_1^n b_i x_i + \sum_j^n b_{ij} x_i x_j + \sum_1^n b_{ij} x_i^2 \quad (1)$$

где y — функция цели (отклика) многофакторных переменных; x_i — независимые факторы; b_i — коэффициенты регрессии, характеризующие влияние фактора x_i на функцию цели; b_{ij} — коэффициенты, характеризующие двойное влияние факторов x_i и x_j на функцию цели.

При построении теоретической регрессионной зависимости оптимальной является такая функция, в которой соблюдаются условия наименьших квадратов $\sum (y_i - y)^2 = \min$, где y_i — фактические ординаты поля; y — среднее значение ординаты с абсциссой x . Суть метода заключается в том, что сумма квадратов отклонений фактических значений результативного признака (y_i) *от значений, найденных по уравнению регрессии (y)*, **должна быть наименьшей**. Поле корреляции аппроксимируется уравнением прямой $y = a + bx$.

Нахождение уравнения регрессии сводится к определению его параметров. Определение параметров производится, как правило, по методу наименьших квадратов. При этом кривая AB (см. рис. 1, а) наилучшим образом выравнивает значения постоянных коэффициентов a и b , т. е. коэффициентов уравнения регрессии.

Их вычисляют по выражениям

$$b = (n \sum xy - \sum x \sum y) \div n \sum x^2 - (\sum x)^2 \quad (2)$$

$$a = y - bx = \frac{\sum y}{n} - (b \sum x)/n \quad (3)$$

Критерием близости корреляционной зависимости между x и y к линейной функциональной зависимости является коэффициент парной или просто **коэффициент корреляции r** , показывающий степень тесноты связи x и y определяемый отношением

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (4)$$

где n — число измерений. Значение коэффициента корреляции всегда меньше единицы. При $r=1,0$ x и y связаны функциональной связью (в данном случае линейной), т. е. каждому значению x соответствует только одно значение y . Если $r < 1$, то линейной связи не существует. При $r=0$ линейная корреляционная связь между x и y отсутствует, но может существовать нелинейная регрессия. Обычно считают тесноту связи удовлетворительной при $r \geq 0,5$; хорошей при $r=0,8 \dots 0,85$.

Коэффициент корреляции может принимать любые значения в пределах от -1 до $+1$. Чем ближе коэффициент корреляции по абсолютной величине к 1 , тем теснее связь между признаками. Знак при линейном коэффициенте корреляции указывает на направление связи. Прямой

зависимости соответствует знак плюс, а обратной зависимости - знак минус. Равенство $r=0$ говорит лишь об отсутствии линейной корреляционной зависимости, но не вообще об отсутствии корреляционной, а тем более статистической зависимости.

Для определения процента разброса (изменчивости) искомой функции y относительно ее среднего значения, определяемого изменчивостью фактора x , вычисляют **коэффициент детерминации**

$$r_d = r^2 \quad (5)$$

Уравнение регрессии прямой можно представить выражением

$$y = \bar{y} + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - \bar{x}) \quad (6)$$

ПРИМЕР

Пусть, например, имеется статистический ряд парных измерений:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
8 11 14 16 21 26 27 32 34 41

по которому можно найти уравнение прямолинейной регрессии, оценить тесноту связей и оценить степень достоверности. Расчет целесообразно вести в табличной форме (табл. 10.9).

В табл. 10.10 приведена сходимость экспериментальной и теоретической регрессии.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{55}{10} = 5,5; & \bar{y} &= \frac{230}{10} = 23; & \sigma_x &= \\ &= \frac{82,50}{10} = 8,25; & \sigma_y &= \frac{1054}{10} = 105,4. \end{aligned}$$

Таблица 10.9

Расчет уравнения регрессии

x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	x^2	y^2	xy	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	8	-4,5	-15	20,25	225	1	64	8	67,5
2	11	-3,5	-12	12,25	144	4	121	22	42,0
3	14	-2,5	-9	6,25	81	9	196	42	22,5
4	16	-1,5	-7	2,25	49	16	256	64	10,5
5	21	-0,5	-2	0,25	4	25	441	105	1,0
6	26	0,5	+3	0,25	9	36	676	156	1,5
7	27	1,5	+4	2,25	16	49	729	189	6,0
8	32	2,5	+9	6,25	81	64	1024	256	22,5
9	34	3,5	+11	12,25	121	81	1156	306	31,5
10	41	4,5	+18	20,25	324	100	1681	410	81,0
55	230	—	—	82,50	1054	385	6344	1558	286,0

Таблица 10.10

Сходимость экспериментальной и теоретической регрессии

y	8	11	14	16	21	26	27	32	34	41
$y_{\text{т}}$	7,1	10,6	14,2	17,7	21,8	24,8	28,3	31,9	35,4	39,0

Коэффициент корреляции согласно (4)

$$r = \frac{10 * 1558 - 55 * 230}{(10 * 385 - 55^2) * (10 * 6344 - 230^2)} = -0,99$$

Из (2) и (3)

$$b = \frac{10 * 1558 - 55 * 230}{10 * 385 - 55^2} = 3,55$$

$$a = (230/10) - 3,55(55/10) = 3,48$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$y = 3,48 + 3,55x$$

Как видно из расчетов, сходимость оказалась хорошей.

Коэффициент детерминации, найденный по формуле (5), составляет $r_d = 0,99^2 = 0,98$, что означает, что 98% разброса определяется изменчивостью x , а 2% — другими причинами, т. е. изменчивость функции y почти полностью характеризуется разбросом (природой) фактора x .

Индивидуальное задание №1

		Расстояние места взятия
--	--	-------------------------

Номер опыта (наблюдения)	Содержание металла, % (свинец) у	пробы по направлению от лежащего бока к висячему, м х
1	11,0	0,1
2	9,5	0,25
3	8,2	0,5
4	7,8	0,8
5	7,0	1,2
6	7,2	1,5
7	5,0	1,0
8	5,1	2,0
9	4,5	1,8
10	4,2	2,0
11	3,8	2,5
12	2,5	3,0
13	2,6	3,5
14	2,4	4,0
15	2,2	3,5

Индивидуальное задание №2

Номер опыта (наблюдения)	Производительность ПТМ, т/см у	Выход негабарита, % х
1	400	5
2	392	5
3	185	18
4	280	12
5	320	11
6	360	7,5
7	355	8
8	270	13,5
9	155	20
10	350	9,5
11	405	6,1
12	385	7
13	410	5,2
14	350	7,5
15	370	7,3

Индивидуальное задание №3

Номер опыта (наблюдения)	Содержание металла, % (вольфрам) х	Расстояние места взятия пробы по направлению от лежащего бока к висячему, м у
1	0,05	0,1
2	0,15	0,5
3	0,35	1,5
4	0,5	2,5

5	0,55	3,0
6	0,7	2,5
7	0,77	3,0
8	0,89	4,2
9	1,05	3,5
10	1,3	5,0
11	1,45	6,1
12	1,5	6,0
13	1,9	7,2
14	2,0	9,0
15	2,1	8,0

Индивидуальное задание №4

Номер опыта (наблюдения)	Напряжение в массиве, МПа y	Расстояние от стенки выработки, м x
1	160	0,25
2	150	2,0
3	155	0,5
4	158	1,0
5	145	3,0
6	140	4,0
7	135	5,3
8	130	5,0
9	125	6,0
10	120	7,0
11	115	9,0
12	110	8,0
13	105	9,5
14	100	11,5
15	90	14,0

Индивидуальное задание №5

Номер опыта (наблюдения)	Удельный расход ПНР, м/1000 т руды x	Балансовые запасы руды в блоке, тыс.т y
1	121	4,0
2	109	4,5
3	111	6,8
4	105	7,2
5	123	3,6

6	99	9,0
7	80	12,5
8	88	10,0
9	83	11,2
10	90	10,2
11	117	4,8
12	114	5,2
13	106	6,9
14	104	7,3
15	92	10,1

Индивидуальное задание №6

Номер опыта (наблюдения)	Себестоимость очистных работ, р/т <i>y</i>	Запасы руды в блоке, тыс.т <i>x</i>
1	26,5	5,0
2	28,5	3,9
3	26,4	5,5
4	25,6	6,1
5	24,0	7,5
6	23,4	8,2
7	26,3	5,1
8	21,4	9,3
9	23,0	8,7
10	25,0	6,8
11	24,2	7,1
12	26,9	4,6
13	23,5	7,7
14	22,9	8,5
15	25,7	5,8

Индивидуальное задание №7

Номер опыта (наблюдения)	Выход негабаритов, % <i>y</i>	Удельный расход (фактич.) ВВ на первичную отбойку, кг/т <i>x</i>
1	5,5	0,92
2	7,0	0,85
3	6,8	0,86

4	8,4	0,77
5	9,1	0,81
6	10,5	0,68
7	12,1	0,62
8	14,5	0,60
9	15,0	0,55
10	15,2	0,58
11	15,3	0,51
12	14,8	0,59
13	15,6	0,52
14	9,4	0,79
15	6,5	0,95

Индивидуальное задание №8

Номер опыта (наблюдения)	Мощность рудного тела, м y	Угол падения, град x
1	0,5	5
2	1,0	8
3	0,75	12
4	1,2	10
5	1,5	18
6	1,3	18
7	1,8	25
8	2,0	30
9	2,5	28
10	2,8	35
11	3,0	42
12	3,2	45
13	3,5	50
14	3,7	50
15	4	60

Индивидуальное задание №9

Номер опыта (наблюдения)	Мощность рудного тела, м y	Содержание металла, % x
1	8,0	0,3
2	7,5	0,7
3	7,0	1,7
4	6,8	1,5
5	6,5	1,7

6	6,0	2,3
7	5,7	2,7
8	5,0	3,0
9	4,8	4,0
10	4,5	3,5
11	4,0	4,3
12	3,5	4,5
13	3,0	6,0
14	2,5	5,7
15	2,0	7,0

Индивидуальное задание №10

Номер опыта (наблюдения)	Вертикальное напряжение в массиве, МПа y	Глубина разработки, м x
1	10	100
2	12	130
3	15	170
4	17	150
5	20	180
6	25	220
7	26	205
8	30	230
9	35	250
10	37	270
11	40	300
12	45	350
13	50	350
14	55	375
15	60	450

ОБРАЗЕЦ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Горный факультет

Кафедра подземной разработки месторождений полезных ископаемых

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Основы научных исследований»

Выполнил студент группы: ГД(гп)з – 16 Иванов И.И.

Проверил: доцент, к.т.н. Лизункин М.В.

Чита 2020

Вариант №

Исходные данные:

Нужно вставить свои исходные данные

Задание:

- 1) Составить уравнение регрессии.
- 2) Определить коэффициент корреляции и детерминации.
- 3) Построить ломанную регрессии по эмпирическим данным и зависимость по установленному уравнению регрессии.

1. Определение коэффициентов уравнения:

$$y = a + b * x$$

x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	x^2	y^2	$x * y$	$(x - \bar{x}) * (y - \bar{y})$
5	0,5	-24,0667	-1,68333	579,2044	2,833611	25	0,25	2,5	40,51222
8	1	-21,0667	-1,18333	443,8044	1,400278	64	1	8	24,92889
12	0,75	-17,0667	-1,43333	291,2711	2,054444	144	0,5625	9	24,46222
10	1,2	-19,0667	-0,98333	363,5378	0,966944	100	1,44	12	18,74889
18	1,5	-11,0667	-0,68333	122,4711	0,466944	324	2,25	27	7,562222
18	1,3	-11,0667	-0,88333	122,4711	0,780278	324	1,69	23,4	9,775556
25	1,8	-4,06667	-0,38333	16,53778	0,146944	625	3,24	45	1,558889
30	2	0,933333	-0,18333	0,871111	0,033611	900	4	60	-0,17111
28	2,5	-1,06667	0,316667	1,137778	0,100278	784	6,25	70	-0,33778
35	2,8	5,933333	0,616667	35,20444	0,380278	1225	7,84	98	3,658889
42	3	12,93333	0,816667	167,2711	0,666944	1764	9	126	10,56222
45	3,2	15,93333	1,016667	253,8711	1,033611	2025	10,24	144	16,19889
50	3,5	20,93333	1,316667	438,2044	1,733611	2500	12,25	175	27,56222
50	3,7	20,93333	1,516667	438,2044	2,300278	2500	13,69	185	31,74889
60	4	30,93333	1,816667	956,8711	3,300278	3600	16	240	56,19556
436	32,75	—	—	4230,933	18,19833	16904	89,7025	1224,9	272,9667

$$b = (n \sum xy - \sum x \sum y) \div (n \sum x^2 - (\sum x)^2)$$

$$b = \frac{15 * 1224,9 - 436 * 32,75}{15 * 16904 - 436^2} = 0,0645$$

$$a = y - bx = \frac{\sum y}{n} - (b \sum x) / n$$

$$a = \frac{32,75}{15} - \frac{0,064517 * 436}{15} = 0,308$$

$$y = 0,308 + 0,0645 * x$$

2. Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15 * 1224,9 - 436 * 32,75}{\sqrt{(15 * 16904 - 436^2) * \sqrt{15 * 89,7025 - 32,75^2}}} = 0,983$$

Коэффициент корреляции близок к 1. Это говорит о хорошей связи между исследуемыми параметрами.

Коэффициент детерминации:

$$r_d = r^2$$

$$r_d = 0,98^2 = 0,967$$

Как видно из расчетов, сходимость оказалась хорошей.

Коэффициент детерминации составляет $r_d = 0,967$, что означает, что 96,7% разброса определяется изменчивостью x , а 3,3% — другими причинами, т. е. изменчивость функции y почти полностью характеризуется разбросом (природой) фактора x .

3. Построить ломанную регрессии по эмпирическим данным и зависимость по установленному уравнению регрессии.

