

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов по направлению подготовки 20.04.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра безопасности производств

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов магистратуры направления 20.04.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 622.8 (073)

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. Методические указания по выполнению курсового проекта по направлению подготовки 20.04.01 / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *В.А. Родионов*. СПб, 2021. 77 с.

Издание содержит методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Основы организации экспериментальных исследований». Представлены основные положения, требования к оформлению и структура курсового проекта.

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность. Могут быть полезны обучающимся других направлений подготовки.

Научный редактор: зав. кафедрой Безопасности производств Горного университета профессор *М.Л. Рудаков*

Рецензент: д.т.н. *М.А. Галишев* (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для написания курсового проекта по дисциплине «Основы обработки экспериментальной информации».

Основной целью дисциплины «Основы обработки экспериментальной информации» является формирование у обучающихся (магистрантов) системы знаний об основах организации и теории планирования эксперимента и навыков практической работы с прикладными программными комплексами, предназначенными для всестороннего анализа и обработки экспериментальных результатов, а также умения применять полученные знания в практической деятельности.

Во время изучения дисциплины обучающийся должен овладеть знаниями о способах и методах сбора экспериментальной информации; изучить теории планирования эксперимента и методов его проведения; освоить методы обработки экспериментальных данных в наукоемких программных продуктах MS Office Excel, Mathematica, MathLAB, MathCAD, Statistica, StatGraphics, OriginPro (по выбору).

Курсовой проект позволит обучающимся самим научиться обрабатывать результаты прямых, косвенных, совместных и совокупных измерений.

Важной частью процесса сбора и обработки информации при работе над курсовым проектом является изучение регламентирующих стандартов ГОСТ 8.736-2011, ГОСТ 8.563-2009, ГОСТ 8.010-2013, ГОСТ Р 50779.0-95 и др. [5-9].

За основу курсового проекта может быть взята бакалаврская выпускная квалификационная работа (далее БВКР), которая содержит большой объем экспериментальных данных полученных лично автором при её написании.

Курсовой проект включает в себя задания как по планированию научной деятельности, так и задания расчетного характера. Раздел по планированию научной деятельности может быть выполнен как по материалам БВКР, так и по теме

магистерской диссертации и оформлен в виде план-проспекта магистерской выпускной квалификационной работы (далее МВКР).

При выполнении расчетной части проекта, каждый обучающийся выполняет по одному варианту из пяти заданий, используя указанную в библиографическом списке литературу, соответствующие стандарты, таблицы математической статистики, а также материалы лекций по курсу и др. учебно-методические материалы или предоставляет результаты обработки экспериментальных данных полученных на этапе написания МВКР.

При выполнении курсового проекта необходимо обратить внимание на обоснованность применяемых методов решения и расчетных формул, а также на полноту решения поставленных задач.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать действующим стандартам ГОСТ 2.105-2019 «Общие требования к текстовым документам», ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы», ГОСТ 7.32-2017 «Отчёт о научно-исследовательской работе», ГОСТ 7.82-2001 «СИБИД Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила оформления» и др. [7-11]. Требования к оформлению графической части курсовых и выпускных квалификационных работ установлены в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Горно-графической документации (ГГД) [10-12].

1. СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В ходе выполнения курсового проекта обучающийся проводит статистическую обработку экспериментальной информации.

Обработка результатов экспериментальных данных производится в зависимости от методов измерения. Выделяют прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.

Прямые - измерения, при котором неизвестное значение физической величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенные - измерения, во время которого искомое значение физической величины определяют на основании известной функциональной зависимости.

Совокупные – это измерения, при котором неизвестную величину находят непосредственно из системы уравнений, составляемой по результатам нескольких измерений.

Совместные - это измерения, производимые одновременно двух или нескольких разноименных величин для нахождения функциональной зависимости между ними.

Прямые измерения можно классифицировать как однократные и многократные, а также как равноточные и неравноточные. Ниже приведены теоретические сведения и примеры, показывающие особенности обработки результатов этих измерений [5, 13-30].

1.1 Обработка результатов прямых измерений

Обработка результатов прямых измерений, в соответствие с ГОСТ Р 8.736-2011 [1, 5], производится по следующему алгоритму:

1. Определяют систематические погрешности

Если в результате эксперимента присутствуют систематические погрешности их удаляют внесением поправки.

2. Вычисляют среднее арифметическое значение и оценку среднеквадратического отклонения (СКО)

Среднее арифметическое значение результатов измерений находят по выражению

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

где: x_i - i -ый результат наблюдения;
 n – число результатов наблюдений.

Оценка СКО результатов измерений S_x , в соответствие с выражением равна:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

3. Проводят проверку результатов измерений на присутствие промахов.

Грубые погрешности (промахи) - погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях погрешность. (x_n - наибольший или наименьший из результатов). Промахи из результатов измерения исключаются и не принимаются во внимание.

Известен ряд критериев, которые позволяют исключить грубые промахи. К ним, в частности, можно отнести критерий Греббса (Смирнова), Шарлье, Шовенэ, Диксона и др. Эти критерии основаны на статистических оценках параметров распределения, так как в большинстве случаев действительные значения параметров распределения неизвестны.

Чтобы проверить «подозрительный» результат измерения x_n вычисляют величину

$$V = \frac{|x_n - \bar{x}|}{S_x} \quad (3)$$

где: \tilde{x} и S_x вычисляются с учетом всех n результатов измерений.

Если все x_n распределены нормально, то распределение величины V не будет зависеть от параметров закона распределения x_n , но будет зависеть от числа измерений n . Имеются таблицы (см. табл.1 Приложения 4) распределения максимальных по модулю отклонений результатов измерений от их среднего значения

$$V_{\Gamma} = \frac{\max|x_i - \bar{x}|}{S_x} \quad (4)$$

Таким образом, проверяется гипотеза о том, что результат x_n не содержит грубой погрешности. Условием принятия этой гипотезы является $V \leq V_{\Gamma}$. Задаваясь уровнем значимости q и учитывая число измерений n , по табл.1 приложения 4 находят значение.

Если $V \leq V_{\Gamma}$, то гипотеза не противоречит экспериментальным данным. В противном случае гипотеза отклоняется, а соответствующий результат x_n исключается из массива экспериментальных данных.

4. Вычисляют среднеарифметическое значение и СКО испрвленных результатов измерений вычисляют.

После нахождения грубых ошибок, они удаляются из результатов измерений и высчитываются новые значения среднеарифметического и СКО.

5. Проверяют гипотезы о нормальности распределения результатов измерений.

Нормальное распределение является фундаментальным распределением природы к нему в пределе стремятся многие как симметричные, так и несимметричные непрерывные и дискретные распределения плотности вероятности.

Проверку закона распределения производят по критериям Пирсона при $n > 40$, при меньшем числе измерений используют составной критерий d – критерий.

Что бы провести проверку по составному критерию необходимо вычислить статистику

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (5)$$

Квантили распределения, которых приведены в табл.2 приложения №4

Если при данном числе измерений n и выбранном уровне значимости соблюдается условие $d_{0,975} < d < d_{0,025}$ то гипотеза о нормальности распределения на основании первого критерия принимается, если - нет, то отвергается.

Гипотеза по второму критерию принимается, если не более m разностей $|x_i - \bar{x}|$ измерений превышают уровень

$$Z_{0,5(1+P)} S_x = 0,5(1+P), \quad (6)$$

где S_x - оценка СКО результатов измерений,

$Z_{0,5(1+P)}$ - квантиль интегральной функции нормированного нормального распределения, определяемая по табл.3 приложения 4 при $\Phi(Z_{0,5(1+P)}) = 0,5(1+P)$,

P – доверительная вероятность, находится при заданном уровне значимости по данным табл.4 приложения 4.

Распределение результатов измерений считается отличным от нормального, если выполняется, хотя бы один из рассмотренных критериев. Уровень значимости составного критерия $q \leq q_1 + q_2$.

При $n < 15$ проверка гипотезы распределения не проводится.

6. Вычисляют доверительные (интервальных) границы случайной погрешности при заданной вероятности (рекомендованы $P = 0,95; 0,99$).

Доверительные границы $\varepsilon(P)$ случайной погрешности результата измерения (без учета знака) записывают в виде

$$\varepsilon(P) = t_p S_{\bar{x}} \quad (7)$$

7. Вычисляют границы неисключенной систематической погрешности результатов измерений

Неисключенными погрешностями называются систематические погрешности, оставшиеся после введения поправок.

Неисключенная систематическая погрешность характеризуется ее границами. Доверительную вероятность для вычисления границ неисключенной систематической погрешности принимают той же, что при вычислении доверительных границ случайной погрешности результатов измерения [14, 18, 25].

Границы неисключенной систематической погрешности результата измерения вычисляют путем построения композиции неисключенных систематических погрешностей [13-17]. При равномерном распределении неисключенных систематических погрешностей границы погрешности, соответствующие доверительной вероятности P , вычисляют по формуле

$$\theta(P) = \pm k_p \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2} \quad (8)$$

где θ – граница i -й неисключенной систематической погрешности; k_p – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью. Композиция равномерных распределений

$$P = 0.9 \quad k_p = 0.95$$

$$P = 0.95 \quad k_p = 1.1$$

$$P = 0.99 \quad k_p = 1.4$$

8. Оформляют результаты измерений

Для оценки суммарной погрешности измерений используют формулы

$$\theta = x \pm \Delta(P) \quad \text{при } P = \dots \% \quad (9)$$

При различных соотношениях между оценкой СКО случайной погрешности и несключенной систематической погрешностью

$$\frac{\theta(P)}{S_{\bar{x}}} = \lambda:$$

$$\Delta(P) = \varepsilon(P) = t_p S_{\bar{x}} \quad \text{при } \lambda < 0,8 \quad (10)$$

где t_p - по табл. 5 приложения 4, см. выражения (7) и (9)

$$\Delta(P) = t_{p\Sigma} S_{\Sigma} \quad \text{при } 0,8 \leq \lambda \leq 8 \quad (11)$$

где $t_{p\Sigma}$ и S_{Σ} см. выражение (13 и 14)

$$\Delta(P) = \theta(P) \quad \text{при } \lambda > 8 \quad (12)$$

см. выражения (8) и (9).

Примечание. Погрешность, возникающая из-за пренебрежения одной из составляющих погрешности результата измерения при выполнении указанных неравенств, не превышает 15%.

Из выражений (10)-(12) видно, что, если неисключенная суммарная погрешность составляет 0,8 от случайной среднеквадратической погрешности (СКП) результата измерения, то она не учитывается в конечном результате. И наоборот, если суммарная неисключенная погрешность в 8 раз превышает СКП результата измерения, то учитывается только систематическая погрешность.

В выражении (11)

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_{\bar{x}}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{Q_i^2}{3} + S_{\bar{x}}^2} \quad (13)$$

коэффициент $t_{p\Sigma}$ вычисляют по эмпирической формуле

$$t_{p\Sigma} = \frac{t_p S_{\bar{x}}}{\sum_{i=1}^m \frac{Q_i^2}{3} + S_{\bar{x}}^2} \quad (14)$$

1.2 Обработки серий нескольких результатов измерений

Обработка результатов рядов производится в соответствии с алгоритмом обработки прямых результатов измерений. Но необходимо проверить проверку равнозначности рядов измерений, определить являются ли оценки дисперсий групп измерений оценками одной и той же дисперсии.

Равноточные измерения – это измерения физической величины, производимые одинаковыми по точности средствами измерений и в одинаковых условиях.

Неравноточные измерения – это ряд измерений, выполненных различными по точности средствами измерений и (или) в несхожих условиях. Неравноточные измерения обрабатывают для получения результата измерений только в том случае, когда невозможно получить ряд равноточных измерений [3, 4].

Проверку равнозначности рядов измерений производят на основе критерия Бартлетта или критерия Фишера.

Проверка равнозначности групп измерений

Для проверки гипотезы равнозначности (по методу Фишера) находятся дисперсии для каждой группы измерений.

Полученные дисперсии выставляются в вариационный ряд, в порядке возрастания. Затем сравнивают первую и последнюю дисперсию в этом ряду, т.е. наименьшую S_1^2 и наибольшую дисперсии S_L^2 .

При степени свободы равной $k_L = n_L - 1$, для S_1 оно равно $k_1 = n_1 - 1$. Причем n_L и n_1 - число измерений в группе с наибольшей и наименьшей дисперсией соответственно. Верхние предельные значения F_q в зависимости от числа степеней свободы k_L и k_1 определяются для заданной (выбранной) вероятности P или уровня значимости $q=1-P$. по таблице Фишера (табл. 6 Приложения 4) находят критические значение. При уровне значимости q измерения считаются равнозначными, если соблюдается условие

$$P \left\{ \frac{S_L^2}{S_1^2} < F_q \right\} = 1 - q \quad (15)$$

Проверка однородности средних групп измерений

Критерий проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий зависит от результата проверки гипотезы о равенстве дисперсии. В связи с этим рассмотрим две возможные ситуации:

1) Дисперсии равны: $S_{x_1}^2 = S_{x_2}^2$

Вычисляется величина

$$t_{1-2} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{(n_1 - 1)S_{x_1}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (16)$$

При уровне значимости q по табл.5 приложения 4 при числе степеней свободы $k=n_1+n_2-2$ находят соответствующее значение t_p , если $|t_{1-2}| \leq t_p$, то гипотеза о равенстве средних принимается [13-15].

2) Дисперсии неравны: $S_{x_1}^2 \neq S_{x_2}^2$

В этом случае используется статистика

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_{x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{x_2}^2}{n_2}}} \quad (17)$$

Которая приближенно имеет t - распределение с числом степеней свободы, равным [17, 24]

$$K = \frac{\left(\frac{S_{x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{x_2}^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_{x_1}^2}{n_1}\right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{S_{x_2}^2}{n_2}\right)^2}{n_2 + 1}} - 2 \quad (18)$$

причем должна быть взята целая часть вычисленного значения k .

Затем аналогично описанному табл.5 приложения 4 при числе степеней свободы $k=n_1+n_2-2$ находят соответствующее

значение t_p , если $|t| \leq t_p$, то гипотеза о равенстве средних принимается.

Метод последовательных разностей

Если присутствует в результатах расхождение средних применяется метод последовательных разностей (метод Аббе) для определения тенденции отклонений от среднего значения. В данном методе применяется тот факт, что дисперсию результатов измерений можно оценить двумя способами [7]: обычным (19)

$$S_x^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (19)$$

и с помощью вычисления суммы квадратов последовательных (в порядке проведения измерений) разностей $(x_{i+1} - x_i)^2$

$$S_x^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - \bar{x})^2 \quad (20)$$

Если в процессе измерений систематическая погрешность смещала среднее арифметическое, то будет иметь место неравенство:

$$S_x^2 > S_d^2 \quad (21)$$

Отношение $v = S_x^2 > S_d^2$ является критерием для обнаружения систематических смещений среднего арифметического результатов измерений.

Критическая область этого критерия определяется как:

$$P(v < v_q) = q,$$

где q - уровень значимости, $q = 1 - P$;

P - доверительная вероятность.

Считают, что среднее арифметическое имеет смещение, если $v < v_q$. Значения v_q в зависимости от уровня значимости q ($q = 0,001; 0,01; 0,05$) и числа измерений приведены в табл. 7 приложения 4

Определение дисперсии совокупного среднего

Так как эта дисперсия нескольких серий измерений, то она находится из выражения:

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{N(N-1)} \left[\sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 + \sum_{j=1}^L n_j (x_j - \bar{x}_j)^2 \right] \quad (22)$$

Методы обработки данных при косвенных измерениях

Общие положения

При косвенном измерении искомое значение физической величины (ФВ) Y на основании результатов прямых измерений других ФВ функционально связанных с искомой величиной:

$$Y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j, \dots, x_n). \quad (23)$$

Функция F может обозначать линейную или нелинейную зависимость измеряемой величины Y от аргументов x_j , поэтому косвенные измерения принято делить на косвенные измерения при линейной функции и косвенные измерения при нелинейной функции F от аргументов x_j .

Основные соотношения при линейной зависимости

Если функция (23) линейна и ее можно представить в виде:

$$Y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots = \sum_{i=1}^m b_i x_i \quad (24)$$

где b_j — постоянные коэффициенты;

m - число аргументов, то дисперсия результата измерения может быть определена по формуле

$$S_Y^2 = \sum_{j=1}^m b_j^2 S_{\bar{x}_j}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m r_{kl} b_k b_l S_{\bar{x}_k} S_{\bar{x}_l} \quad (25)$$

где r_{kl} - оценка коэффициента корреляции между погрешностями переменных (аргументов) x_k и x_l , $k \neq l$ во втором слагаемом;

$S_{\bar{x}_k} S_{\bar{x}_l}$ - оценки СКО результатов измерения. В общем случае коэффициенты b_j вычисляются через функции влияния $b_j = dF/dx_j$.

При независимости аргументов измерений, когда коэффициента корреляции $r_{ki} = 0$, то выражение (25) записывается в виде:

$$S_{\bar{Y}}^2 = \sum_{j=1}^m b_j^2 S_{\bar{x}_j}^2 \quad (26)$$

Если измеряемая величина Y зависит от m аргументов, то проверяют отсутствие корреляционных связей между всеми парными сочетаниями аргументов.

Доверительные границы случайной погрешности результатов косвенных измерений при числе измерений $n > 25$ и нормальном распределении случайных погрешностей аргументов можно рассчитывать, используя нормальное распределение (табл. 3 и 5 приложения 4). При меньшем числе измерений для определения доверительного интервала используется распределение Стьюдента, эффективное число степеней свободы которого (при малом числе нормально распределенных результатов измерений) рассчитывается по приближенной формуле [8, 9, 10]

$$k_{\text{эф}} = \frac{\left(\sum_{j=1}^m b_j^2 S_{\bar{x}_j}^2 \right)}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j + 1} b_j^4 S_{\bar{x}_j}^4} - 2 = \frac{\left(\sum_{j=1}^m E_j^2 \right)}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j + 1} E_j^4} - 2 \quad (27)$$

где n_j - число прямых измерений каждого из аргументов величины Q_j ;

$$E_j = b_j S_{\bar{x}_j} \quad (28)$$

или в общем виде:

$$E_j = \left(\frac{\partial F}{\partial x_j} \right) S_{\bar{x}_j} \quad (29)$$

Если предполагается, что распределение результата измерения не противоречит нормальному, то результат косвенного измерения записывается в виде

$$Y = Y \pm \varepsilon(P) \quad \text{при } P = \dots \% \\ \varepsilon(P) = t_P S_{\bar{Y}} \quad (30)$$

Границы неисключенной систематической погрешности результата косвенного измерения вычисляют следующим образом.

Если неисключенные систематические погрешности результатов измерений заданы своими границами θ_j , то доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата косвенного измерения $\theta(P)$ при линейной зависимости (23), (24) вычисляют по выражению

$$\theta(P) = \pm k \sqrt{b_j^2 \theta_j^2} \quad (31)$$

где k — коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P и числом m составляющих неисключенных систематических погрешностей для данного j -го аргумента.

Погрешность результатов косвенного измерения оценивают на основе композиции распределений случайных и неисключенных систематических погрешностей [7].

При отсутствии данных о виде функции распределений составляющих погрешности результат измерения записывают в виде $\bar{y}, S, n, \theta(P)$.

Основные соотношения при нелинейной зависимости

При нелинейных зависимостях и некоррелированных погрешностях измерений аргументов используют метод линеаризации, который предполагает разложение нелинейной функции в ряд Тейлора:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_m) = F(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m) + \sum_{j=1}^m \frac{F(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m)}{\partial x_j} \Delta x_j + R \quad (31)$$

где Δx_j — отклонение результата измерения аргумента x_j от среднего арифметического;

R — остаточный член.

СКО случайной погрешности результата косвенного измерения вычисляют по выражению (26), где вместо

коэффициентов b_j используют коэффициенты влияния, т.е. первые производные по каждому из аргументов x_j :

$$S_{\bar{y}}^2 = \sum \left(\frac{\partial F}{\partial x_j} \right)^2 S_{\bar{x}_j}^2 \quad (32)$$

Метод линеаризации допустим, если можно пренебречь остальными членами. Им пренебрегают, если

$$R < 0,8 S_{\bar{y}} \quad (33)$$

Остаточный член можно представить в общем виде

$$R = \frac{1}{2} \sum_{i,j,i \neq j}^m \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} (\Delta x_i \Delta x_j) \quad (34)$$

где $\Delta x_{i,j}$ — отклонения результатов измерения от среднего арифметического. При расчетах берутся *максимальные значения отклонений*.

Результат косвенного измерения, полагая, что распределение случайных погрешностей результатов измерения является нормальным, можно записать в виде (30).

Границы неисключенной систематической погрешности результата косвенного измерения вычисляют в соответствии с выражением (1.32), подставляя вместо коэффициентов b_1, b_2, \dots, b_m первые производные $dF/dx_1, dF/dx_2, \dots, dF/dx_m$ соответственно.

При отсутствии данных о виде функции распределений составляющих погрешности результат измерения записывают в виде $\bar{y}, S, n, \theta(P)$.

1.3 Обработка данных при совместных и совокупных измерениях

Уравнение совместного измерения можно представить как

$$F(A, B, C, \dots, x, y, z, \dots) = 1 \quad (35)$$

где x, y, z, l — измеряемые величины;

A, B, C — величины, которые необходимо определить.

Для нахождения, например, двух неизвестных величин можно провести два измерения и, составив систему из двух уравнений (35), получить их решения. Однако такой способ нахождения неизвестных величин неизбежно даст большие погрешности в определении этих величин. Поэтому для повышения точности результата измерения проводят $n \gg m$ измерений, где m - число неизвестных величин. Наибольшее распространение при обработке совместных и совокупных измерений нашел метод наименьших квадратов (МНК) [7-10].

Метод наименьших квадратов

При проведении n измерений величин x, y, z, \dots и подстановке их в уравнение (35) получается система из n уравнений

$$F_i(A, B, C, \dots, x_i, y_i, z_i, \dots) = l. \quad (36)$$

в которых точное равенство невозможно из-за того, что измеряемые величины входят в каждое из выражения (35) с погрешностями. Предположим, что $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}$ - наилучшие приближения к истинным значениям неизвестных A, B, C, \dots . Поскольку эти оценки определены со своими погрешностями, то каждое из уравнений (37) будет обращаться в тождество, если к правой части добавить некоторое слагаемое v_i , называемое *остаточной погрешностью* условных уравнений:

$$F_i(A, B, C, \dots) - l_i = v_i \neq 0. \quad (37)$$

где A, B, C, \dots — оценки величин A, B, C, \dots

В соответствии с МНК оценки $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots$ выбирают таким образом, чтобы обеспечить минимум суммы квадратов остаточных погрешностей условных уравнений, т.е. минимизировать величину

$$V = \sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n [F_i(\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \dots)]^2 = \min \quad (38)$$

Очевидно, что минимум V будет иметь место при равенстве нулю всех частных производных искомых величин одновременно, т.е. при

$$\frac{\partial V}{\partial A} = \frac{\partial V}{\partial B} = \frac{\partial V}{\partial C} = \dots = 0 \quad (39)$$

Полученная система из m нормальных уравнений позволяет определить наилучшие оценки искомых величин. Дисперсия условных уравнений будет равна

$$S^2 = \frac{1}{n - m} \sum_{i=0}^n v_i^2, \quad (40)$$

а СКО результатов измерений искомых величин при этом могут быть определены из формул.

$$S_{\bar{A}} = S \sqrt{\frac{A_{11}}{D}}, \quad S_{\bar{B}} = S \sqrt{\frac{A_{22}}{D}}, \quad S_{\bar{C}} = S \sqrt{\frac{A_{33}}{D}}, \quad \text{и т. д.} \quad (41)$$

где D — определитель (детерминант) системы (39);

$A_{11}, A_{22}, A_{33}, A_{mm}$ — алгебраическое дополнение элементов детерминанта $A_{ik} = (-1)^{i+k} D_{ik}$,

D_{ik} — минор определителя, полученный вычеркиванием i -й строки и k -го столбца.

Доверительные интервалы для истинных значений измеряемых величин строят на основе распределения Стьюдента при числе степеней свободы, равном $n - m$, или на основе нормального распределения, если результаты измерений можно считать нормальными.

2 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1 Общие требования к оформлению и структуре пояснительной записки

Курсовой проект должен быть оформлен с учетом требований [1-12 и 31] и требований данного пособия.

Объем пояснительной записки курсового проекта не должен превышать 40 страниц текста формата А4 (210×297 мм) при односторонней печати. Пояснительная записка курсового проекта должна состоять из следующих частей:

- титульный лист;
- задание;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

Пояснительная записка должна быть оформлена средствами **Microsoft Word**. Для правильного оформления текста пояснительной записки следует осуществить перечисленные ниже назначения.

1) **Включение режима автоматического переноса слов.** Перевод строки Microsoft Word делает автоматически. Для включения режима автоматического переноса последнего слова строки используется команда меню **Сервис | Язык | Расстановка переносов...** Переноса слов в заголовках не производить.

2) Страницы курсового проекта следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Номера страниц на титульном листе и на листе с заданием не проставляются, но страницы эти включаются в общую нумерацию. **Вставка номеров страниц** производится через меню **Вставка | Номера страниц**. В диалоговом окне необходимо задать место расположения номеров (**внизу страницы; по центру**).

3) **Установка параметров страницы.** Перед началом ввода текста следует определиться с ориентацией используемых листов бумаги (книжная или альбомная), с отступами от границ листа (полями). Для этого служит команда **Параметры страницы...** из меню **Файл**. Параметры устанавливаются в диалоговом окне. Печать должна быть односторонней, ориентация, в основном, книжная.

Поля: верхнее, нижнее и правое по 2,5 см, левое 3,0 см; колонтитулы: от края до колонтитула верхнего 1,25 см; нижнего 1,6 см; переплет 0 см.

4) **Установка отступов.** При форматировании документа необходимо установить параметры абзацев.

Форматирование абзаца производится через меню **Формат | Абзац**. Абзацный отступ (отступ первой строки) должен быть равен 1,25 см.

5) **Выравнивание текста.** Выравнивание строк текста в абзаце в общем случае должно быть по ширине, а выравнивание строк заголовков - по центру символического поля.

6) Microsoft Word позволяет устанавливать различные **межстрочные интервалы**, т.е. расстояния между строками. В пояснительной записке межстрочный интервал должен быть **полуторным**, в заголовке между названиями разделов и подразделов - **одинарным**. Командой **Формат | Абзац** также следует установить **запрет висячих строк**.

7) **Шрифтовое оформление текста.**

Шрифт следует использовать **Times New Roman**:

по начертанию – обычный;

для заголовков – **ПОЛУЖИРНЫЙ, ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ**, размер 12 пт.

В случае заголовка, занимающего три строки и более, размер шрифта 11 пт.

Размер шрифта колонтитула 10 пт. (например, номеров страниц).

8) Части, разделы и пр. имеют **нумерацию арабскими цифрами**. Система нумерации должна быть сквозной, например: 1; 1.1; 1.1.1; 1.1.2; 1.1.3; 1.2; 1.3; 1.3.1; 1.3.2 и т.д. Если раздел (подраздел) имеет только один пункт, то этот пункт не нумеруют.

Заголовки, начиная с четвертого уровня, не нумеруют и в СОДЕРЖАНИЕ не включают.

В пояснительной записке заголовок четвертого уровня выполняют строчными буквами (первая буква – прописная), полужирным курсивом (рис. 1).

<p style="text-align: center;">1 Угольный склад <i>пропуск 1 строка</i></p> <p style="text-align: center;">1.1 Забалансовые запасы <i>пропуск 1 строка</i></p> <p style="text-align: center;">1.1.1 Полиметаллические руды Методика расчета и исходные данные текст текст текст текст текст текст</p>
--

Рис. 1 Пример шрифтового оформления и нумерации рубрик.

Наименования частей, разделов должны быть как можно более краткими. Если заголовок содержит несколько предложений, но занимает одну строку, то каждое предложение завершают точкой, исключая последнее; если же каждое предложение заголовка занимает отдельную строку, точки не ставят нигде.

9) Средствами Microsoft Word следует создать СОДЕРЖАНИЕ (см. п.1.4).

2.2 Титульный лист и задание на курсовой проект

Титульный лист пояснительной записки. Образец титульных листов курсового проекта (титульный лист и лист задания) приведены в Приложении 1 и 2.

Задание на работу выдаёт руководитель работы и утверждает заведующий кафедрой. Образцы листов с заданием на курсовой проект приведен в Приложении-2.

Лист с заданием располагают после титульного листа.

Титульный лист – 1 стр. номер на титульном листе не ставят; задание – 2 стр.; аннотация – 3 стр.; содержание располагается на 4 стр., далее нумерация страниц осуществляется в соответствии с содержанием работы.

2.3 Аннотация

Аннотацию выполняют на русском и иностранном языке (английском, французском, немецком) на отдельном листе. Полный объем текста аннотации - до страницы, как правило не менее 100 слов или 1000 знаков.

Аннотация содержит краткое изложение тематики работы, её актуальности, перечень основных проектных решений и данные об их эффективности. Указывают объём пояснительной записки (в страницах), количество таблиц, иллюстраций и приложений. Пример оформления листа аннотации приведен в приложении 3.

Пример выполнения аннотации дан на рис. 2. Лист с аннотацией имеет номер «3» (**номера страниц проставляют, начиная с этого листа**), его располагают после листа с заданием.

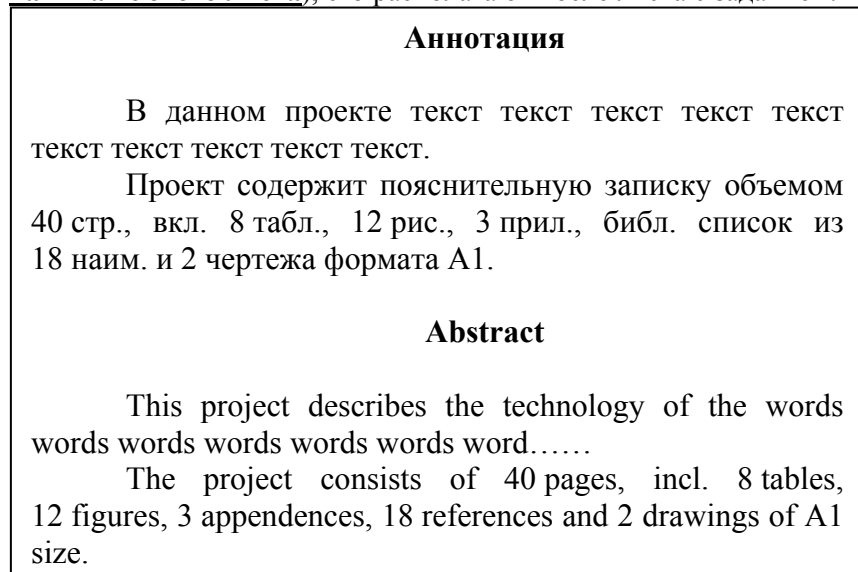


Рис.2 Пример выполнения аннотации

2.4 Содержание

СОДЕРЖАНИЕ является обязательным элементом курсового проекта. В него включают все заголовки работы, кроме заголовков четвертого и меньшего уровней. **СОДЕРЖАНИЕ** располагают на отдельной странице непосредственно после аннотации. Для создания **СОДЕРЖАНИЯ** необходимо на каждый заголовок (абзац), который будет включен в **СОДЕРЖАНИЕ**, наложить требуемый стиль, пользуясь кнопкой **Стиль** панели инструментов **Форматирование** (например, стиль **Заголовок 1**, стиль **Заголовок 2** и т.д.).

В зависимости от версии **Microsoft Word** вкладка для создания содержания может быть расположена в разных местах, например, как показано на рис.4 она расположена внутри вкладки «ССЫЛКИ» расположенной на главной панели

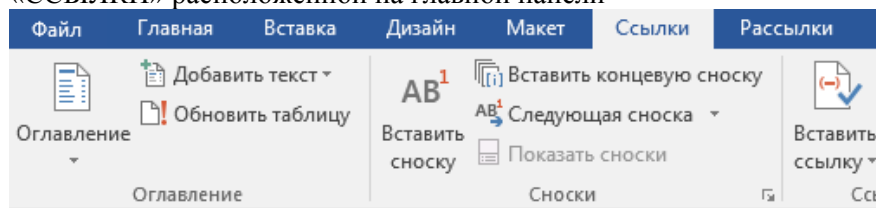


Рис. 3 Место расположения пиктограммы «ОГЛАВЛЕНИЕ»

Из предложенного набора оглавлений, рекомендуется использовать автособираемое оглавление 2, так как оно охватывает весь текст, оформленный стилями «Заголовок 1, Заголовок 2 и Заголовок 3».

При необходимости, конкретный стиль можно изменить командой **Формат | Стиль**, выбрав требуемый размер (размер шрифта в **СОДЕРЖАНИИ** 10 пт.) и начертание шрифта, выравнивание, отступы, интервалы и пр.

Изменить стиль можно сначала в самом тексте и только потом выполнить его обновление командой обновить стиль в рабочем подокне «СТИЛИ».

Слово **СОДЕРЖАНИЕ** записывается в виде заголовка, выровненного по центру символического поля, прописными буквами (размер 10 пт.), полужирным стилем.

СОДЕРЖАНИЕ выполняется командой **Ссылки** | **Оглавление** | **Оглавление (из шаблона;** далее следует указать требуемое количество **уровней**, выбрать **заполнитель**).
Фрагмент СОДЕРЖАНИЯ приведен на рис. 4.

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	5
1.1 Характеристика промплощадки.....	5
1.1.1 Основные понятия	7
2 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ..	15

Рис. 4 Пример оформления содержания

2.5 Введение

Введение должно быть кратким по количеству страниц, но емким по содержанию, как правило объем введения составляет 1, но не более 2 страниц.

В связи с тем, что курсовой проект является разновидностью научного отчета, то он во введении должен содержать примерно следующие элементы:

Актуальность; Объект; Предмет; Цель; Задачи; Гипотезу; *Теоретико-методологическую основу; Методы исследования; Теоретическую и практическую значимость.*

Актуальность:

Под актуальностью понимается значимость данной проблемы на настоящее время.

Чтобы дать точную формулировку актуальности, надо найти ответы на ряд вопросов:

Какова тематическая значимость в настоящий момент времени? Следует определить степень востребованности, остроты на данный период;

Освещают ли проблему различные источники? Целесообразно указание средств массовой информации, журналов, где встречается тема;

Какие важные преобразования исследуемой тематики произошли за прошедшие годы?

Почему рассматриваемый вопрос важен автору курсового, каким образом он влияет на выбор специальности.

Объект и предмет:

Объект исследования в курсовом проекте определить нетрудно при качественном знании тематического материала изучаемой дисциплины.

Объект - это то, что студенту предстоит изучить общее понятие, которое находится в тесной взаимосвязи с основной темой.

Предметом исследования считают сферу деятельности, в которой будет проводиться анализ тематического содержания. То есть проблема, решение которой надо найти.

Предмет и объект находятся во взаимодействии. Следует различать эти понятия.

Объект характеризует то, что нужно исследовать, а предмет - своего рода «предлог» для анализирования объекта.

Понятие исследуемого предмета позволяет из общей структуры науки выбрать какую-то конкретную часть либо определенный процесс.

Таким образом, когда определение тематики четкое, ее название соответствует исследуемому предмету.

Цель и задачи:

Написать введение к курсовой работе нельзя без выделения цель и задач исследования.

Отсутствие цели сильно снижает итоговую оценку за работу, (работа без цели – удовлетворительно). Как правило, эту часть курсового формулируют по главенствующей проблеме. Для корректного выведения целей желательно писать стандартные фразы «рассмотреть особенности...», «определить специфику...», «раскрыть сущность...».

Чтобы цель была реализована, надо поставить конкретизирующие вопросы. Суть этих вопросов содержится в названии глав, пунктах исследуемой идеи, которые помогут при формулировке задач.

Их лаконичное перечисление лучше начать писать во введении к курсовому проекту подобными фразами: «Перечень задач для достижения целей рассматриваемой проблемы» либо «Решение следующих задач поможет достижению рабочих целей».

Если в содержании мало глав, несколько подпунктов или параграфов, лучше сформулировать задачи по каждому параграфу для более подробного освещения целей.

Приемлемым для курсового проекта считается количество задач не более трех.

Гипотеза:

Что означает понятие гипотезы? Как ее сформулировать?

Гипотеза - предварительная версия либо предположение, которое необходимо подтвердить или опровергнуть.

Изучая проблематику, студент осуществляет огромную исследовательскую деятельность, знакомится с литературой, пользуется различными источниками, делает предположения, выводы. Выводы и предположения являются гипотезами исследования.

Их структура, характер, уровень, форма - разные. Однако существует основное свойство - все они проверяемы. По ходу изучения материала любая гипотеза проверяется, подтверждается либо опровергается.

Гипотезу можно проверить опытами, экспериментами, наблюдениями, применением других эмпирических приемов.

Ее уместно формулировать после написания курсового проекта, когда студент понимает, какие факты он проверил в ходе исследовательской деятельности, каким образом доказал, либо опроверг данные.

Гипотеза работы во введении указывается в том случае если автор считает, что его работа является научно-техническим трудом содержащим впервые лично полученные значимые научные результаты, которые отражены в его публикациях.

Дополнительно:

По желанию, при сильной научно-технической составляющей курсового проекта во введении к курсовому проекту целесообразно указать следующие методы исследования:

Теоретические — применение классификаций, аналогий, аналитико-синтетической техники, мысленного моделирования;

Практические — с применением наблюдения, экспериментальной деятельности, сравнения.

При перечислении желательно указать только использованные методы, чтобы при опросе конкретно сформулировать ответы о том, с какой целью, где, когда применялся каждый из них. Четкие ответы, объяснение сущности использования методов позволяют преподавателю получить исчерпывающее впечатление от ответа, а также повлияют на определение уровня оценки работы.

Примерная структура и оформление элементов введения.

Начать введение необходимо с общих фраз. Естественно, эта фраза должна быть написана научным языком, как и вся работа в целом.

В качестве клише можно использовать следующее:

- предлагаемая исследовательская работа посвящена;
- в данной работе проведен анализ (синтез);
- идея курсового проекта заключается в выявлении (установлении) взаимосвязей.

Первые (вводные) фразы, с которых начинается введение работы, считаются самыми важными. Как правило, первое предложение курсового проекта раскрывает смысл его создания, сообщает о том, изучению какого именно вопроса он посвящён проект.

Далее необходимо уделить внимание актуальности темы, затем перейти к описанию объекта и предмета, сформулировать цели и задачи исследования.

2.6 Иллюстрации

Иллюстрации (рисунки, схемы) можно выполнить, пользуясь кнопками панели инструментов **Вставка | Иллюстрации | Фигуры**). Рисунки, схемы, фотографии и диаграммы также можно поместить в текст из других файлов и приложений.

Иллюстрации, занимающие отдельную страницу, размещаются на странице, следующей за первой ссылкой на данную иллюстрацию. Небольшие иллюстрации размещаются после первой ссылки в тексте работы на данную иллюстрацию.

Каждая иллюстрация (рис. 5) должна иметь наименование (здесь: Блок-схема укрупненного алгоритма при решении задачи с представлением промежуточных результатов).

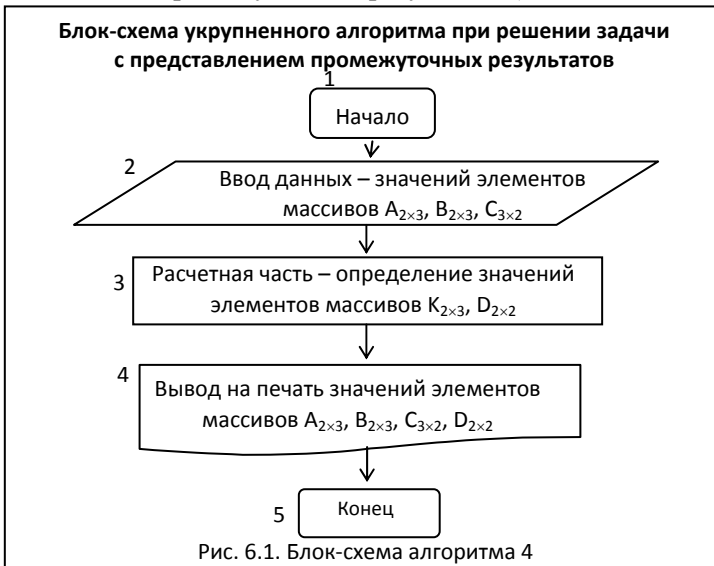


Рис. 5 Пример иллюстрации

Под каждой иллюстрацией размещается подпись, поясняющая содержание иллюстрации. Все иллюстрации, если их в работе более одной, нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами (ГОСТ 2.105-95). Номер иллюстрации состоит из номера

раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: Рис. 1.1, Рис. 1.2 и т.д. Ссылки на иллюстрации даются, например, так: «На рис. 6.1 приведена блок-схема алгоритма 4 решения задачи с представлением промежуточных результатов».

Подпись под рисунком (рис. 6) должна быть краткой, точной и понятной. Ее содержание должно соответствовать тексту (но не повторять его) и изображению. Не рекомендуется в подписи под рисунком использовать указания на вид изображения (график, диаграмма, фотография, схема, чертеж, внешний вид и т.п.), так как это, как правило, и так понятно из приведенной иллюстрации.

Подписи набирают по центру шрифтом Times New Roman, начертание обычное, размер 10 пт. Надписи составного рисунка (*a*, *б*, *в*, ...) проставляются слева от рисунка в его верхней части (рис. 6).

Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают с сокращенным словом «смотри»; например, «см. рис. 6.1».

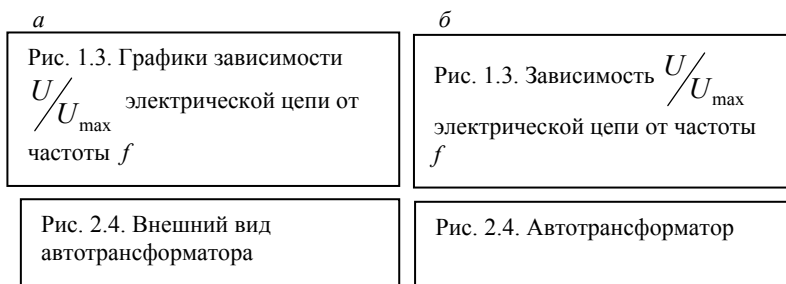


Рис. 6 Примеры подписей под рисунками: *a* – неправильно составленная подпись; *б* –

На рисунке латинские символы должны быть набраны курсивом, а цифры, функции, греческие буквы и другие символы должны иметь начертание обычное. Слова начинаются с прописной буквы. Текст в рисунке выполняется шрифтом Times New Roman, размер шрифта 10 пт. Вспомогательные линии должны быть тоньше основных линий. Позиции рисунка нумеруют, начиная с левого нижнего угла, по часовой стрелке.

Подписи к рис. 4 и рис. 5 наглядно иллюстрируют правила их составления и используемые знаки препинания.

2.7 Графики

Графики являются особым видом чертежей, которые отображают взаимосвязь изучаемых факторов и параметров. В зависимости от назначения различают следующие типы графиков:

- **функциональные**, представляющие собой графические отображения изменения функции в зависимости от ее аргумента;
- **расчетные** (номограммы), с помощью которых производятся расчеты;
- **организационные** (планограммы, циклограммы, сетевые графики), применяемые в управлении и организации производства.

Функциональные графики могут быть построены в любой системе координат: прямоугольной, косоугольной, полярной и т.д. Наиболее наглядной и распространенной является прямоугольная система координат. Графики следует выполнять в табличном процессоре Microsoft Excel или с помощью других, специализированных программ широкого профиля одним из назначений, которого является визуализация экспериментальных данных. К таким программам относятся: OriginPro, Stasisyca, MagicPlot Student, Advanced Grapher, Microsoft Mathematics, Statgrafics и др.

Оси координат в прямоугольной системе координат вычерчивают сплошными основными линиями. Стрелки на концах осей ставить не следует (рис.7). Шкалы на осях следует выбирать из условия максимального использования всей площади графика. Через деления шкал сплошными тонкими линиями проводят координатную сетку (расстояние между соседними линиями сетки должно быть не менее 5 мм).

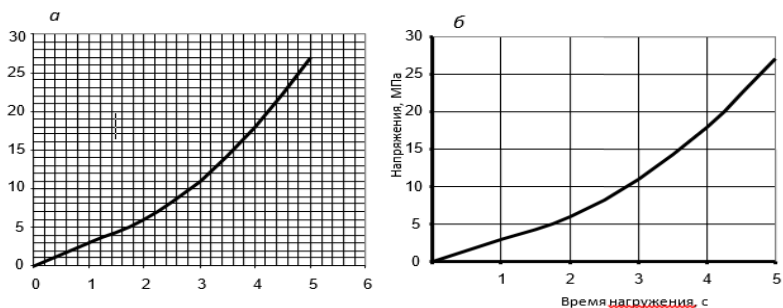


Рис. 7 Пример оформления области построения графика:
a – неправильное оформление; *б* - правильное оформление

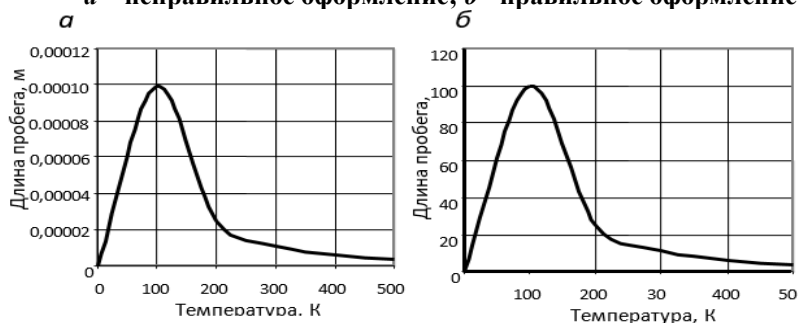


Рис. 8 Примеры оформления шкал графика:
a – неправильное оформление; *б* - правильное оформление

Численные выражения шкал наносят слева от оси ординат (вертикальной оси) и под осью абсцисс (горизонтальной осью). Количество знаков (цифр) в числах шкалы должно быть минимальным для образования кратных или дольных единиц (рис. 7). Если шкалы на осях начинаются с нуля, то ноль на их пересечении ставится один раз. Во всех других случаях ставят оба значения.

Наименования величин, значения которых откладываются на осях, указываются под осью абсцисс и левее оси ординат. Для размерных величин обязательно указывается единица измерения. Допускается заменять наименование величин буквенным обозначением (рис. 8), если обозначения расшифрованы в подписи под рисунком, например: «Зависимость предельного напряжения σ

от температуры T ». В последнем случае буквенное обозначение и единицу измерения ставят вместо последнего числа шкалы.

Если график содержит несколько кривых, то пояснения к графику могут быть нанесены как на сам график (рис. 9,а), так и при помощи разных типов линий (сплошной, штриховой, штрихпунктирной и пр.) и легенды (рис. 9,б). Все остальные пояснения или указания к графику должны быть внесены в подпись под рисунком.

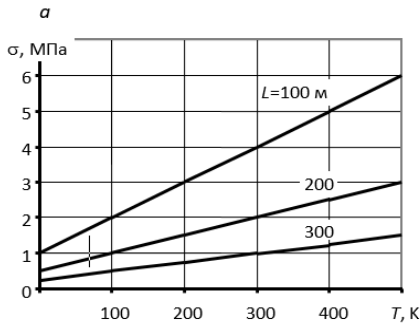


Рис. 1.3. Зависимость предельного напряжения σ от температуры T

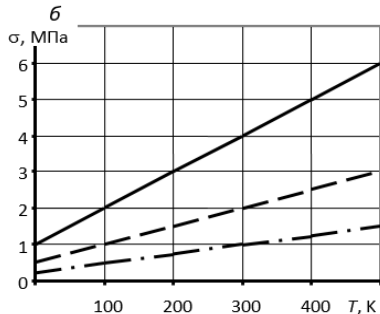


Рис. 1.3. Зависимость предельного напряжения σ от температуры T :

- $L = 100$ м
- - - $L = 200$ м
- · - · $L = 300$ м

Рис. 9 Пример изображения типов линий.

Для показа на графике экспериментальных точек следует применять знаки (рис. 9):



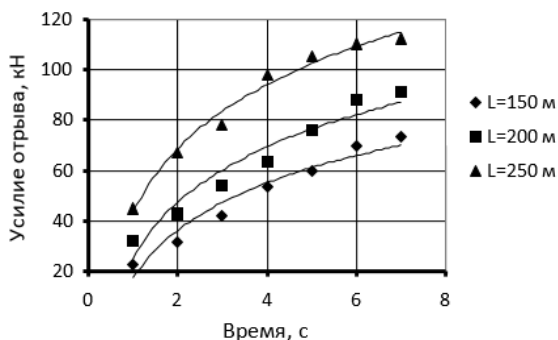


Рис. 10 Пример изображения типов экспериментальных точек

Диаграмма представляет собой чертеж, отображающий с помощью простейших фигур дискретные значения каких-либо сравниваемых показателей. В зависимости от формы этих фигур диаграммы могут быть столбиковыми (рис.11,*а*) и круговыми (рис.11,*б*). На диаграммах, в отличие от графиков, даются все надписи, позволяющие без чтения текста получить полную информацию о цифровых значениях и размерности исследуемых величин. Эти надписи должны быть как можно более краткими.

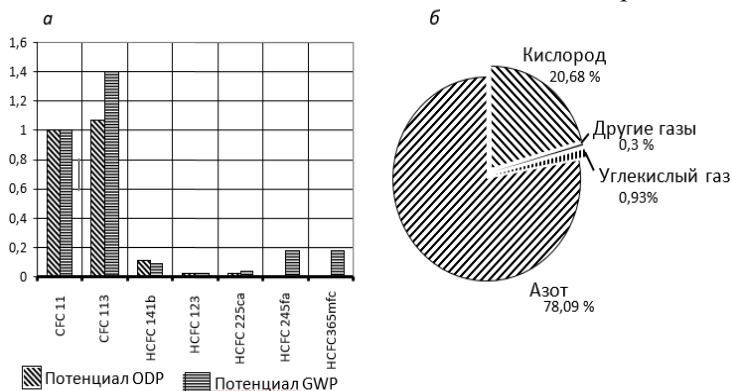


Рис. 11 Примеры использования различных видов диаграмм: а-столбиковая; б-круговая диаграмма.

2.8 Таблицы

Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицу располагают в непосредственной близости после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки, например: «Среднее содержание ильменорутила достигает максимального значения в милано-кратовых гранитах (табл. 5.1)...» или «В табл. 5.1 указаны...».

Таблица формируется командой меню Microsoft Word **Вставка | Таблицы | Таблица**. Параметры таблицы указываются в диалоговом окне. После создания таблицы ее можно изменять структурно за счет добавления или удаления строк, столбцов и ячеек, а также объединения или разбиения ячеек. Для этого используются команды меню **Таблица**.

Таблица (рис. 12) должна иметь номер (по правому краю таблицы, курсивом, размер шрифта 10 пунктов) и заголовок.

Таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Если работа включает всего одну таблицу, то таблицу не нумеруют, слово “Таблица” в заголовке не пишут. При ссылке на такую таблицу в тексте слово “таблица” пишется полностью, например: “В таблице даны...”.

Заголовок таблицы следует выполнять строчными буквами, кроме первой (начертание: полужирный; размер шрифта: 10 пт.), и помещать над таблицей по центру. Заголовок должен быть кратким и полностью отражать содержание таблицы.

Заголовки граф таблицы также начинают с прописных букв.

Если таблицу невозможно разместить на одном листе, то ее делят на части. При этом головки второй и последующих частей или полностью повторяются, или указывается только нумерация граф. В этом случае нумерация граф обязательно дается и в строке, следующей за головкой первой части (рис. 13). При любом способе оформления составной таблицы слово «Таблица», ее порядковый номер и заголовок указывают один раз. Над последующими частями

пишут в правой части слово «Продолжение» и номер таблицы, например: «Продолжение табл. 1.4».

Введенный в таблицу текст необходимо отформатировать: шрифт Times New Roman, начертание обычное, размер 10 пт. Линейки в таблице должны быть сделаны автоматически. Каждый блок информации необходимо вводить с нового абзаца, т.е. нельзя набирать все данные в одной строке.

**Среднее содержание (г/т) минералов редких элементов
в некоторых петрографических разновидностях гранитоидов**

Минерал	Гранодиориты (50 проб) $\bar{x} \pm \lambda$	Граниты биотитовые (150 проб) $\bar{x} \pm \lambda$	Граниты милано-кратовые (56 проб) $\bar{x} \pm \lambda$
Танталоннобаты	0,09 ± 0,17	0,64 ± 0,61	0,38 ± 0,097
Эвксенит	-	0,64 ± 0,68	0,44 ± 0,67
Колумбит	-	2,25 ± 3,10	8,60 ± 6,37
Ильменорутил	0,11 ± 0,16	1,27 ± 1,56	10,56 ± 3,45

Рис.12 Пример таблицы

**Назначение конструкционных сталей
основных марок**

Марка стали	Термическая обработка	Механические свойства	Область применения
1	2	3	4
A12	Жидкостная цементация	HRC 56... 62	Мелкие малонагруженные детали (винты, гайки, оси, кольца)

1	2	3	4
45	Улучшение	НВ 192... 285	Средненагруженные детали (валы, шпонки, втулки, вилки)

Рис. 13 Пример оформления составной таблицы

2.9 Формулы и ссылки

Вставка формулы. Для вставки в документ Word формул и символов следует пользоваться приложением **Редактор формул Microsoft Equation 3.0** или **MathType**, вызываемым командой главного меню Microsoft Word **Вставка|Microsoft Equation 3.0** или сразу **вкладкой MathType**.

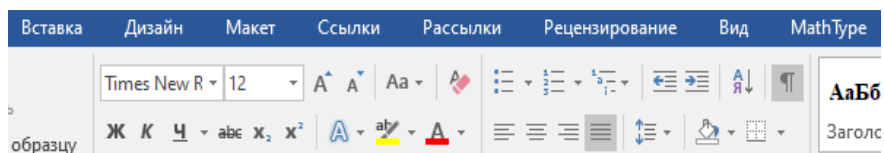


Рис. 14 Главное меню с вкладкой MathType

Для работы с **Microsoft Equation 3.0** необходимо выбрать на главном меню вкладку вставка и среди пиктограмм меню вставка выбрать **π Уравнение**. Вкладка как правило располагается крайнем правом углу вкладки вставка.

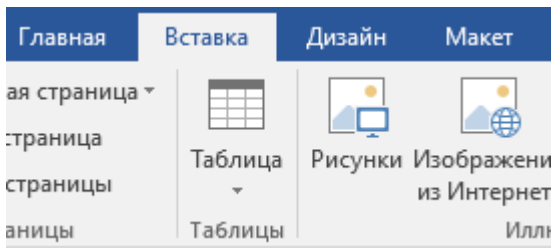


Рис. 15 Главное меню с активным окном вставка

Размер (в пунктах) символов формулы: обычный - 12, крупный индекс - 7, мелкий индекс - 5, крупный символ - 18, мелкий символ - 12. Латинские буквы набирать курсивом; греческие буквы – всегда прямые; у функций, русских, греческих букв, цифр и химических символов, критериев подобия начертание должно быть обычным.

Для завершения работы с **Редактором формул** и вставки созданной формулы в текущий документ следует установить курсор “мыши” вне кадра формулы и выполнить щелчок левой кнопкой “мыши”.

Формулы могут располагаться непосредственно в предложении.

Формула, на которую есть ссылки в тексте, должна занимать отдельную строку и сопровождаться порядковым номером (размер номера формулы 12 пт.; нумерацию формул производить по разделам).

В этом случае формула располагается на расстоянии абзацного отступа от левой границы символического поля документа, а номер формулы ставится справа (рис. 16).

Пространство от формулы до ее номера заполняется при помощи клавиши <Таб> (табуляция) - только в этом случае номера формул будут расположены строго друг под другом во всем документе Word.

Все переменные в формулах следует пояснять комментариями.

Над и под строкой, содержащей только формулу или формулу с ее номером, задаются пустые строки (пустые абзацы) высотой по 6 пт.

<p>Если функция (1.23) линейна и ее можно представить в виде:</p> $Y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots = \sum_{i=1}^m b_i x_i \quad (1.23)$ <p>где b_i — постоянные коэффициенты;</p>

Рис. 16 Фрагмент текста с формулой и комментарием к ней

Ссылки являются порядковыми номерами литературных источников из приводимого в пояснительной записке библиографического списка. Номера литературных источников заключаются в квадратные скобки (рис. 17).

неравноточные. Ниже приведены теоретические сведения и примеры, показывающие особенности обработки результатов этих измерений [1].

Рис. 17 Фрагмент текста со ссылкой на литературный источник под номером 1 из библиографического списка

2.10 Библиографический список

Библиографический список составляется по порядку (мере) упоминания в тексте, шрифт Times New Roman, размер 10 пунктов, начертание обычное. **Нумерация проставляется вручную.** Фамилия и инициалы указываются на одной строке.

В зависимости от количества авторов и типа издания в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 предусматриваются следующие основные типы библиографического описания, описанные ниже, а также более подробно приведенные в приложении А ГОСТ Р 7.0.100.

Кроме требований нормативно-правовых документов к содержанию списка литературы и его оформлению согласно ГОСТов необходимо руководствоваться как перечисленными ниже требованиями, так и требованиями той организации, в которую направляется работа (ВУЗ, журнал, конференция, издательство и т.п.):

Требование 1. Научная работа должна быть написана на основе 30 и более источников, дипломная от 60, диссертация от 150. **Точное число скажет научный руководитель.**

Требования 2. Литература, которой вы пользуетесь, должна быть актуальной (в идеале — не старше 3 — 4 лет). Количество книг и документов **10-20-летней давности** не должно превышать 30% от общего объема.

Материалы старше 20 лет использовать запрещается. Однако из этого правила **есть исключения** — такие материалы можно приводить в качестве источника, если научная работа предполагает историческую справку или исследование архивов.

Требование 3. Не все «организации» любят электронные источники, поэтому **необходимо уточнить у научного руководителя** требования по их количеству. В **разных «организациях» они могут отличаться**, однако, если не указано иного, ориентируйтесь на цифру 1/3 от общего количества источников.

Требование 4. Каждый источник, указанный в списке литературы, должен быть использован в тексте работы. Цитируете,

ссылаетесь, упоминаете источник - ставите ссылку на него. По этой ссылке источник должен легко находиться в списке литературы.

Требование 5. Каждый источник (вне зависимости от вида) достаточно упомянуть в списке литературы один раз. При этом не важно, сколько раз информация из него используется в тексте работы.

Требование 6. Все материалы, которыми вы пользуетесь, должны обязательно соответствовать тематике работы.

ПРИМЕЧАНИЕ: Правила оформления списка литературы необходимо уточнить у преподавателя, которому будет сдана Ваша работа или руководствоваться требованиями ВУЗа, в котором она выполняется.

Примеры библиографических записей по ГОСТ 7.1.100

Одночастные монографические ресурсы

Книжные издания

1. Варламова, Л.Н. Управление документацией: англо-русский аннотированный словарь стандартизированной терминологии/ Л.Н. Варламова, Л.С. Баюн, К.А. Бастрикова.–Москва: Спутник+, 2017.–398 с.; 21 см.–Библиогр.: с. 358–360. –100 экз.—ISBN 978-5-9973-4489-4.–Текст : непосредственный.

ВНИМАНИЕ: в курсовом проекте можно указывать краткий вариант библиографической записи:

Варламова, Л.Н. Управление документацией: англо-русский аннотированный словарь стандартизированной терминологии / Л.Н. Варламова, Л.С. Баюн, К.А. Бастрикова. Москва: Спутник+, 2017. С. 398. Текст : непосредственный.

2. Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды: монография / А.Н. Швецов, А.А. Суконщиков, Д.В. Кочкин [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Вологодский государственный университет. –Курск: Университетская книга, 2017. –196 с.: ил.; 20 см.–Библиогр.: с. 192–196.–500 экз.–ISBN 978-5-9909988-3-4.–Текст : непосредственный.

3. Основы системного анализа и управления: учебник / О.В. Афанасьева, А.А. Клавдиев, С.В. Колесниченко, Д.А. Первухин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-

Петербургский горный университет. –Санкт-Петербург: СПбГУ, 2017. –1 CD-ROM. –Систем. требования: ПК с частотой ЦП от 800 МГц и выше; Windows XP и выше; дисковод CD-ROM. –Загл. с титул. экрана. –Текст: электронный.

Законодательные материалы

4. Российская Федерация. Законы. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон № 131-ФЗ: [принят Государственной думой 16 сентября 2003 года: одобрен Советом Федерации 24 сентября 2003 года]. –Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2017. –158 с.; 20 см.–1000 экз.–ISBN 978-5-392-26365-3. –Текст: непосредственный.

Правила

5. Правила дорожного движения: с новыми штрафами: по состоянию на 01.06.2017: [утверждены Советом министров – Правительством Российской Федерации 23.10.1993]. –Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. –94с., [4] л.цв.ил.: табл.;20 см.–(Библиотека автомобилиста).–5000 экз.–ISBN 978-5-222-29588-5.–Текст : непосредственный

Стандарты

6. ГОСТ Р 57647–2017. Лекарственные средства для медицинского применения. Фармакогеномика. Биомаркеры = Medicines for medical applications. Pharmacogenomics. Biomarkers: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 сентября 2017 г. № 1042-ст: введен впервые: дата введения 2018-07-01 / подготовлен Первым Московским государственным медицинским университетом имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Москва: Стандартинформ, 2017. –IV, 7, [1] с.;29 см. –Текст: непосредственный.

Патентные документы

7. Патент No 2637215 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С 17/00 (2006.01). Вибрационная мельница: No2017105030: заявл. 15.02.2017: опубл. 01.12.2017 / Артеменко К.И., Богданов Н.Э.; заявитель БГТУ. –4 с.: ил. –Текст: непосредственный.

Компьютерные программы

8. КОМПАС-3DLTV12: система трехмерного моделирования [для домашнего моделирования и учебных целей] / разработчик «АСКОН». –Москва: 1С, 2017. –1 CD-ROM. –(1С: Электронная дистрибуция). –Загл. с титул. экрана. –Электронная программа: электронная.

9. Электронный паспорт здоровья ребенка (школьника) / разработчик: Академический МИАЦ. –Москва: 1С, 2017. –1 CD-ROM. –(1С: Электронная дистрибуция). –Загл. с титул. экрана. – Электронная программа: электронная.

Сайты в сети «Интернет»

10. Правительство Российской Федерации: официальный сайт. –Москва. –Обновляется в течение суток. –URL: <http://government.ru>(дата обращения: 19.02.2018). –Текст: электронный.

11. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000–. –URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 09.01.2018). –Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. –Текст: электронный.

Составные части ресурсов

Статья, раздел...

...из монографического издания

12. Янина О.Н. Особенности функционирования и развития рынка акций в России и за рубежом / Янина О.Н., Федосеева А.А. – Текст: электронный // Социальные науки: social-economic sciences. –

2018. –No 1. –(Актуальные тенденции экономических исследований). –URL: http://academymanag.ru/journal/Yanina_Fedoseeva_2.pdf (дата обращения: 04.06.2018).

...с сайта в сети Интернет

Грязев, А. «Пустое занятие»: кто лишает Россию права вето в СБ ООН : в ГА ООН возобновлены переговоры по реформе Совета Безопасности / А. Грязев. –Текст: электронный // Газета.ру: [сайт]. – 2018. –2 февр. –URL: https://www.gazeta.ru/politics/2018/02/02_a_11634385.shtml (дата обращения: 09.02.2018).

2.11 Приложения

Приложения завершают пояснительную записку и оформляются аналогично ей, располагаясь в порядке появления ссылок на них в тексте пояснительной записки. Каждое приложение должно иметь номер (на первой строке, в правой части) и название (по центру). Рисунки, таблицы, диаграммы, размещаемые в приложениях, нумеруются арабскими цифрами с добавлением перед номером приложения прописной буквы «П», например: Рис. П.1.1, Таблица П.1.1. Первая цифра после буквы «П» (приложение) есть номер приложения, а вторая цифра – номер рисунка (таблицы) в данном приложении.

3 ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ (ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ) КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Виды конструкторской документации

Для защиты курсового проекта необходимо подготовить демонстрационные материалы, в качестве которых могут быть конструкторские документы, технологические схемы, графики, горно-строительные чертежи и др. материалы, поясняющие и раскрывающие содержание работы. Количество демонстрационных плакатов, как правило, не должно превышать 1-3 листов.

Демонстрационные плакаты (кроме конструкторских чертежей) выполняются без рамки и основной надписи; в правом верхнем углу проставляется номер плаката. Плакаты выполняются на листах бумаги формата А1 тушью, фломастерами, маркерами, или средствами компьютерной графики для демонстрации на проекционном аппарате типа “Overhead” (на прозрачных листах формата А4), или на электронных носителях в виде презентаций, созданных, например, при помощи программы Microsoft Power Point.

Конструкторские документы, являющиеся частью курсового проекта, выполняются при помощи графических САД-программ (Компас-График, AutoCAD и др.). Некоторые из них могут быть вынесены в качестве демонстрационных плакатов.

Все конструкторские документы курсового проекта должны выполняться в полном соответствии с государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Более подробные требования к графической части курсового проекта изложены в «Правила оформления курсовых проектов, курсовых и выпускных квалификационных работ» [31]

4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задание №1 Обработка результатов серий прямых измерений

Даны результаты прямых равнооточных измерений (табл.1).

Проверить наличие систематических погрешностей.

Для этого необходимо выполнить следующие задания:

1. Вычислить среднее значение групп измерений.
2. Проверить являются ли оценки дисперсий групп измерений оценками одной и той же дисперсии.
3. Проверить однородность ряда средних, т.е. присутствует ли в результатах вычислений систематическая погрешность.
4. Если присутствует расхождение продолжить исследование и выяснить, является ли это расхождение систематическим или случайным.

Экспериментальные данные

Таблица 1

Вариант 1					
№ групп	Измеренные значения				
1	0,00181	0,00254	0,00222	0,00373	
2	0,00295	0,00143	0,00375	0,00357	
3	0,00250	0,00339	0,00233	0,00271	
4	0,00209	0,00383	0,00319	0,00313	
5	0,00194	0,00146	0,00246	0,00133	
Вариант 2					
№ групп	Измеренные значения				
1	0,00181	0,00254	0,00222	0,00373	
2	0,00295	0,00143	0,00375	0,00357	
3	0,00250	0,00339	0,00233	0,00271	
4	0,00209	0,00383	0,00319	0,00313	
5	0,00194	0,00146	0,00246	0,00133	

Вариант 3					
№ групп	Измеренные значения				
1	998,70	1009,20	995,20	989,00	1004,90
2	1009,90	1009,60	1017,00	1010,10	989,60
3	995,30	995,30	997,00	994,00	987,90
4	1008,90	1009,80	1007,90	990,30	1011,80

5	998,70	1009,20	995,20	989,00	1004,90
Вариант 4					
№ групп	Измеренные значения				
1	1,00357	1,00223	1,00383	1,00209	1,00378
2	1,00130	1,00358	1,00311	1,00183	1,00341
3	1,00140	1,00360	1,00226	1,00346	1,00174
4	1,00146	1,00356	1,00322	1,00284	1,00291
5	1,00357	1,00223	1,00383	1,00209	1,00378
Вариант 5					
№ групп	Измеренные значения				
1	3879,33	3871,92	3850,86	3879,33	3885,57
2	3906,24	3965,91	3885,57	3965,91	3885,57
3	3961,23	3878,94	3948,36	3958,50	3937,05
4	3915,99	3852,42	3964,35	3852,42	3964,35
5	3900,78	3919,89	3957,72	3958,50	3937,05
Вариант 6					
№ групп	Измеренные значения				
1	298,74	302,88	298,74	304,77	303,00
2	297,45	298,11	298,02	299,46	304,32
3	305,13	298,92	297,48	303,66	300,87
4	300,63	301,56	299,07	297,15	298,17
Вариант 7					
№ групп	Измеренные значения				
1	1,00327	1,00231	1,00144	1,00251	
2	1,00304	1,00301	1,00295	1,00222	
3	1,00327	1,00239	1,00321	1,00272	
4	1,00369	1,00167	1,00318	1,00142	
5	1,00166	1,00349	1,00157	1,00128	
Вариант 8					
№ групп	Измеренные значения				
1	3891,81	3930,03	3859,05		
2	3891,81	3884,01	3862,17		
3	3939,78	3926,52	3932,76		

4	3904,68	3959,67	3908,58		
5	3920,28	3876,6	3919,11		
6	3862,95	3885,96	3898,05		

Вариант 9

№ групп	Измеренные значения				
1	997,90	1007,70	989,50	988,70	
2	997,90	995,90	990,30	1013,60	
3	1010,20	1006,80	1008,40	988,20	
4	1001,20	1015,30	1002,20	1017,70	
5	1005,20	994,00	1004,90	1016,20	

Вариант 10

№ групп	Измеренные значения				
1	299,37	302,31	296,85	296,61	
2	299,37	298,77	297,09	304,08	
3	303,06	302,04	302,52	296,46	
4	300,36	304,59	300,66	305,31	
5	301,56	298,20	301,47	304,86	

Вариант 11

№ групп	Измеренные значения				
1	504,95	502,80	500,55	495,55	498,40
2	500,85	501,35	494,55	493,90	501,70
3	497,90	504,80	497,90	507,95	505,00
4	495,75	496,85	496,70	499,10	507,20
5	508,55	498,20	495,80	506,10	501,45
	501,05	502,60	498,45	495,25	496,95

Вариант 12

№ групп	Измеренные значения				
1	302,97	301,68	300,33	297,33	299,04
2	300,51	300,81	296,73	296,34	301,02
3	298,74	302,88	298,74	304,77	303,00

4	297,45	298,11	298,02	299,46	304,32
5	305,13	298,92	297,48	303,66	300,87
6	300,63	301,56	299,07	297,15	298,17
Вариант 13					
<i>№ групп</i>	<i>Измеренные значения</i>				
1	0,00358	0,00187	0,00142		
2	0,00367	0,00177	0,00359		
3	0,00135	0,00276	0,00231		
4	0,00291	0,0034	0,00243		
5	0,00211	0,00134	0,00296		
6	0,00359	0,00251	0,00376		
Вариант 14					
<i>№ групп</i>	<i>Измеренные значения</i>				
1	0,00243	0,00270	0,00279	0,00243	
2	0,00283	0,00374	0,00131	0,00283	
3	0,00156	0,00189	0,00190	0,00156	
4	0,00344	0,00241	0,00281	0,00344	
5	0,00264	0,00154	0,00183	0,00264	
6	0,00210	0,00360	0,00198	0,00210	
Вариант 15					
<i>№ групп</i>	<i>Измеренные значения</i>				
1	0,00369	0,00199	0,00249	0,00209	0,00144
2	0,00156	0,00132	0,00232	0,00271	0,00276
3	0,00170	0,00314	0,00252	0,00169	0,00196

Задание №2 Обработка результатов прямых равноточных измерений

Даны результаты прямых равноточных измерений (табл. 2) Полагая, что систематическая погрешность пренебрежимо мала, выполнить следующие задания:

1. Вычислить оценку среднее арифметического значения.
2. Вычислить СКО результатов измерений S_x
3. Проверить гипотезу о нормальности распределения результатов измерений, используя различные критерии.
4. Проверить результаты измерений на наличие грубых погрешностей и промахов. Если таковые обнаружены, их отбросить, повторить вычисления п.п. 1-3.
5. Вычислить доверительные (интервальные) границы случайной погрешности при заданной вероятности ($P=0,95$)
6. Уточнить границы неисключенной систематической погрешности результатов измерений

При выполнении задания следует обосновывать применяемые методы и формулы. Результаты расчетов необходимо округлить и представить в стандартном виде.

Результаты равноточных измерений

Таблица 2

Вариант 1									
503,6	495,6	503,0	498,6	491,8	51,2	498,5	504,5	496,6	500,0
493,3	498,9	493,5	491,3	504,3	504,7	503,6	493,3	494,5	502,5
Вариант 2									
987,8	990,6	1008,1	998,3	993,4	991,6	994,3	993,0	990,3	1010,3
999,2	994,8	101,1	1001,3	1018	996,3	994,4	997,5	998,6	1003,0
Вариант 3									
1988,5	2002,1	2002,1	2003,7	2000,8	2004,6	2001,2	2005,1	2001,8	2000,4
2002,8	2003,5	2002,1	2001,1	1998,2	1999,4	2002,7	1997,4	1999,2	202,8

Продолжение таб. 2

Вариант 4									
3005,6	2990	2952,0	3001,4	3000,8	3003,9	2997,0	3001,5	3004,8	2995,4

2997,8	2996,8	2998,0	2999,9	3000	2995,8	3003,3	2999,3	3003,2	1003,3
Вариант 5									
4003,6	4004,0	3994,8	3997,7	4003	3994,1	3997,0	3993,0	4000,0	3998,1
400,9	4003,4	3994,9	4004,8	4004,9	3995,4	3994,1	3993,1	4004,2	3994,8
Вариант 6									
5006,0	5000,6	4998,6	4997,1	5014,5	5004,8	5003,2	5003,8	4999,9	5001,4
4999,3	506,4	4990,1	4998,1	4994,6	5005,4	4998,0	5010,7	4997,3	4999,5
Вариант 7									
499,8	499,6	500,5	500,3	500,5	500,5	499,5	498,8	497,5	501,4
498,0	500,3	500,6	1500,4	499,2	499,3	502,0	501,3	499,4	499,5
Вариант 8									
999,8	1001,9	997,7	1003,6	1002,6	1001,2	1000,4	993,1	996,6	997,7
1002,5	998,4	998,3	95,9	999,3	1000,6	998,9	1001,4	1002,5	997,9
Вариант 9									
2005,3	2001,8	2002,3	1996,7	2000,9	2000,0	203,0	2003,3	1995,3	2005,2
2098,7	1996	2001,1	2002,0	2005,2	2001,0	1999,4	2004,9	2003,2	1995,4
Вариант 10									
3003,9	2997,6	2997,9	2997,7	3005,4	2997,8	2993,8	2984,1	311,8	2999,1
3008,6	2998,8	2994,5	2999,0	3009,8	3006,9	2997,8	3005,1	2995,6	2999,2
Вариант 11									
407,5	3985,6	4012,7	3994,8	3997,5	4008,7	4015,1	3980,0	3997,5	3997,3
3994,6	4011,6	3999,9	3994,7	4015,1	3993,7	3998,3	3993,5	4003,9	4011,3
Вариант 12									
5001,5	4997,1	4993,0	5001,3	4983,7	5008,1	4984,3	4989,7	5020,3	5016,0
4989,6	5033,5	4991,0	4978,9	4991,9	5007,7	4996,9	5011,6	4985,6	492,0
Вариант 13									
501,5	499,2	500,3	499,9	500,4	501,2	500,1	500,7	497,8	496,2
499,9	496,1	498,8	503,2	497,8	500,9	497,1	498,6	501,8	5499,9
Вариант 14									
999,0	1002,7	996,2	1005,2	1003,5	999,8	1000,6	1004,3	999,3	1001,5
905,3	1002,8	1001,6	1002,1	1010,2	999,0	1000,7	1007,5	1007,8	1002,8
Вариант 15									
2993,9	1986,2	1996,2	2009,6	2008,4	2000,2	2000,6	2001,2	1998,8	2004,6
2000,0	2010,5	2006,8	1989,3	2008,3	2012,9	2008,8	2007,7	1997,5	1999,3

Задание №3 Обработка результатов косвенных измерений

Имеется зависимость, табл.3. Прямые результаты измерения аргументов дали следующие результаты по доверительной вероятности 0,95.

Полагая, что линеаризация функции допустима. Найти среднеквадратическую погрешность (СКП) косвенного результата измерения, а также доверительный интервал для истинного значения с вероятностью $P=0,95$.

Функциональные зависимости при косвенных измерениях

Таблица 3

Вариант 1			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=Z^2+X+Y$	10,000±0,005; n=5	2,000±0,002; n=10	5,000±0,010; n=10
Вариант 2			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=(Z+X)/Y$	5,000±0,005; n=10	16,000±0,020; n=16	10,000±0,010; n=16
Вариант 3			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=ZXY$	7,000±0,005; n=15	5,000±0,020; n=16	12,000±0,010; n=16
Вариант 4			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=Z^2+Y^2+X^2$	2,500±0,005; n=5	10,000±0,020; n=9	5,000±0,010; n=9

Продолжение таб.3

Вариант 5			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=YZ+XZ+YZ$	2,000±0,005; n=10	10,000±0,020; n=12	2,000±0,010; n=12
Вариант 6			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=Z^2+X^4+Y$	2,000±0,002; n=10	5,000±0,010; n=5	2,000±0,002; n=5
Вариант 7			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=X/Y+Y/X+Z$	10,000±0,020; n=10	5,000±0,010; n=5	10,000±0,020; n=9
Вариант 8			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=(Z+X+Y)/Y$	5,000±0,020; n=16	12,000±0,010; n=8	5,000±0,020; n=10
Вариант 9			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=Z^2+X/Y+Y$	16,000±0,020; n=9	8,000±0,010; n=12	10,000±0,020; n=8
Вариант 10			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	Z	X	Y
$W=(X+Z)/Y$	10,000±0,020; n=5	2,000±0,010; n=5	10,000±0,020; n=5

Продолжение таб.3

Вариант 11			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	X	Y	Z
$W=(Y+X)/Z$	10,000±0,00 5; n=5	2,000±0,002; n=10	5,000±0,010; n=10
Вариант 12			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	X	Y	Z
$W=Z^2+2X+Y/X$	5,000±0,005; n=10	16,000±0,020; n=16	10,000±0,010; n=16
Вариант 13			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	X	Y	Z
$W=(Z+X+Y)/Z^2$	7,000±0,005; n=15	5,000±0,020; n=16	12,000±0,010; n=16
Вариант 14			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	X	Y	Z
$W=X/Y+X/Z+X/Y$	10,000±0,00 5; n=5	2,000±0,002; n=10	5,000±0,010; n=10
Вариант 15			
Вид функциональной зависимости	Значения аргументов		
	X	Y	Z
$W=Z^2+X+Y$	10,000±0,00 5; n=5	2,000±0,002; n=10	5,000±0,010; n=10

Задание №4 Обработка результатов совместных измерений

Определить параметры a и b в линейной зависимости $y=a+bx$, а также случайные погрешности их измерений (систематические погрешности отсутствуют) по результатам 10 измерений, приведенным в таб. 4:

Экспериментальные данные

Таблица 4

Номер варианта	Значения измерений	1	2	3	4	5	6	7	8
1	x_i	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
	y_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
2	x_i	0,00	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80
	y_i	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
3	x_i	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
	y_i	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60
4	x_i	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60
	y_i	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80
5	x_i	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
	y_i	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
6	x_i	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
	y_i	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08
7	x_i	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
	y_i	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
8	x_i	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
	y_i	7,05	7,07	7,09	7,11	7,13	7,15	7,17	7,19
9	x_i	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
	y_i	3,50	3,80	4,10	4,40	4,70	5,00	5,30	5,60
10	x_i	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
	y_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
11	x_i	4,01	5,02	6,03	7,04	8,05	9,06	10,07	11,08
	y_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
12	x_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
	y_i	4,01	5,02	6,03	7,04	8,05	9,06	10,07	11,08
13	x_i	5,10	6,20	7,30	8,40	9,50	10,60	11,70	12,80
	y_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
14	x_i	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
	y_i	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
15	x_i	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
	y_i	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00

Задание № 5 Обработка результатов совокупных измерений

В результате совокупных измерений получены следующие значения емкостей (табл. 5), где C_3 и C_4 – результаты измерений параллельного и последовательного соединения емкостей C_1 и C_2 . Определить оценки емкостей C_1 и C_2 , а также погрешности их измерений.

Результаты совокупных измерений

Таблица 5

Номер варианта	C_1	C_2	C_3	C_4
1	0,31	0,48	0,79	0,19
2	0,56	0,67	1,22	0,30
3	0,85	0,65	1,50	0,37
4	1,12	0,77	1,88	0,45
5	1,39	0,85	2,24	0,53
6	1,66	0,94	2,60	0,60
7	1,93	1,02	2,95	0,67
8	2,21	1,11	3,31	0,74
9	2,48	1,19	3,67	0,80
10	2,75	1,28	4,03	0,87
11	3,02	1,36	4,38	0,94
12	3,30	1,44	4,74	1,00
13	3,57	1,53	5,10	1,07
14	3,84	1,61	5,45	1,14
15	4,11	1,70	5,81	1,20

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
ПРИМЕР ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Тема проекта: _____

Автор: студент гр. _____ / _____ /
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: _____

Дата: _____

Проверил:
руководитель проекта _____ / _____ /
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург
202__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
ПРИМЕР ЛИСТА С ЗАДАНИЕМ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
(подпись) (должность, Ф.И.О.)

" ____ " _____ 202_ г.

Кафедра _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

ЗАДАНИЕ

студенту группы _____
(шифр группы) _____ (Ф.И.О.)

1. Тема проекта _____
2. Исходные данные к проекту _____
3. Содержание пояснительной записки _____
4. Перечень графического материала _____
5. Срок сдачи законченного проекта ____ _____ 202_ г.
6. Задание выдал (Руководитель проекта) _____ / _____ /
(подпись) (должность, Ф.И.О.)
7. Задание принял к исполнению студент _____ / _____ /
(подпись) (Ф.И.О.)
8. Дата получения задания для курсового проекта: ____ _____ 201_ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ ДЛЯ ПЕРВОГО ЛИСТА ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ

185										
						(2)				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	(1)	<i>Литера</i>		<i>Масса</i>	<i>Масшт.</i>	
<i>Разраб.</i>		(8)	(9)	(10)					(4)	
<i>Провер.</i>										
<i>Т. контр.</i>									<i>Лист (5)</i>	
								<i>Листов (6)</i>		
					(3)	(7)				
<i>Утв.</i>										

11 × 5 = 55

В основной надписи по форме 1 необходимо заполнить следующие графы:

- в **графе 1** - наименование изделия в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73;
- в **графе 2** - обозначение документа по ГОСТ 2.201-80;
- в **графе 3** - обозначение материала детали с указанием ГОСТа на этот материал;
- в **графе 4** - масштаб в соответствии с ГОСТ 2.302-68;
- в **графе 5** - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, эту графу не заполняют);
- в **графе 6** - общее число листов документа (заполняется только на первом листе);
- в **графе 7** - наименование предприятия (например, *СПГУ, каф. БП, группа БТМ-18*);
- в **графе 8** - фамилии лиц, подписавших документ;
- в **графе 9** - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 8;
- в **графе 10** - дату подписания документа.

Шкала и критерии оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Отметка	Показатели
<p>«5» (отлично) Продвинутый уровень освоения</p>	<p>Курсовой проект выполнен полностью в соответствии с заданием на проектирование. При защите работы обучающийся демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины.</p> <p>Необходимые практические компетенции сформированы. Оформление курсового проекта полностью отвечает требованиям стандарта (поля, шрифты, сноски, нумерация страниц и т.д.) и настоящих МУ, без орфографических ошибок и в грамотном научно-техническом стиле. Изучено и использовано достаточное количество источников информации (не менее 15). Графический материал выполнен с применением современных графических технологий.</p>
<p>«4» (хорошо) Углубленный уровень освоения</p>	<p>Выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины.</p> <p>Необходимые практические компетенции сформированы.</p>
<p>«3» (удовлетворительно) Пороговый уровень освоения</p>	<p>Выполнил курсовой проект с существенными ошибками.</p> <p>При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку.</p> <p>При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки.</p> <p>Необходимые практические компетенции сформированы.</p>
<p>«2» (неудовлетворительно)</p>	<p>Обучающийся не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием.</p> <p>Не владеет теоретическими знаниями по</p>

Отметка	Показатели
	изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Значения V при различных числах измерения n

Таблица 1

n	q=1-a				n	q=1-a			
	0.1	0.05	0.025	0.01		0.1	0.05	0.025	0.01
3	1.406	1.412	1.414	1.414	14	2.297	2.461	2.602	2.759
4	1.645	1.689	1.710	1.723	15	2.326	2.493	2.638	2.808
5	1.731	1.869	1.917	1.955	16	2.354	2.523	2.670	2.837
6	1.894	1.996	2.067	2.130	17	2.380	2.551	2.701	2.871
7	1.974	2.093	2.182	2.265	18	2.404	2.557	2.728	2.903
8	2.041	2.172	2.273	2.374	19	2.426	2.600	2.754	2.932
9	2.097	2.237	2.349	2.464	20	2.447	2.623	2.778	2.959
10	2.146	2.294	2.414	2.540	21	2.467	2.644	2.801	2.984
11	2.190	2.383	2.470	2.606	22	2.486	2.664	2.823	3.008
12	2.229	2.387	2.519	2.663	23	2.504	2.683	2.843	3.030
13	2.264	2.426	2.562	2.714	24	2.520	2.701	2.862	3.051
					25	2.537	2.717	2.880	3.071

Квантили распределения статистики d

Таблица 2

n	$d_{0.01}$	$d_{0.05}$	$d_{0.10}$	$d_{0.90}$	$d_{0.95}$	$d_{0.99}$
11	0.9359	0.9073	0.8899	0.7409	0.7153	0.6675
16	0.9137	0.8884	0.8733	0.7452	0.7236	0.6829
21	0.9001	0.8768	0.8631	0.7495	0.7304	0.6905
26	0.8901	0.8686	0.8570	0.7530	0.7360	0.7040
31	0.8827	0.8625	0.8511	0.7559	0.7404	0.7110
36	0.8769	0.8578	0.8468	0.7583	0.7440	0.7167
41	0.8722	0.8540	0.8436	0.7604	0.7470	0.7216
46	0.8682	0.8504	0.8409	0.7621	0.7496	0.7256
51	0.8648	0.8481	0.8385	0.7636	0.7518	0.7291

Интегральная функция нормированного нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \text{ где } z = \frac{x-a}{\sigma}$$

Таблица 3

Z	Φ(z)	0,02	0,04	0,06	0,08
-3,5	0,00023	0,00022	0,0002	0,00019	0,00017
-3,4	0,00034	0,00031	0,00029	0,00027	0,00025
-3,3	0,00048	0,00045	0,00042	0,00039	0,00036
-3,2	0,00069	0,00064	0,0006	0,00056	0,00052
-3,1	0,00097	0,0009	0,00085	0,00079	0,00074
-3	0,00135	0,00126	0,00118	0,00111	0,00104
-2,9	0,0019	0,0017	0,0016	0,0015	0,0014
-2,8	0,0026	0,0024	0,0023	0,0021	0,002
-2,7	0,0035	0,0033	0,0031	0,0029	0,0027
-2,6	0,0047	0,0044	0,0041	0,0039	0,0037
-2,5	0,0062	0,0059	0,0055	0,0052	0,0049
-2,4	0,0082	0,0078	0,0073	0,0069	0,0066
-2,3	0,0107	0,0102	0,0096	0,0091	0,0087
-2,2	0,0139	0,0132	0,0125	0,0119	0,0113
-2,1	0,0179	0,017	0,0162	0,0154	0,0146
-2	0,0228	0,0217	0,0207	0,0197	0,0188
-1,9	0,0287	0,0274	0,0262	0,025	0,0239
-1,8	0,0359	0,0344	0,0329	0,0314	0,0301
-1,7	0,0446	0,0427	0,0409	0,0392	0,0375
-1,6	0,0548	0,0526	0,0505	0,0485	0,0465
-1,5	0,0668	0,0643	0,0618	0,0594	0,0571
-1,4	0,0808	0,0778	0,0749	0,0721	0,0694
-1,3	0,0968	0,0934	0,0901	0,0869	0,0838
-1,2	0,1151	0,1112	0,1075	0,1038	0,1003
-1,1	0,1357	0,1314	0,1271	0,123	0,119
-1	0,1587	0,1539	0,1492	0,1446	0,1401
-0,9	0,1841	0,1788	0,1736	0,1685	0,1635
-0,8	0,2119	0,2061	0,2005	0,1949	0,1894
-0,7	0,242	0,2358	0,2297	0,2236	0,2177
-0,6	0,2743	0,2676	0,2611	0,2546	0,2483
-0,5	0,3085	0,3015	0,2946	0,2877	0,281
-0,4	0,3446	0,3372	0,33	0,3228	0,3156
-0,3	0,3821	0,3745	0,3669	0,3594	0,352
0,2	0,4207	0,4129	0,4052	0,3974	0,3897
0,1	0,4602	0,4522	0,4443	0,4364	0,4286
0	0,5	0,492	0,484	0,4761	0,4681
0,1	0,5398	0,5478	0,5557	0,5636	0,5714

Продолжение таблицы 3

Z	Φ(z)	0,02	0,04	0,06	0,08
0,2	0,5793	0,5871	0,5948	0,6026	0,6103
0,3	0,6179	0,6255	0,6331	0,6406	0,6480
0,4	0,6554	0,6628	0,67	0,6772	0,6844
0,5	0,6915	0,6985	0,7054	0,7123	0,7191
0,6	0,7257	0,7324	0,7389	0,7454	0,7517
0,7	0,758	0,7642	0,7704	0,7764	0,7823
0,8	0,7881	0,7939	0,7995	0,8051	0,8106
0,9	0,8159	0,8212	0,8264	0,8315	0,8365
1	0,8413	0,8461	0,8505	0,8554	0,8599
1,1	0,8643	0,8686	0,8729	0,877	0,881
1,2	0,8849	0,8888	0,8925	0,8962	0,8997
1,3	0,9032	0,9066	0,9099	0,9131	0,9162
1,4	0,9192	0,9222	0,9251	0,9279	0,9306
1,5	0,9332	0,9357	0,9382	0,9406	0,9429
1,6	0,9452	0,9474	0,9495	0,9515	0,9535
1,7	0,9554	0,9573	0,9591	0,9608	0,9625
1,8	0,9641	0,9656	0,9671	0,9686	0,9699
1,9	0,9713	0,9726	0,9738	0,975	0,9761
2	0,9773	0,9783	0,9793	0,9803	0,9812
2,1	0,9821	0,983	0,9838	0,9846	0,9854
2,2	0,9861	0,9868	0,9875	0,9881	0,9887
2,3	0,9893	0,9898	0,9904	0,9909	0,9913
2,4	0,9918	0,9922	0,9927	0,9931	0,9934
2,5	0,9938	0,9941	0,9945	0,9943	0,995 1
2,6	0,9953	0,9956	0,9959	0,9961	0,9963
2,7	0,9965	0,9967	0,9969	0,9971	0,9973
2,8	0,9974	0,9976	0,9977	0,9979	0,9898
2,9	0,9981	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986
3	0,99865	0,99874	0,99882	0,99889	0,9996
3,1	0,99903	0,9991	0,99915	0,99921	0,9926
3,2	0,99931	0,99936	0,9994	0,99954	0,9994
3,3	0,99952	0,99955	0,99958	0,99961	0,99964
3,4	0,99966	0,99969	0,99971	0,99973	0,99975
3,5	0,99977	0,99978	0,9998	0,99981	0,9993

Интегральная функция нормированного нормального
распределения. Значения z для различных $\Phi(z)$

Таблица 4

$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z
0.0005	-3.2905	0.25	-0.6745	0.50	+0.000	0.80	+0.8416
0.005	-2.5750	0.30	-0.5244	0.55	+0.1257	0.85	+1.0364
0.01	-2.3267	0.35	-0.3853	0.60	+0.2533	0.90	+1.2816
0.05	-1.6449	0.40	-0.2533	0.65	+0.3853	0.95	+1.6449
0.10	-1.2816	0.45	-0.1257	0.70	+0.5244	0.99	+2.3267
0.15	-1.0364	0.50	-0.0000	0.75	+0.6745	0.995	+2.5750
0.20	-0.8416					0.9995	+3.2905

Распределение Стьюдента

$$P(|t| < t_p) = 2 \int_0^{t_p} s(t; k) dt$$

значения t_p

Таблица 5

P												
k	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
1	0,158	0,325	0,51	0,727	1	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,92	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,44	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,13	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,13	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,86	2,306	2,986	3,355
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,1	1,383	1,883	2,262	2,821	3,25
10	0,129	0,26	0,397	0,542	0,7	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,129	0,26	0,396	0,54	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,87	1,079	1,35	1,771	2,16	2,65	3,012
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,69	0,865	1,071	1,337	1,746	2,12	2,583	2,921

Продолжение таблицы 5

P												
k	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,069	1,333	1,74	2,11	2,567	2,898
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,067	1,33	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,86	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,08	2,518	2,831
22	0,127	0,256	0,39	0,532	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,127	0,256	0,39	0,532	0,685	0,858	1,06	1,319	1,714	2,069	2,5	2,807
24	0,127	0,256	0,39	0,331	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,707
25	0,127	0,256	0,39	0,531	0,684	0,856	0,058	1,316	1,708	2,06	2,485	2,787
26	0,127	0,256	0,39	0,531	0,684	0,856	0,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	0,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,127	0,256	0,389	0,53	0,683	0,855	0,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,127	0,256	0,389	0,53	0,683	0,854	0,055	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,127	0,256	0,389	0,53	0,683	0,854	0,055	1,31	1,697	2,042	2,457	2,75
40	0,125	0,253	0,385	0,5244	0,6744	0,8416	1,0364	1,281	1,684	2,021	2,3266	2,704
	6	3										
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576

Таблица значений F-критерия Фишера при уровне значимости $q = 0,05$

Таблица 6

k1 k2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,45	199,50	215,72	224,57	230,17	233,97	238,89	243,91	249,04	254,32
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
35	4,12	3,26	2,87	2,64	2,48	2,37	2,22	2,04	1,83	1,57
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
45	4,06	3,21	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,76	1,48
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,74	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,07	1,89	1,67	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,88	1,65	1,31
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,04	1,86	1,64	1,28

Продолжение таблицы 6

k1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,03	1,85	1,63	1,26
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,01	1,83	1,60	1,21
150	3,90	3,06	2,66	2,43	2,27	2,16	2,00	1,82	1,59	1,18
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	1,98	1,80	1,57	1,14
300	3,87	3,03	2,64	2,41	2,25	2,13	1,97	1,79	1,55	1,10
400	3,86	3,02	2,63	2,40	2,24	2,12	1,96	1,78	1,54	1,07
500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,11	1,96	1,77	1,54	1,06
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	1,95	1,76	1,53	1,03
□	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00

Значения критерия Аббе

Таблица 7

n	Vq при q, равном			n	Vq при q, равном		
	0,001	0,01	0,05		0,001	0,01	0,05
4	0,295	0,313	0,39	13	0,295	0,431	0,578
5	0,208	0,269	0,41	14	0,311	0,447	0,591
6	0,182	0,281	0,445	15	0,327	0,461	0,603
7	0,185	0,307	0,468	16	0,341	0,474	0,614
8	0,202	0,331	0,491	17	0,355	0,487	0,624
9	0,221	0,354	0,512	18	0,368	0,499	0,633
10	0,241	0,376	0,531	19	0,381	0,510	0,642
11	0,260	0,396	0,548	20	0,393	0,52	0,65
12	0,278	0,414	0,564				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы обработки измерительной информации. Методические указания к курсовой работе/Самар. гос. техн. ун-т.; Сост. В.Я Купер, Самара, 2011
2. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. М.: Изд-во стандартов, 1990
3. ГОСТ 8.207-76. Государственная система обеспечения единства средств измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. -М.: Изд-во стандартов, 1987. -76 с.
4. Грановский В.А., Серая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л.: Энергоатомиздат. - ЛО, 1990. -288 с.
5. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. -Л.: Энергоатомиздат, 1985. -248 с.
6. Справочник по прикладной статистике: в 2-х т. -М.: Финансы и статистика. Т. 1. 1989. -510 с. Т. 2. 1990. -526с.
7. Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям: учеб. пособие для вузов. – М.: Логос; Университетская книга, 2007. – 392 с.
8. РМГ 29-99 (Рекомендации по межгосударственной стандартизации). Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 2000.
9. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 1985
10. МИ 2083-90 (ГСИ. Измерения косвенные). Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. М.: Изд-во стандартов, 1991
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.
12. Горно-графическая документация / ГОСТ 2.280-75 – ГОСТ 2.857-75. - М.: Изд-во стандартов, 1983. - 200 с.
13. Единая система конструкторской документации [сайт]: URL:<http://www.pntd.ru/gost2.php> (дата обращения 11.01.2020).

14. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю., Яковлев А.Д. Машиностроительное черчение: справочник - СПб.: Политехника, 2013. - 488с.

15. Куликов В.П., Кузин А.В. Инженерная графика: учебник. - 3-е изд., испр. - М.: ФОРУМ, 2009. - 368 с.

16. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения

17. ГОСТ Р 2.105-2019 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам

18. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы (с Изменением N 1)

19. ГОСТ 7.82-2001 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления

20. ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправкой)

21. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений

22. ГОСТ 8.010-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений. Основные положения

23. ГОСТ Р 7.0.100-2018 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления

24. ГОСТ Р 50779.0-95 Статистические методы. Основные положения

25. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.Е. Позин. ГНТИХЛ. Ленинград. 1963. С. 640.

26. Основы экспериментальных исследований: учебное пособие. / В.А. Горохов. – Минск: Новое знание : М.: ИНФРА-М, 2015. -655с.

27. Основы научных исследований и планирование эксперимента: учебное пособие для магистрантов строительных специальностей высших учебных заведений / С.К. Ельмуратов, А.Ф. Ельмуратова. –Павлодар: Кереку, 2014, -77 с.

28. Тихонов В.А. Научные исследования: концептуальные, теоретические и практические аспекты. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009

29. Статистический анализ технологических процессов в среде Statistica и Excel: учебное пособие для вузов / А. И. Куценко [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Новокузнецкий филиал (НФ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 277 с.

30. Каганов В. И. Компьютерные вычисления в средах Excel и Mathcad М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 328 с.

31. Васильев, А.Н. Числовые расчеты в Excel [Электронный ресурс] : справочник / А.Н. Васильев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/68464>. — Загл. с экрана.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
1.1 Обработка результатов прямых измерений	5
1.2 Обработки серий нескольких результатов измерений	11
1.3 Обработка данных при совместных и совокупных измерениях	17
2 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	20
2.1 Общие требования к оформлению и структуре пояснительной записки	20
Методика расчета и исходные данные текст текст текст текст текст текст	22
2.2 Титульный лист и задание на курсовой проект	23
2.3 Аннотация	24
2.4 Содержание	25
2.5 Введение.....	27
2.6 Иллюстрации	31
2.7 Графики	33
2.8 Таблицы.....	37
2.9 Формулы и ссылки	40
2.10 Библиографический список.....	43
2.11 Приложения	48
3 ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ (ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ) КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	49
4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ.....	50
Задание №1 Обработка результатов серий прямых измерений ...	50
Задание №2 Обработка результатов прямых равноточных измерений	54
Задание №3 Обработка результатов косвенных измерений.....	56
Задание №4 Обработка результатов совместных измерений.....	59
Задание № 5 Обработка результатов совокупных измерений	60
Приложение 1	61
Пример титульного листа курсового проекта.....	61
Приложение 2	62

Пример листа с заданием на курсовой проект	62
Приложение 3	63
Основная надпись для первого листа чертежей и схем	63
Приложение 4 Справочные таблицы для расчетной части курсового проекта.....	66
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	73

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов магистратуры направления 20.04.01*

Сост.: *В.А. Родионов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
безопасности производств

Ответственный за выпуск *В.А. Родионов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.05.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 4,5. Усл.кр.-отт. 4,5. Уч.-изд.л. 4,3. Тираж 75 экз. Заказ 477.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2