Математические методы в инженерии

Содержание

1. Теория и практика приближенных вычислений

1.

08.09.2016

Вопросы:

1. Абсолютная и относительная погрешности

2. Верные значащие цифры

1. Правила округления чисел и погрешностей

ВВЕДЕНИЕ

Под **погрешностью** понимается величина, характеризующая точность результата.

Выделяют три основных вида погрешностей:

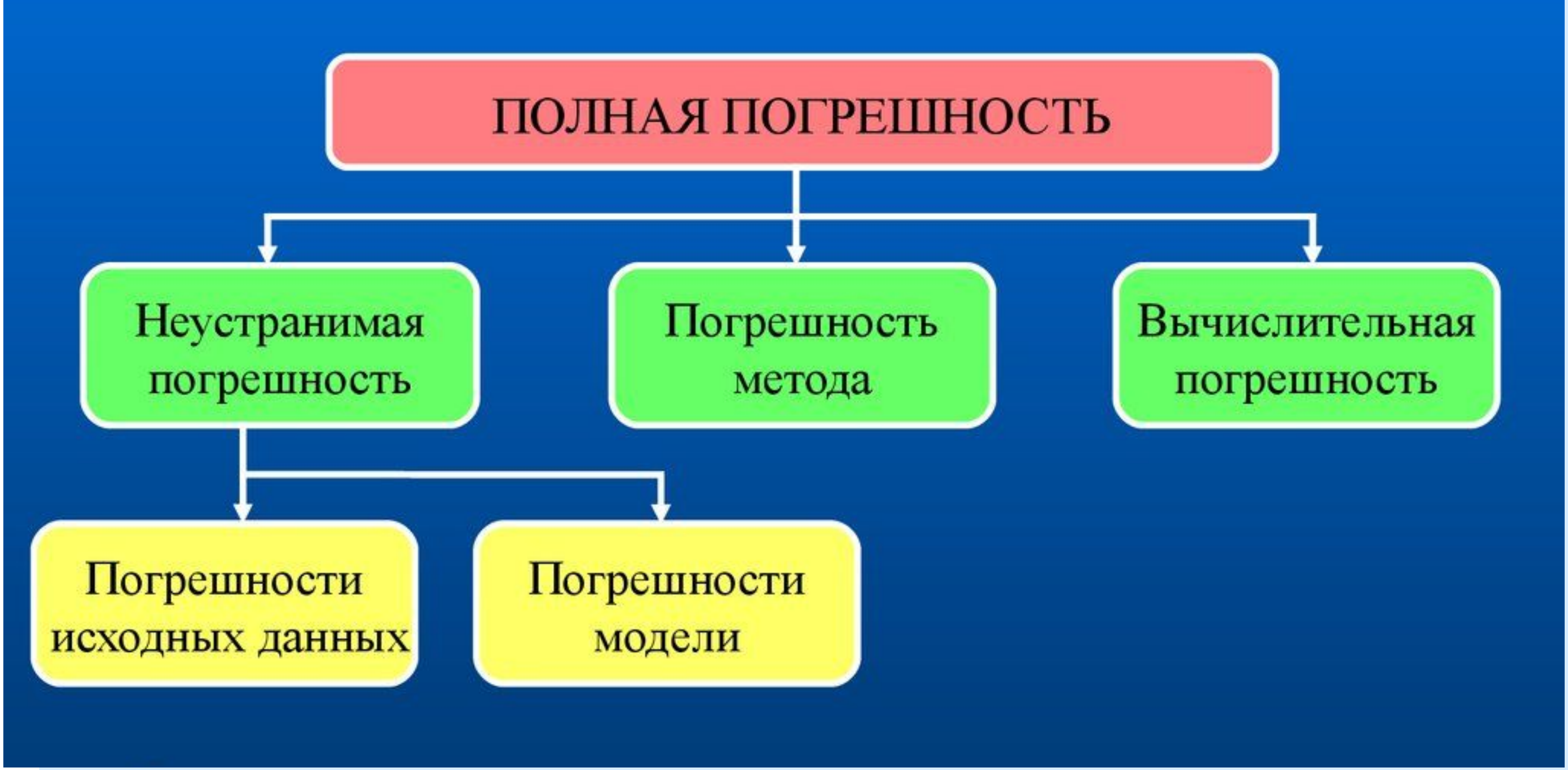
1. **Неустранимая погрешность** – эта погрешность связана:

а) с ошибками или неточностями исходных данных

б) несоответствие математического описания задачи реальности.

2. **Погрешность метода** связана со способом решения поставленной математической (инженерной) задачи с тем, что исходные данные заменяются приближенными. Например, заменяют интеграл суммой, производную – разностью, функцию – многочленом или строят бесконечный итерационный процесс, который обрывают после конечного числа итераций.

3. **Погрешность вычислений** возникает при округлении промежуточных и конечных результатов.


ПОЛНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ
Неустранимая погрешность
Погрешность метода
Вычислительная погрешность
Погрешности исходных данных
Погрешности модели

1. Абсолютная и относительная погрешности

Пусть X – точное значение некоторой величины, а x – ее известное приближенное значение.

- **Абсолютной погрешностью** приближенного числа x называется наименьшая величина, удовлетворяющая условию

$$|X - x| \le \Delta x$$

.

т.е. точное значение величины X лежит в интервале

$$x - \Delta x \le X \le x + \Delta x$$

- **Абсолютной относительной погрешностью** приближенного числа x называется отношение

$$\delta x = \frac{\Delta x}{|x|}$$

- **Абсолютная и относительная погрешности** связаны соотношением

$$\Delta x = |x| \cdot \delta x$$

  - Относительную погрешность часто выражают в процентах

2. Значащие цифры

- **Первая слева**, отличная от нуля цифра данного числа и все следующие за ней цифры называются **значащими**.

Пример.

В числе x=78,23 – четыре значащих цифры (7,8,2,3)

x =0,01280 – значащие цифры 1,2,8,0

x=2270000 – значащие все семь цифр

$x=2{,}27 \cdot 10^6$ – значащие только 2,2,7

Приближенные числа записываются в форме:

$$x \pm \Delta x$$

Погрешность Δx подбирают так, чтобы :

а) в записи Δx было не более 1 – 3 значащих цифр;

б) младшие разряды в записи числа x и погрешности Δx должны соответствовать друг другу

Пример: $102{,}1 \pm 0{,}2$; $4{,}531 \pm 0{,}011$; $-10{,}92 \pm 0{,}06$

Верные значащие цифры

2.1. Значащая цифра числа называется **верной в строгом (узком) смысле**, если абсолютная погрешность числа не превосходит 1/2 единицы разряда, в котором стоит эта цифра.

Пример 1. Определить, какие цифры числа 46,852 ±0,007 являются верными в строгом (узком) смысле.

Решение. Будем последовательно рассматривать все цифры числа

4 – стоит в разряде десятков, возьмем ½ от десяти = 5 и сравним число 5 > 0,007, следовательно, цифра 4 – верная в узком смысле

6: стоит в разряде единиц, $½=0,5>0,007$ - верная

8: стоит в разряде десятых, $0,1/2=0,05>0,007$ - верная

5: стоит в разряде сотых, $0,01/2=0,005<0.007$ – цифра 5 не является верной в узком смысле, а следовательно, и следующая цифра 2 тоже не является верной в узком смысле.

Таким образом, в записи числа $46,852±0,007$ верными являются цифры 4,6 и 8, поэтому можно записать это число 46,8 отметив, что все цифры верны в узком смысле.

Пример 2. Определить какие цифры числа $a= 2,91385$, $\Delta a=0,00097$являются верными в узком смысле.

Пример 3. Если в числе $a=6,92$ все цифры верны в узком смысле, то $\Delta a=$

2.2. Значащая цифра числа называется **верной в широком смысле**, если абсолютная погрешность числа не превосходит единицы разряда, в котором стоит эта цифра.

Цифры в записи числа, о которых неизвестно верны они или нет, называются сомнительными.

Пример 4. Если в числе b=4,1 все цифры верны в широком смысле, то Δb=0,1

Пример 4. Если в числе b=4,100 все цифры верны в широком смысле, то Δb=0,001

ВЫВОД. Записи 4,1 и 4,100 в теории приближенных вычислений означают не одно и тоже.

3. Правила округления чисел и погрешностей

3.1. При записи чисел руководствуются правилом: ***все значащие цифры должны быть верными***. Поэтому округление чисел, записанных в десятичной системе, производится по ***правилу первой отбрасываемой цифры***:

- если первая из отбрасываемых цифр меньше 5, то оставляемые цифры сохраняются без изменения;
- если первая из отбрасываемых цифр больше 5, то последняя оставляемая цифра увеличивается на единицу;
- если первая из отбрасываемых цифр равна 5, а за ней идут не нули, то последняя оставляемая цифра увеличивается на единицу;

Примеры. Округлить числа до сотых:

1) 1,2537≈1,25;

2) 1,2563≈1,26,;

3) 2,36566≈2,37;

4) 2,665≈2,66,(т.к. 6 – четная);

5) 2,635≈2,64,.

Погрешность округления

При округлении числа возникает **погрешность округления**, равная модулю разности неокругленного и округленного значений:

$$\Delta_{окр} = \left| x - x_{окр} \right|. \tag{1.3}$$

Тогда абсолютная погрешность $x_{окр}$ складывается из абсолютной погрешности числа x, являющегося приближением его точного значения, и погрешности округления.

Пример. Пусть в приближенном значении a=16,395 все цифры верны в широком смысле. Округлим a до сотых $a_{окр} = 16,40$. Тогда Δокр=0,005, а полная погрешность $\Delta a_{окр} = \Delta a + \Delta окр = 0,001+0,005=0,006$. Значит в $a_{окр} = 16,40$ цифра 0 не верна в строгом смысле.

3.2. Правила округления погрешностей

1. Погрешности, в отличие от чисел, всегда округляются в большую сторону (0,742 < 0,75)

2. Если первая значащая цифра погрешности единица, то в погрешности оставляют две значащих цифры. Во всех остальных случаях одну (1,12367 < 1,2 и 0,236845 < 0,3).

3. Если погрешность используется в дальнейших вычислениях, то оставляют еще одну сомнительную цифру (1,12367 < 1,13 и 0,236845 < 0,24).

Пример. Округлить до сотых число 4,5371±0,0482

Сначала округлим погрешность , оставив одну сомнительную цифру (правило 3) – получим 0,049

Округлим число – получим 4,54

Найдем погрешность округления 4,54 – 4,5371=0,0029

Найдем погрешность округленного числа 0,049+0,0029=0,0519 . Округлим – получим 0,06 (правило 1)

Окончательный ответ 4,54±0,06

15.09.2016

Прямая задача теории погрешностей

Вопросы :

1. Учет погрешности приближенных вычислений.
2. Систематический учет погрешностей при вычислениях
3. Метод подсчета цифр при определении погрешностей
4. Метод границ определения погрешности

Прямая задача теории погрешностей:

Заключается в том, чтобы оценить погрешность вычисления значений функции по заданной погрешности аргументов.

1. Учет погрешности приближенных вычислений

1.1. Строгие методы оценки точности результатов вычислений:

- ***Систематический пооперационный учёт погрешностей;***
- ***Метод границ*.**

При строгом методе формула итоговой погрешности вычислений выводится на основе формул учета погрешностей арифметических действий и вычисления функции.

1.2. Нестрогий метод оценки точности результатов вычислений – метод подсчета верных цифр

Погрешность результатов арифметических операций

Пусть известны погрешности Δx и Δy соответственно чисел x и y.

Предельная абсолютная погрешность алгебраической суммы равна сумме абсолютных погрешностей слагаемых.

$$\Delta(x+y)=\Delta x+\Delta y; \qquad \Delta(x-y)=\Delta x+\Delta y$$

Относительная погрешность алгебраической суммы равна

$$\delta(x+y)=\frac{\Delta(x+y)}{|x+y|}=\frac{\Delta x+\Delta y}{|x+y|}=\frac{|x|}{|x+y|}\delta x+\frac{|y|}{|x+y|}\delta y$$

$$\delta(x-y)=\frac{\Delta(x-y)}{|x-y|}=\frac{\Delta x+\Delta y}{|x-y|}=\frac{|x|}{|x-y|}\delta x+\frac{|y|}{|x-y|}\delta y$$

Предельная ***относительная погрешность произведения (частного)*** равна сумме относительных погрешностей слагаемых (делимого и делителя).

$$\delta(x \cdot y) = \delta x + \delta y \qquad \delta(x / y) = \delta x + \delta y$$

Предельные абсолютные погрешности произведения и частного вычисляется по формулам связи:

$$\Delta(x \cdot y) = |x \cdot y| \cdot \delta(x \cdot y) \quad \text{или} \quad \Delta(x \cdot y) = |x| \cdot \Delta y + |y| \cdot \Delta x$$

$$\Delta(x / y) = |x / y| \cdot \delta(x \cdot y)$$

или

$$\Delta(x / y) = \frac{|y| \cdot \Delta x + |x| \cdot \Delta y}{y^2}$$

Пример 1.

а) Записать порядок выполняемых операций, оценить погрешности их результатов, вычислить и оценить погрешность искомого значения F=(a – b) · c,

если a=0,8(±0,1)b=1,65(±0,01) c=0,153(±0,002)

Решение.

1) a – b = – 0,85;

$\Delta_a=0{,}1$, $\Delta_b = 0{,}01$, $\Rightarrow$ $\Delta_{a\text{-}b}=0{,}1+0{,}01=0{,}11$

2) (a – b)c= – 0,13005;

$$\Delta_{((a-b)c)} = |a-b|\cdot\Delta_c + |c|\cdot\Delta_{(a-b)}$$

$$\Delta((a-b)c) = |0{,}85|\cdot 0{,}002 + |0{,}153|\cdot 0{,}11 = 0{,}01853$$

Ответ: **F= – 0,13005±0,01853**

$$\Delta(x\cdot y) = |x|\cdot\Delta y + |y|\cdot\Delta x$$

Предельная ***относительная погрешность операций возведения в степень и извлечения корня.***

$$\delta(x^n) = n\delta x; \qquad \delta(\sqrt[n]{x}) = \frac{\delta x}{n}$$

Предельные абсолютные погрешности вычисляется по формулам связи:

$$\Delta(x^n) = \left|x^n\right| \cdot \delta(x^n) = \left|x^n\right| \cdot n \cdot \delta(x)$$

$$\Delta(\sqrt[n]{x}) = \left|\sqrt[n]{x}\right| \cdot \delta(\sqrt[n]{x}) = \left|\sqrt[n]{x}\right| \cdot \frac{\delta x}{n}$$

Погрешность вычисления функции

Пусть задана дифференцируемая функция и абсолютные погрешности аргументов

$$y = f(x_1, x_2, \dots x_n); \ \Delta x_i$$

Тогда абсолютная погрешность функции вычисляется по формуле Лагранжа:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots x_n)}{\partial x_i} \right| \Delta x_i$$

Если функция зависит от одного аргумента, то

$$\Delta y = \left| f'(x) \right| \cdot \Delta x$$

Пример 2.

а) Записать порядок выполняемых операций, оценить погрешности их результатов, вычислить и оценить погрешность искомого значения $F=(a-b)\cdot c$,

если $a=0{,}8(\pm 0{,}1)$ $b=1{,}65(\pm 0{,}01)$ $c=0{,}153(\pm 0{,}002)$

Решение.

Рассмотрим F как функцию от трех аргументов a,b,c

$$F'_a = c \qquad F'_b = -c \qquad F'_c = a - b$$

$\Delta F = c\cdot\Delta a + c\cdot\Delta b + (a-b)\cdot\Delta c =$
$=0{,}153*0{,}1+0{,}153*0{,}01+0{,}85*0{,}002=0{,}01683+0{,}0017=$
$=0{,}01853$

Пример 3.

Найти предельные абсолютную и относительную погрешности вычисления объема шара по выражению $V = 1/6(\pi d^3)$, если $d = 3{,}7 \pm 0{,}05$ см, а $\pi = 3{,}14$.

Решение.

Рассматривая d и π как переменные величины, вычисляем частные производные

$$\frac{\partial V}{\partial \pi} = \frac{1}{6} \cdot d^3 = 8{,}44;$$

$$\frac{\partial V}{\partial d} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot d^2 = 21{,}5.$$

$\Delta\pi = 0{,}0016$

Используя формулу для вычисления погрешности функции, зависящей от двух переменных

$$|\Delta f| = \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right|\Delta x + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\right|\Delta y,$$

находим предельную абсолютную погрешность объема

$$\Delta_V = \left|\frac{\partial V}{\partial \pi}\right| \cdot |\Delta \pi| + \left|\frac{\partial V}{\partial d}\right| \cdot |\Delta d| = 8{,}44 \cdot 0{,}0016 + 21{,}5 \cdot 0{,}05 = 0{,}013 + 1{,}075 =$$

$$= 1{,}088 \text{ см}^3 \approx 1{,}1 \text{ см}^3.$$

Пример 4.

а) Записать порядок выполняемых операций, оценить погрешности их результатов, вычислить и оценить погрешность искомого значения F .

б) Определить число верных (в узком и широком смысле) знаков в результате.

$$F = \frac{a^2 + b^3}{\cos t}, \; a = 28{,}3 \pm 0{,}02, \; b = 7{,}45 \pm 0{,}01, \; t = 0{,}7854 \pm 0{,}0001.$$

Решение. **а) приближенные значения исходных данных:**

$a = 28{,}3$ $b = 7{,}45$ $t = 0{,}7854$

Абсолютные погрешности исходных данных:

$\Delta a = 0{,}02$ $\Delta b = 0{,}01, \; \Delta t = 0{,}0001$

Относительные погрешности исходных данных:

$$\delta a = \frac{\Delta a}{|a|} = \frac{0{,}02}{28{,}3} = 0{,}00070671; \; \delta b = \frac{\Delta b}{|b|} = \frac{0{,}01}{7{,}45} = 0{,}0013423;$$

$$\delta t = \frac{\Delta t}{|t|} = \frac{0{,}0001}{0{,}7854} = 0{,}00012732.$$

- **Порядок выполняемых операций:**

$$) \; a^2 = 800,89 \Rightarrow \quad \delta a^2 = 2\delta a = 0,0014134 \Rightarrow \quad \Delta a^2 = 800,89 \cdot 0,0014134 = 1,132;$$

$$) \; b^3 = 413,49 \Rightarrow \quad \delta b^3 = 3\delta b = 0,0040269 \Rightarrow \quad \Delta b^3 = 413,49 \cdot 0,0040269 = 1,6651$$

$$) \; a^2 + b^3 = 1214,4; \qquad \Delta\left(a^2 + b^3\right) = \Delta a^2 + \Delta b^3 = 2,7971;$$

$$\delta\left(a^2 + b^3\right) = \frac{2,7971}{1214,4} = 0,0023033.$$

$$) \; \cos t = 0,70711; \quad \Delta(\cos t) = \left|(\cos t)'\right| \cdot \Delta t = \left|-\sin t\right| \cdot \Delta t = 0,0000707;$$

$$\delta(\cos t) = \frac{\Delta(\cos t)}{\left|\cos t\right|} = 0,0001.$$

$$) \; F = \frac{a^2 + b^3}{\cos t} = \frac{1214,4}{0,70711} = 1717,413;$$

$$\delta F = \delta\left(a^2 + b^3\right) + \delta(\cos t) = 0,0023033 + 0,0001 = 0,0024033;$$

$$\Delta F = 1717,413 \cdot 0,0024033 = 4,1274586629.$$

б) Для определения числа верных знаков воспользуемся определением и оценкой для абсолютной погрешности функции.

$$\left|\frac{\partial F}{\partial a}\right| = \left|\frac{2a}{\cos t}\right| = 80,0446, \qquad \left|\frac{\partial F}{\partial b}\right| = \left|\frac{3b^2}{\cos t}\right| = 235,4776,$$

$$\left|\frac{\partial F}{\partial t}\right| = \left|-\frac{a^2+b^3}{\cos^2 t}(-\sin t)\right| = 1717,40725.$$

Таким образом, $\Delta F = \left|\frac{\partial F}{\partial a}\right|\Delta a + \left|\frac{\partial F}{\partial b}\right|\Delta b + \left|\frac{\partial F}{\partial t}\right|\Delta t = 4,1274.$ $F = 1717,413.$

По определению числа верных знаков,

$$3: \Delta F > \frac{1}{2}\cdot 10^{-3}; \quad 1: \Delta F > \frac{1}{2}\cdot 10^{-2};$$

$$4: \Delta F > \frac{1}{2}\cdot 10^{-1}; \quad 7: \Delta F > \frac{1}{2}\cdot 10^{0}; \quad 1: \Delta F < \frac{1}{2}\cdot 10^{1}.$$

- **Ответ**: число верных знаков *m*=3 и

$F = 1717.$

Метод границ

По известным нижним и верхним границам данных чисел, находят отдельно нижнюю и верхнюю границы результата.

Для суммы:

НГ(x + y) = НГx + НГy ; ВГ(x + y) = ВГx + ВГy .

Для умножения:

НГ(xy) = НГx × НГy; ВГ(x y) = ВГx × ВГy .

Пример. Сложить два числа:

$x \approx 3{,}2\ (\pm 0{,}05)$ и $y \approx 7.9\ (\pm 0{,}05)$.

Границы чисел $3{,}15 < x < 3{,}25$, и $7{,}85 < y < 7{,}95$,

Границы суммы $11{,}00 < x + y < 11{,}20$.

Ответ: $x + y \approx 11{,}1\ (\pm 0{,}1)$.

Метод границ

Для обратных действий – **вычитания и деления**:

НГ(х – у) = НГх – ВГу ; ВГ(х – у) = ВГх – Нгу .

$$НГ\left(\frac{x}{y}\right)=\frac{НГx}{ВГy};\quad ВГ\left(\frac{x}{y}\right)=\frac{ВГx}{НГy}$$

Из определения НГ и ВГ вытекают следующие правила:

1) округлять НГ можно только по недостатку, а ВГ – по избытку;
2) чем меньше разность ВГх – НГх , тем точнее определяется х;
3) в качестве приближенного значения х рекомендуется брать среднее арифметическое чисел НГх и ВГх.

Оценить точность вычислений методом границ

Пример 5.	Решение.
Найти значение $$x = \frac{(a-b)c}{a+b}$$ если $a \approx 9{,}21$ (±0,01); $b \approx 3{,}05$ (±0,02), $c \approx 2{,}33$ (±0,01).	Определяем НГ и ВГ каждого из чисел a , b , c и, Соответствующих действий, находим НГ и ВГ числа x. Запись удобно оформить в виде таблицы.

	a	b	c	a – b	(a–b)c	a+b	x
НГ	9,20	3,03	2,32	6,13	14,22	12,23	1,15
ВГ	9,22	3,07	2,34	6,19	14,29	12,29	1,19

НГ(a-b)=НГa – ВГb = 9,20 – 3,07=6,13
ВГ(a-b)=ВГa – НГb = 9,22 – 3,03 = 6,19

НГx = НГ(числителя)/ ВГ(знаменателя) = 14,22/12,29=1,15
ВГx = ВГ(числителя)/ НГ(знаменателя) = 14,29/12,23=1,19

Абсолютная погрешность: $\Delta_x = \dfrac{ВГ_x - НГ_x}{2} = 0{,}02$

Среднее значение: $N_{cp} = \dfrac{ВГ_x + НГ_x}{2} = 2{,}35/2 = 1{,}175$.

Определить в записи среднего значения верные цифры в широком смысле – это две первые цифры 1 и 1, следовательно, результат можно записать в виде x= 1,2 ± 0,02.

Ответ: x= 1,2 (± 0,02), δx = 1,7%

Метод подсчета верных цифр – нестрогий метод оценки точности вычислений

Правила подсчета цифр.

1. **При сложении и вычитании** приближённых чисел в результате следует сохранять столько десятичных знаков, сколько их в приближённом данном с наименьшим числом десятичных знаков.

Пример.	**Решение.**
Найти сумму приближенных чисел 127,42; 67, 3; 0,12 ; 3,03	127,42+ 67, 3+0,12 + 3,03 = **197,87 ≈ 197,9,**

2. **При умножении и делении** в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближённое данное с наименьшим числом значащих цифр.

Пример	**Решение.**
Умножить приближенные числа 3,4 и 12,32.	$3{,}4 \times 12{,}32 = 41{,}888 \approx \mathbf{42}$

3. **При возведении в степень и извлечении корня** в результате сохраняют столько значащих цифр, сколько имелось их в исходном числе

Примеры.

1) $2{,}3^2 = 5{,}29 \approx 5{,}3$;

2) $0{,}8^3 = 0{,}512 \approx 0{,}5$.

4. **Во всех промежуточных результатах** оставляют кроме верны одну сомнительную цифру (остальные отбрасывается).

6. Обратная задача теории погрешности

Обратная задача теории погрешности заключается в следующем: при каких значениях аргумента известная функция $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ будет иметь погрешность не превосходящую заданной величины.

Простейшее решение обратной задачи дается **принципом равных влияний**.

Согласно этому принципу предполагается, что все частные дифференциалы одинаково влияют на образование общей абсолютной погрешности.

Предельная погрешность функции $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ для малых абсолютных погрешностей аргументов Δx_i:

$$\boxed{\Delta y = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right| \Delta x_i}$$

5. Обратная задача теории погрешностей

- Необходимо определить допустимую погрешность аргументов по допустимой погрешности функции.

Для функции $y=f(x)$ одной переменной абсолютную погрешность можно приближенно в по формуле

$$\Delta x^* = \frac{1}{\left|f'(x^*)\right|}\Delta y, \quad f'(x^*) \neq 0. \tag{14}$$

Для функции нескольких $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ применяют принцип равных влияний, т.е. считают, что все слагаемые $\left|\frac{\partial f}{\partial x_i}\right|\Delta x_i^*,\ i=\overline{1,n}$, равны между собой.

Тогда абсолютные погрешности всех аргументов определяются формулой

$$\Delta x_i^* = \frac{\Delta y}{n\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)}, \quad i=\overline{1,n}. \tag{15}$$

Пример (обратная задача)

Выяснить погрешность m задания исходных данных, необходимую для получения результата с верными значащими цифрами.

$$F = \frac{a^2 + b^3}{\cos t},\ a \approx 28{,}3,\ b \approx 7{,}45,\ t \approx 0{,}7854,\ m = 5.$$

$$a^2 = 800{,}89,\ b^3 = 413{,}49,\ \cos t = 0{,}70711,\ a^2 + b^3 = 1214{,}4,$$

$$F = \frac{a^2 + b^3}{\cos t} = \frac{1214{,}4}{0{,}7071} = 1717{,}413$$

5

(полагаем первые m цифр верными).

Согласно определению $\Delta F \le \frac{1}{2} \cdot 10^{-1} = 0{,}05$. абсолютная погрешность

Исходим из того, что $\Delta F \le \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| \Delta x_i^*$.

Для использования принципа равных влияний считаем, что все слагаемые $\left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| \Delta x_i^*, \ i=1,\dots,n$, равны между собой. Тогда абсолютные погрешности всех аргументов определяются формулой:

$$\Delta x_i^* = \frac{\Delta F}{n\left|\frac{\partial F}{\partial x_i}\right|}, \quad i = 1,\dots,n.$$

Находим

$$\Delta a = \frac{\Delta F}{3\left|\frac{\partial F}{\partial a}\right|} = \frac{0,05}{(3\cdot 80,0446)} = 0,0002; \quad \Delta b = \frac{\Delta F}{3\left|\frac{\partial F}{\partial b}\right|} = \frac{0,05}{(3\cdot 235,4776)} = 0,00007;$$

$$\Delta t = \frac{\Delta F}{3\left|\frac{\partial F}{\partial t}\right|} = \frac{0,05}{(3\cdot 1717,40725)} = 0,00000970.$$

Задание №1

Тема: Погрешность

- 1. Определить, какое равенство точнее.
- 2. Округлить сомнительные цифры числа, оставив верные знаки.
- 3. Найти абсолютные и относительные погрешности чисел, если они имеют только верные цифры.
- 4. а) Записать порядок выполняемых операций, оценить погрешности их результатов, вычислить и оценить погрешность искомого значения (прямая задача).
- б) Определить число верных знаков в результате.
- 5. Выяснить погрешность задания исходных данных, необходимую для получения результата с m верными значащими цифрами (обратная задача).