ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА. СРЕДНИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Башашина К.В.

05.04.2016

Основные понятия и положения темы

Статистика имеет следующие основные функции:

- **Информационная функция** статистики состоит из сбора, обобщения и представления достоверной, своевременной информации об исследуемом явлении. Часто исследованию подлежат тысячи объектов, в этом случае сплошное изучение становится невозможным и необходимо провести выборочное исследование. Поэтому важное значение приобретают технологии сбора, обработки и анализа данных.

Основные понятия и положения темы

- **Прогностическая функция** статистики состоит в оценивании вероятностей тех или иных случайных событий, которые происходят в изучаемом процессе, показателей тех или иных случайных величин, связанных с этим процессом. Эта функция служит основой для принятия управленческих решений. С помощью этой функции можно получить сигнал о возможности появления кризисных явлений в изучаемом процессе, если не внести каких-то изменений в управление им.

Основные понятия и положения темы

- **Аналитическая функция** статистики состоит, во-первых, в количественном исследовании тенденций развития процесса; во-вторых, в изучении этого процесса в динамике; в-третьих, в измерении связей между разными факторами, влияющими на процесс, и его результатами.

Основные понятия и положения темы

- Объектом наблюдения описательной статистики является **статистическая совокупность**, состоящая из отдельных предметов или явлений – единиц наблюдения, взятых в определённых границах времени и пространства. Они объединены общей связью, но различаются по ряду варьирующихся признаков.
- **Единица наблюдения** – первичный элемент статистической совокупности, являющийся носителем признаков, подлежащих изучению.

Основные понятия и положения темы

- Статистическая совокупность, подлежащая исследованию, называется **генеральной совокупностью**. Теоретически генеральная совокупность может быть безгранична.
- **Выборочная совокупность (выборка)** – подмножество (часть) генеральной совокупности, получаемое посредством случайного отбора. Смысл выборочного метода состоит в том, что извлечение из некоторой весьма пространной (или вообще беспредельной) генеральной совокупности несравненно меньших по объему выборок резко экономит время обработки данных. Процесс случайного отбора данных называется **процессом рандомизации** (random – «случайный»).

Основные понятия и положения темы

- **Репрезентативность выборочной совокупности –** свойство выборки корректно отражать генеральную совокупность.
- Одна и та же выборка может быть репрезентативной и нерепрезентативной для разных генеральных совокупностей. Например, выборка, целиком состоящая из пациентов, больных сахарным диабетом, не репрезентирует всех пациентов больницы, но может отлично отображать пациентов-диабетиков.

Основные понятия и положения темы

- Выделяют репрезентативность **количественную** и **качественную (структурную**).
- **Количественная репрезентативность** определяется *числом* наблюдений, гарантирующим получение статистически достоверных данных. В общем, здесь действует основной постулат закона больших чисел — «чем больше наблюдений — тем результаты достоверней» или «чем больше число наблюдений, тем больше значения характеристик выборки приближаются к соответствующим характеристикам генеральной совокупности».
- **Качественная репрезентативность** — обозначает структурное соответствие выборочной и генеральной совокупностей. Например: если в составе генеральной совокупности 50% — лица мужского пола, то и в выборочной группе их должно быть 50%.

Основные понятия и положения темы

- Для каждого объекта (единицы наблюдения) регистририруют один и тот же признак или признаки. Например, регистрируется рост и масса людей; численность населения, уровень рождаемости и смертности для городов; объем памяти и т.д. Признак, который регистрируется для каждого из объектов, называют **переменной.**

Основные понятия и положения темы

- **Вариационный ряд** – ряд числовых измерений какого-либо признака, отличающихся друг от друга по своей величине и расположенных в определенном порядке (возрастания или убывания).
- Каждое числовое значение в вариационном ряду называют **вариантой (v)**.
- **Частота данной варианты –** это количество элементов совокупности, имеющих одинаковое числовое значение. Отношение частоты варианты к объему совокупности (или общему числу наблюдений **n**) называется **относительной частотой варианты** и обозначается через

$$v_1 = \frac{p_1}{n},\ v_2 = \frac{p_2}{n}, \ldots, v_k = \frac{p_k}{n}$$

- при этом выполнятся условие $v_1+v_2+\ldots+v_k=1$.

Основные понятия и положения темы

- **Вариация** – это различие в значениях какого-либо признака у разных единиц данной совокупности в один и тот же период или момент времени. *Вариация* возникает в результате того, что индивидуальные значения признака складываются под совокупным влиянием разнообразных факторов (условий), которые по-разному сочетаются в каждом отдельном случае.
- К основным показателям вариации относятся: размах вариации, объем выборки, медиана, мода, среднее, дисперсия и т.д.

Показатели вариации

Название	Обозначение	Название в сводной таблице	Методы вычисления	Формула Excel
Размах вариации	R	Интервал	Разница максимального и минимального значения	МАКС(интервал)-МИН(интервал)
Объем выборки	n	Счет	Количество статистических единиц	СЧЕТ(интервал)
Медиана	Me	Медиана	Центральное значение отсортированной выборки	МЕДИАНА (интервал)
Мода	Mo	Мода	Наиболее часто встречающееся значение	МОДА(интервал)

Показатели вариации

Название	Обозначение	Название в сводной таблице	Методы вычисления	Формула Excel
Среднее	$\overline{x}$	Среднее	$\overline{x} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (1)$	СРЗНАЧ(интервал)
Дисперсия	D	Дисперсия	Средний квадрат отклонения от среднего значения	ДИСП(интервал)
Среднее квадратичное отклонение	σ	Стандартное отклонение	$\sigma = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}} \quad (2)$	СТАНДОТКЛОНА (интервал)
Коэффициент вариации	V_σ	-	$V_\sigma = \dfrac{\sigma}{\overline{x}} \cdot 100$	-
Коэффициент эксцесса	E	Эксцесс	$E_x = \dfrac{\sum (x_i - \overline{x})^4}{n\sigma^2}$	ЭКСЦЕСС (интервал)

Виды вариационных рядов:

1. В зависимости от вида случайной величины:
- дискретный;
- непрерывный.

2. В зависимости от группировки вариант:
- несгруппированный;
- сгруппированный (интервальный):

3. В зависимости от частоты, с которой каждая варианта встречается в вариационном ряду:
- простой ($p = 1$);
- взвешенный ($p > 1$).

- Вариационный ряд можно разбивать на отдельные (по возможности равные) части, которые называются **квантилями.**

Название квантилей	**Число частей, на которые разбивается ряд**
Медиана	2
Терциль	3
Квартиль	4
Дециль	10
Процентиль	100

- **Средняя величина** – это обобщающий показатель статистической совокупности, который погашает индивидуальные различия значений статистических величин, позволяя сравнивать разные совокупности между собой.
- В зависимости от характера задачи пользуются тем или иным видом средней величины. К ним принадлежат среднее арифметическое, мода, медиана, степенные средние (среднее гармоническое, среднее геометрическое и т.п.).

- Пусть имеется n объектов, для которых измерена некоторая характеристика, и получены значения x_1, x_2, …, x_n. Среднее арифметическое этих n значений обозначают через $\overline{x}$ (или М) и определяют как

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

- **Медиана**, или **средняя точка**, может быть вычислена как для порядковых, так и для количественных данных. Если все элементы совокупности размещены в порядке возрастания или убывания числовых значений признака, то *медиана* – это такое значение признака, которое делит всю совокупность пополам.

Итак, количество элементов совокупности, имеющих значение признака, меньшее медианы, равно количеству элементов со значением признака, большим медианы. Будем обозначать медиану символом ***Me***.

- При нахождении медианы дискретного вариационного ряда следует различать два случая:

1) объем совокупности нечетный;

2) объем совокупности четный.

- Если объем совокупности нечетный и равен (2n+1), и варианты размещены в порядке возрастания их значений:

$$\underbrace{v_1, v_2, \dots, v_n}_{n \text{ значений}}, v_{n+1}, \underbrace{v_{n+2}, \dots, v_{2n+1}}_{n \text{ значений}}$$

то *Me*= v_{n+1}

- Если же количество элементов четное и равно 2*n*, *то нет варианты, которая бы делила совокупность на две равные по объему части*:

$$\underbrace{v_1, v_2, \dots, v_n}_{n\text{ значений}}, \underbrace{v_{n+1}, \dots, v_{2n}}_{n\text{ значений}}$$

поэтому в качестве медианы условно берется полусумма вариант, находящихся в середине вариационного ряда:

$$Me = \frac{v_n + v_{n+1}}{2}.$$

- Медиана обладает важными свойствами, которые в некоторых случаях дают ей преимущество перед другими средними величинами. Например, если при упорядоченном размещении некоторого признака "крайние" значения сомнительные и к тому же резко отличаются от основной массы данных, то в качестве меры центральной тенденции целесообразно использовать медиану. Это связано с тем, что на ее величину эти "крайние" значения никакого влияния не оказывают, а в то же время они могут существенным образом повлиять на значение среднего арифметического.

- Среднее арифметическое является хорошей мерой центральной тенденции для количественных данных, не имеющих выбросов; медиана - для порядковых данных и для количественных данных, в том числе и при наличии выбросов. Подобная характеристика нужна и для номинальных данных. Такой характеристикой является **мода**. Она применяется как для неупорядоченных категорий, так и для упорядоченных, и для количественных данных.

- **Мода** – это такое значение признака, которое встречается наиболее часто. В случае дискретных рядов вычислить моду нетрудно. Достаточно найти варианту, которая имеет наибольшую частоту или относительную частоту, это и будет мода. Будем обозначать моду символом Мо.
- Если все значения в вариационном ряде встречаются одинаково часто, то считают, что этот ряд **не имеет моды.**
- Если два соседних значения вариационного ряда имеют одинаковую частоту, и она больше частоты любого другого значения, то считают, что мода равняется среднему арифметическому этих значений.
- Если два не соседних значения вариационного ряда имеют одинаковую частоту, и она больше частоты любого другого значения, то считают, что вариационный ряд имеет **две моды**, а соответствующее распределение называют **бимодальным.**

Для правильного выбора пути статистического анализа необходимо знать вид распределения изучаемого признака.

Под **видом распределения** случайной величины понимают соответствие, устанавливаемое между всеми возможными числовыми значениями случайной величины и вероятностями их появления в совокупности. Вид (закон) распределения может быть представлен:

- аналитической зависимостью в виде формулы;
- в виде графического изображения;
- в виде таблицы.

Виды распределений

Для графического изображения вариационного ряда применяют **полигоны** и **гистограммы**. *Полигоны* используют для изображения рядов дискретных величин, а *гистограммы* — непрерывных. При построении *полигона* на оси абсцисс откладывают значения вариант или их групп, на оси ординат— частоты. Полученные точки соединяют прямыми линиями. При построении *гистограммы* на оси абсцисс восстанавливают столбики, по высоте соответствующие частотам взятых интервалов, а вся гистограмма приобретает вид суммы прямоугольников.

Графическое изображение вариационного ряда дает ориентировочное представление о законе, которому подчиняется повторяемость вариант, так называемом законе распределения.

Знание закона распределения варьирующих признаков или достаточно достоверное предположение о нем дают возможность исследователю выбрать наиболее правильный и эффективный метод для статистической характеристики имеющихся наблюдений.

Если исследуются непрерывные случайные величины и ряд на графике выглядит одновершинной симметричной кривой, то можно предположить, что изучаемые величины подчиняются **нормальному закону распределения.**

Например, исследователем произведено 47 измерений мембранного потенциала мышечной клетки в покое (с точностью до 1 мВ).

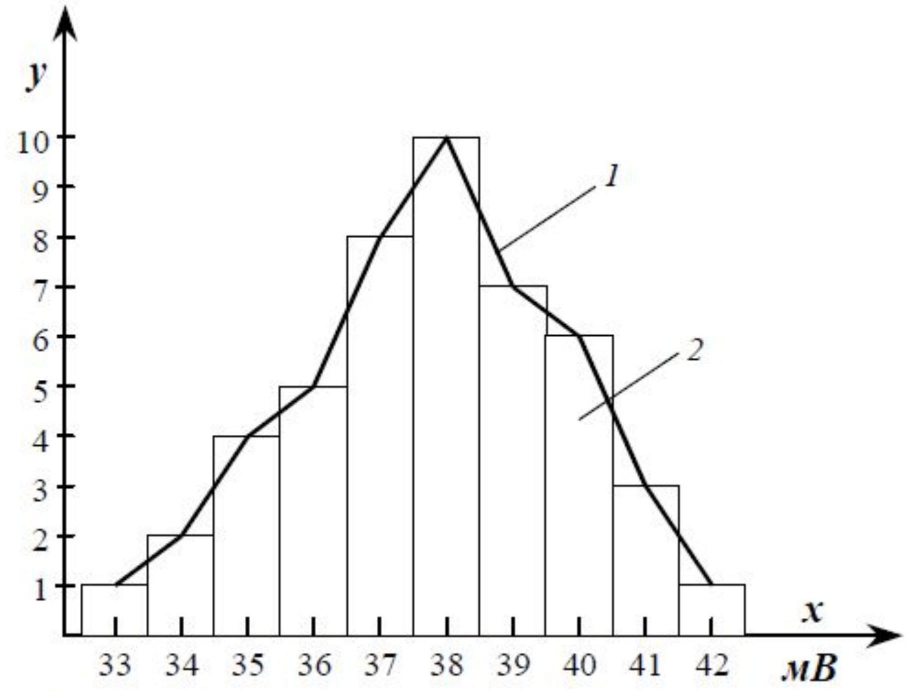


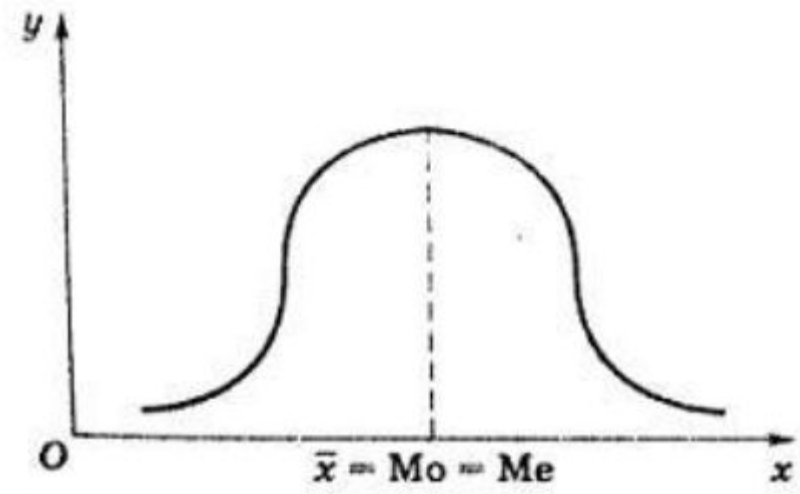
Рис. 1.1. Полигон (1) и гистограмма (2) распределения

- **Нормальное (Гауссово, симметричное, колоколообразное)** распределение – одно из самых важных распределений в статистике. Оно характризуется тем, что наибольшее число наблюдений имеет значение, близкое к среднему, и чем больше значения отличаются от среднего, тем меньше таких наблюдений. Примерами характеристик, подчиняющихся нормальному распределению, являются показатели роста, веса, какие-либо биохимические показатели крови.
- Гауссово распределение характеризует распределение непрерывных случайных величин и встречается в природе наиболее часто, за что и получило название «нормального».

Кривая нормального распределения имеет следующие свойства:

- колоколообразна (унимодальна);
- симметрична относительно среднего;
- сдвигается вправо, если среднее увеличивается, и влево, если среднее уменьшается (при постоянной дисперсии).

- Среднее арифметическое, мода и медиана при нормальном распределении равны и соответствуют вершине распределения:



- Нормальное распределение описывает явления, которые носят вероятностный, случайный характер, а также совместное воздействие на изучаемое явление небольшого числа случайно сочетающихся факторов. Однако, если какой-либо фактор играет преобладающую роль, то распределение не будет подчиняться Гауссову закону. Например, при исследовании показателя сахара крови для больных сахарным диабетом кривая распределения, имеющая симметричную форму для совокупности здоровых пациентов, станет несимметричной, и ее максимум сместится вправо (левостороннее асимметричное распределение).
- При асимметричном распределении данных наиболее полезной мерой центральной тенденции становится медиана. Это связано с тем, что на простую среднюю арифметическую сильно влияют экстремальные (очень высокие или очень низкие) значения, из-за чего она может стать причиной неверной интерпретации результатов. Медиана же менее подвержена влиянию экстремальных

- Если график распределения имеет **правостороннюю асимметрию** ("хвост" вправо, в вариационном ряду преобладают варианты меньших значений), то в этом случае мода размещена левее, а среднее арифметическое– правее медианы.
- Обратное расположение имеет место при **левосторонней асимметрии графика**. При этом, чем больше асимметричен график, тем больше расстояние между его средними точками.

- **Бимодальное (двугорбое)** распределение наблюдается тогда, когда исследуемый признак анализируется вне однородной совокупности и, следовательно, необходимо учитывать два средних значения признака для достоверного анализа. Пример: при оценке физического развития детей подростков распределение роста будет иметь две моды (соответствующие девочкам и мальчикам).
- **Альтернативное распределение** наблюдается в том случае, когда значения исследуемого признака распределяются по принципу: «да/нет», т.е. взаимоисключают друг друга. Подобное распределение характерно для описания качественных признаков (пример: мужской, женский пол).

Использование средних величин в медицине и здравоохранении:

а) для оценки состояния здоровья — например, параметров физического развития (средний рост, средний вес, средний объем жизненной емкости легких и др.), соматических показателей (средний уровень сахара в крови, средний пульс, средняя СОЭ и др.);

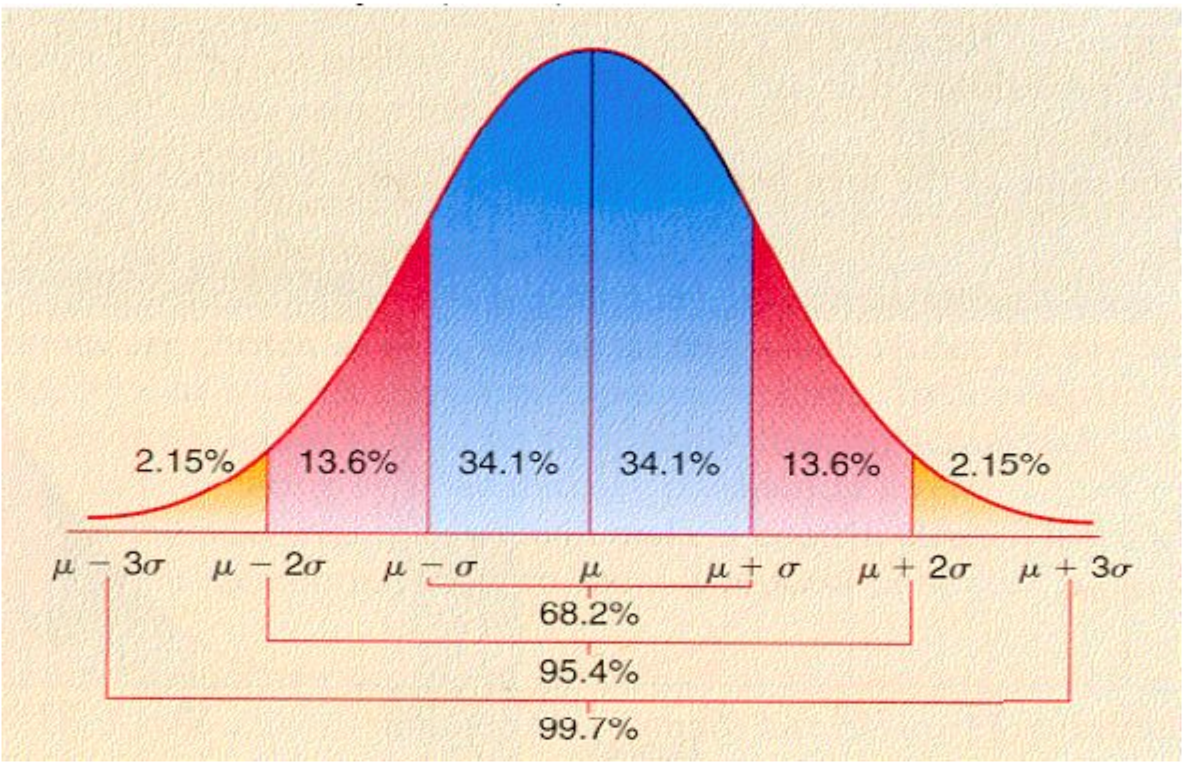
б) для оценки организации работы лечебно-профилактических и санитарно-противоэпидемических учреждений, а также деятельности отдельных врачей и других медицинских работников (средняя длительность пребывания больного на койке, среднее число посещений за 1 ч. приема в поликлинике и др.);

в) для оценки состояния окружающей среды.

Применение среднеквадратического отклонения

- для суждения о колеблемости вариационных рядов и сравнительной оценки типичности (представительности) средних арифметических величин. Это необходимо в дифференциальной диагностике при определении устойчивости признаков;
- для реконструкции вариационного ряда, т.е. восстановления его частотной характеристики на основе правила "трех сигм". В интервале $M \pm 3\sigma$ находится 99,7% всех вариант ряда, в интервале $M \pm 2\sigma$ — 95,5% и в интервале $M \pm \sigma$ — 68,3% вариант ряда – нормальное распределение (распределение Гаусса), при этом М – находится в максимуме
- для выявления "выскакивающих" вариант (при сопоставлении реального и реконструированного вариационных рядов);
- для определения параметров нормы и патологии с помощью сигмальных оценок;
- для расчета коэффициента вариации;
- для расчета средней ошибки средней арифметической

Правило «трёх сигм»



Коэффициент вариации

- это процентное отношение среднеквадратического отклонения к среднеарифметической величине:
- **$V_\sigma = (\sigma / M) \times 100\%$.**
- Коэффициент вариации — это относительная мера колеблемости вариационного ряда

Применение коэффициента вариации

- для оценки разнообразия каждого конкретного вариационного ряда и, соответственно, суждения о типичности отдельной средней (т.е. ее способности быть полноценной обобщающей характеристикой данного ряда). При V_σ<10% разнообразие ряда считается слабым, при V_σ от 10 до 20% — средним, а при V_σ >20% — сильным. Сильное разнообразие ряда свидетельствует о малой представительности (типичности) соответствующей средней величины и, следовательно, о нецелесообразности ее использования в практических целях;
- для сравнительной оценки разнообразия (колеблемости) разноименных вариационных рядов и выявления более и менее стабильных признаков, что имеет значение в дифференциальной диагностике.

Формулы расчета и определения основных показателей

- Количественные характеристики вариационных рядов, вычисленные по результатам измерений на выборочной совокупности (выборочные характеристики), рассматриваются в математической статистике как приближенные или **точечные оценки** соответствующих параметров генеральной совокупности, которые, как правило, остаются неизвестными.

Так выборочная средняя ($\bar{x}$) является точечной оценкой генеральной средней (μ), выборочная дисперсия (S^2) служит оценкой генеральной дисперсии (σ^2), среднее квадратичное отклонение (S) - точечная оценка стандартного отклонения (σ) генеральной совокупности, объем которой стремится к бесконечности. Как правило, точечные оценки не совпадают с соответствующими генеральными параметрами.

Формулы расчета и определения основных показателей

- Величину отклонения выборочного показателя от соответствующего генерального параметра характеризуют с помощью **ошибки репрезентативности**.
- **Ошибку репрезентативности средней арифметической** определяют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{(x_1 - \overline{x})^2 + (x_2 - \overline{x})^2 + \ldots + (x_n - \overline{x})^2}{n \cdot (n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (3)$$

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

- Сущность этого метода заключается в том, что по некоторой выборке устанавливается интервал, в котором с заданной вероятностью содержится значение исследуемого параметра генеральной совокупности.
- ***Вероятность*** Р, признанная достаточной для уверенного суждения об исследуемом параметре генеральной совокупности на основании выборочных показателей, называется ***доверительной***. Выбор того или иного значения доверительной вероятности осуществляется исходя из практических соображений и той ответственности, с которой делаются выводы о параметрах генеральной совокупности. В особенно ответственных медицинских экспериментах выбирают Р= 0,999; в остальных случаях Р= 0,95.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

- Алгоритм данного метода заключается в выполнении следующих операций:

1. Определяют по формуле (1) среднее арифметическое $\bar{x}$результатов измерений исследуемой выборки.

2. По формуле (2) находят среднее квадратическое отклонение σ отдельного результата измерения.

3. Определяют по формуле (3) стандартную ошибку m.

4. По таблице находят критерий Стьюдента, зависящий от числа степеней свободы ν = n - 1 и выбранной доверительной вероятности P=0,95; 0,99 или 0,999.

Таблица Стьюдента

Граничные значения t - критерия Стьюдента

Число степеней свободы	Доверительная вероятность		
ν	P=0,95	P=0,99	P=0,999
1	12,706	63,657	636,619
2	4,303	9,925	31,598
3	3,182	5,841	12,941
4	2,776	4,604	8,610
5	2,571	4,032	6,859
6	2,447	3,707	5,959
7	2,365	3,499	5,405
8	2,306	3,355	5,041
9	2,262	3,250	4,781
10	2,228	3,169	4,587
11	2,201	3,106	4,487
12	2,179	3,055	4,318

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5. Вычисляют точность измерения (доверительные пределы ошибки):

$$\Delta m = | t_{\nu, p} \cdot m |$$

где $t_{\nu, p}$ – критерий Стьюдента

6. Определяют доверительный интервал, в котором с наперед заданной доверительной вероятностью Р находится результат измеряемой величины х:

$$x = \bar{x} \pm \Delta m \qquad (4)$$

Выражение (4) означает, что значение исследуемого параметра х с выбранной доверительной вероятностью Р не выйдет за пределы интервала $[\bar{x} - \Delta m; \bar{x} + \Delta m]$, т.е. $\bar{x} - \Delta m \le x \le \bar{x} + \Delta m$

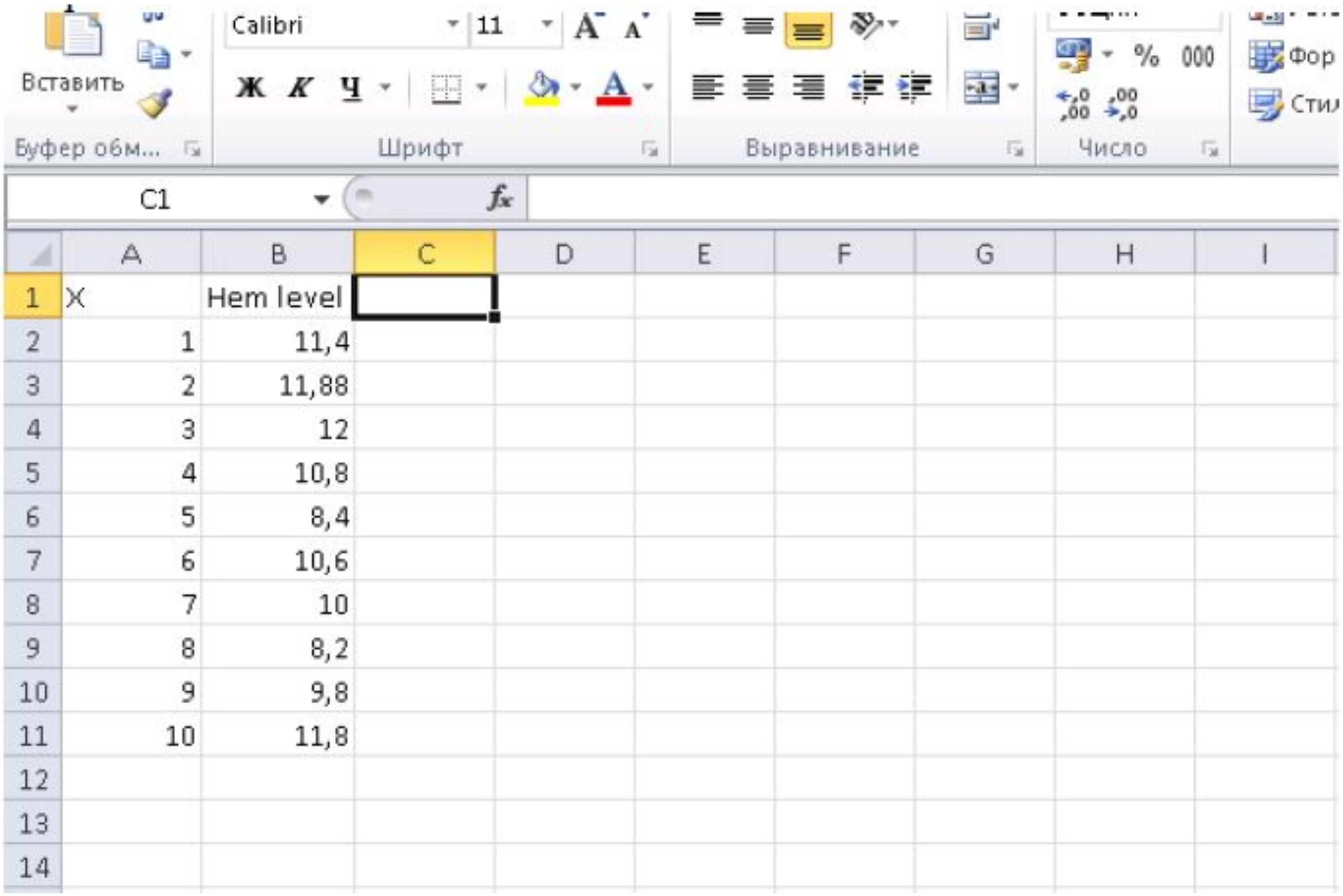
- Пример1. При анализах крови больного, взятых за 10 дней, получены следующие показатели гемоглобина

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
11,4	11,8	12,0	10,8	8,4	10,6	10,0	8,2	9,8	11,8

Необходимо найти:

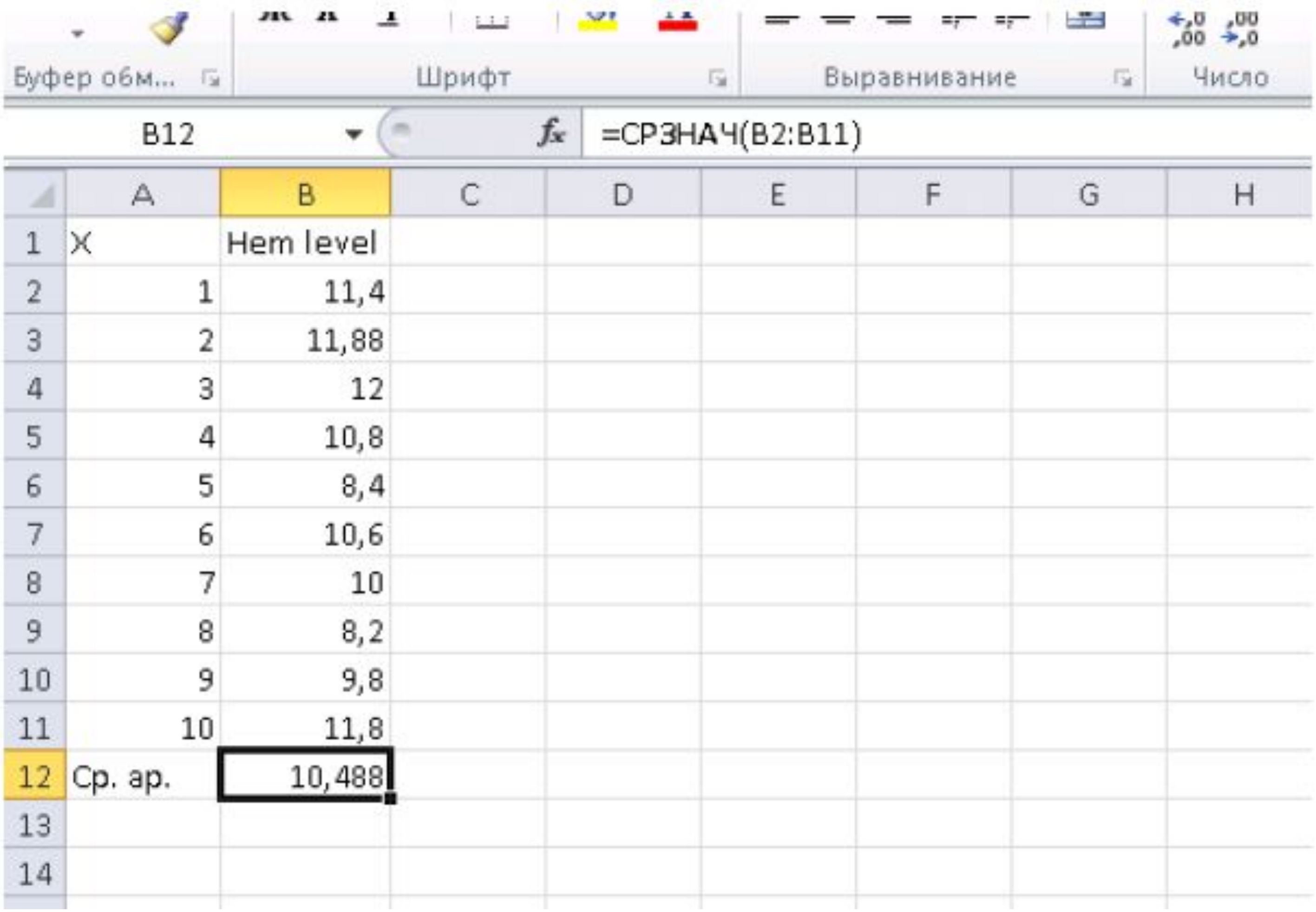
- среднее арифметическое этих показателей;
- среднее квадратическое отклонение σ;
- стандартную ошибку m;
- критерий Стьюдента $t_{v,p}$ при доверительной вероятности P=0,95;
- доверительный интервал, в котором находится истинное значение показателя.

1. Вводим исходные данные.



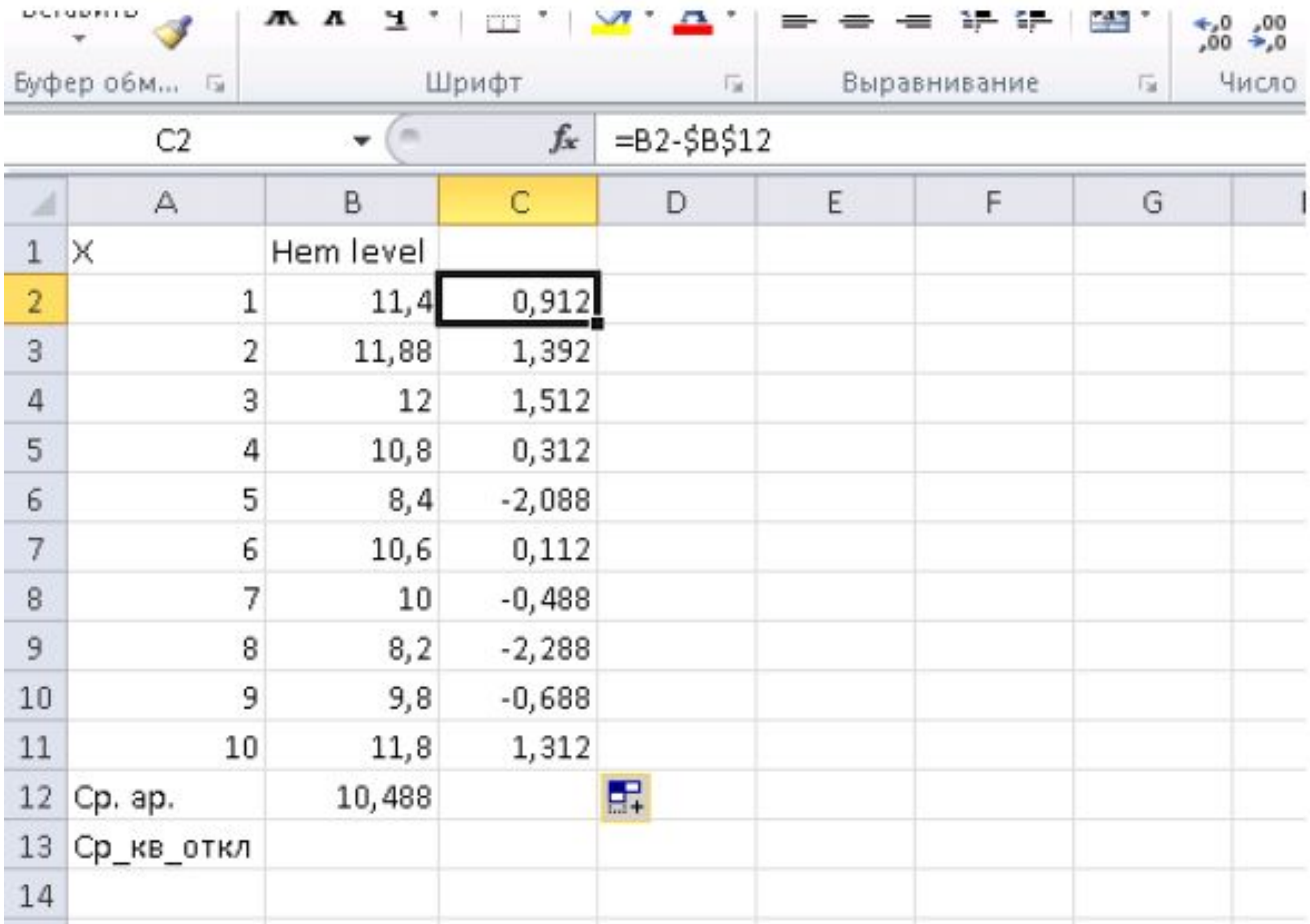
	A	B	C
1	X	Hem level	
2	1	11,4	
3	2	11,88	
4	3	12	
5	4	10,8	
6	5	8,4	
7	6	10,6	
8	7	10	
9	8	8,2	
10	9	9,8	
11	10	11,8	

2. Вычисляем с помощью формулы СРЗНАЧ среднее арифметическое значение показателей гемоглобина. При этом в поле диапазона данных показываем с помощью выделения мышкой наши введенные значения.



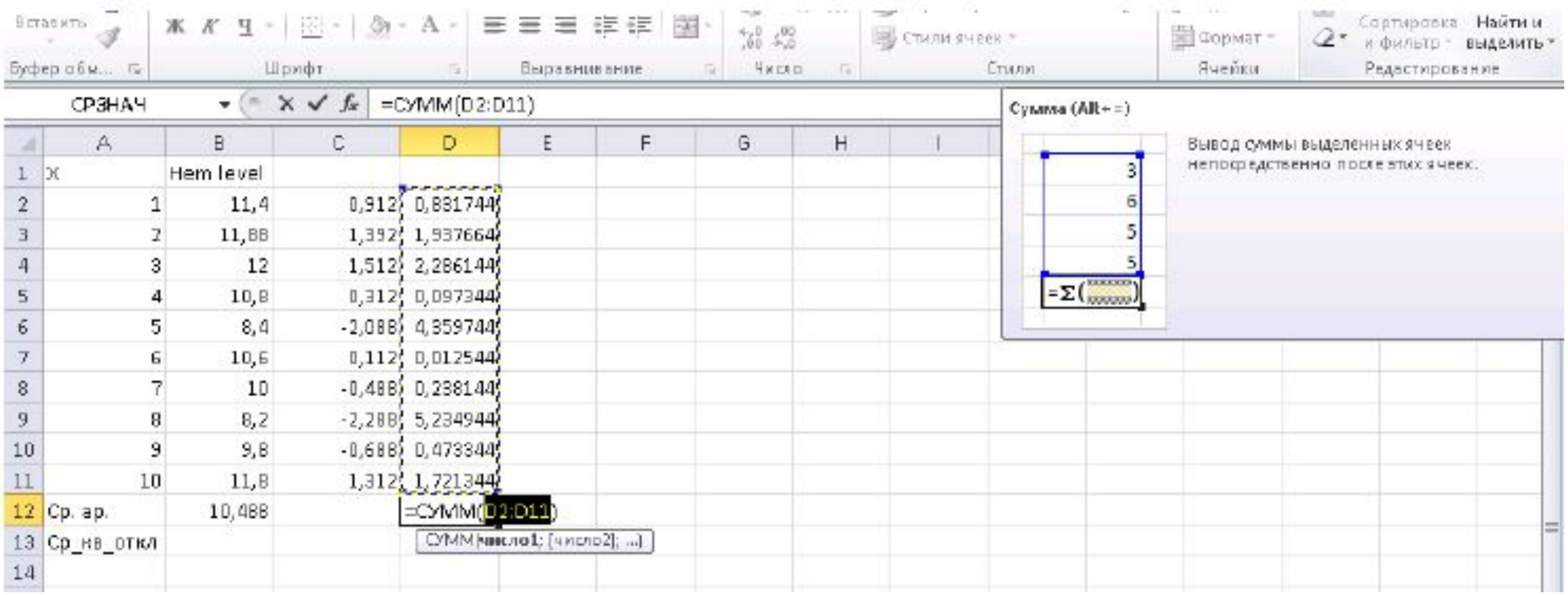
	A	B
1	X	Hem level
2	1	11,4
3	2	11,88
4	3	12
5	4	10,8
6	5	8,4
7	6	10,6
8	7	10
9	8	8,2
10	9	9,8
11	10	11,8
12	Ср. ар.	10,488

3. Найдем среднее квадратичное отклонение по формуле (2). Сначала посчитаем $x - \bar{x}$. Введем формулу в ячейку С2. Перед тем как ее копировать, ссылку на В12 делаем абсолютной.



	A	B	C
1	X	Hem level	
2	1	11,4	0,912
3	2	11,88	1,392
4	3	12	1,512
5	4	10,8	0,312
6	5	8,4	-2,088
7	6	10,6	0,112
8	7	10	-0,488
9	8	8,2	-2,288
10	9	9,8	-0,688
11	10	11,8	1,312
12	Ср. ар.	10,488	
13	Ср_кв_откл		
14			

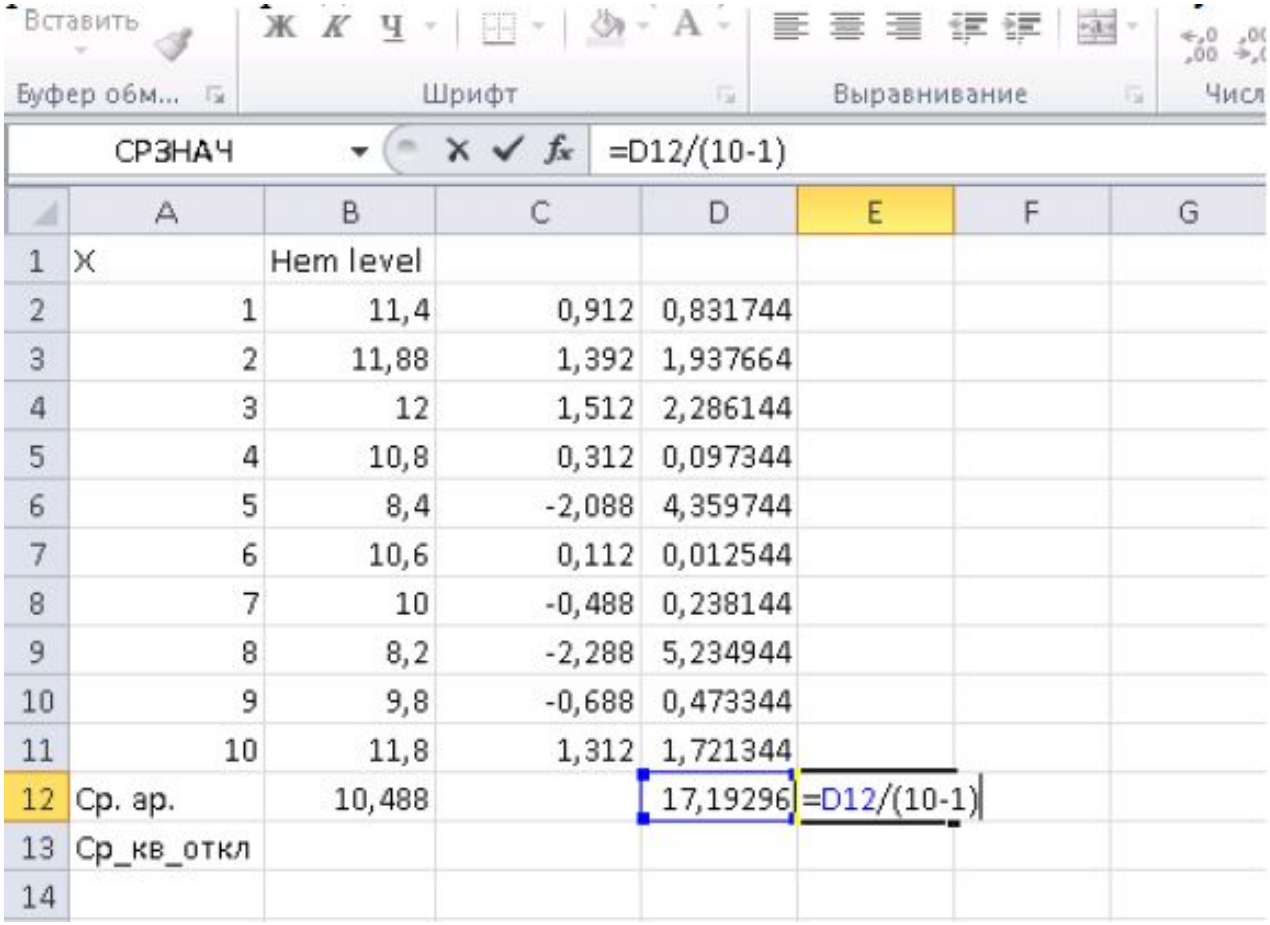
4. В следующей колонке возводим получившуюся разность в квадрат, и находим сумму этих чисел, воспользовавшись быстрой кнопкой суммы на панели инструментов.



	A	B	C	D
1	x	Hem level		
2	1	11,4	0,912	0,831744
3	2	11,88	1,392	1,937664
4	3	12	1,512	2,286144
5	4	10,8	0,312	0,097344
6	5	8,4	-2,088	4,359744
7	6	10,6	0,112	0,012544
8	7	10	-0,488	0,238144
9	8	8,2	-2,288	5,234944
10	9	9,8	-0,688	0,473344
11	10	11,8	1,312	1,721344
12	Ср. ар.	10,488		=СУММ(D2:D11)
13	Ср_кв_откл			
14				

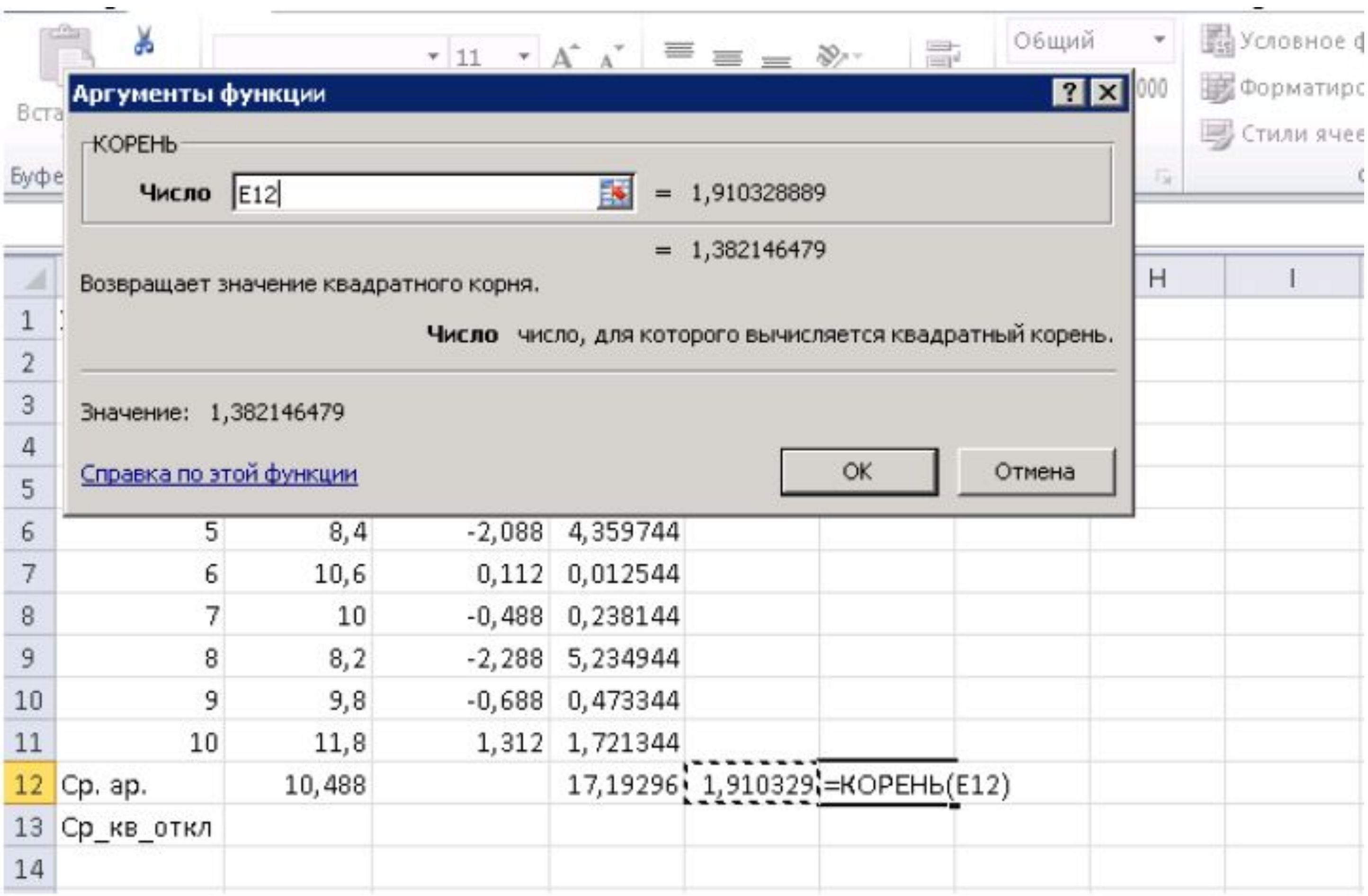
5. Найдем значение подкоренного выражения. Для этого сумму квадратов разности разделим на (n-1).

В нашем случае это (10-1).

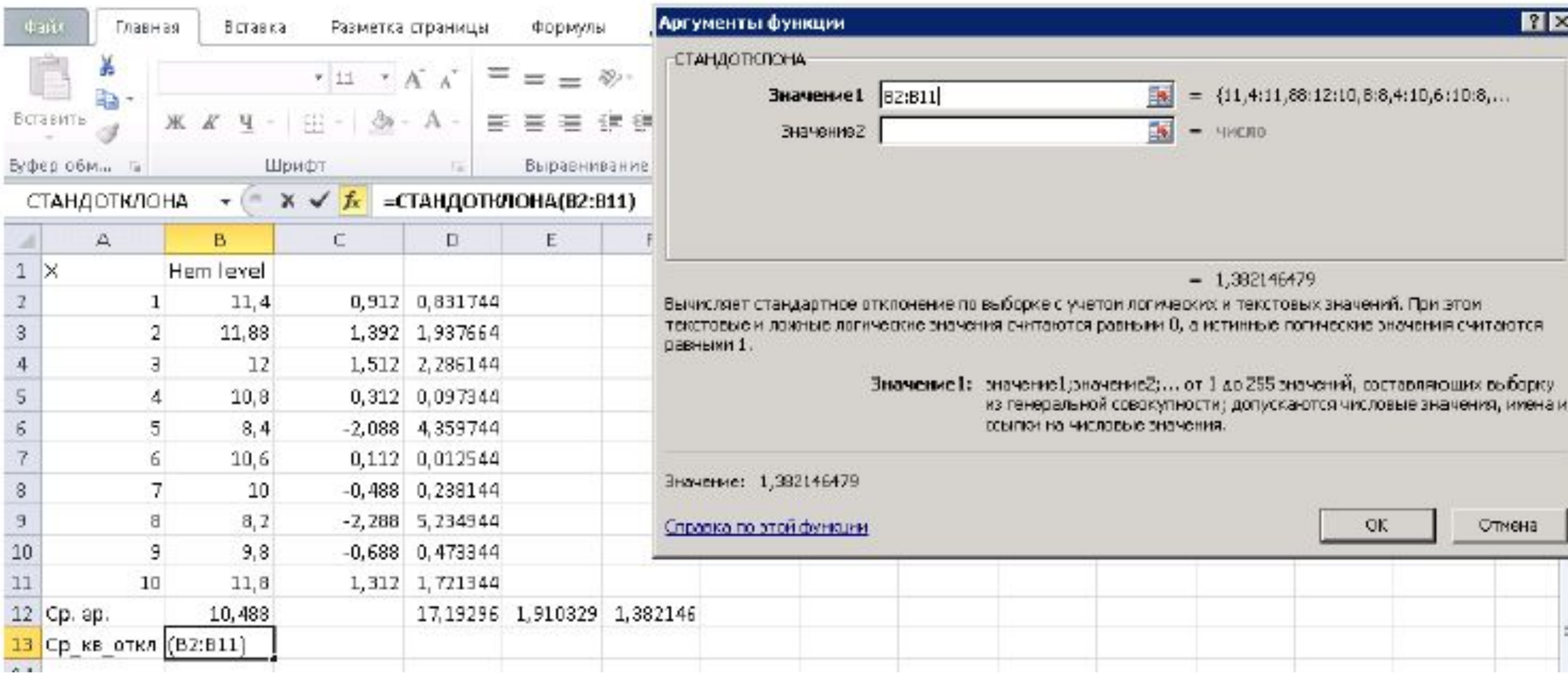


	A	B	C	D	E	F	G
1	X	Hem level					
2	1	11,4	0,912	0,831744			
3	2	11,88	1,392	1,937664			
4	3	12	1,512	2,286144			
5	4	10,8	0,312	0,097344			
6	5	8,4	-2,088	4,359744			
7	6	10,6	0,112	0,012544			
8	7	10	-0,488	0,238144			
9	8	8,2	-2,288	5,234944			
10	9	9,8	-0,688	0,473344			
11	10	11,8	1,312	1,721344			
12	Ср. ар.	10,488		17,19296	=D12/(10-1)		
13	Ср_кв_откл						
14							

6. Найдем корень из получившегося числа, воспользовавшись математической функцией КОРЕНЬ. В качестве аргумента укажем адрес ячейки со значением подкоренного выражения.



7. Среднеквадратичное отклонение также можно рассчитать, воспользовавшись статистической функцией СТАНДОТКЛОНА. Как видно, получаем одинаковый результат при меньшем затраченном времени.



8. Для расчета стандартной ошибки воспользуемся формулой $m = \frac{s}{\sqrt{n}}$. В нашем случае объем выборки равен 10.

B14 =B13/КОРЕНЬ(10)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Hem level						
2	1	11,4	0,912	0,831744				
3	2	11,88	1,392	1,937664				
4	3	12	1,512	2,286144				
5	4	10,8	0,312	0,097344				
6	5	8,4	-2,088	4,359744				
7	6	10,6	0,112	0,012544				
8	7	10	-0,488	0,238144				
9	8	8,2	-2,288	5,234944				
10	9	9,8	-0,688	0,473344				
11	10	11,8	1,312	1,721344				
12	Ср. ар.	10,488		17,19296	1,910329	1,382146		
13	Ср_кв_откл	1,3821465						
14	Станд_ош	0,4370731						
15								

9. Вводим число степеней свободы v = n – 1. Вводим значение критерия Стьюдента из таблицы, учитывая заданную доверительную вероятность.

B17 =B14*B16

	A	B	C	D	E	F
1	X	Hem level				
2	1	11,4	0,912	0,831744		
3	2	11,88	1,392	1,937664		
4	3	12	1,512	2,286144		
5	4	10,8	0,312	0,097344		
6	5	8,4	-2,088	4,359744		
7	6	10,6	0,112	0,012544		
8	7	10	-0,488	0,238144		
9	8	8,2	-2,288	5,234944		
10	9	9,8	-0,688	0,473344		
11	10	11,8	1,312	1,721344		
12	Ср. ар.	10,488		17,19296	1,910329	1,382146
13	Ср_кв_откл	1,3821465				
14	Станд_ош	0,4370731				
15	Степень св	9				
16	Крит_Стьюд	2,262				
17	Довер_инт	0,9886593				

11. Рассчитываем значения правой и левой границы доверительного интервала $\bar{x} - \Delta m$ и $\bar{x} + \Delta m$.

Таблицы | Иллюстрации | Фильтр | Ссылки

КОРЕНЬ | =B12-B17

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Hem level						
2	1	11,4	0,912	0,831744				
3	2	11,88	1,392	1,937664				
4	3	12	1,512	2,286144				
5	4	10,8	0,312	0,097344				
6	5	8,4	-2,088	4,359744				
7	6	10,6	0,112	0,012544				
8	7	10	-0,488	0,238144				
9	8	8,2	-2,288	5,234944				
10	9	9,8	-0,688	0,473344				
11	10	11,8	1,312	1,721344				
12	Ср. ар.	10,488		17,19296	1,910329	1,382146		
13	Ср_кв_откл	1,3821465						
14	Станд_ош	0,4370731						
15	Степень св	9						
16	Крит_Стьюд	2,262						
17	Довер_инт	0,9886593						
18		=B12-B17	≤x ≤	11,47666				
19								