**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение**

**Астраханской области «Астраханский колледж вычислительной техники»**

**отчет**

по практическим (лабораторным) работам

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| по дисциплине | МДК 01.02 Методы осуществления стандартных и | | | | | |
|  | сертификационных испытаний, метрологических поверок средств измерений | | | | | |
|  | 3 семестр | | | | | |
| по специальности | 15.02.07 | | | | | |
| Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  |  | | | | | |
| Аквт.15.02.07.ПР\_\_\_.\_\_\_ | | | | | | |
| Листов: | |  |  | | | |
|  |  | | | | | |
|  |  | | | | | |
| Выполнил |  | | | Студент гр. | | АБ – 21 |
|  |  | | |  | | |
|  |  | | |  |  | |
| Проверил |  | | | Преподаватель | | |
|  |  | | |  | | |

**2017**

**Практическая работа №6.**

Тема: **1)** **ОБРАБОТКА ОДНОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.**

**2) ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Цель работы:**

1. Приобрести навыки обработки результатов прямых однократных измерений (оценивания погрешностей и неопределенности результата измерений).

2. Научиться определять результаты измерений и погрешности результатов измерений при многократных прямых измерениях.

**Описание практической работы 1):**

Прямые однократные измерения являются самыми массовыми. Они проводятся, если при измерении происходит разрушение объекта измерения, отсутствует возможность повторных измерений, существует экономическая целесообразность. Прямые однократные измерения возможны лишь при определенных условиях:

• достаточный объем априорной информации об объекте измерения, чтобы определение измеряемой величины не вызывало сомнений;

• изученный метод измерения, его погрешность либо заранее устранена, либо оценена;

• исправные средства измерений, а их метрологические характеристики соответствуют установленным нормам.

За результат прямого однократного измерения принимается полученная величина. До измерения должна быть проведена априорная оценка составляющих погрешности. При определении доверительных границ погрешности результата измерений доверительная вероятность принимается, как правило, равной 0,95.

Методика обработки результатов прямых однократных измерений приведена в рекомендациях МИ 1552-86 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений». Данная методика применима при выполнении следующих условий: составляющие погрешности известны; изместные систематические погрешности исключены (внесены поправки на все известные источники неопределенности, имеющие систематический характер); случайные составляющие распределены по нормальному закону, а неисключенные систематические погрешности, представленные заданными границами ±Θ, распределены равномерно.

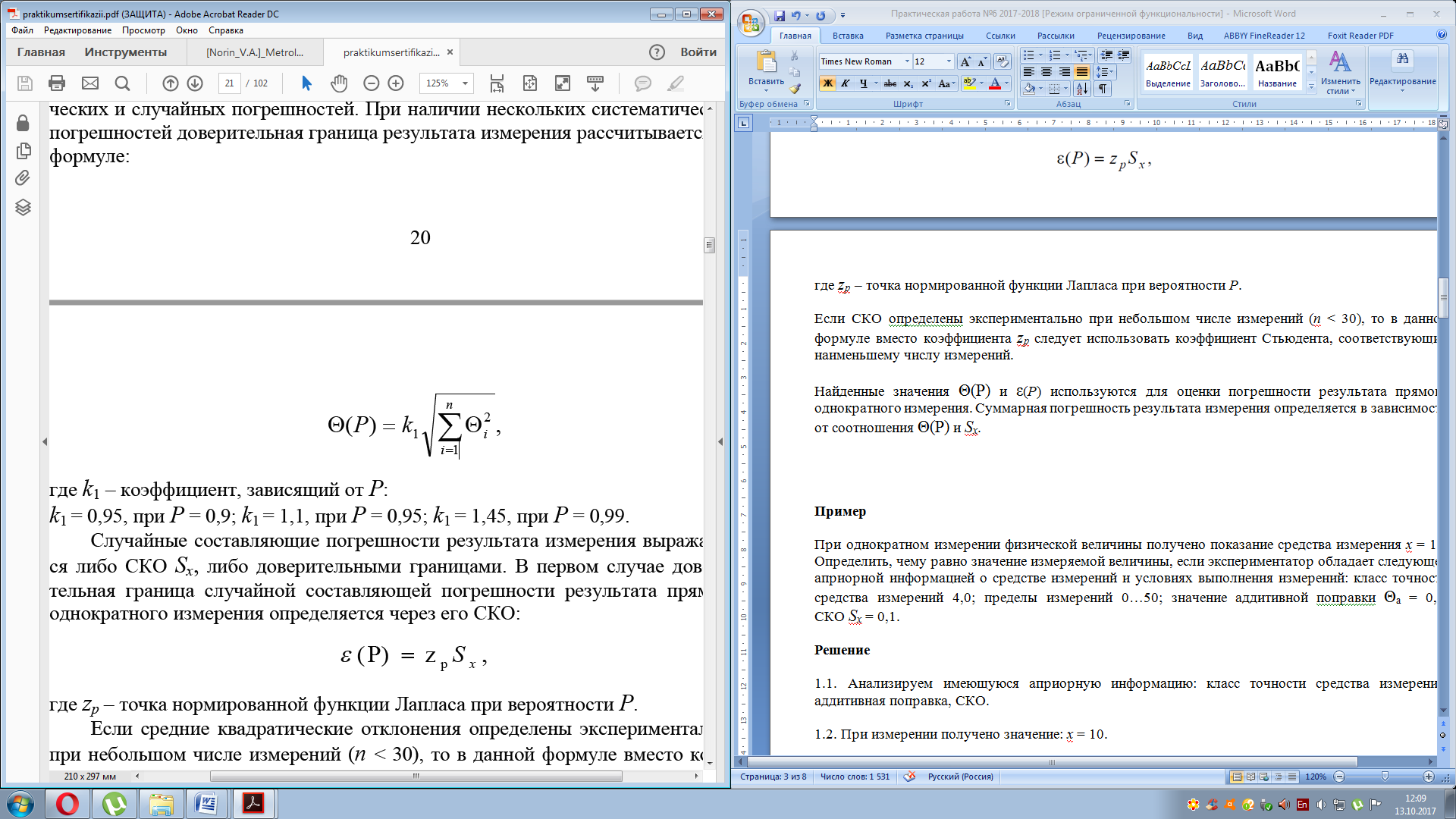
Составляющими погрешности прямых однократных измерений являются:

1) погрешности средства измерений (СИ), рассчитываемые по их метрологическим характеристикам;

2) погрешность используемого метода измерений;

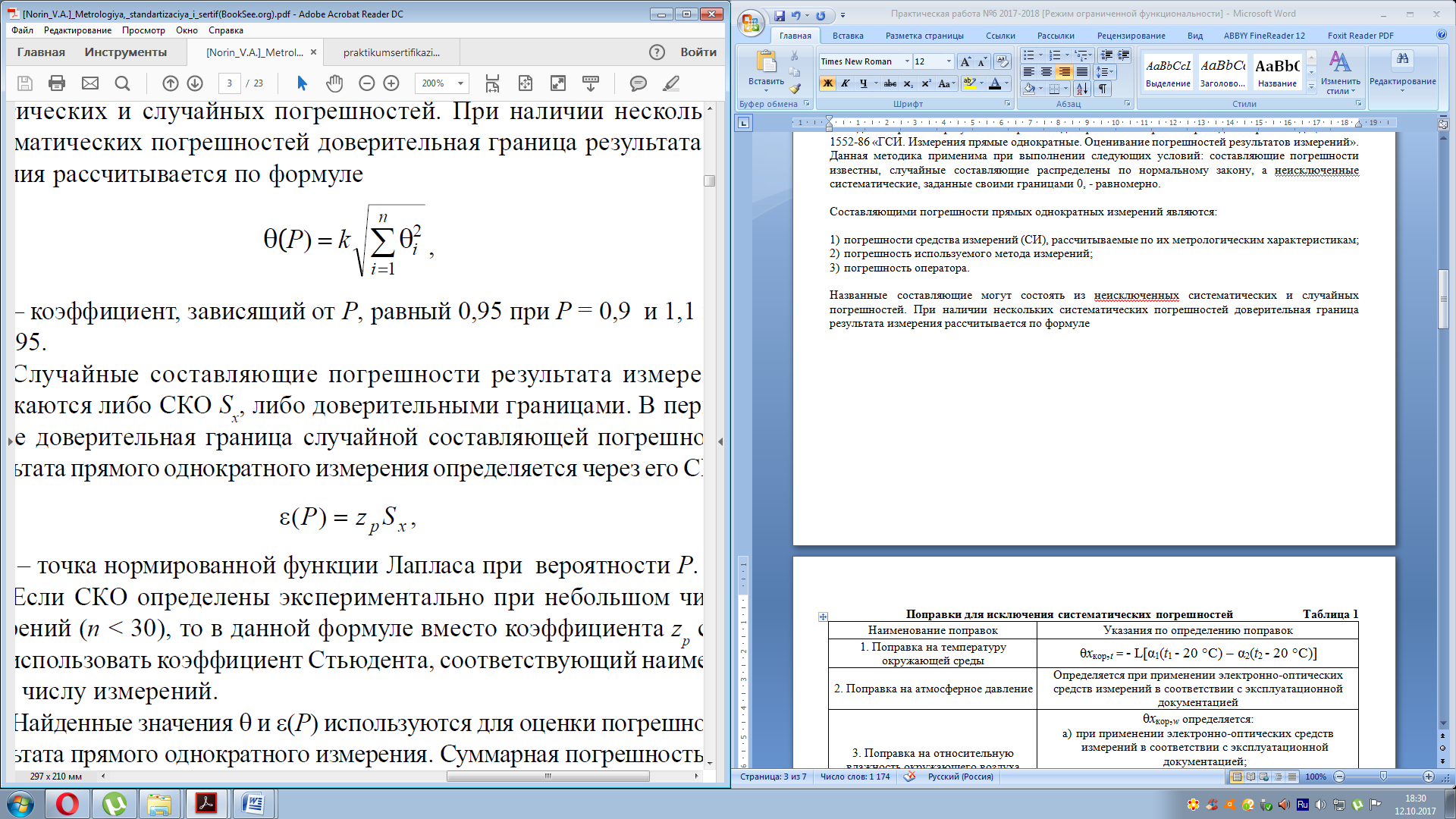
3) погрешность оператора.

Названные составляющие могут состоять из неисключенных систематических и случайных погрешностей. При наличии нескольких систематических погрешностей доверительная граница результата измерения рассчитывается по формуле



где *k1* – коэффициент, зависящий от *P*, *k1 =* 0,95 при *P* = 0,9 и *k* = 1,1 при *P* = 0,95, *k =* 1,45 при *P* = 0.99.

Случайные составляющие погрешности результата измерения выражаются либо СКО *Sx*, либо доверительными границами. В первом случае доверительная граница случайной составляющей погрешности результата прямого однократного измерения определяется через его СКО:



где *zp* – точка нормированной функции Лапласа при вероятности *P*.

Если СКО определены экспериментально при небольшом числе измерений (*n* < 30), то в данной формуле вместо коэффициента *zp* следует использовать коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу измерений (табл.1).

**Величина *tр* при различных уровнях значимости Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *п* | Уровень значимости | | | | | | | |
| 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,005 | 0,002 | 0,001 |
| *1* | 3,08 | 6,31 | 12,71 | 31,82 | 63,66 | 127,32 | 318,30 | 636,61 |
| *2* | 1,84 | 2,92 | 4,30 | 6,96 | 9,99 | 14,09 | 22,33 | 31,60 |
| *3* | 1,64 | 2,35 | 3,18 | 4,54 | 5,84 | 7,45 | 10,21 | 12,92 |
| *4* | 1,53 | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60 | 5,60 | 7,17 | 8,61 |
| *5* | 1,48 | 2,02 | 2,57 | 3,36 | 4,03 | 4,77 | 5,89 | 6,87 |
| *6* | 1,44 | 1,94 | 2,45 | 3,14 | 3,71 | 4,32 | 5,21 | 5,96 |
| *7* | 1,41 | 1,89 | 2,36 | 3,00 | 3,50 | 4,03 | 4,74 | 5,41 |
| *8* | 1,40 | 1,80 | 2,31 | 2,90 | 3,36 | 3,83 | 4,50 | 5,04 |
| *9* | 1,38 | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25 | 3,69 | 4,30 | 4,78 |
| *10* | 1,37 | 1,81 | 2,23 | 2,76 | 3,17 | 3,50 | 4,14 | 4,59 |
| *11* | 1,36 | 1,79 | 2,2 | 2,72 | 3,11 | 3,23 | 4,03 | 4,44 |

Найденные значения Θ*(P)* и ε*(P)* используются для оценки погрешности результата прямого однократного измерения. Суммарная погрешность результата измерения D*(P)* определяется в зависимости от соотношения Θ*(P)* и *Sx*.

Если Θ*(P)/Sx <* 0,8, то D*(P)* = ε(*P*)

Если Θ*(P)/Sx >* 8, то D*(P)* = Θ*(P)*

Если 0,8 ≤ Θ*(P)/Sx ≤* 8, то D*(P)* = *k2*[Θ*(P)+*ε*(P)*],

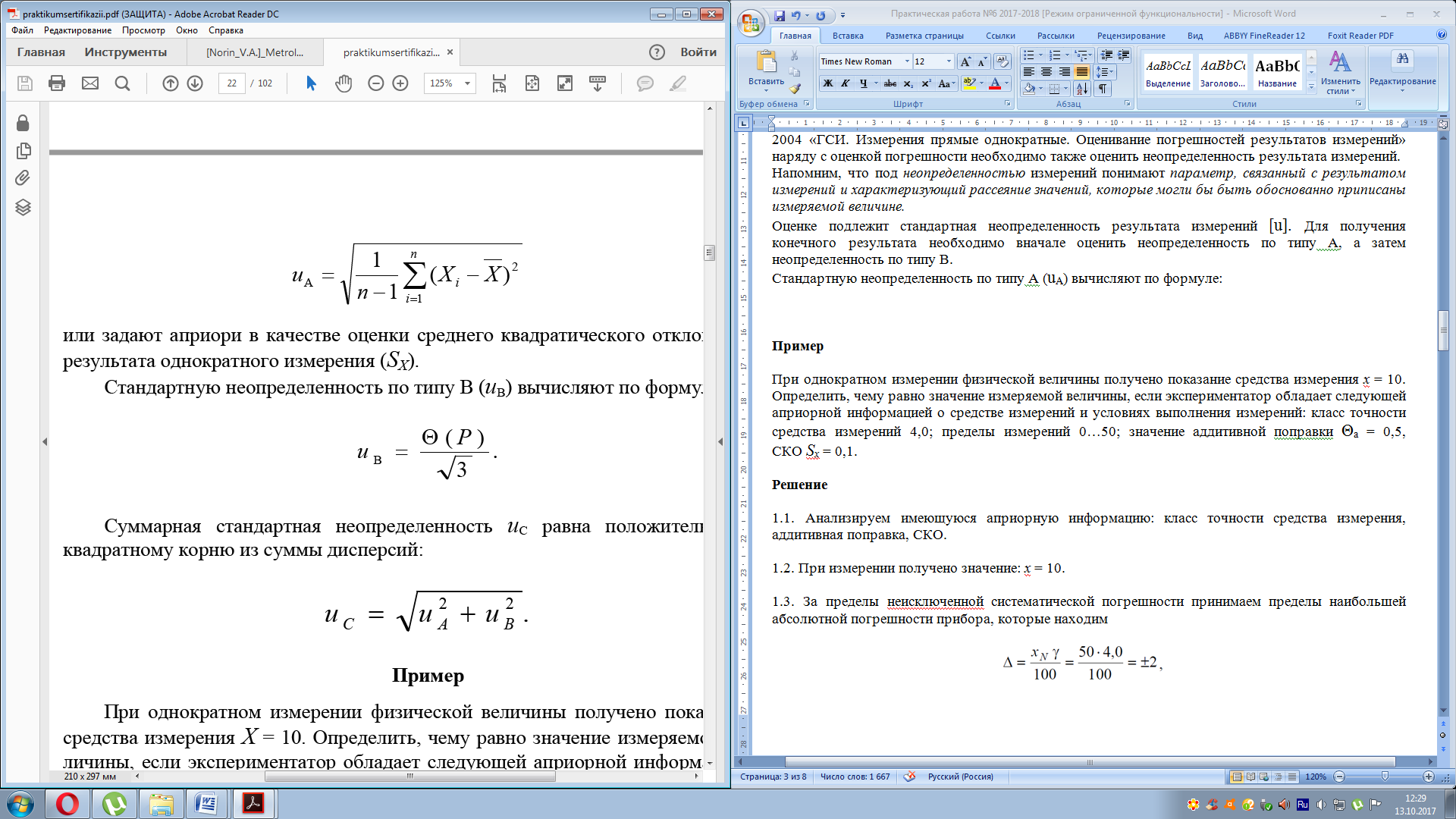
где *k2* - коэффициент, зависящий от *P*, *k2 =* 0,76 при *P* = 0,95 и *k* = 0,83 при *P* = 0,99.

На этапе перехода от теории погрешностей к теории неопределенностей в соответствии с Р.50.2.038-2004 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений» наряду с оценкой погрешности необходимо также оценить неопределенность результата измерений.

Напомним, что под *неопределенностью* измерений понимают *параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.*

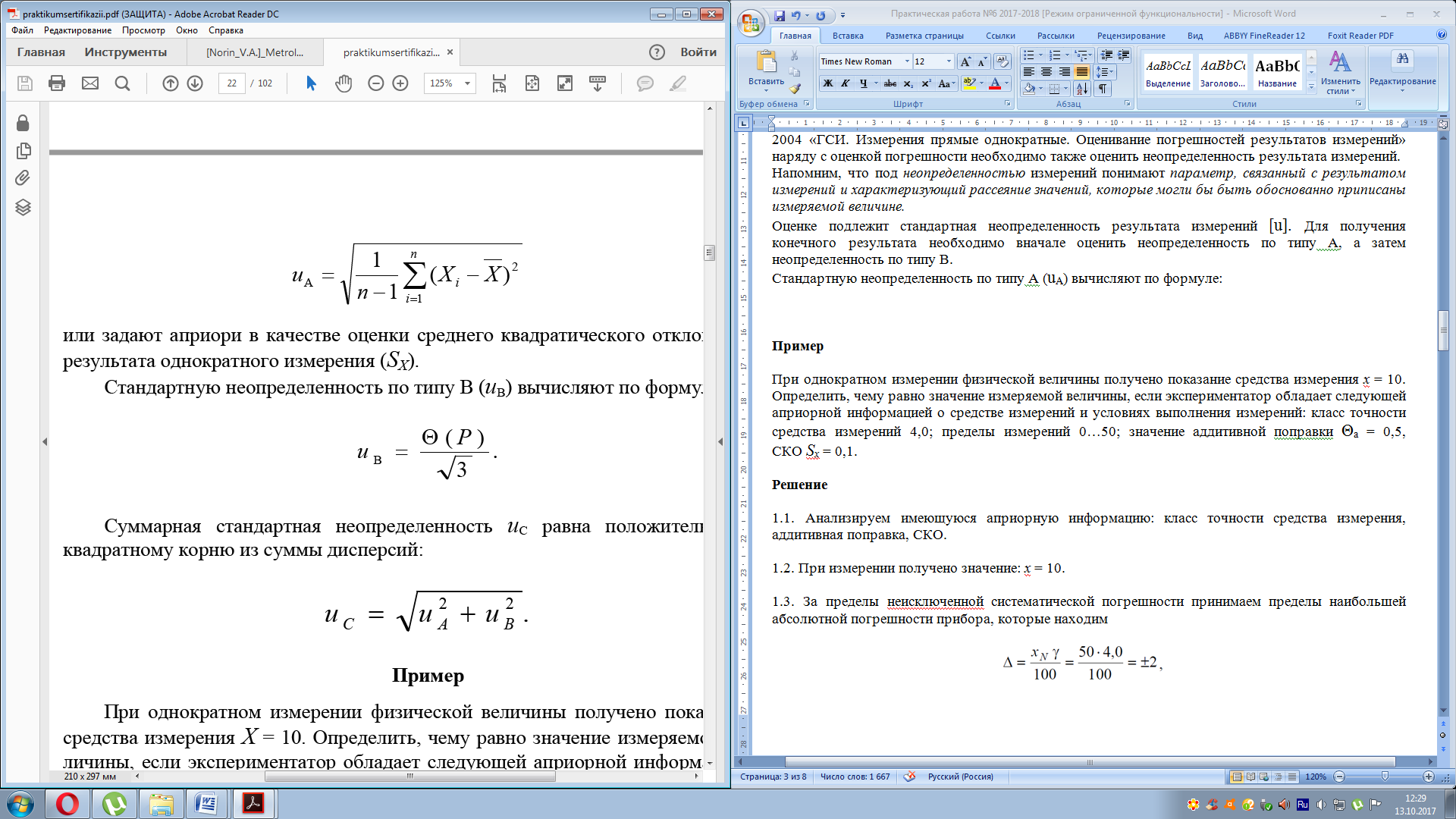
Оценке подлежит стандартная неопределенность результата измерений [u]. Для получения конечного результата необходимо вначале оценить неопределенность по типу А, а затем неопределенность по типу В.

Стандартную неопределенность по типу А (uА) вычисляют по формуле:

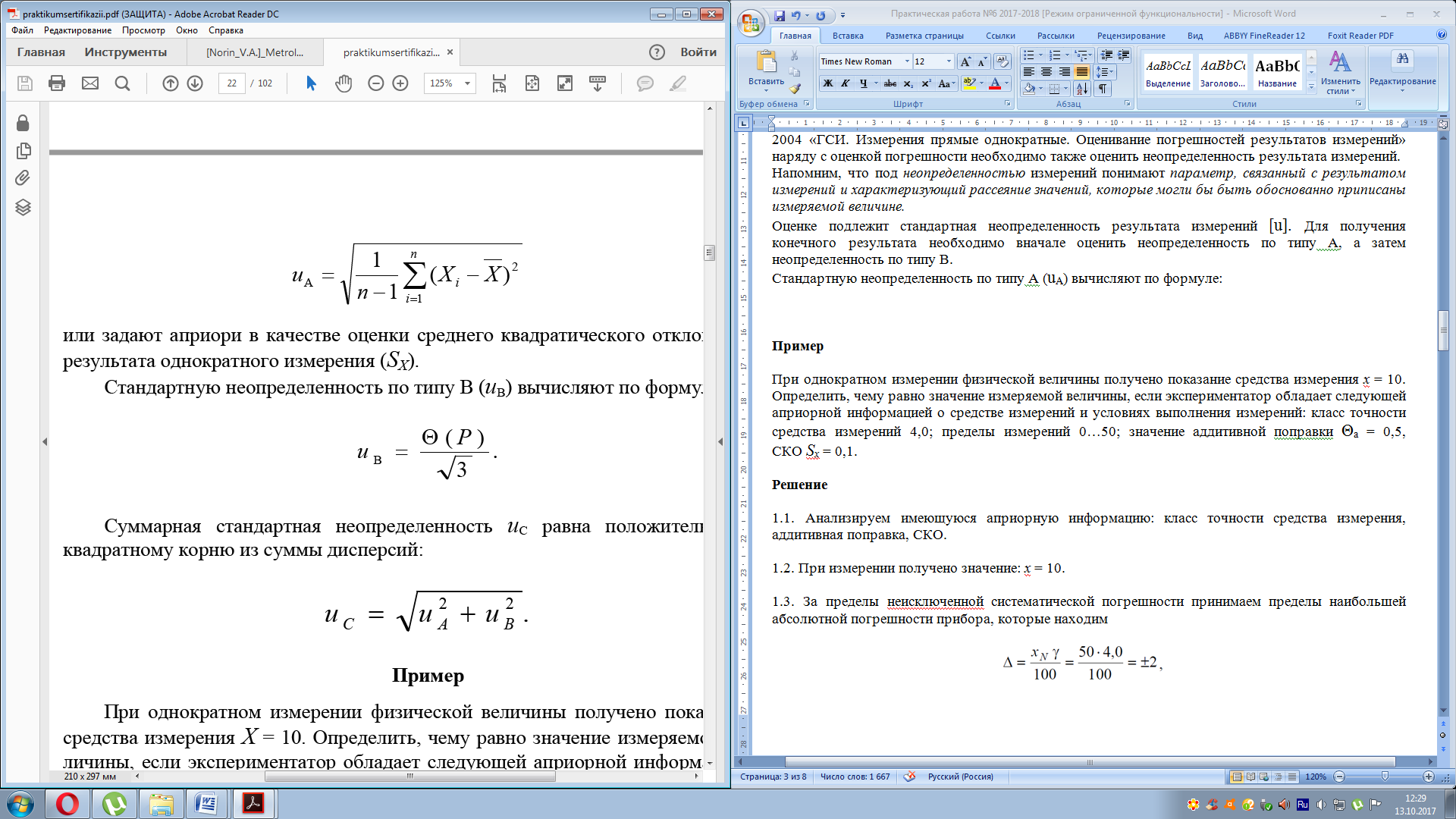


Или задают априори в качестве оценки СКО результата однократного измерения*Sx .*

Стандартную неопределенность по типу А (uВ) вычисляют по формуле:



Суммарная стандартная неопределенность uС равна положительному квадратному корню из суммы дисперсий:



**Пример**

При однократном измерении физической величины получено показание средства измерения *X* = 10. Определить, чему равно значение измеряемой величины, если экспериментатор обладает следующей априорной информацией о средстве измерений и условиях выполнения измерений: класс точности средства измерений 4,0; пределы измерений 0…50; значение аддитивной поправки Θ*(P)*а = 0,5; СКО *Sx* = 0,1; *Р* = 0,95.

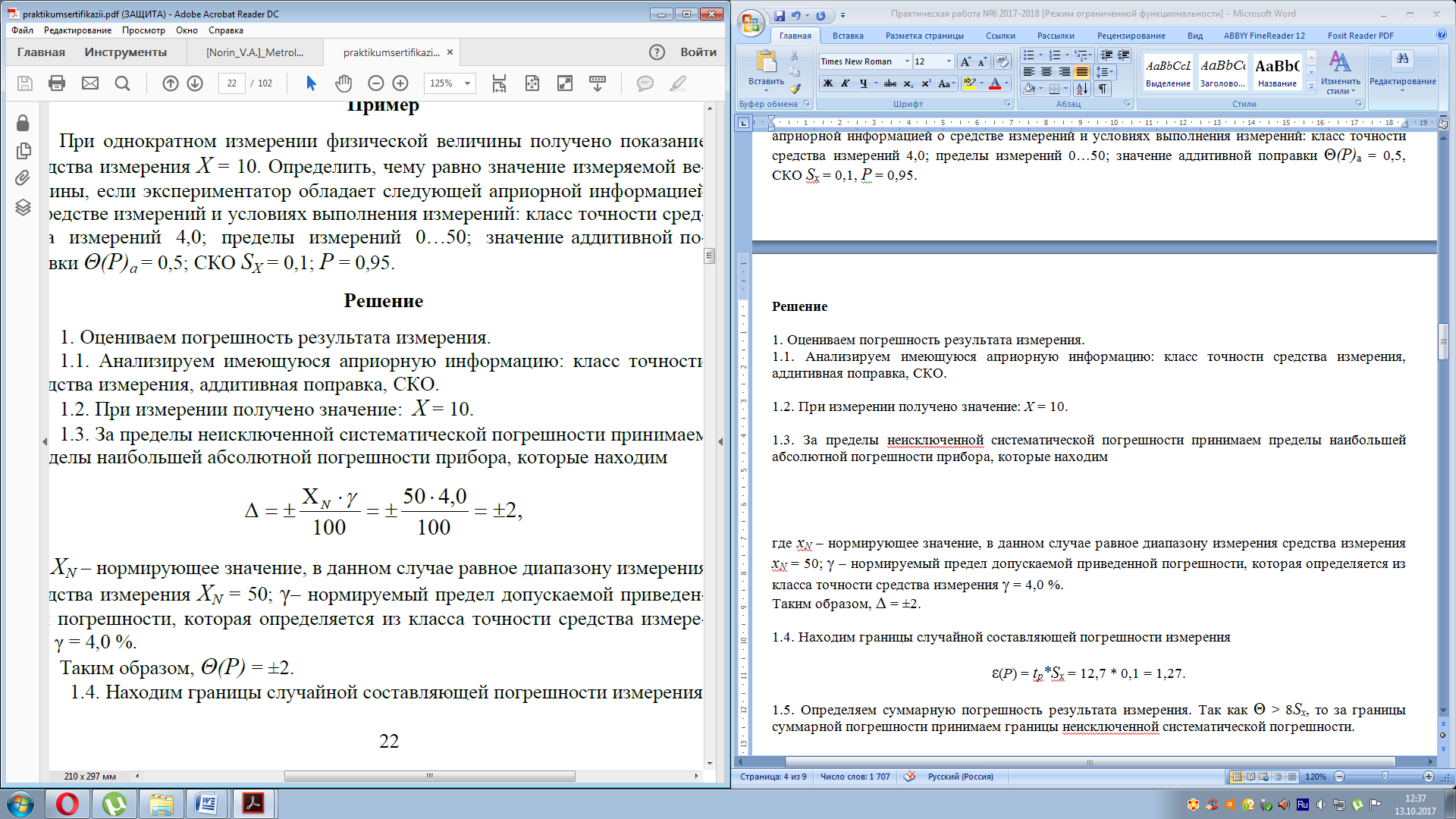
**Решение**

1. Оцениваем погрешность результата измерения.

1.1. Анализируем имеющуюся априорную информацию: класс точности средства измерения, аддитивная поправка, СКО.

1.2. При измерении получено значение: *X* = 10.

1.3. За пределы неисключенной систематической погрешности принимаем пределы наибольшей абсолютной погрешности прибора, которые находим



где *XN* – нормирующее значение, в данном случае равное диапазону измерения средства измерения *XN* = 50; γ – нормируемый предел допускаемой приведенной погрешности, которая определяется из класса точности средства измерения γ = 4,0 %.

Таким образом, Θ*(P)* = ±2.

1.4. Находим границы случайной составляющей погрешности измерения

ε(*P*) = *tp\*Sx* = 12,7 \* 0,1 = 1,27.

1.5. Определяем суммарную погрешность результата измерения. Так как Θ > 8\**Sx*, то за границы суммарной погрешности принимаем границы неисключенной систематической погрешности.

1.6. Вносим в результат измерения поправку:

*Xиспр* = *X +(-* Θ*(P)а)* = 10 - 0,5 = 9,5.

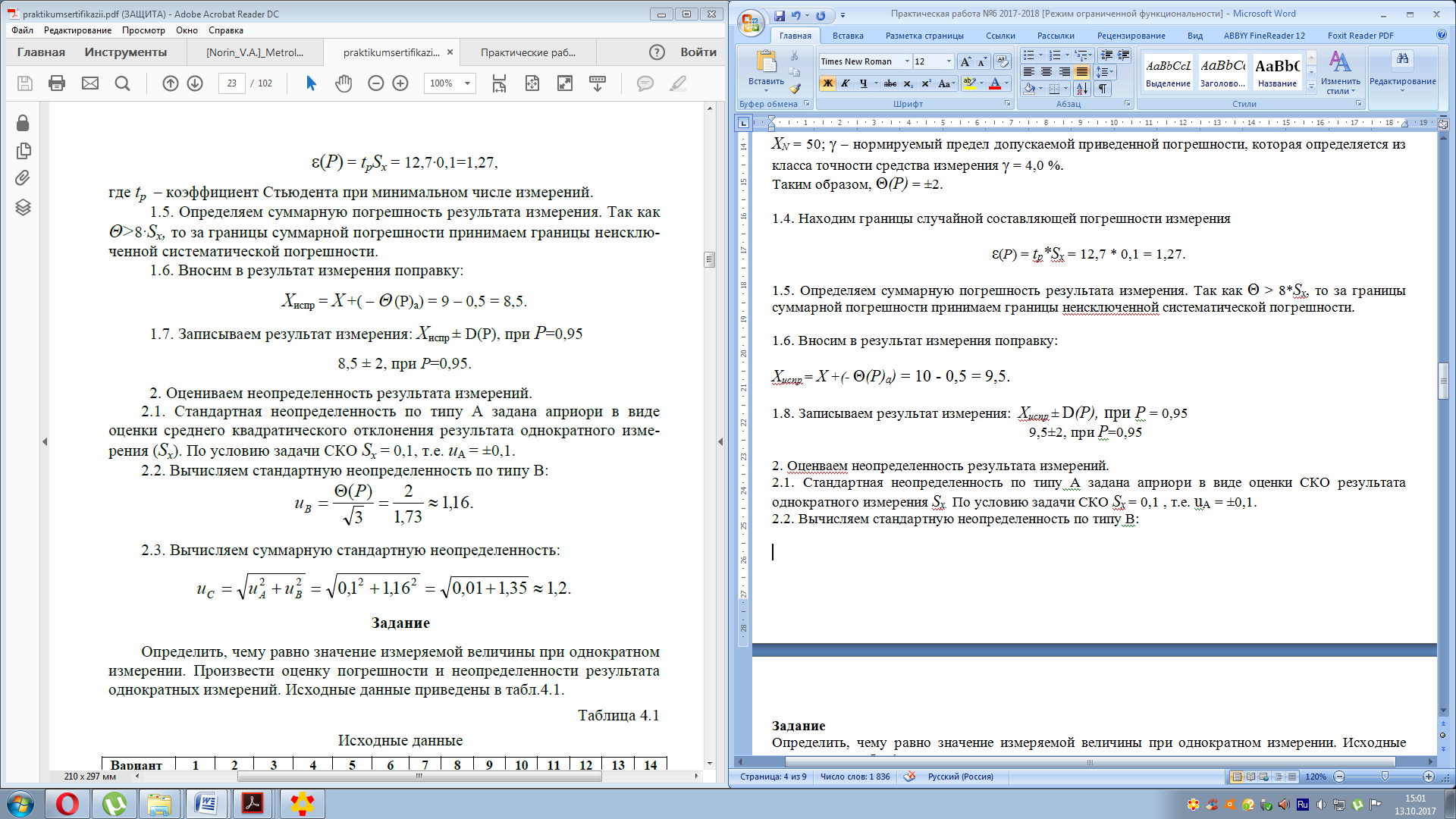
1.8. Записываем результат измерения: *Xиспр ±* D*(P),* при *Р* = 0,95

9,5±2, при *Р*=0,95

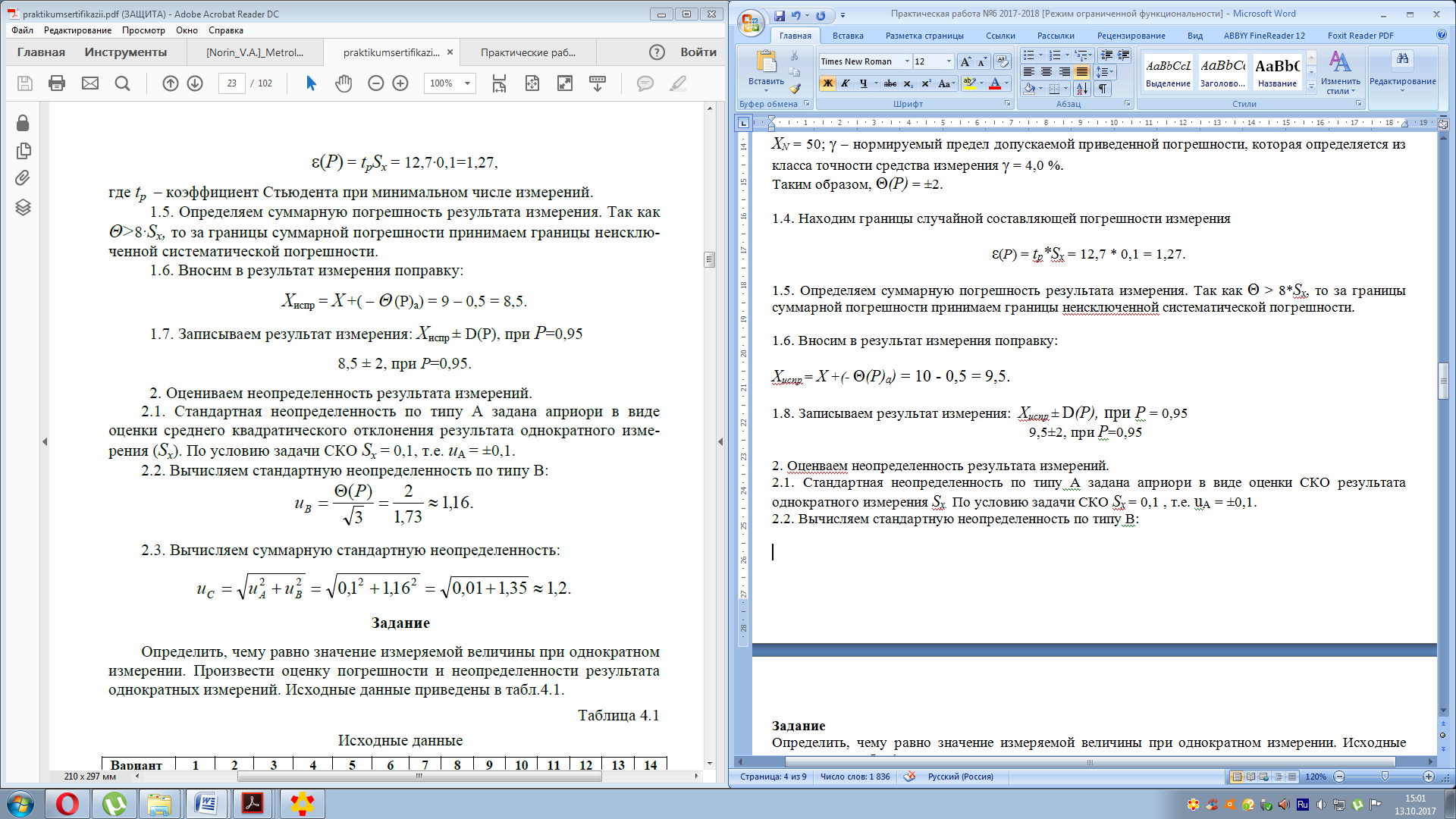
2. Оцениваем неопределенность результата измерений.

2.1. Стандартная неопределенность по типу А задана априори в виде оценки СКО результата однократного измерения*Sx.* По условию задачи СКО *Sx* = 0,1 , т.е. uА = ±0,1.

2.2. Вычисляем стандартную неопределенность по типу В:



2.3. Вычисляем суммарную стандартную неопределенность:



**Задание**

Определить, чему равно значение измеряемой величины при однократном измерении. Произвести оценку погрешности и неопределенности результата однократных измерений. Исходные данные – приведены в табл. 2.

**Исходные данные Таблица 2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| Показания  прибора | 15 | 25 | 31 | 24 | 27 | 85 | 68 | 59 | 35 | 45 | 64 | 86 | 28 | 55 |
| Пределы измерений | 0...50 | 0...50 | 0 ...40 | 0...60 | 0...30 | 0..100 | 0...80 | 0.. .70 | 0...50 | 0...60 | 0...90 | 0.90 | 0...30 | 0...60 |
| Класс  точности | 4 | 5 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 0,4 | 1,5 | 4 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1 |
| Погрешность  градуировки | -0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | -0,5 | -0,2 | -0,6 | 0,4 | -0.5 | 0,2 | -0,2 | -0,1 | 0,2 |
| **Вариант** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** |
| Показания  прибора | 52 | 12 | 8 | 4 | 7 | 5 | 75 | 19 | 45 | 5 | 14 | 26 | 18 | 5 |
| Пределы измерений | 0...55 | 0...50 | 0...20 | 0...10 | 0...10 | 0...10 | 0...80 | 0...50 | 0...50 | 0...40 | 0...20 | 0...50 | 0...30 | 0...20 |
| Класс  точности | 2 | 5 | 0,5 | 0,1 | 1 | 0,2 | 0,4 | 1 | 5 | 0,2 | 0,4 | 2 | 0,2 | 1 |
| Погрешность  градуировки | -0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | -0,1 | -0,5 | -0,6 | 0,4 | -0,1 | 0,2 | -0,5 | -0,2 | 0,1 |

**Расчеты:**

**Описание практической работы 2):**

При прямых измерениях с многократными наблюдениями ставится задача оценивания результата измерения и уточнения случайных составляющих погрешности этого результата (обмен быстродействия, затраченного времени на многократные наблюдения, на точность, т.е. уточнение неопределенности среднего значения как результата измерения).

Для обработки данных используют статические методы, разработанные для анализа случайных величин, в виде которых выступают, как правило, малые случайные погрешности. При этом подразумевается, что производится многократное наблюдение величины, которая за период наблюдения не изменяется или ее изменения лежат в диапазоне случайного разброса.

Последовательность обработки результатов прямых многократных измерений состоит из ряда этапов.

*1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений.*

На этом этапе определяются среднее арифметическое значение *x* измеряемой величины, СКО результата измерений *Sx*. В соответствии с критериями грубые погрешности исключаются, после чего проводится повторный расчет оценок среднего арифметического значения и его СКО.

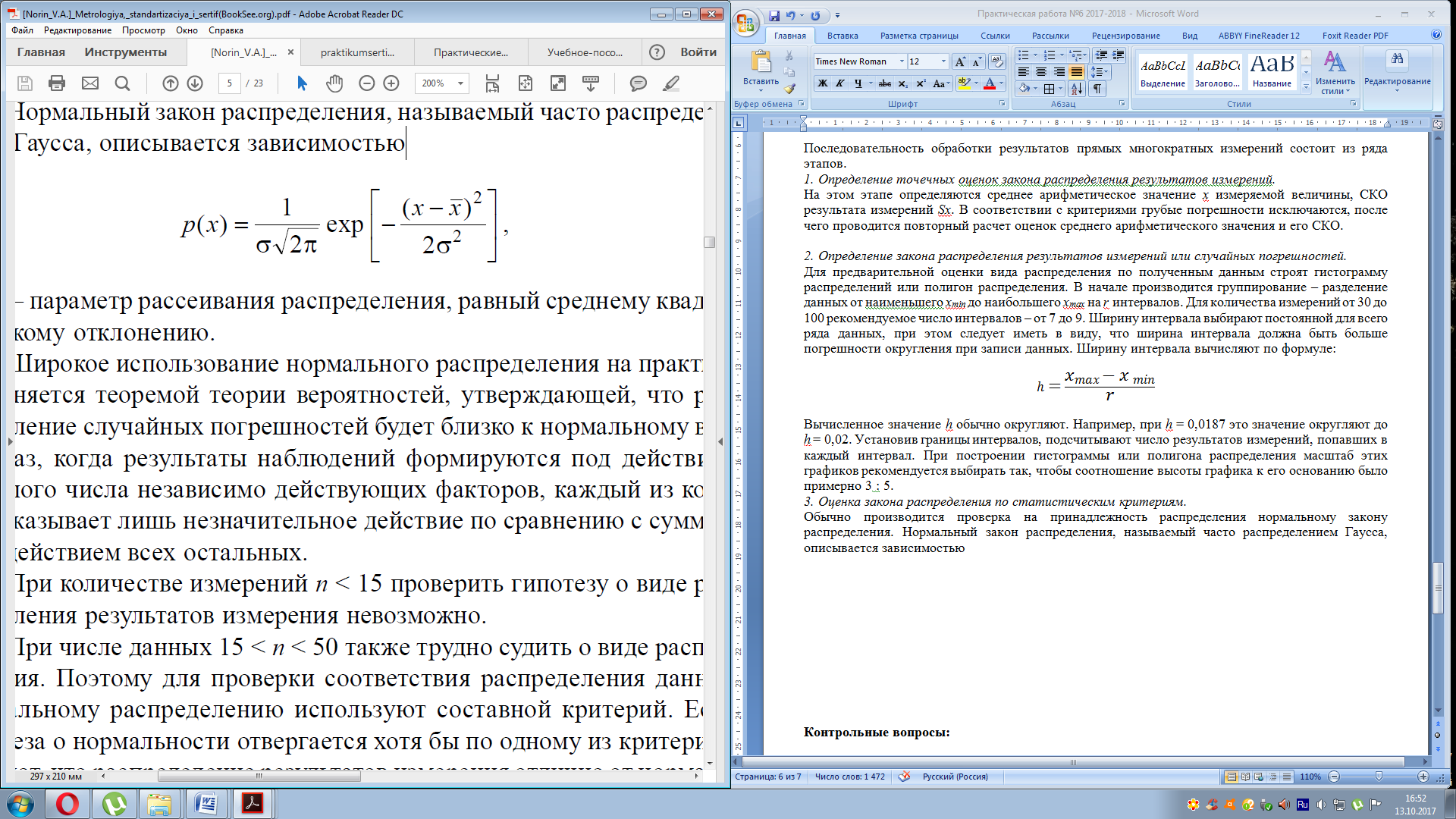
*2. Определение закона распределения результатов измерений или случайных погрешностей.*

Для предварительной оценки вида распределения по полученным данным строят гистограмму распределений или полигон распределения. В начале производится группирование – разделение данных от наименьшего *xmin* до наибольшего *xmax* на *r* интервалов. Для количества измерений от 30 до 100 рекомендуемое число интервалов – от 7 до 9. Ширину интервала выбирают постоянной для всего ряда данных, при этом следует иметь в виду, что ширина интервала должна быть больше погрешности округления при записи данных. Ширину интервала вычисляют по формуле:

Вычисленное значение *h* обычно округляют. Например, при *h* = 0,0187 это значение округляют до *h* = 0,02. Установив границы интервалов, подсчитывают число результатов измерений, попавших в каждый интервал. При построении гистограммы или полигона распределения масштаб этих графиков рекомендуется выбирать так, чтобы соотношение высоты графика к его основанию было примерно 3 : 5.

*3. Оценка закона распределения по статистическим критериям.*

Обычно производится проверка на принадлежность распределения нормальному закону распределения. Нормальный закон распределения, называемый часто распределением Гаусса, описывается зависимостью

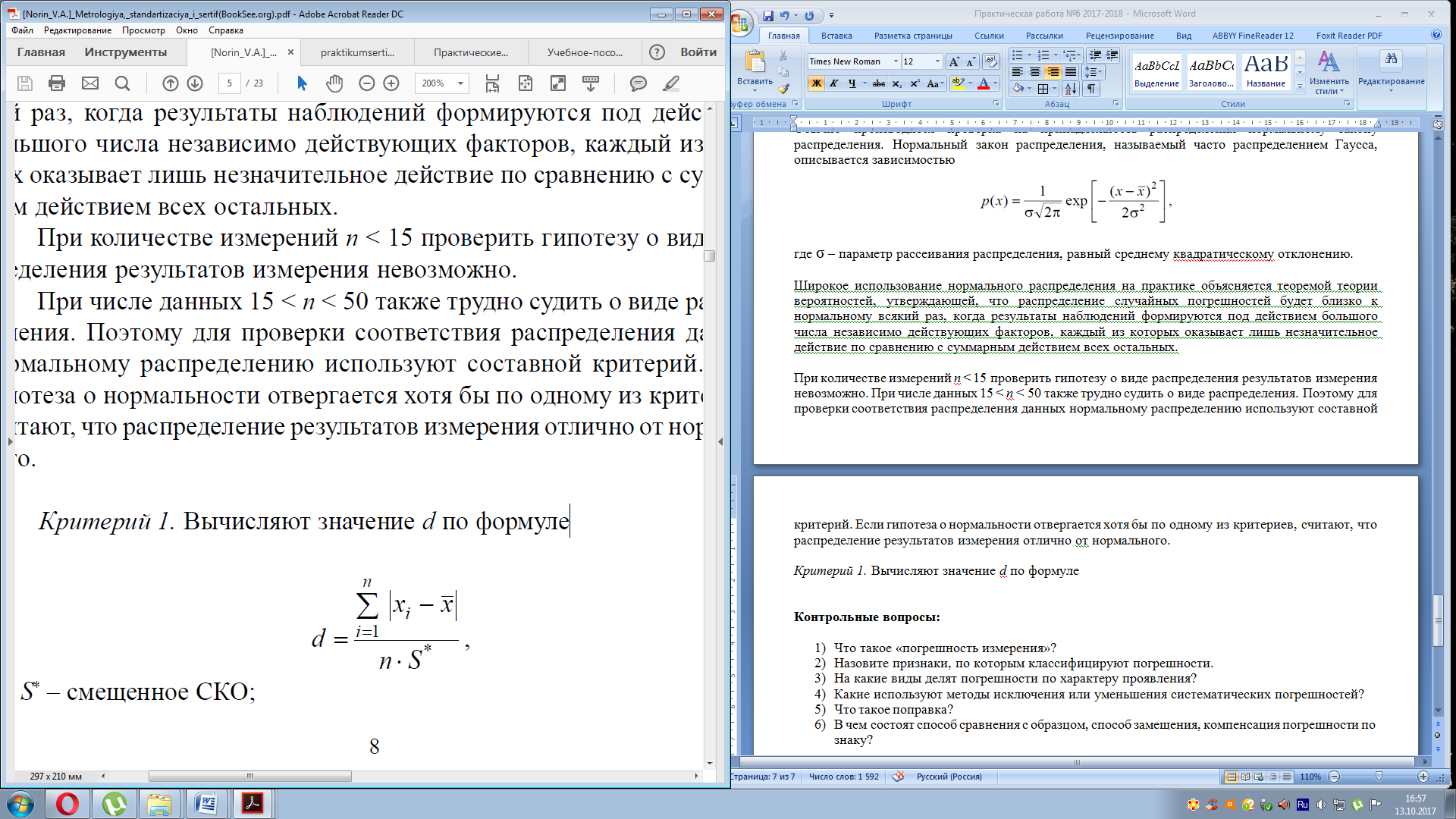


где σ – параметр рассеивания распределения, равный среднему квадратическому отклонению.

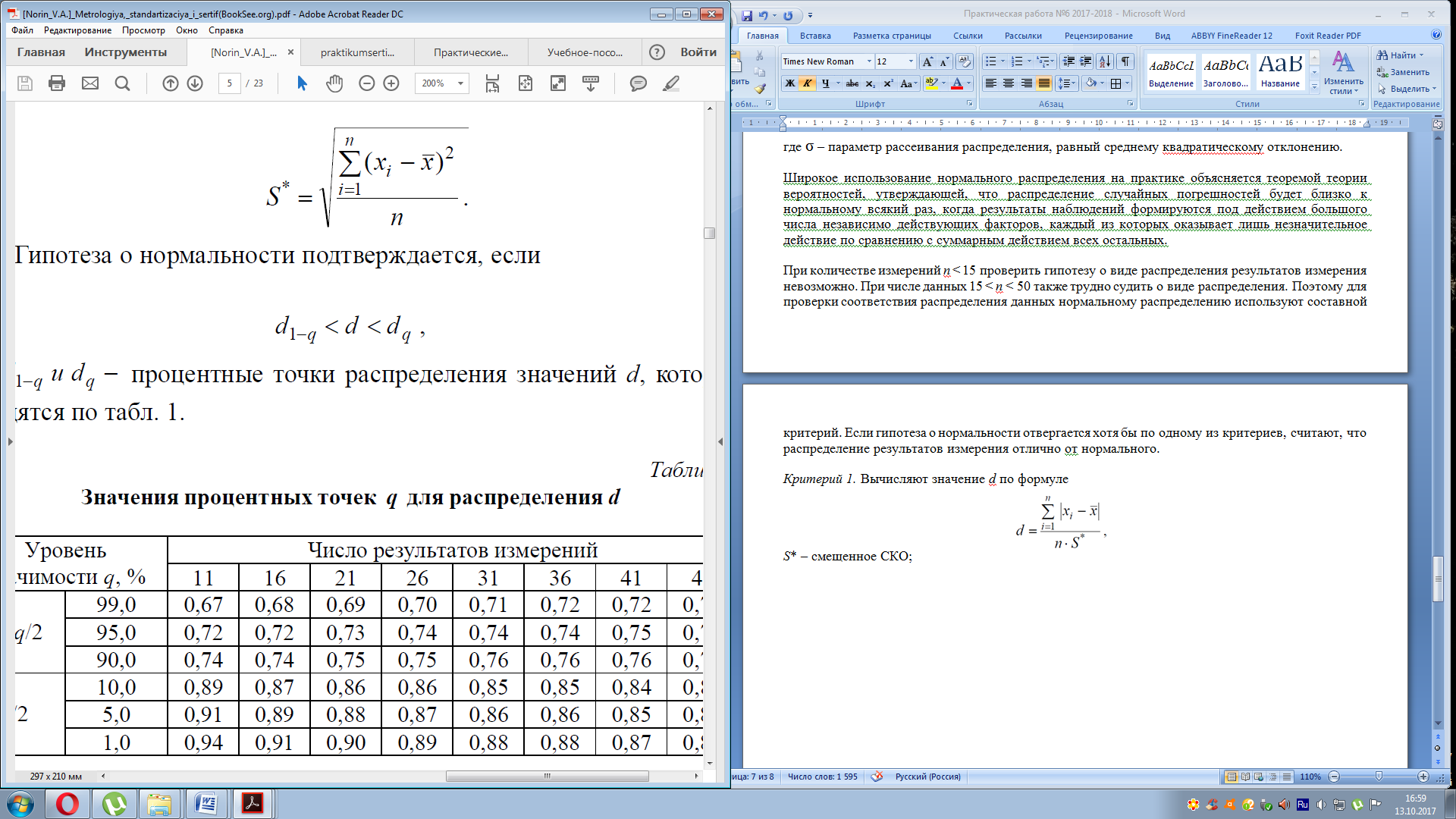
Широкое использование нормального распределения на практике объясняется теоремой теории вероятностей, утверждающей, что распределение случайных погрешностей будет близко к нормальному всякий раз, когда результаты наблюдений формируются под действием большого числа независимо действующих факторов, каждый из которых оказывает лишь незначительное действие по сравнению с суммарным действием всех остальных.

При количестве измерений *n* < 15 проверить гипотезу о виде распределения результатов измерения невозможно. При числе данных 15 < *n* < 50 также трудно судить о виде распределения. Поэтому для проверки соответствия распределения данных нормальному распределению используют составной критерий. Если гипотеза о нормальности отвергается хотя бы по одному из критериев, считают, что распределение результатов измерения отлично от нормального.

*Критерий 1.* Вычисляют значение *d* по формуле



*S*\* – смещенное СКО;



Гипотеза о нормальности подтверждается, если

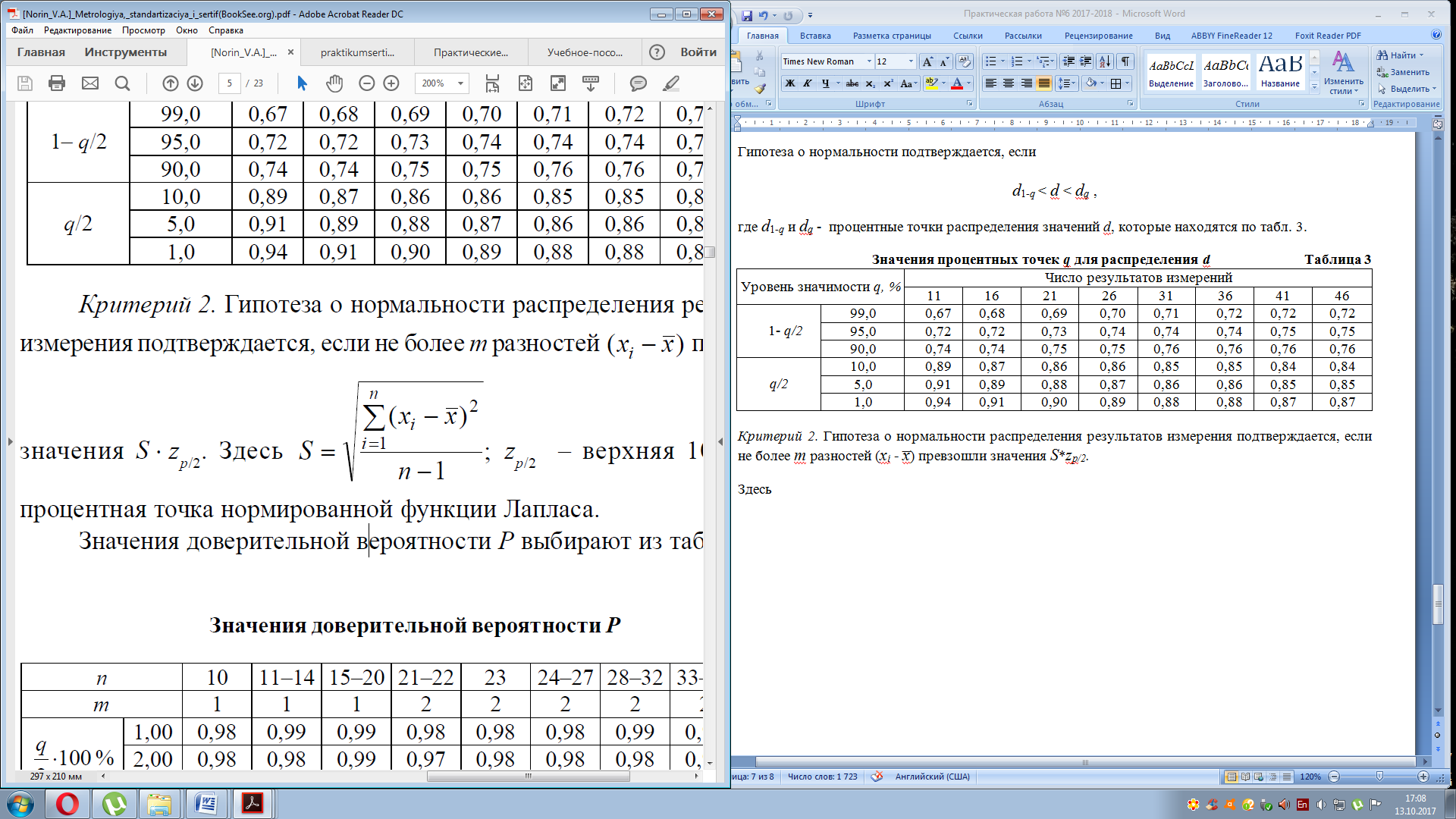
*d*1-*q* < *d* < *dq* ,

где *d*1-*q* и *dq* - процентные точки распределения значений *d*, которые находятся по табл. 3.

**Значения процентных точек *q* для распределения *d* Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень значимости q, % | | Число результатов измерений | | | | | | | |
| 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 |
| 1- q/2 | 99,0 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| 95,0 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,75 |
| 90,0 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 |
| q/2 | 10,0 | 0,89 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,84 |
| 5,0 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,85 |
| 1,0 | 0,94 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,87 |

*Критерий 2.* Гипотеза о нормальности распределения результатов измерения подтверждается, если не более *m* разностей (*xi -* ͞*x*) превзошли значения *S*\**zp/2.* Здесь *zp/2 –* верхняя 100\**P*/2 – процентная точка нормированной функции Лапласа.



Значения доверительной вероятности *P* выбирают из табл. 4.

**Значения доверительной вероятности *Р*  Таблица 4**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *п* | | 10 | 11-14 | 15-20 | 21-22 | 23 | 24-27 | 28-32 | 33-35 | 36-49 |
| *т* | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
|  | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 2,00 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 |
| 5,00 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,96 | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,98 |

При числе измерений *n >* 50 для идентификации закона распределения используется критерий Пирсона. При 50 > *n* > 15 для проверки нормальности закона распределения применяется составной критерий. При *n* < 15 принадлежность экспериментального распределения к нормальному не проверяется.

*4. Определение доверительных границ случайной погрешности.*

Если удалось идентифицировать закон распределения результатов измерений, то с его использованием находят квантильный множитель *zp* при заданном значении доверительной вероятности *Р*. В этом случае доверительные границы случайной погрешности ∆ = ± *zp* \* *Sx* . Здесь *Sx* – СКО среднего арифметического значения. При *n* < 30 часто используют распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности ∆*p* = ± *tp* \* *Sx/√n*. Здесь *tp* – коэффициент Стьюдента, приведенный в табл. 1, *n –*количество измерений.

*5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения.*

Под границами понимают найденные нестатистическими методами границы интервала, внутри которого находится неисключенная систематическая погрешность. Границы неисключенной систематической погрешности принимаются равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если их случайные составляющие пренебрежимо малы.

*6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения.*

Данная операция осуществляется путем суммирования СКО случайной составляющей *S͞x* и границ неисключенной систематической составляющей θ в зависимости от соотношения θ/*S͞x* .

*7. Запись результата измерения.*

Результат измерения записывается в виде *x* = ͞*x* ±∆*P* при доверительной вероятности *Р = Р*д.

**Пример**

Произвести обработку результатов измерений, данные которых представлены в табл. 5.

**Результаты измерений  Таблица 5**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | *хi* | хi – ͞*х* | *(хi – ͞х)2* |
| 1 | 36,008 | -0,001 | 0,000001 |
| 2 | 36,008 | -0,001 | 0,000001 |
| 3 | 36,008 | -0,001 | 0,000001 |
| 4 | 36,008 | -0,001 | 0,000001 |
| 5 | 36,010 | 0,001 | 0,000001 |
| 6 | 36,009 | 0 | 0 |
| 7 | 36,012 | 0,003 | 0,000009 |
| 8 | 36,009 | 0 | 0 |
| 9 | 36,011 | 0,002 | 0,000004 |
| 10 | 36,007 | -0,002 | 0,000004 |
| 11 | 36,012 | 0,003 | 0,000009 |
| 12 |  |  |  |

*1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений.*

Определяется среднее арифметическое значение результатов измерений.

Среднее квадратическое отклонение результатов наблюдений

Производится проверка на наличие грубых погрешностей в результатах измерения по критерию Диксона.

**Значения критерия Диксона  Таблица 6**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *п* | *zq* при *q,* равном | | | |
| 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| *4* | 0,68 | 0,76 | 0,85 | 0,89 |
| *6* | 0,48 | 0.56 | 0,64 | 0,7 |
| 8 | 0,4 | 0,47 | 0,54 | 0,59 |
| 10 | 0,35 | 0,41 | 0,48 | 0,53 |
| 14 | 0,29 | 0,35 | 0,41 | 0,45 |
| 16 | 0,28 | 0,33 | 0,39 | 0,43 |
| 18 | 0,26 | 0,31 | 0,37 | 0.41 |
| 20 | 0,26 | 0,3 | 0,36 | 0,39 |
| 30 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,34 |

Составляется вариационный возрастающий ряд из результатов измерений: 36,007; 36,008; 36,009; 36,010; 36,011; 36,012. Находится расчетное значение критерия для значения 36,012.

Как следует из табл. 6, по этому критерию результат 36,012 не является промахом при всех уровнях значимости.

*2. Предварительная оценка вида распределения результатов измерений или случайных погрешностей.*

При числе измерений меньше 15 предварительная оценка вида распределения результатов наблюдений не производится.

*3. Оценка закона распределения по статистическим критериям.*

При *n* < 15 принадлежность экспериментального распределения к нормальному не проверяется.

*4. Определение доверительных границ случайной погрешности.*

При числе измерений *n =* 11 используется распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности ∆*p* = ± *tp* \* *Sx/√n*.

Коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности *Р*д = 0,95 и при *n* = 11 равен 2,2. Тогда доверительные границы случайной погрешности

*5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения*

Границы неисключенной систематической погрешности θ принимаются равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средства измерения. Для рычажного микрометра допускаемая погрешность ±0,7 мкм.

*6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения*

Согласно ГОСТ 8.207–76 погрешность результата измерения определяется по следующему правилу. Если границы неисключенной систематической погрешности θ < 0,8\**S͞͞͞x* , то следует пренебречь систематической составляющей погрешности и учитывать только случайную погрешность результата. В нашем случае θ = 0,7 мкм, а *S͞x* = = 0,0006 мкм, т. е. соотношение θ < 0,8\* *S͞x* не выполняется, поэтому систематической погрешностью пренебрегать нельзя.

Если 8\* *S͞x* < θ, то можно пренебречь случайной погрешностью. Так как и это соотношение не выполняется (8\*0,0006 > 0,0007), то необходимо учитывать и систематическую, и случайную составляющие погрешности измерения.

Тогда ∆*P* =

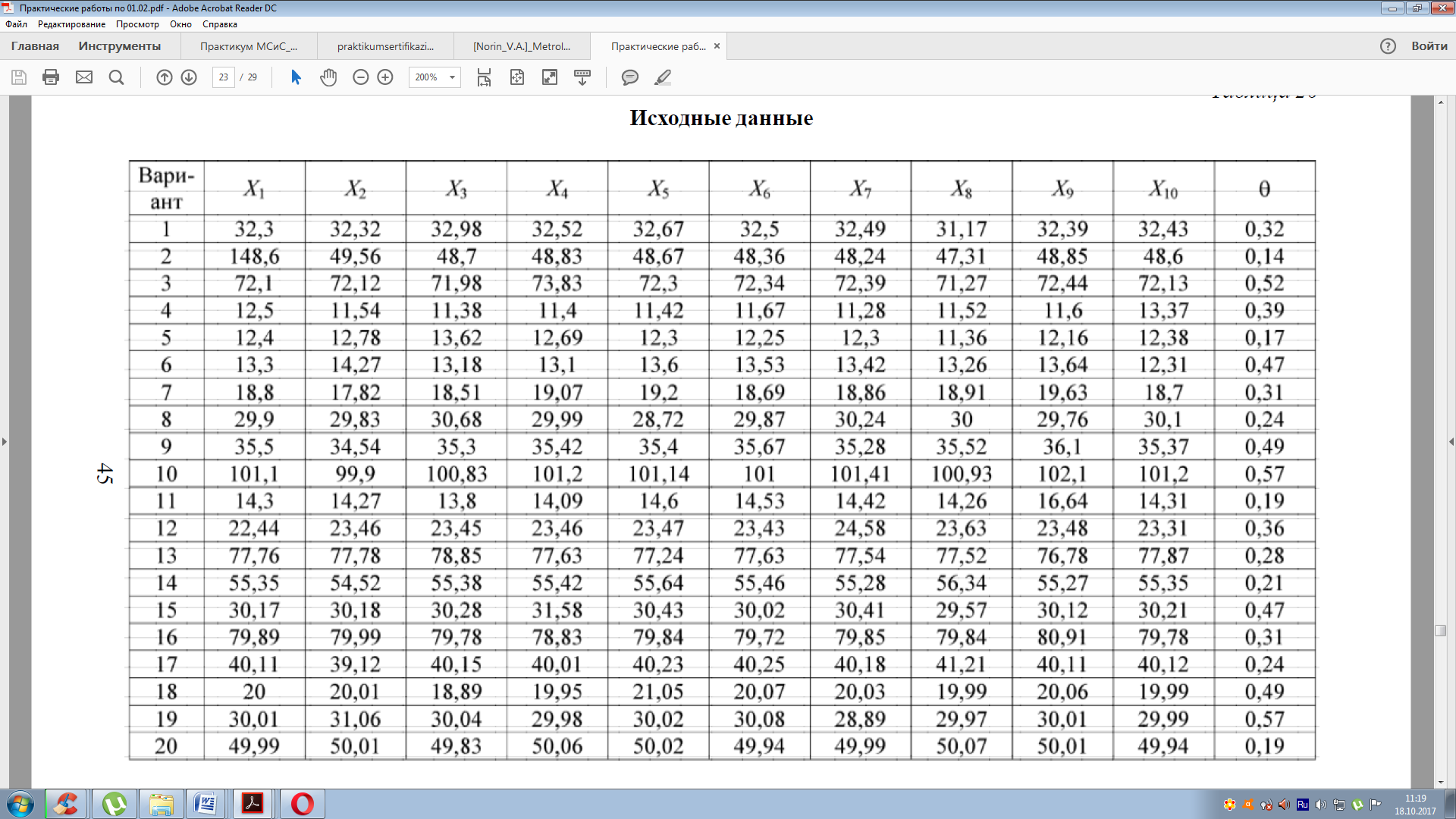
*7. Запись результата измерения*

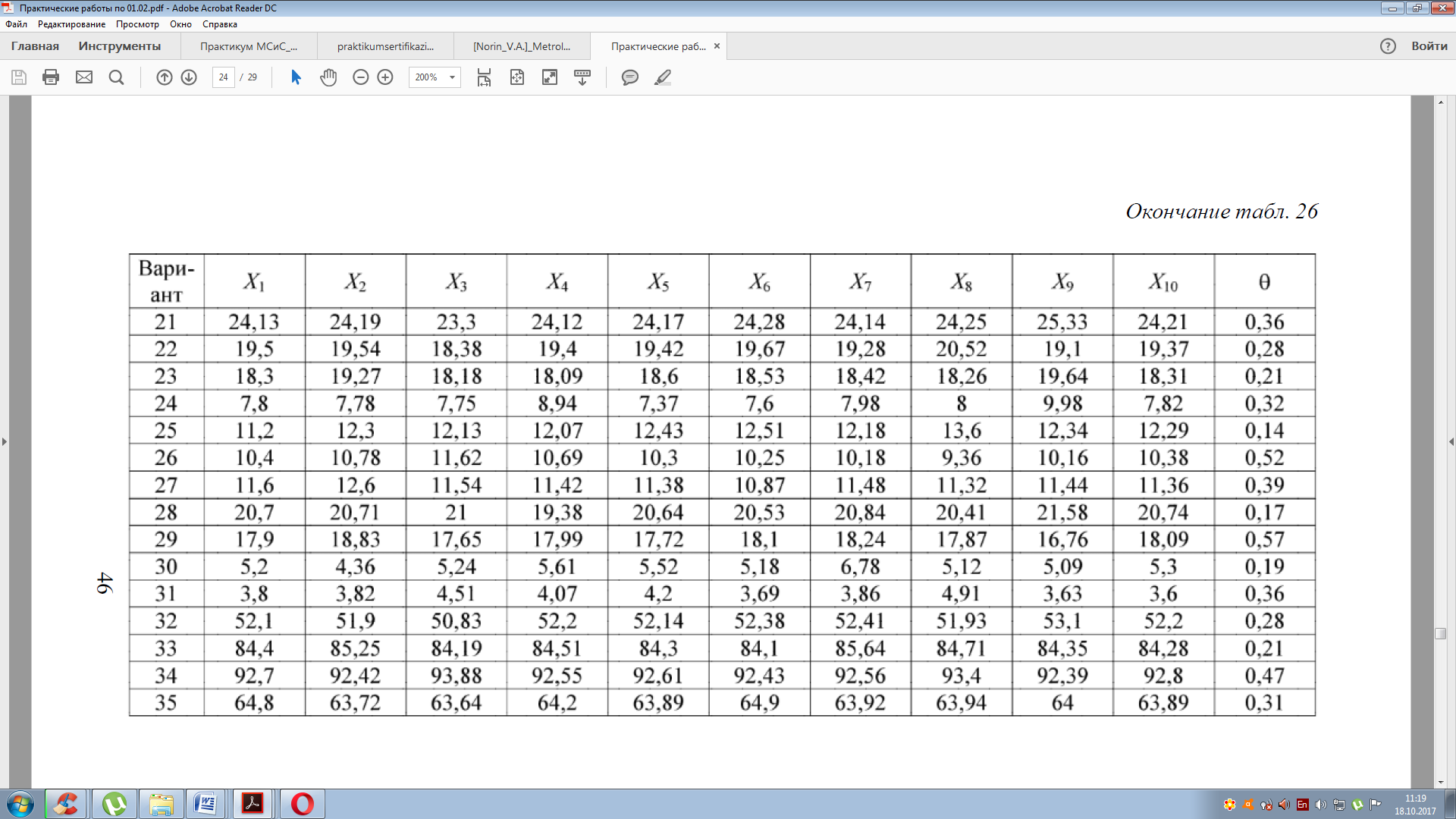
Результат измерения *x* =  при доверительной вероятности *Р =* 0,95.

**Задание**

Используя данные для задачи 2, произвести обработку результатов прямых многократных измерений и определить, чему равно значение измеряемой величины.

**Исходные данные  Таблица 7**



****

**Расчеты:**

**Контрольные вопросы:**

1. Условия, при которых проводятся однократные измерения?
2. Что принимается за результат прямого однократного измерения?
3. Назовите условия, для которых неприменима данная методика?
4. Назовите составляющие погрешности прямых однократных измерений?
5. Дайте определение неисключенной систематической погрешности результата измерения?
6. Дайте определение случайной погрешности результата измерений?
7. Дайте определение неопределенности измерений?
8. Как найти стандартную неопределенности по типу А?
9. Как найти стандартную неопределенности по типу В?
10. В чем смысл многократных измерений?
11. Как определить границы неисключенной систематической погрешности?
12. Как определить доверительные границы погрешности результата измерения?