|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |
| **Саровский физико-технический институт-филиал НИЯУ МИФИ** |

**Физико-технический факультет**

**Кафедра квантовой электроники**

**Г.С. Рогожников**

**Компьютерные технологии в науке и производстве. Лабораторный практикум.**

для студентов,

обучающихся по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика»

УТВЕРЖДЕНО:

Заседанием кафедры КЭ,

зав кафедрой КЭ, д.ф-м.н.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Ф.Стариков

Научно-методическим советом СарФТИ, профессор, д.ф.н.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.П.Скрыпник

Саров

2018г.

**Рогожников Г.С.**

Компьютерные технологии в науке и производстве. Лабораторный практикум.: Пособие для высших учебных заведений. – Саров, 2017. – 34 стр.

Пособие содержит материалы, необходимые для успешного выполнения лабораторных работ в рамках изучения курса «Компьютерные технологии в науке и производстве». Информация приведена в контексте решения задач в области физики высоких плотностей энергии и направленных потоков излучений, что может быть полезным для студентов кафедр «Квантовая электроника», «Математическая физика», а также «Ядерная и радиационная физика» в процессе изучения спецкурсов и НИРС.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……………………………………………………………..4

Лабораторная работа №1. Электронные таблицы ……………………5

Лабораторная работа №2. Диалоговые системы математических вычислений ……………………………………………………………..12

Лабораторная работа №3. Программы инженерного анализа……….15

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ …………………34

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Компьютерные технологии в науке и производстве» для спецкафедр НИЯУ МИФИ СарФТИ «Квантовая электроника», «Математическая физика» и «Ядерная и радиационная физика» заключается в формировании современных фундаментальных знаний касательно основных концепций и принципов применения компьютерных технологий в научных исследованиях на примере физики высоких плотностей энергии и направленных потоков излучения. Результатом является выработка практических навыков работы с актуальным для исследователя программным обеспечением, формирование научного мировоззрения и развитие системного мышления.

В процессе обучения студент

- получает представление о компьютерных технологиях в общем виде и о науке как объекте компьютеризации;

- углубляет имеющиеся знания о видах научно-технической информации и способах ее обработки;

- определяет задачи и методы компьютерных технологий в теоретических исследованиях и научном эксперименте;

- получает обзорную информацию по современным прикладным программным продуктам, использующимся в работе инженерно-технических и научных работников;

- систематизирует знания о формах и форматах хранения данных с точки зрения удобства обработки и доступа;

- знакомится с основными принципами автоматизации научных исследований;

- развивает способности к самостоятельному выбору методов и средств компьютеризации научных исследований и производственных процессов.

Дисциплина является логическим продолжением курса «Прикладные физико-технические и компьютерные методы исследований» и дополняет знания и навыки, полученные в результате его освоения.

В данном пособии разбираются способы выполнения трех основных лабораторных работ из состава курса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАБЛИЦЫ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** НАУЧИТЬСЯ ОБРАБАТЫВАТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

**ЗАДАЧИ:** ИМЕЯ НАБОР ДАННЫХ, ОПИСЫВАЮЩИХ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ПОЛЕЗНЫЙ И ФОНОВЫЙ СИГНАЛ, ОЧИСТИТЬ ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ ОТ ФОНА, ПОСТРОИТЬ ГРАФИК И ИЗМЕРИТЬ ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИГНАЛА.

**ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПО:** MS EXCEL, ORIGIN

**1. В качестве исходных данных** в лабораторной работе используются файлы, содержащие результат регистрации оптическим спектрометром слабого лазерного излучения в диапазоне длин волн 350-950 нм и фонового излучения (засветки). Файлы названы следующим образом:

**lab1\_varX\_fonY.txt** в случае, если содержимое файла – данные о фоновом излучении

**lab1\_varX\_signal.txt** в случае, если содержимое файла – данные о лазерном излучении

здесь **X** – номер варианта, **Y** – порядковый номер файла с фоном

Файлы имеют простой текстовый формат (txt), внутри каждого файла находятся данные, в виде строчек из двух значений, разделенных символом табуляции (tab). Первое значение – длина волны излучения (в нанометрах), второе значение – интенсивность излучения на данной длине волны в Вт/см2.

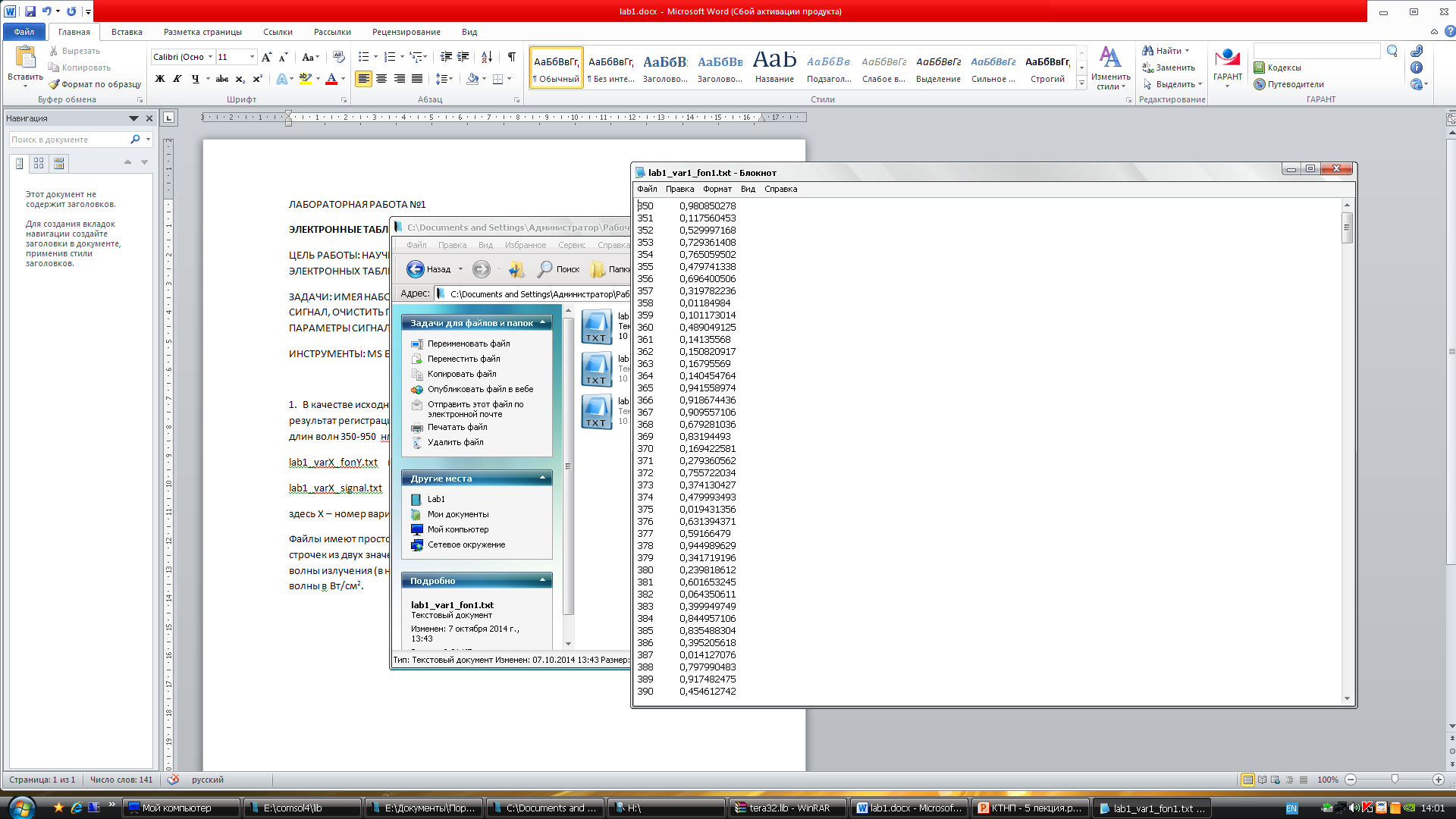


Рисунок 1.1 Вид исходного файла с данными, открытого в программе Notepad (Блокнот) из стандартного набора программ MS Windows

**2. Необходимо** импортировать данные из файлов в единый лист MS Excel или книгу Origin.

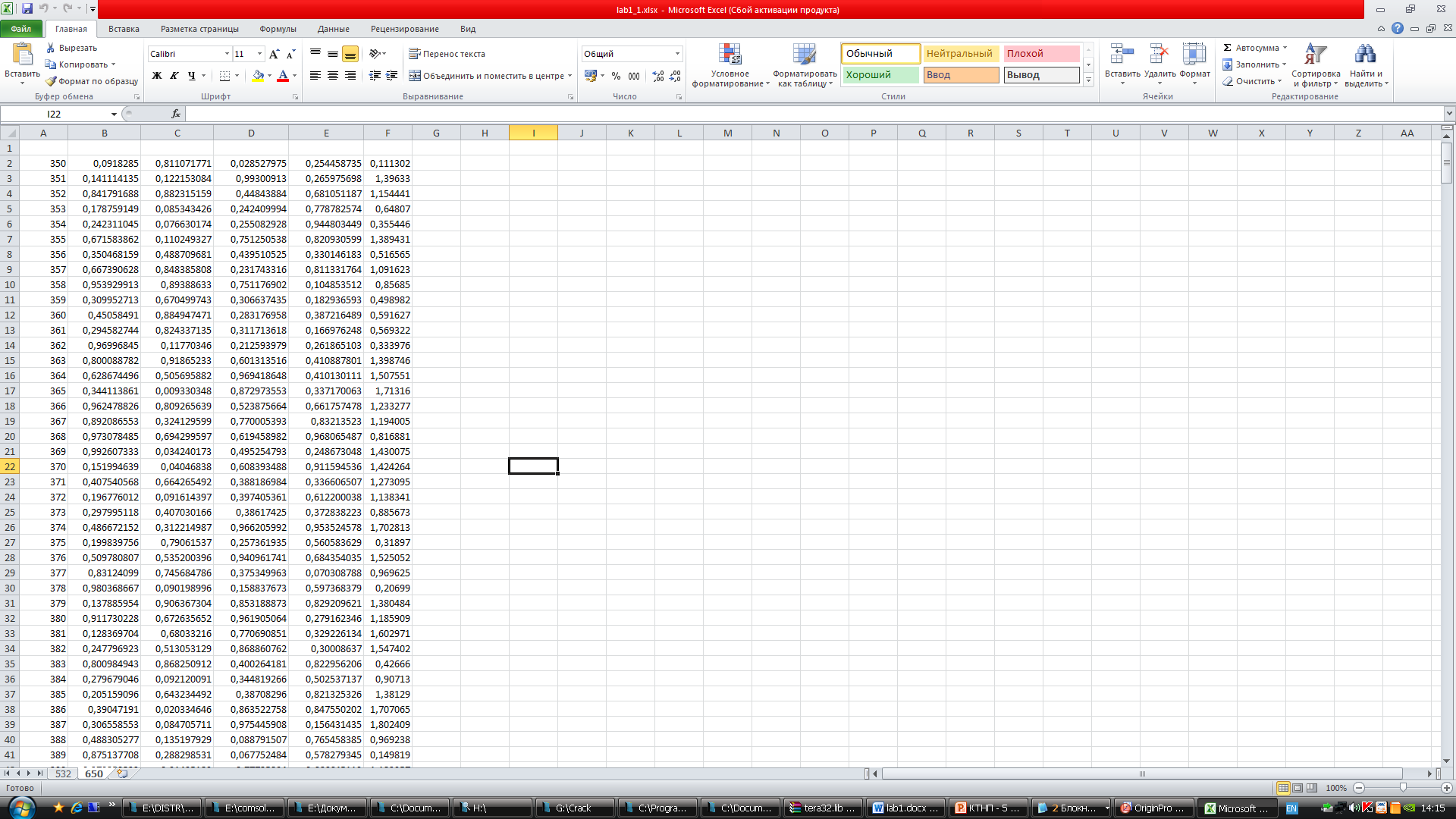


Рисунок 1.2. Вид данных, импортированных в MS Excel

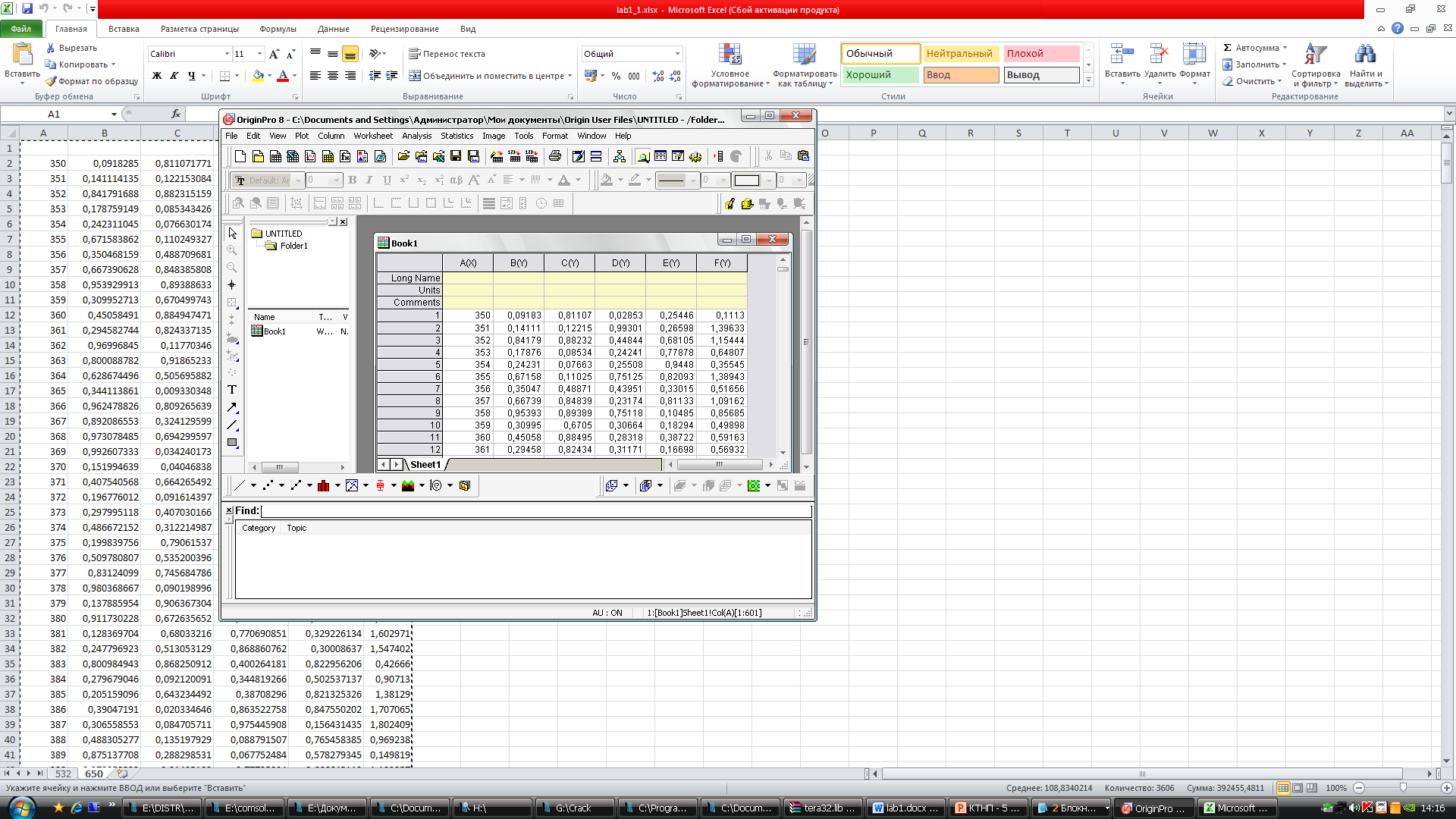


Рисунок 1.3. Вид данных, импортированных в Origin

**3. Затем,** вычитая из сигнала различные значения фона, и строя графики «интенсивность сигнала за вычетом фона от длины волны», выбрать наилучший результат (отношение сигнал/шум максимально).

В MS Excel вычитание можно осуществить путем создания столбца, каждая ячейка которого содержит формулу, например :

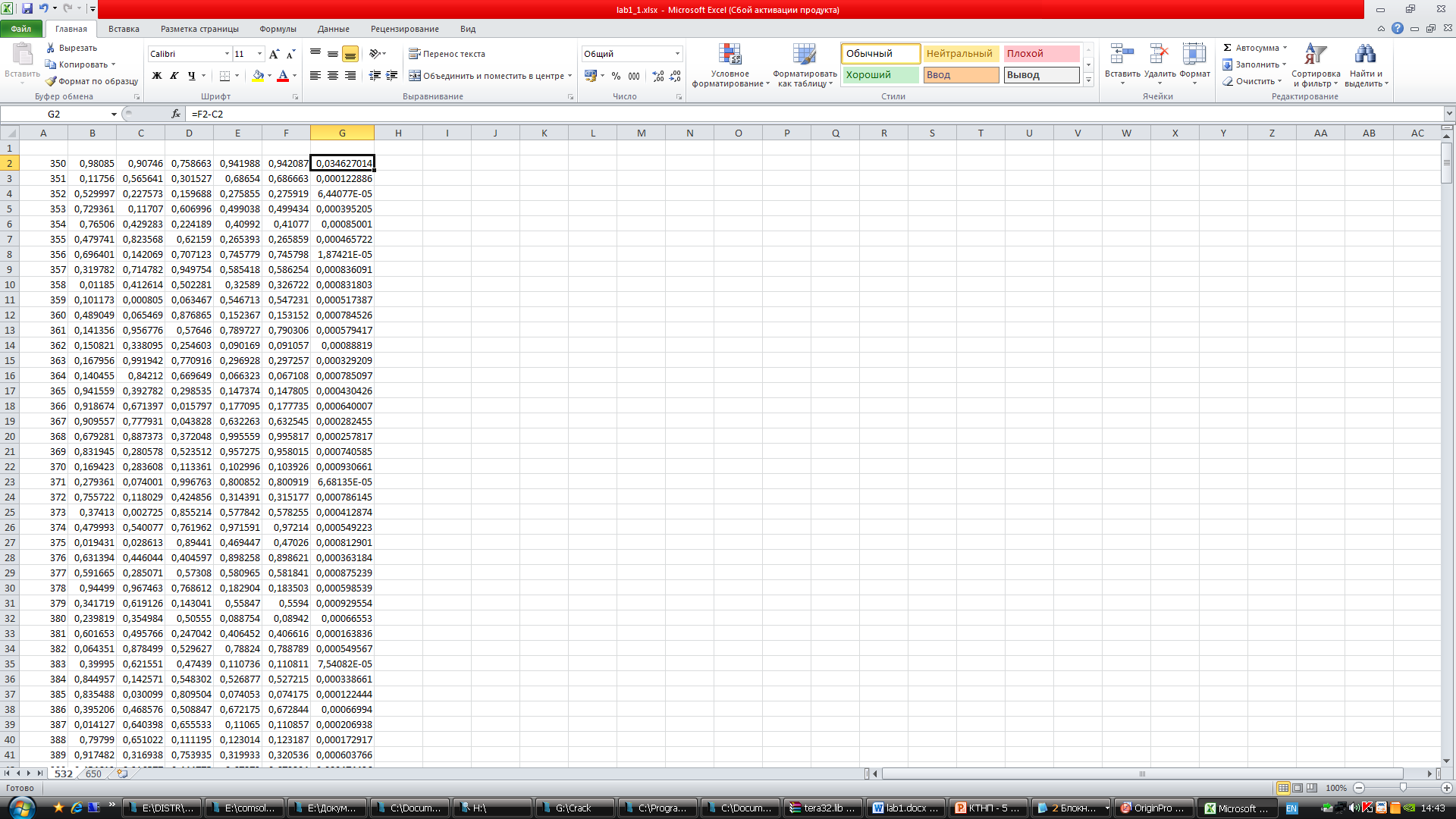


Рисунок 1.4. Вычитание столбцов в MS Excel

Введенную формулу можно скопировать для остальных ячеек столба.

В случае Origin новый столбец создается при помощи команды Add New Column в меню Column, а при помощи команды Set Column Values (в меню Column) можно задать формулу для вычитания. В данном случае можно оперировать не отдельными ячейками, а целыми столбцами.

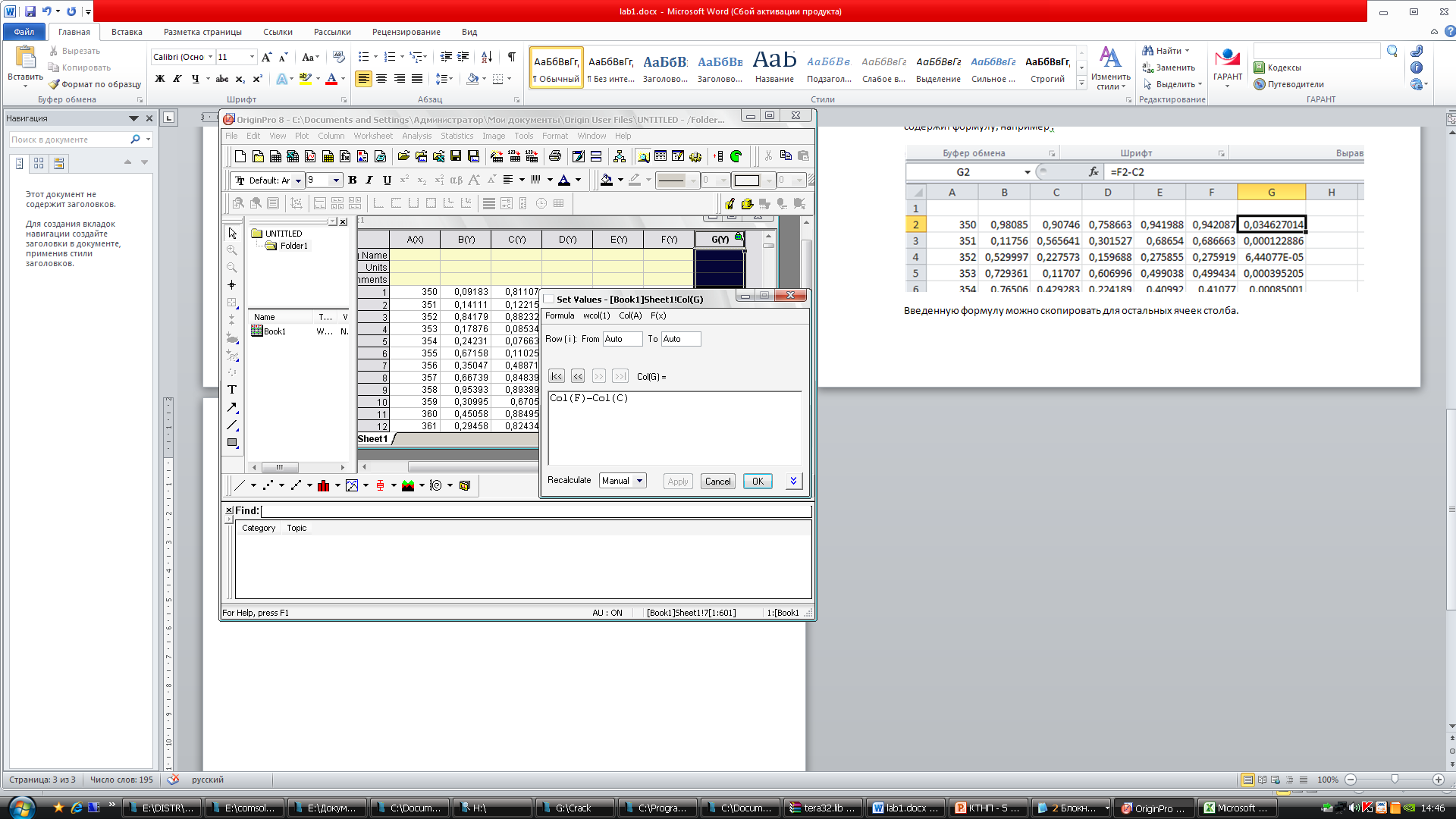


Рисунок 1.5. Вычитание столбцов в Origin

В MS Excel построить график можно, выделив необходимые столбцы (используя прижатую клавишу Ctrl), и выбрав в меню «Вставка» диаграмму типа «Точечная с гладкими кривыми»

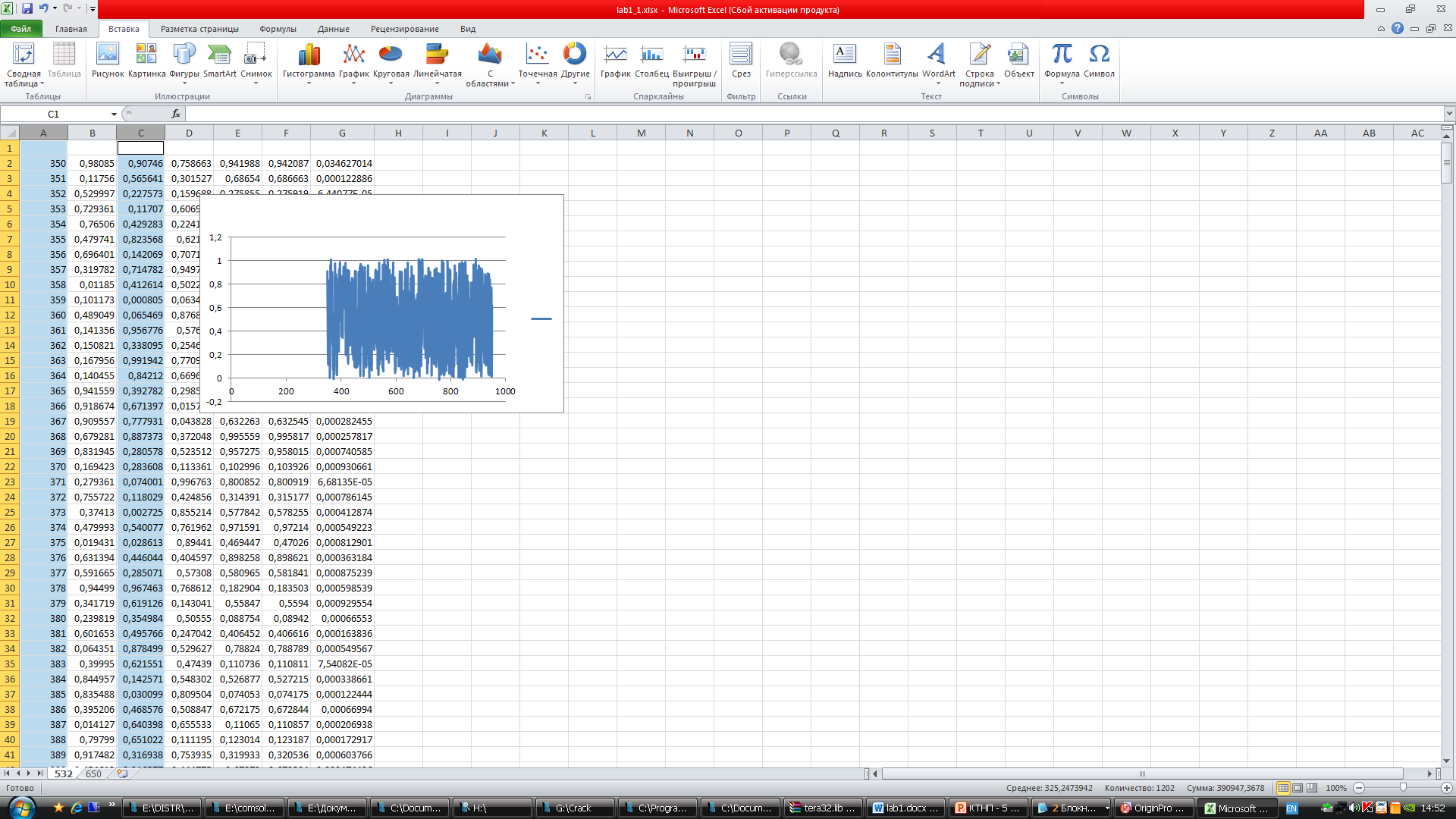


Рисунок 1.6. Построение графика в MS Excel

В Origin таким же образом можно выделить необходимые столбцы и в меню «Plot» выбрать тип диаграммы “Line”. Для того, чтобы график построился правильно, необходимо, чтобы названия столбцов содержали правильные обозначения типа данных: X или Y. Поменять тип можно, щелкнув правой кнопкой мыши на столбце и в выпавшем контекстном меню выбрав команду Set As…

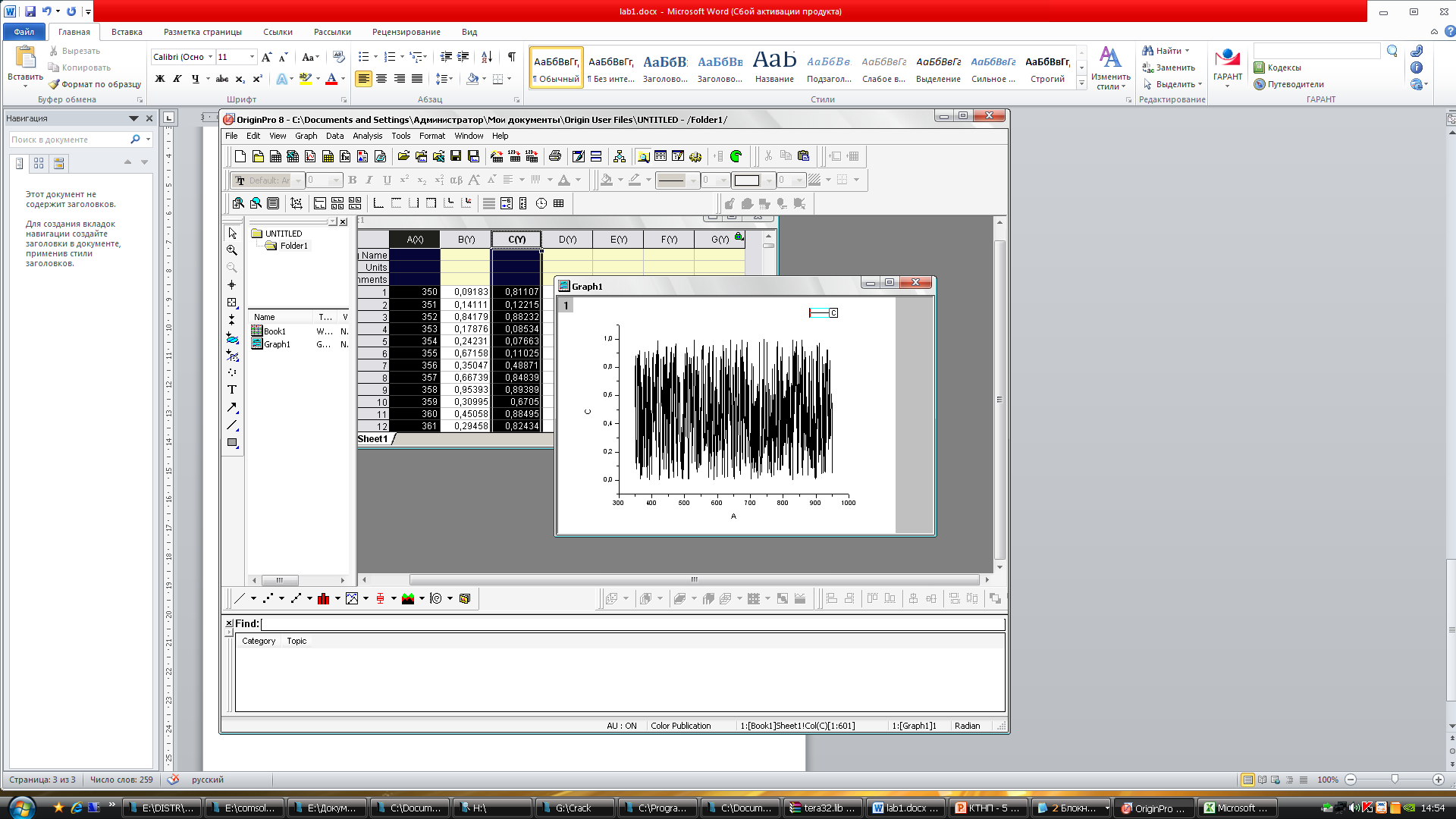


Рисунок 1.7. Построение графика в Origin

Для придания графикам удобочитаемого вида, добавьте на графики основные линии сетки (как вертикальной, так и горизонтальной оси), установите диапазон значений по оси Х от 350 до 950, установите диапазон значений по оси Y такой, чтобы наибольшее значение находилось в третьей четверти, а наименьшим значением был 0, сделайте подписи осей (единицы измерения). Легенду с графиков необходимо убрать.

Основные линии сетки в MS Excel можно добавить, щелкнув правой клавишей мыши на любое число на оси или на линию оси и выбрав команду «Добавить основные линии сетки»

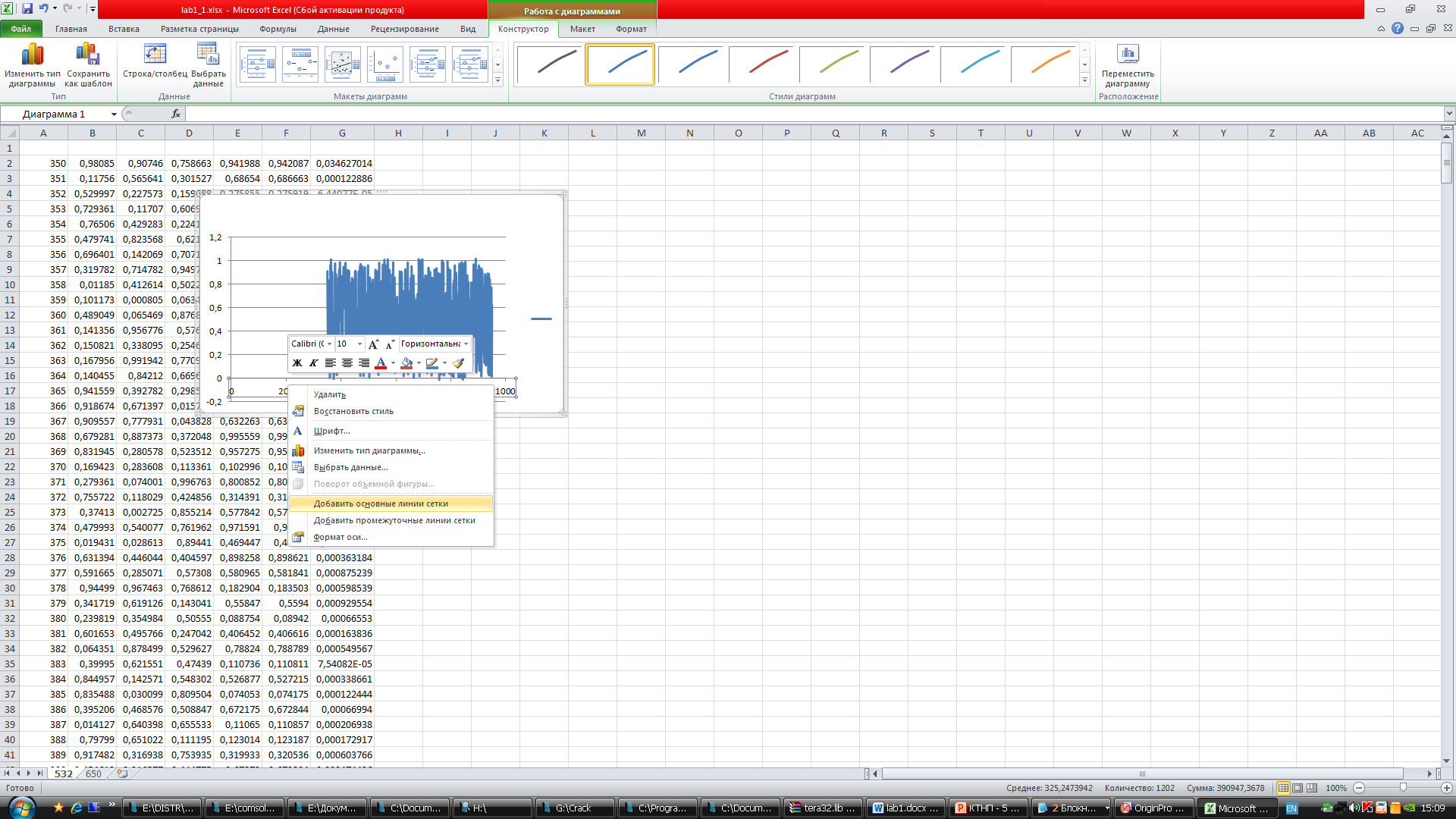


Рисунок 1.8. Добавление линий сетки в MS Excel

Диапазон значений меняется в этом же контекстном меню при выборе команды «Формат оси».

Здесь необходимо переключиться с автоматического формата на фиксированный, и ввести необходимые значения.

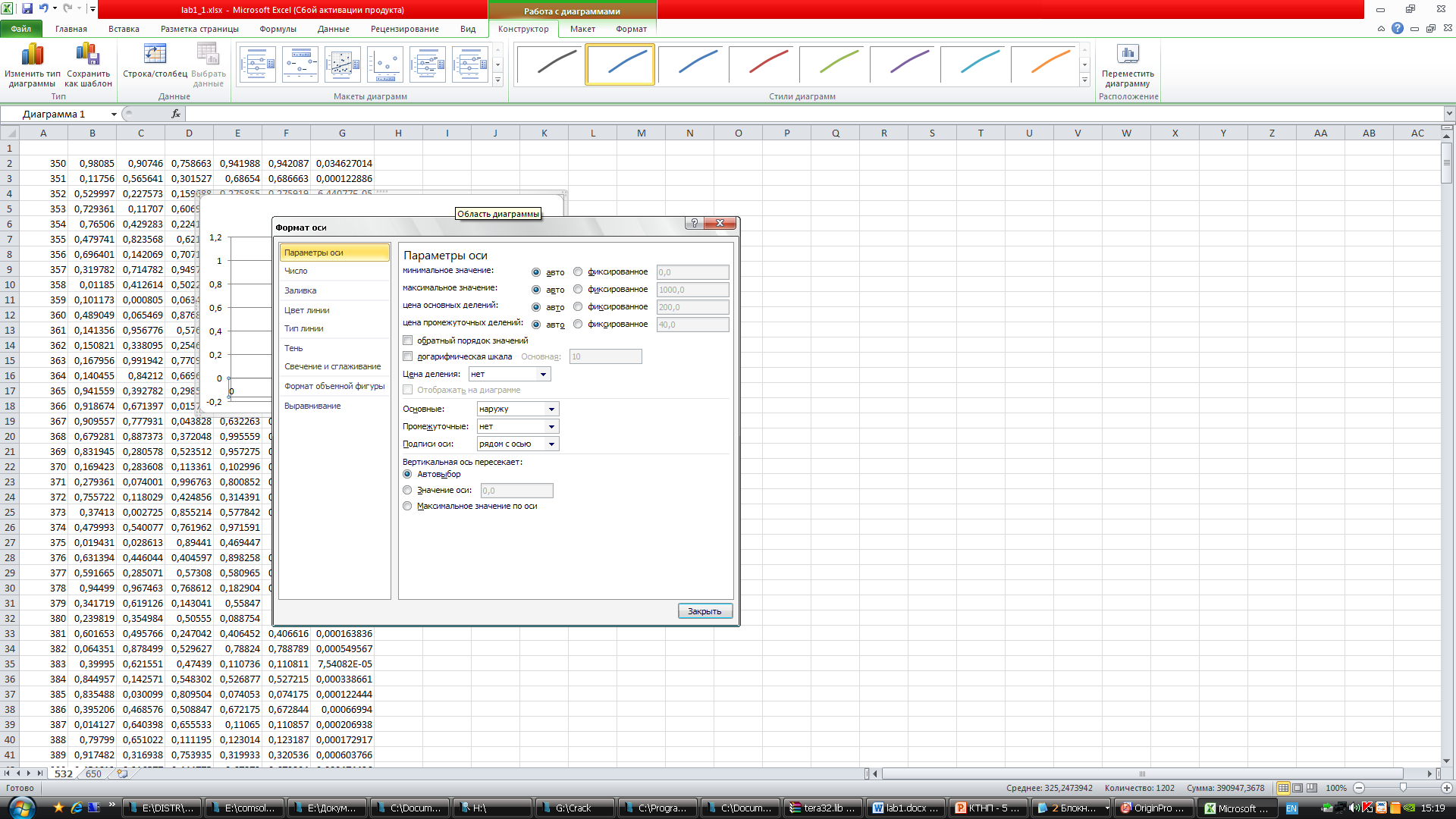


Рисунок 1.9. Задание параметров оси в MS Excel

**4. По графику** с наилучшим контрастом определите длину волны зарегистрированного спектрометром излучения, укажите точность, с которой Вы определили эту величину в абсолютных и относительных единицах.

**5. Отчет** о данной лабораторной работе должен быть представлен в электронной форме в виде файла MS Excel или Origin. Формат имени файла:

**ХХ-ХХ\_Фамилия.И.О.\_ЛР1**

где ХХ-ХХ – шифр группы, например, КЭ-51

Файл должен содержать: лист с итоговым графиком зависимости интенсивности от длины волны, лист с определенной длиной волны и точностью (ячейка A1 – длина волны в нанометрах, ячейка В1 – абсолютная погрешность в нанометрах, ячейка С1 – относительная погрешность в нанометрах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** НАУЧИТЬСЯ РЕШАТЬ ПРИКЛАДНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПРИ ПОМОЩИ ДИАЛОГОВЫХ СИСТЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХЪ ВЫЧИСЛЕНИЙ

**ЗАДАЧИ:** ПО ЗАДАННЫМ В УСЛОВИИ ЗАДАЧИ ИСХОДНЫМ ДАННЫМ ПРОИЗВЕСТИ РАСЧЕТ ТРЕБУЕМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ПОСТРОИТЬ ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТЕЙ.

**ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПО:** MATHCAD

**1. Для примера** разберем решение задачи «Гауссовы пучки» из области физики лазеров.

***Условие***

Лазерный резонатор, образованный двумя одинаковыми сферическими зеркалами, расположенными таким образом, чтобы их фокусы совпадали в одной точке, называется конфокальным. Резонансы в конфокальном резонаторе длиной *l* имеют место только для целых значений *4l/λ*, где *λ* – длина волны излучения. Основной является мода, поперечное распределение поля которой определяется простой гауссовой функцией:

*I=I0·exp[-(x2+y2)/2w2]* (ф2.1)

Ширина распределения интенсивности меняется вдоль оси *z* по закону:

*w2=w02+(z/k·w0)2* (ф2.2)

где *k=2π/λ* – волновое число, а *w0* имеет смысл радиуса пучка в фокальной плоскости резонатора, т.е. при *z=0*, и обычно называется радиусом перетяжки или каустикой. Величина *w0* определяется длиной резонатора и составляет

*w02= l/2k* (ф2.3)

Расходимость гауссова пучка также зависит от *w0* и определяется как

*θ=λ/π· w0* (ф2.4)

Гауссов пучок по своей природе имеет минимальную расходимость, но на практике лазерные лучи часто отклоняются от идеального варианта по разным причинам, связанным с физикой усиления и распространения лазерного излучения в среде. У реальных лазерных лучей радиус перетяжки и расходимость в *М* раз больше, чем у гауссова пучка. В этом случае получают для произведения параметров луча:

*θ·w0= M2·λ/π* (ф2.5)

где величина *M2* есть числовая мера дифракции. Минимальное значение величины *M2=1* отнесено к гауссову пучку.

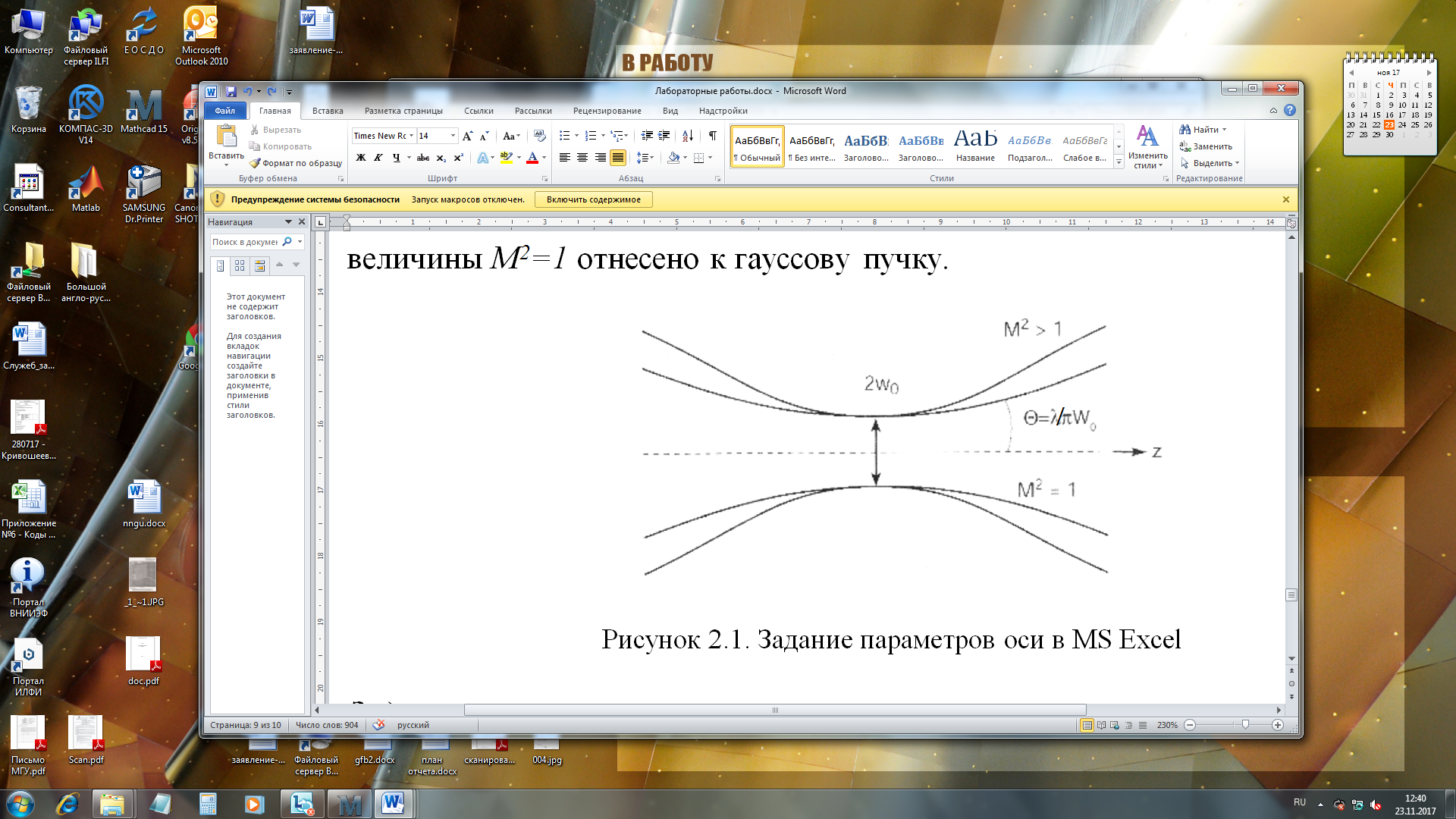


Рисунок 2.1. Гауссов пучок с перетяжкой

***Задание***

Найдите радиус перетяжки лазерного пучка с длиной волны 1054 нм, сформированного в конфокальном резонаторе длиной 0.1 м, расходимость пучка и значение величины *М2*. Сформируйте график распределения интенсивности лазерного пучка поперечно направлению распространения (вдоль оси *x* или *y*) в месте перетяжки в пределах *[-5w0;5w0],* а также график зависимости ширины пучка вдоль оси *z* в пределах *[-l;l]* как на рисунке выше*.*

Решение начнем с занесения в Mathcad исходных данных. Для удобства чтения расчета необходимо комментировать вводимые переменные и уточнять единицы их измерения.

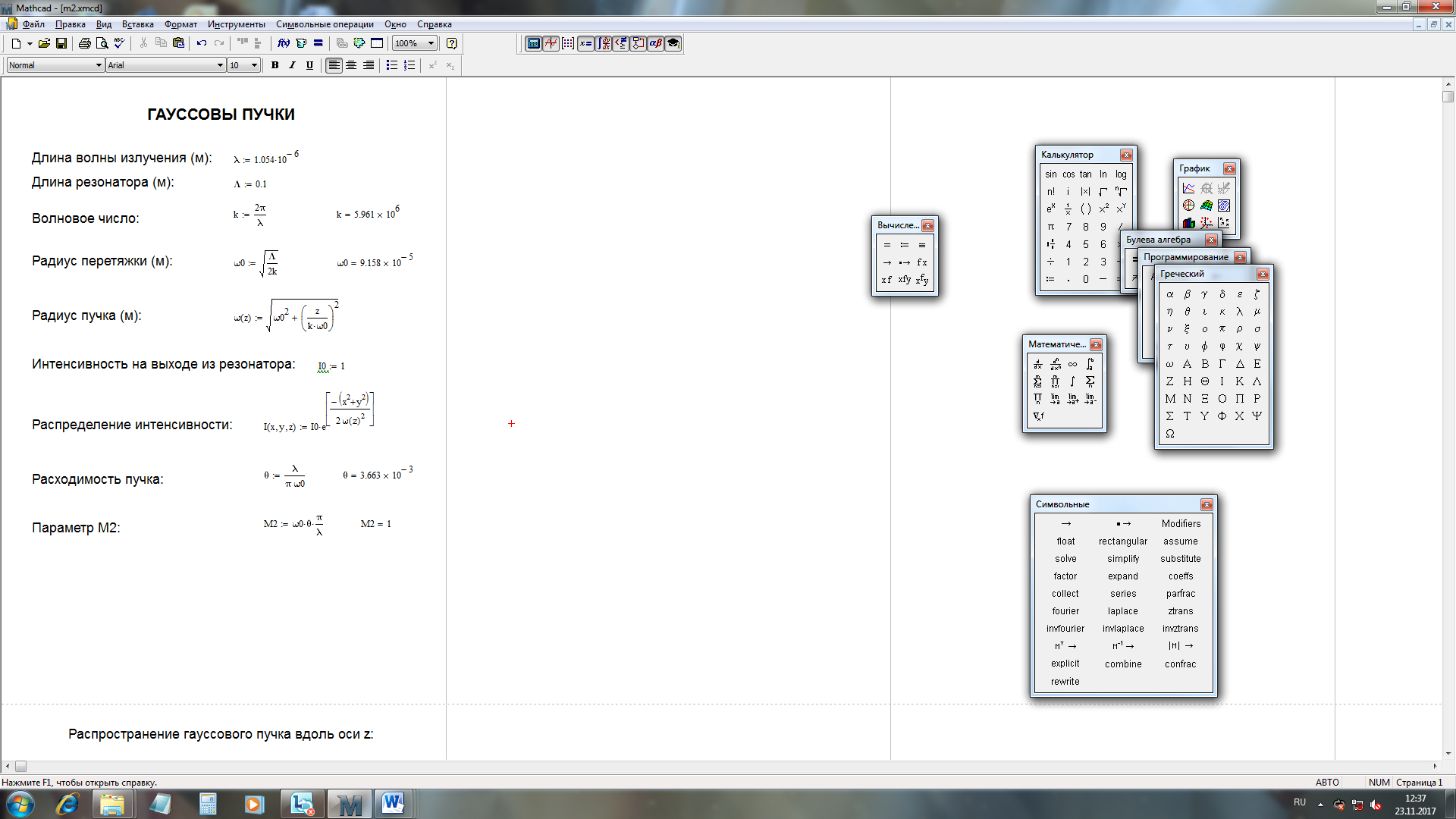


Рисунок 2.2. Занесение исходных данных

Далее следует сам расчет. Для того, чтобы узнать радиус перетяжки, необходимо узнать значение волнового числа *k*. Не перегружайте излишне формулы, - поэтапный ход вычислений поможет вовремя обнаружить ошибку. После ввода выражения, если это возможно, выведите его числовое значение справа – так вы будете контролировать правильность хода решения задачи. Радиус пучка находим преобразовав формулу (ф2.2). Радиус пучка зависит от координаты *z*, поэтому выражение для его расчета представляет собой функцию *w(z)*. Интенсивность излучения на выходе из резонатора в условии не задана, поэтому для простоты примем её значение .

Распределение интенсивности (ф2.1) есть функция трех координат, причем координаты *x* и *y* заданы явно, а координата *z* появляется из-за присутствия в выражении радиуса пучка *w(z)*.

Расходимость пучка находим по формуле (ф2.4), а параметр М2 – выразив его из (ф2.5). Логично, что для гауссова пучка мы получили значение М2 равное единице.

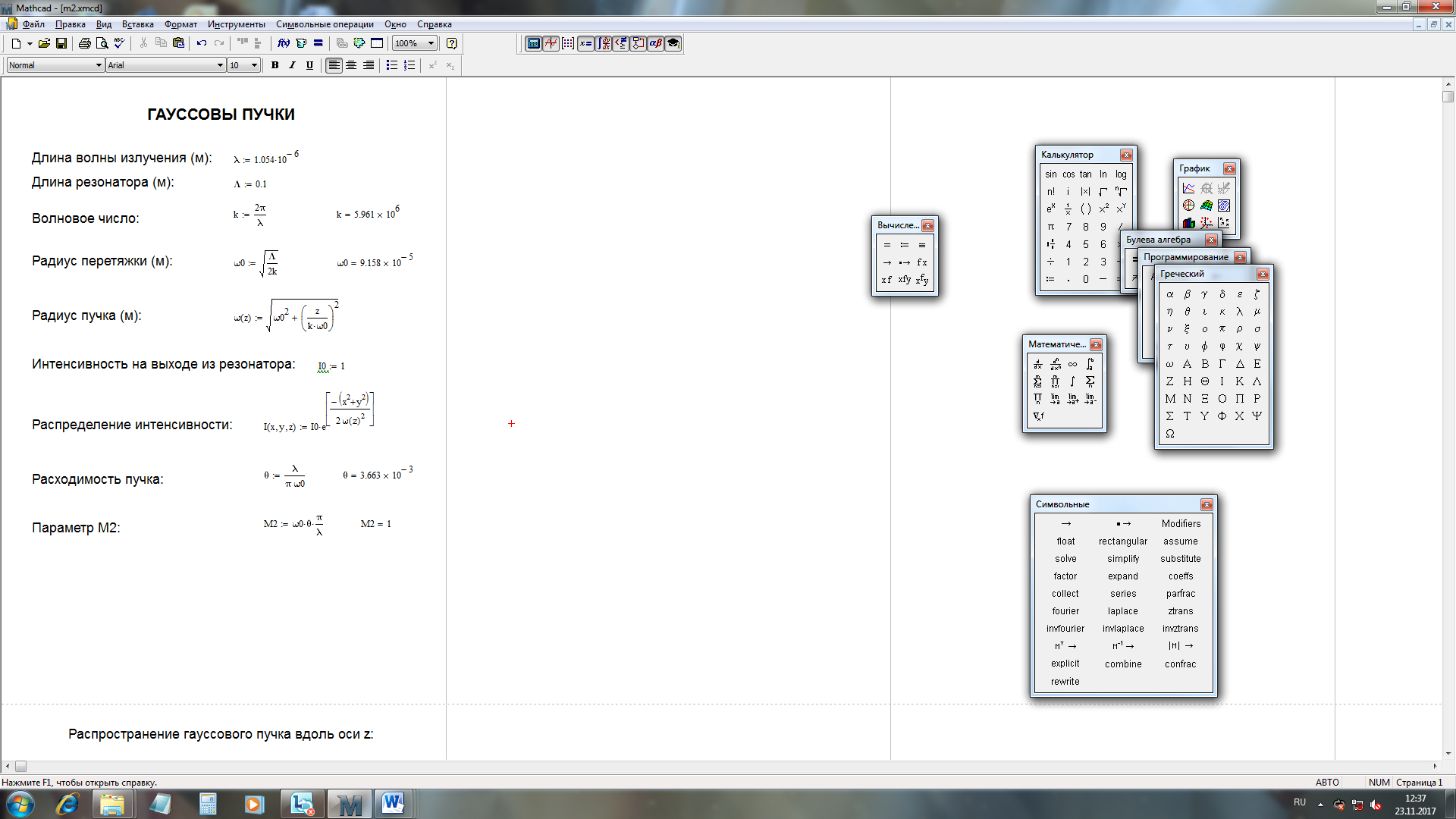


Рисунок 2.3. Решение задачи

Теперь, когда все необходимые величины посчитаны, а зависимости определены, можно приступать к построению графиков.

График зависимости ширины пучка вдоль оси *z* в пределах *[-l;l]* строится путем отображения на одном графике двух зависимостей радиуса гауссова пучка от координаты *z*: *w(z)* и *–w(z)* (вписываются через запятую).

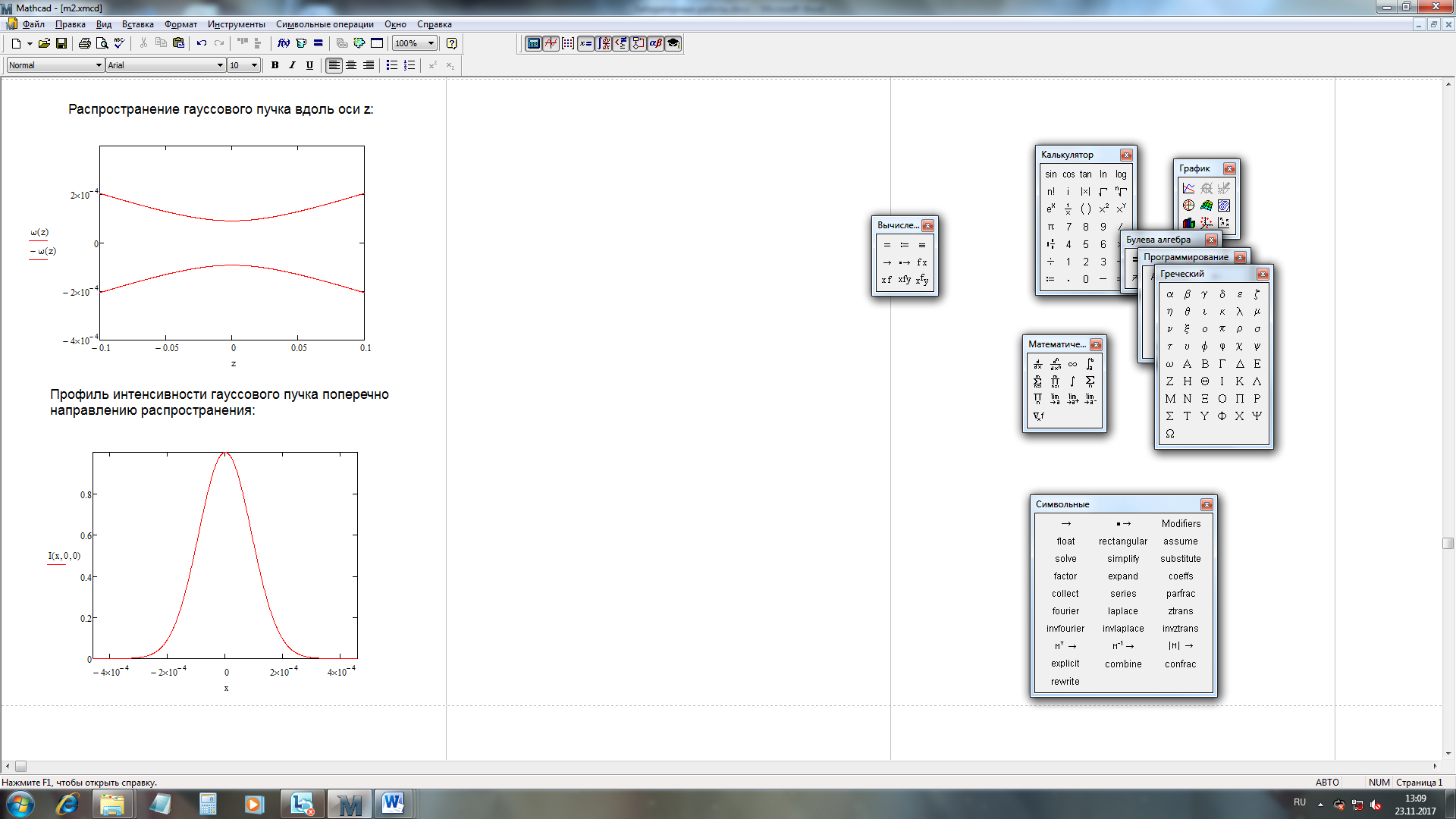


Рисунок 2.4. Построение графика зависимости ширины пучка вдоль оси z

График распределения интенсивности лазерного пучка поперечно направлению распространения будем строить для оси *x*. Соответственно в качестве абсциссы выбираем значение переменной x в диапазоне *[-5w0;5w0],* а в качестве ординаты – значение функции *I(x,y,z).* Так как график строим в месте перетяжки, *z =0.* Значение *y* так же берем равное нулю, так как строим распределение вдоль оси *x*.

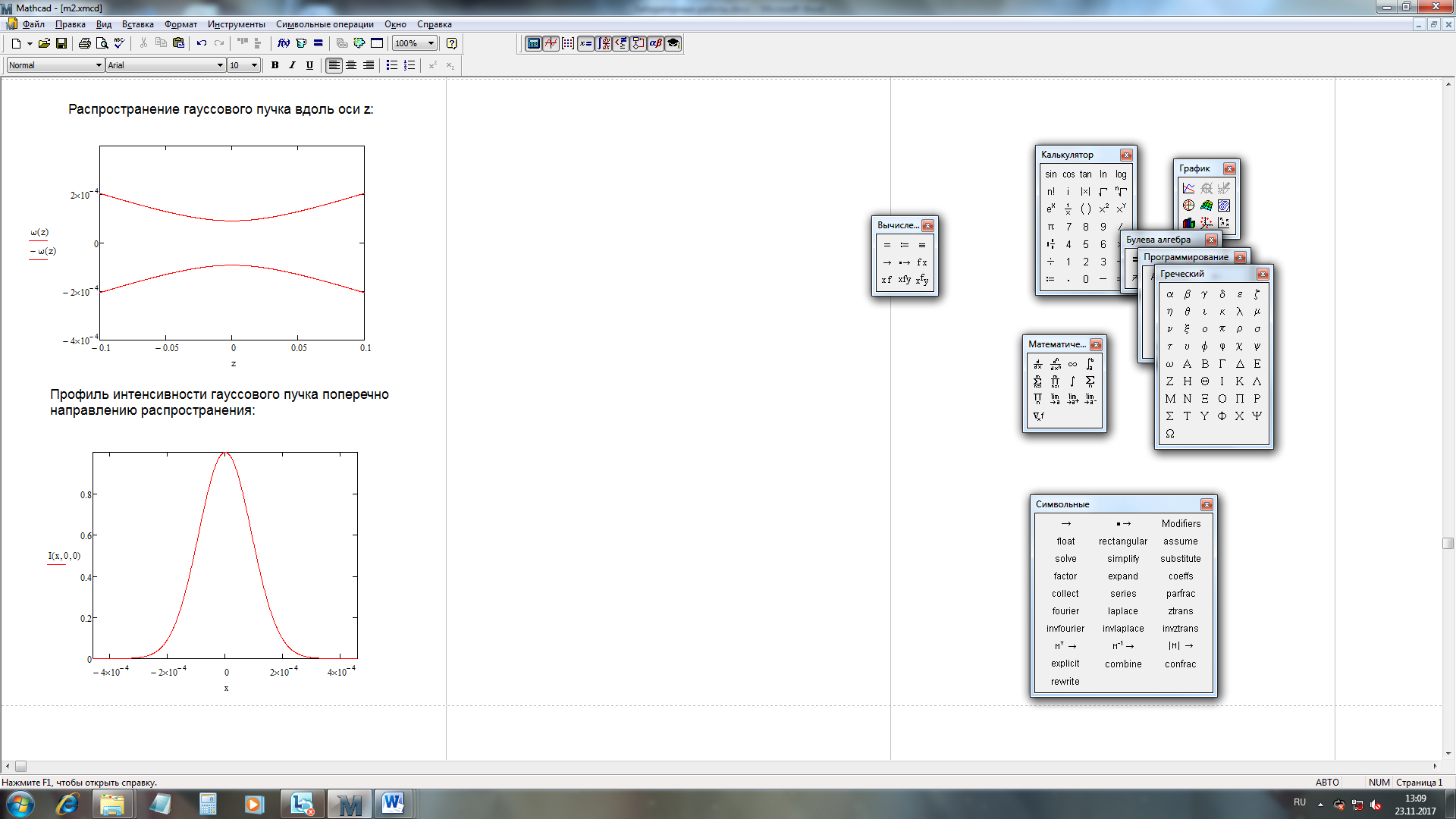


Рисунок 2.5. Построение графика зависимости ширины пучка вдоль оси z

**2. Для самостоятельного решения** предлагается задача «Оптические волокна», также из области физики лазеров:

***Условие***

Оптическое волокно (оптоволокно) состоит из цилиндрической прозрачной для излучения сердцевины с показателем преломления *n1* и оболочки с показателем преломления *n2*, причем *n1>n2*. В промышленно выпускаемых волокнах сердцевина имеет диаметр от 3 до 1000 мкм. Для заведения излучения в оптоволокно оно фокусируется линзой так, что диаметр пучка становится меньше середины волокна. В волокне от границы раздела сердцевины и оболочки происходит полное отражение, пока угол падения луча не станет слишком большим по отношению к входной поверхности волокна. В случае превышения максимального угла падения *ε*, как это имеет место с лучом, показанным пунктирной линией на рисунке, превышается также угол полного отражения в волокне. Выражение *sin(ε)* называют числовой апертурой:

*sin2ε = n12-n22*

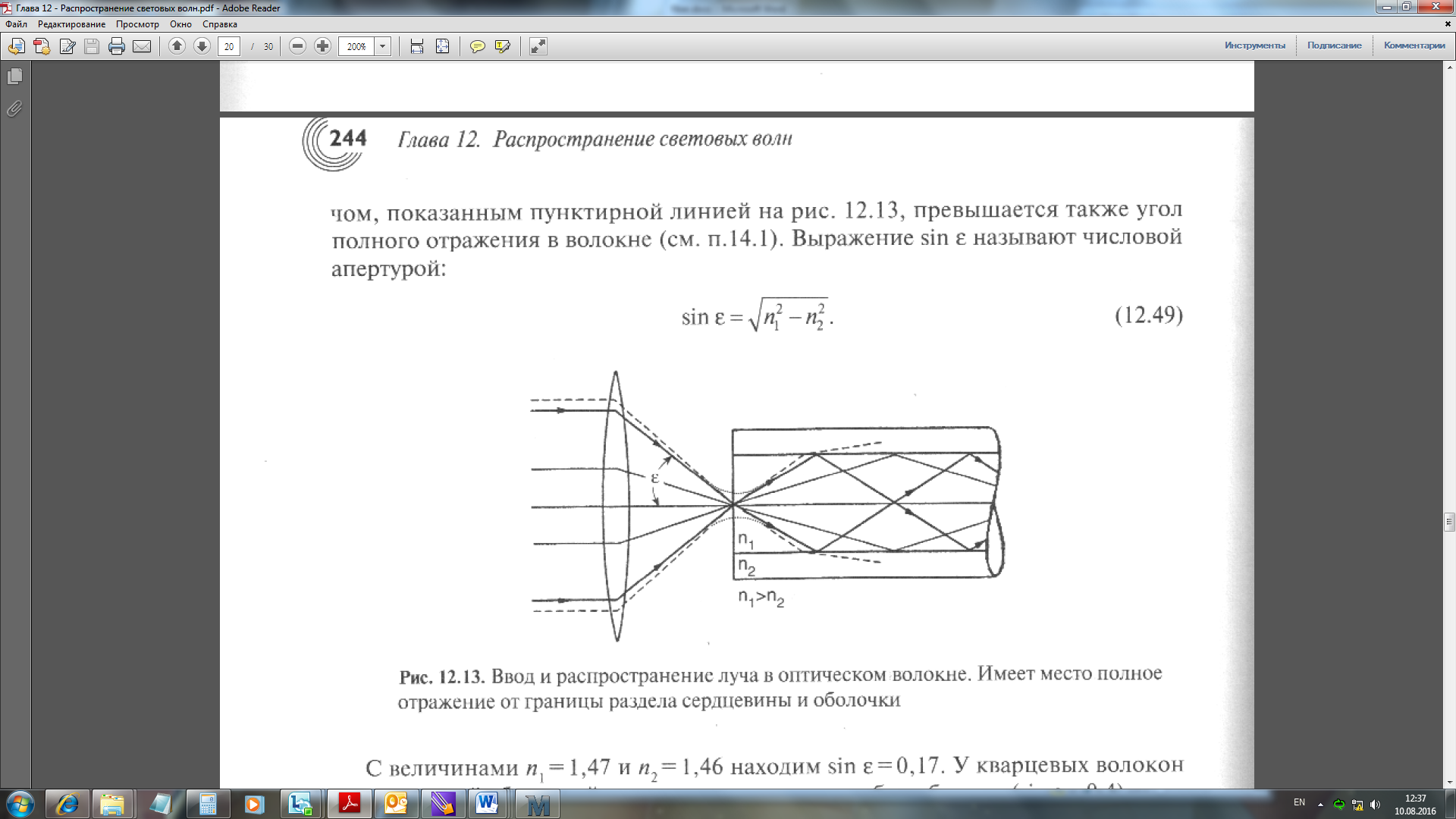


Рисунок 2.6. Заведение светового пучка в оптоволокно

Для описания распространения мод в цилиндрических волокнах вводится так называемая нормированная частота *ν*

где *a* – радиус сердцевины волокна, *λ* – длина волны излучения. Максимальное число мод *М* в волокне возрастает с увеличением радиуса его сердцевины. Для многомодовых волокон (*M>>1*) действительно примерно следующее:

***Задание***

Какая часть лазерного пучка диаметром 10 мм (в %, по отношению площадей) пройдет в оптоволокно, если лазерный пучок заводится в оптоволокно с числовой апертурой 0.37 посредством линзы диаметром 10 мм и фокусным расстоянием 5 мм? Считать, что линза фокусирует излучение точно на торец сердцевины оптоволокна. Постройте на одном графике зависимость максимального числа мод и нормированной частоты от длины волны излучения для волокон диаметром 600 мкм и числовыми апертурами 0.37, 0.3 и 0.22 в диапазоне 532 нм – 1.55 мкм.

**3. Отчет** о данной лабораторной работе должен быть представлен в электронной форме в виде файла Mathcad. Формат имени файла:

**ХХ-ХХ\_Фамилия.И.О.\_ЛР2**

где ХХ-ХХ – шифр группы, например КЭ-51

Файл должен содержать: решение задачи с комментариями, график зависимости максимального числа мод и нормированной частоты от длины волны излучения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**ПРОГРАММЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** НАУЧИТЬСЯ МОДЕЛИРОВАТЬ ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ОБЪЕКТЫ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

**ЗАДАЧИ:**  СОЗДАТЬ ОДНО-, ДВУХ- И ТРЕХМЕРНУЮ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

**ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПО:** COMSOL MULTYPHYSICS, MATHCAD

**1. Разберем** простую задачу теплопереноса в твердых телах. Медную круглую пластину диаметром 5 см и толщиной 1 см поместили на плоский нагревательный элемент с температурой 350 К. Изначальная температура пластины и окружающей среды – комнатная. Найти: профиль температуры по всей толщине пластины в диапазоне времен 0-1 с шагом 0.1 с для одномерного, двумерного и трехмерного вариантов решения задачи. Определить температуру на половинной толщине пластины в момент времени 0.8 с для каждого из решений и сравнить между собой. Решить задачу аналитически для одномерного случая и сравнить результат с результатами численного моделирования.

Медная пластина, T=293.15 К

Нагревательный элемент, T=350К

Используем для решения задачи программу Comsol Multiphysics.

|  |  |
| --- | --- |
| **1.1**. Во вкладке “Model Wizard” при запросе «Select Space Dimension» (размерность задачи) выбрать переключатель “1D” и нажать стрелку «Далее» | **1.2.** При запросе «Add Physics» (выбор пакетов-решателей для перечисленных областей физики) найти пакет “Heat transfer in Solids” (теплоперенос в твердых телах) в папке “Heat transfer” и щелкнуть по нему левой клавишей мыши 2 раза. |
| **1.3.** Название выбранного пакета должно появиться ниже, в области поля “Selected physics”. Нажать на стрелку «далее» как в п.1.1 | **1.4** При запросе «Select study type» (Вид исследования) выбрать “Time dependent” (исследование во времени), затем нажать кнопку «финиш». |
| **1.5** Во вкладке «Model Builder» щелкнуть правой клавишей мыши по папке «Geometry» (геометрия задачи) и в выпавшем контекстном меню выбрать пункт “Interval” (отрезок). | **1.6** Справа от вкладки «Model Builder» активируется вкладка “Settings”, где нужно будет ввести параметры отрезка. Так как решаемая одномерная задача есть распределение температуры по толщине медной пластины, отрезок будет ее поперечным саггитальным сечением. Обозначим левый край отрезка за ноль, а правый – за 0.01 м – толщина пластины. |
| **1.7** В верхней части вкладки нажмите на кнопку «Build all» для построения геометрии задачи. | **1.8** В результате в правой части экрана возникнет изображение отрезка и масштабная линейка. |
| **1.9.** Возвратившись во вкладку “Model Builder” щелкните правой кнопкой мыши по папке «Materials» (материалы) и в выпавшем контекстном меню выберите пункт «Open Material Browser» (материалы) | **1.10** Справа активизируется вкладка “Material Browser”, где необходимо открыть папку “Material Library” (библиотека материалов) и в ней подпапку “Elements” (элементы) |
| **1.11.** В подпапке «Elements» найдите элемент “Copper” (медь), щелкните по нему правой кнопкой мыши и в выпавшем контекстном меню выберите пункт «Add Material to Model» (добавить материал в модель) | **1.12.** Во вкладке «Settings» появятся физические свойства исследуемого отрезка. |
| **1.13.** Во вкладке «Model Builder» выберите папку “Heat Transfer” (теплоперенос), щелкните по ней правой кнопкой мыши и в выпавшем контекстном меню выберите пункт “Temperature” (температура). | **1.14.** Зададим температуру, с которой нагревательный элемент действует на один из концов отрезка. Для этого в активизировавшейся вкладке «Temperature» введите значение температуры в Кельвинах, затем выделите точку «1» отрезка, щелкнув по ней левой кнопкой мыши, и нажмите на кнопку «+». |
| **1.15** В папке «Heat Transfer» откроем пункт «Initial Values» (значения) | **1.16.** В активизировавшейся вкладке убедимся, что начальная температура установлена комнатная (293.15 К) |
| **1.17.** Во вкладке «Model Builder» зайдем в папку «Study» (исследование) и выберем пункт «Time Dependent» (исследование во времени) | **1.18.** А активизировавшейся вкладке «Time Dependent» выставите диапазон расчета по времени от 0 до 1 с интервалом в 0.1 с, введя выражение **range(0,0.1,1)** в поле «Times». |
| **1.19.** Во вкладке «Model Builder» щелкните правой кнопкой мыши по папке «Study» и в выпавшем контекстном меню выберите пункт «Compute» (Рассчитать) | **1.20.** На данном этапе программа начнет расчет профилей температуры по всей толщине пластины во времени с 0 до 1с с интервалом в 0.1 с (11 расчетов). В результате выполнения расчетов на экране появятся следующие данные: список выбора интервалов |
| **1.21** … и результаты одномерного расчета для всех заданных интервалов времен. По условиям нам нужно выбрать тот расчет, который соответствует времени 0.8 с. Для этого выделяем в списке нужный пункт (см.1.20) и нажимаем на кнопку «Plot» (нарисовать) вверху вкладки. | |
| **1.22** На отобразившемся графике найдите значение температуры, соответствующее половинной толщине пластины и запишите его. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **2.1**. Во вкладке “Model Wizard” при запросе «Select Space Dimension» (размерность задачи) выбрать переключатель “1D” и нажать стрелку «Далее» | **2.2.** **Выполнить действия аналогичные пунктам 1.2-1.4**, затем во вкладке «Model Builder» щелкнуть правой клавишей мыши по папке «Geometry» (геометрия задачи) и в выпавшем контекстном меню выбрать пункт “Rectangle” (прямоугольник). |
| **2.3**. В возникшей вкладке «Rectangle» зададим ширину и высоту прямоугольника в соответствии с размерами поперечного сечения медной пластины (5 и 1 см соответственно), затем нажмем кнопку «Build All» для постройки геометрии. | **2.4.** В результате возникнет изображение прямоугольника. |
| **2.5.** **Выполните действия аналогичные пунктам 1.9-1.13**, затем зададим температуру, с которой нагревательный элемент действует на одну из сторон прямоугольника. Для этого в активизировавшейся вкладке «Temperature» введите значение температуры в Кельвинах, затем выделите верхний отрезок прямоугольника, щелкнув по нему левой кнопкой мыши, и нажмите на кнопку «+». | **2.6.** **Выполните действия аналогичные пунктам 1.15-1.19.** На данном этапе программа начнет расчет профилей температуры по всей толщине пластины во времени с 0 до 1с с интервалом в 0.1 с (11 расчетов). В результате выполнения расчетов на экране появятся следующие данные: список выбора интервалов… |
| **2.7** … и результаты двумерного расчета для всех заданных интервалов времен. По условиям нам нужно выбрать тот расчет, который соответствует времени 0.8 с. Для этого выделяем в списке нужный пункт (см.2.6) и нажимаем на кнопку «Plot» (нарисовать) вверху вкладки. | |
| **2.8.** На отобразившемся графике найдите значение температуры, соответствующее половинной толщине пластины и запишите его. Получить точное значение можно щелкая мышкой по области графика. Внизу во вкладке «Results» будет отображаться таблица из текущих значений x,y и температуры. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **3.1**. Во вкладке “Model Wizard” при запросе «Select Space Dimension» (размерность задачи) выбрать переключатель “1D” и нажать стрелку «Далее» | **3.2.** **Выполнить действия аналогичные пунктам 1.2-1.4**, затем во вкладке «Model Builder» щелкнуть правой клавишей мыши по папке «Geometry» (геометрия задачи) и в выпавшем контекстном меню выбрать пункт “Cylinder” (цилиндр). |
| **3.3**. В возникшей вкладке «Rectangle» зададим радиус и высоту цилиндра в соответствии с размерами медной пластины (2.5 и 1 см соответственно), затем нажмем кнопку «Build All» для постройки геометрии. | **3.4.** В результате возникнет изображение цилиндра. |
| **3.5.** **Выполните действия аналогичные пунктам 1.9-1.13**, затем зададим температуру, с которой нагревательный элемент действует на одну из сторон пластины. Для этого в активизировавшейся вкладке «Temperature» введите значение температуры в Кельвинах, затем выделите верхнюю грань пластины, щелкнув по ней левой кнопкой мыши, и нажмите на кнопку «+». | **3.6.** **Выполните действия аналогичные пунктам 1.15-1.19.** На данном этапе программа начнет расчет профилей температуры по всей толщине пластины во времени с 0 до 1с с интервалом в 0.1 с (11 расчетов). В результате выполнения расчетов на экране появятся следующие данные: список выбора интервалов и результаты трехмерного расчета для выбранного интервала времени. |
| **3.7.** Во вкладке «Model Builder» выберите папку «Results» (результаты), в ней подпапку “3D Plot Group 2” и щелкните по пункту “Slice” (слои) | **3.8.** Расчет отобразится в виде набора слоев («срезов»). В таком виде более удобно считать необходимые данные. |
| **3.9.** В активизировавшейся вкладке «Slice» выберите необходимый временной интервал (0.8 с) нажмите на кнопку «Plot» (нарисовать) вверху вкладки. | **3.10** Перейдите от изометрического отображения к ортогональному, для чего в верхнем правом углу вкладки с изображением слоев нажмите кнопку «Go to YZ View» (вид в плоскости YZ) |
| **3.11.** На отобразившемся графике найдите значение температуры, соответствующее половинной толщине пластины и запишите его. Получить точное значение можно щелкая мышкой по области графика. Внизу во вкладке «Results» будет отображаться таблица из текущих значений x,y, z и температуры. | |

**4.** Уравнение теплопроводности с заданными граничными условиями в одномерном случае

имеет точное аналитическое решение в виде

где , a и b – границы отрезка, , *f(x)* - начальное распределение температуры. Найдите аналитическое решение для одномерного случая, используя Mathcad.

**5. Отчет** о данной лабораторной работе должен быть представлен в электронной форме в виде файла MS Word. Формат имени файла:

**ХХ-ХХ\_Фамилия.И.О.\_ЛР3**

где ХХ-ХХ – шифр группы, например КЭ-51

Файл должен содержать: снимки экрана (PrintScreen) на этапах решения задачи 1.22, 2.8, 3.11, снимки экрана на этапе нахождения аналитического решения, а также таблицу:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Модель | одномерная | двумерная | трехмерная | аналитическая |
| Температура пластины при t=0.8 с на глубине 0.5 см от нагревающейся поверхности,  К |  |  |  |  |

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курицкий Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 – СПб.: BHV – Санкт – Петербург,1997. – 384 с.
2. Свиридова М.Ю. Электронные таблицы Excel: учебное пособие. М.: Академия, 2013, 144 с.
3. Менжевицкий В.С. Графическое отображение данных с использованием пакета Origin. Учебно-методическое пособие. – азань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2013. – 56 с.
4. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Учебно-методическое пособие. – Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, 2007.
5. Ю.Айхлер, Г.-И.Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение. – Москва: Техносфера, 2008. – 440 с.
6. Каганов В.И. Компьютерные вычисления в средах Excel и Mathcad. М.: Горячая линия-Телеком, 2014., 328 стр.
7. Любимов Э.В. Mathcad: теория и практика проведения электротехнических расчетов. СПб:Наука и техника, 2012, 384 стр.