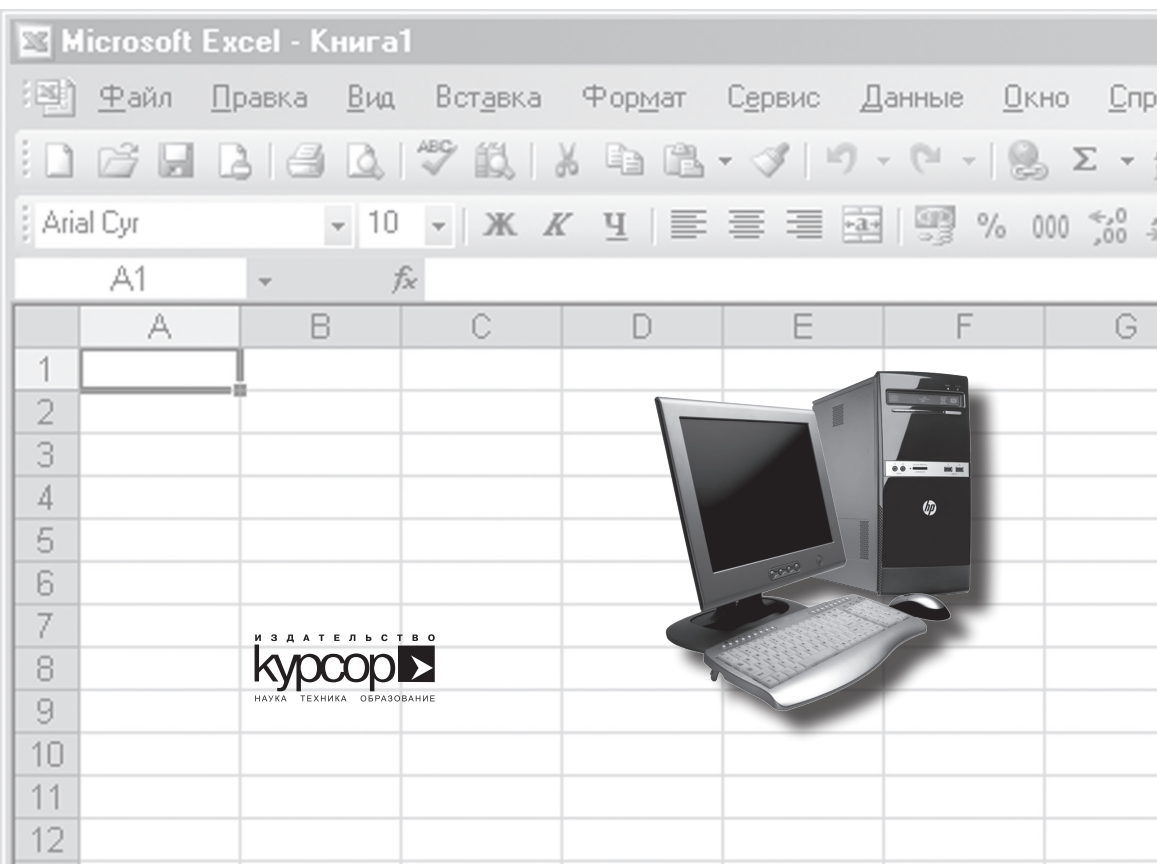


Джамеев В. Ю.

Использование программы Microsoft Excel для проведения статистических расчетов в биологическом эксперименте

Пособие для практических занятий
по спецкурсу «Основы научных исследований»



УДК 311.2
ББК 22.172
Д 40

Учебное издание

Издание печатается в авторской редакции

Джамеев В. Ю.

Д 40 Использование программы Microsoft Excel для проведения статистических расчетов в биологическом эксперименте. Пособие для практических занятий по спецкурсу «Основы научных исследований». — Х.: Курсор, 2013. — 72 с.

Издание представляет собой пособие для практических занятий по специальному курсу «Основы научных исследований», которые направлены на освоение методов статистической обработки данных с помощью программы Microsoft Excel. Описаны способы статистической обработки методами однофакторного дисперсионного анализа и разностного метода (оценка существенности разности выборочных средних по t -критерию). Для начинающих есть разделы, в которых излагаются общие принципы работы с программой Excel.

Пособие предназначено для студентов, аспирантов, научных сотрудников и всех желающих освоить методы статистической обработки данных с помощью программы Microsoft Excel.

**УДК 311.2
ББК 22.172**

© Джамеев В. Ю., 2013
© Курсор, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено для студентов, слушающих специальный курс «Основы научной деятельности». Практическая часть этого курса направлена на освоение методов статистической обработки данных с помощью программы Microsoft Excel. Эти умения помогут студентам выполнить статистический анализ для курсовых и дипломных работ. Конечно, статистические расчеты можно выполнять с помощью специализированных программ, таких как «Statistics» и др., однако мы намеренно ориентируемся на стандартное программное обеспечение, которое устанавливается практически на каждый персональный компьютер. Кроме того, что Excel общедоступен, он удобен в работе и обладает достаточно простым и понятным интерфейсом.

Большинство работ, выполняемых студентами на нашей кафедре, предполагают использование однофакторного дисперсионного анализа и разностного метода (оценка существенности разности выборочных средних по t -критерию). Подобные методы можно использовать в любых статистических программах. Но все они имеют некоторые неудобства, связанные с необходимостью получать дополнительные показатели, которые не предусмотрены конкретными алгоритмами. Например, дисперсионный анализ сводится к вычислению коэффициента Фишера, по которому делают заключение о том, оказывает ли изучаемый фактор существенное влияние на конкретный признак. Однако, для того, чтобы оценить, насколько существенно отличаются друг от друга варианты опыта, необходимо дополнительно найти еще одну величину — наименьшую существенную разность (НСР). Поскольку для нахождения НСР необходимо использовать промежуточные данные дисперсионного анализа, мы можем на одном листе в программе Microsoft Excel совместить нахождение коэффициента Фишера и НСР, то есть сделать алгоритм более удобным для использования.

Учитывая то, что студенты обладают разным уровнем владения компьютером, статистическую часть предваряют разделы, которые знакомят читателя с общими принципами работы с программой Excel. При этом пособие не является полным справочником, так как содержит минимум сведений, достаточный для выполнения конкретных задач. Овладев основами работы с Excel, студенты могут научиться самостоятельно составлять алгоритмы статистических расчетов другими методами, а также выполнять иные прикладные задачи.

ПРОГРАММА И ДОКУМЕНТ MICROSOFT EXCEL

Назначение и интерфейс программы Excel

Программа Microsoft Excel является электронной таблицей — прикладной программой, которая предназначена для проведения табличных расчётов и представляет собой программируемый табличный калькулятор.

Рабочим полем электронной таблицы является окно программы (рис. 1). Сверху окно ограничено строкой заголовка, ниже нее расположены строка меню, стандартная панель инструментов и панель форматирования. Перечисленные элементы интерфейса Excel внешне напоминают текстовый редактор Word, хотя и имеют свои особенности. Другие части интерфейса характерны для электронных таблиц.

Основную часть окна занимает рабочий лист, состоящий из ячеек, которые формируют строки и столбцы. Над рабочим листом находятся кнопки номеров столбцов, а в левой части расположены кнопки

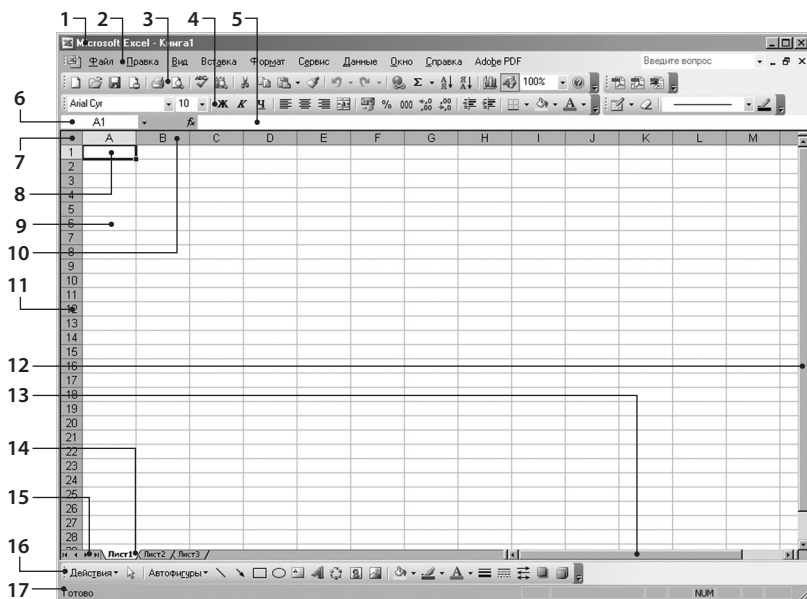


Рис. 1. Окно Microsoft Excel:

1 — строка заголовка, 2 — строка меню, 3 — панель стандартная, 4 — панель форматирования, 5 — строка формул, 6 — поле имени, 7 — пустая ячейка (табличный курсор), 8 — неактивные ячейки, 9 — кнопки номеров столбцов, 10 — кнопки номеров строк, 11 — лента вертикальной прокрутки, 12 — лента горизонтальной прокрутки, 13 — ярлыки листов, 14 — кнопки управления, 15 — панель рисования, 16 — панель рисования, 17 — строка статуса.

номеров строк. Нажатие этих кнопок позволяет выделять строки или столбцы. Пустая кнопка, которая расположена слева от кнопки **A**, используется для выделения всех ячеек листа. Над кнопками номеров столбцов находится строка формул, а слева от нее — поле имени. Слева внизу под ячейками расположены кнопки управления и ярлыки листов книги, а самой нижней части окна — строка состояния. Документ в полном объеме хранится в оперативной памяти, но в окне может быть видна только часть используемых ячеек. Просматривать всю таблицу позволяют ленты прокрутки.

Документ Excel и основные операции

Книга и листы

Документ Excel называется **книга**. По умолчанию книга состоит из трех **листов** (**Лист1**, **Лист2** и **Лист3**). Переключаться между листами можно щелчком левой кнопки мыши по закладкам (ярлыкам) листов, которые находятся в нижней левой части окна, или используя комбинации клавиш **Ctrl+PageUp** и **Ctrl+PageDown**. Можно выделить несколько листов одновременно. При удержании клавиши **Ctrl**, щелчком мыши по закладкам выделяют любые листы в произвольном порядке. Если удерживать клавишу **Shift** и щелкнуть левой кнопкой на закладке неактивного листа, находящегося через один или несколько листов, то выделяется диапазон листов от исходного (активного) до отмеченного.

Основные операции с листами книги

Листы книги можно добавлять, удалять, перемещать, копировать и переименовывать. Все эти операции можно производить с помощью **контекстного меню**, которое открывается при нажатии правой кнопки мыши на закладке конкретного листа или любой закладкой выделенного диапазона (рис. 2).

Некоторые особенности операций с листами:

- команда «Переименовать» при выделенном диапазоне не будет применена только к активному листу;
- при выполнении команды «Добавить» новые листы помещаются перед активным листом;

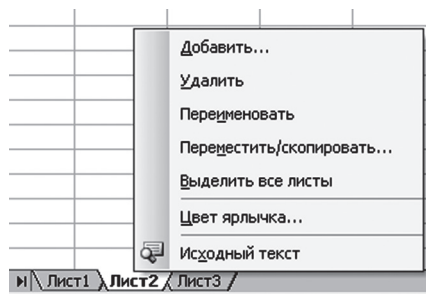


Рис. 2. Операции с листами — контекстное меню.

- команда «Добавить» неприменима для несвязных диапазонов;
- при связном диапазоне при выполнении команды «Добавить» добавляется столько листов, сколько выделено.

Переименовывать, перемещать и копировать листы удобнее с помощью левой кнопки мыши, не используя контекстное меню.

Переименование. Двойной щелчок левой кнопкой по закладке позволяет начать редактирование названия листа. Для завершения (подтверждения изменений) нужно нажать **Enter**. Для отмены редактирования следует нажать **Esc**.

Перемещение. Изменять порядок расположения листов можно перетаскиванием закладки левой кнопкой мыши.

Копирование. Перетаскивание закладки левой кнопкой мыши при удержании клавиши **Ctrl** приводит к копированию листа.

Если документ содержит большое количество листов и не все ярлыки могут быть видны одновременно, для перехода на листы, чьи ярлыки не видны, можно использовать кнопки управления:

- нажатие левой кнопкой мыши на кнопки управления позволяют сдвигать ярлыки листов в нужную сторону;
- нажатие правой кнопки мыши над любой из кнопок управления разворачивается список всех листов, в котором следует отметить нужный.

Структура листа

Каждый лист представляет собой **таблицу**. Таблица состоит из ячеек, формирующих **строки** и **столбцы**. Строки нумеруются сверху вниз обычными числами от 1 до 65536 (2^{16}), а столбцы слева направо буквами латинского алфавита. На листе 256 столбцов (2^8). Номера первых 26 столбцов обозначаются одной буквой от **A** до **Z**, затем двумя: алфавит повторяется, но при этом перед каждой буквой добавляется еще одна. В начале добавляется буква **A**, соответственно столбцы нумеруются как **AA–AZ**, затем добавляется **B** (**BA–BZ**), **C** (**CA–CZ**) и т. д. Последний столбец имеет номер **IV** (не перепутайте, это не римская цифра 4, а латинские буквы **I** и **V**).

Ячейка и ее адрес

Каждая ячейка в пределах листа имеет уникальный **адрес**, который состоит из номера столбца и номера строки, например **A1**, **C5**, **G8**, **AT3**, **R115** и т. п. **Ссылка** на ячейку в виде ее адреса используется при написании формул. При использовании ссылки на ячейку может быть указан ее **относительный** или **абсолютный** адрес. При копировании ячейки с формулой, содержащей ссылку, относительный адрес ячейки изменяется, а абсолютный всегда остается неизменным

(см. далее раздел «Копирование автозаполнением»). Адрес, который не включает дополнительных символов кроме номеров столбцов и ячеек, например, **A1**, является относительным. В абсолютном адресе перед номерами столбца и строки ставится символ доллара — **\$A\$1**. Допускается также **смешанный** адрес. Он содержит только один знак **\$**: **\$A1** или **A\$1**. В первом случае (**\$A1**) при копировании ячейки с формулой в адресе номер столбца никогда не изменяется, а номер строки изменяется только при копировании в вертикальном направлении. Во втором случае (**A\$1**), наоборот, неизменным является номер строки, а номер столбца изменяется при горизонтальном копировании.

Адрес ячейки, в котором находится курсор, отражается в поле имени (слева от строки формул). Адрес может быть представлен в двух видах: **классическом стиле** (например **A1**, **B5**, **G7** и т. д.) и в **стиле ссылок R1C1**. Во втором стиле указывается числовые номера строк (**R** — row) и столбцов (**C** — column). Например, адрес ячейки **B5** в стиле ссылок **R1C1** будет выглядеть как **R5C2**. По умолчанию адреса ячеек имеют классический вид. Если выбрать стиль ссылок **R1C1** (настраивается через меню **Сервис** → **Параметры** → **Общие** → **Стиль ссылок R1C1** [поставить птичку]), то буквенные номера столбцов преобразуются в числовые.

Активная ячейка и табличный курсор

Только одна ячейка листа в текущий момент времени может быть **активной**. Активная ячейка окружена жирной чёрной рамкой (рис. 3), в правом нижнем углу которой расположен маленький квадратик — **маркер автозаполнения** (о нем будет рассказано позже). В выделенном диапазоне также только одна ячейка активна и будет выглядеть как неокрашенная.

Выделенная ячейка является своеобразным **табличным курсором**, который можно перемещать по таблице с помощью клавиш клавиатуры, а также щелчком левой кнопки мыши по нужной ячейке. Клавиша **Enter** смещает курсор на одну ячейку вниз, **Tab** — вправо. Если при использовании этих клавиш удерживать клавишу «**Shift**», направление сдвига курсора меняется на противоположное.

Стрелки изменяют положение курсора на одну ячейку в соответствующих стрелкам направлениях. Использование стрелок при удержании клавиши **Shift** приводит к выделению диапазона.

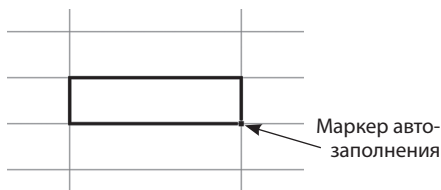


Рис. 3. Активная ячейка (табличный курсор).

Диапазоны ячеек

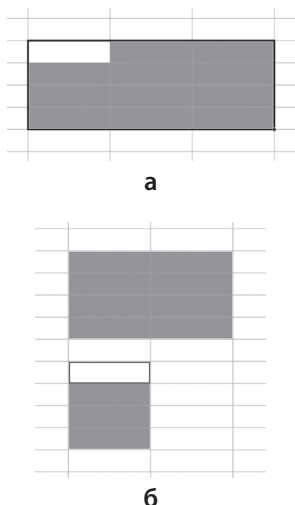


Рис. 4. Диапазоны ячеек.
а) связный, б) несвязный.

Совокупность выделенных ячеек называется диапазоном. Диапазон может быть связным и несвязным. **Связный диапазон** имеет форму прямоугольника и в него входят только смежные ячейки (рис. 4-а). Этот диапазон окружен жирной черной рамкой, а в правом нижнем углу расположен маркер автозаполнения. Ячейка, с которой начинается выделение, будет активной. Все ячейки, кроме активной, имеют серо-голубой цвет. Активная ячейка не окрашена. **Несвязный диапазон** включает смежные и несмежные ячейки (рис. 4-б). По сути, несвязный диапазон состоит из нескольких (минимум двух) отдельных связных диапазонов. Причем, отдельные диапазоны могут перекрываться и даже формировать прямоугольник, характерный для связного диапазона. Основное визуальное отличие

несвязного диапазона от связного: отсутствие черной рамки. Активная ячейка несвязного диапазона будет находится в блоке, который выделялся последним (ячейка, с которой начиналось выделение этого блока). Несвязный диапазон не обладает свойствами связного. Например, его нельзя переместить, копировать с перемещением (без использования буфера) и применять функцию автозаполнения. Копирование с использованием буфера (**Ctrl+C** → **Ctrl+V**) также ограничено для несвязных диапазонов. Во-первых, в буфер копируются только не перекрывающиеся диапазоны. Во-вторых, они должны иметь одну высоту и находится на одной горизонтальной линии либо иметь одну ширину и находится на одной линии по вертикали. Этим условиям удовлетворяет совокупность разрозненных строк или столбцов. При вставке из буфера все разрозненные области будут располагаться в смежных ячейках.

Выделение диапазона ячеек

Выделите ячейку, которая соответствует угловой ячейке диапазона и, удерживая левую кнопку мыши, протяните курсор до противоположного (относительно диагонали диапазона) угла. Допустим, вам надо выделить диапазон, угловые ячейки которого соответствуют ячейкам **A1**, **A5**, **D1** и **D5**. Выделение диапазона можно произвести

в 4-х возможных направлениях: **A1→D5**, **A5→D1**, **D5→A1**, **D1→A5**. Выбор направления зависит от вашего желания и удобства. Эту же операцию можно проделать по-другому. Выделяете угловую ячейку (например, **A1**) и отпускаете кнопку мыши. При удержании клавиши **Shift** выделяете противоположную по диагонали ячейку диапазона (**D5**). Обратите внимание, что при выделении диапазона любым способом активной ячейкой будет та, с которой вы начинаете выделение.

В рамках любого выделенного диапазона ячеек можно перемещать курсор клавишами **Enter** и **Tab**, а также комбинациями **Shift+Enter** и **Shift+Tab**. Использование стрелок или щелчок мыши в любой ячейке (в пределах и вне диапазона) приводит к отмене выделения.

Ссылки на диапазоны ячеек

В режиме набора и редактирования формул существуют определенные правила написания ссылок. Ссылка на связный диапазон выглядит как адреса двух угловых ячеек диапазона, разделенные двоеточием. При этом указывается ячейка с наименьшим адресом (левая верхняя), а через двоеточие — ячейка с наибольшим адресом (правая нижняя). Выбранный для примера диапазон в предыдущем разделе содержит 20 ячеек, но при написании формул ссылка на данный диапазон будет иметь вид — **A1:D5**.

Если диапазон необходимых ячеек несвязный, то есть, он не может быть выделен в виде цельного прямоугольника — необходимо выделить отдельные участки диапазона. После выделения одного участка, выделение последующих нужно производить при удержании клавиши **Ctrl**. В строке ссылок несвязные участки диапазона отделяются друг от друга точкой с запятой. Например, запись **A1:A5;B2;C1:D4** обозначает, что в диапазон входят два прямоугольника размером 5×1 (**A1:A5**) и 2×4 (**C1:D4**) и одна отдельная ячейка (**B2**). Пробелы между диапазонами не ставятся.

В качестве диапазона могут быть указаны совокупности строк, столбцов, а также весь лист. Для этого необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на индикаторы номеров строк или столбцов. Диапазоны, в которые входит целая строка или столбец обозначают в следующем виде: **A:A** — вся колонка **A**; **2:2** — вся строка **2**. Если в диапазон входят несколько рядом расположенных столбцов (строк), указываются обозначения левой и правой колонки через двоеточие. Например, **A:D** — в диапазон входят столбцы **A**, **B**, **C** и **D**. Аналогично обозначается связный диапазон строк. Если подобные диапазоны несвязные, то каждый связный участок отделяется точкой с запятой. Например, запись **A:C;F** означает, что в диапазон входят столбцы **A**, **B**, **C** и **F**, а в диапазон **1:4;7:8** входят 6 строк: **1**, **2**, **3**, **4**, **7** и **8**. Чтобы

выделить весь лист, необходимо левой кнопкой мыши кликнуть на пустой кнопке в левом верхнем углу таблицы. Эта кнопка находится над индикатором строки **1** и слева от индикатора столбца **A**.

Формат ячеек

Ячейки имеют ряд форматов, которые можно разделить на несколько категорий:

- 1) формат представления данных;
- 2) форматы оформления;
- 3) формат защиты.

Для вычислений наиболее важным является **формат представления данных**. От того, насколько корректно назначен этот формат, зависит правильность вычислительных операций, а в некоторых случаях также и принципиальная возможность использования данных ячеек в вычислениях. Оформление ячейки и ее защищенность не влияют на вычислительные операции.

Форматирование ячеек можно изменять. Для этого необходимо предварительно выделить ячейку или диапазон ячеек, а затем для вызова панели **Формат ячеек** (рис. 5-б), произвести одно из приведенных ниже действий:

- выбрать опцию через основное меню: **Формат**→**Ячейки...**;
- кликнуть правой кнопкой мыши на одной из выделенных ячеек, и выбрать из контекстного меню (рис. 5-а) опцию **Формат ячеек...**;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl+1** (в данном случае используется клавиша **1**, которая находится над клавишами букв).

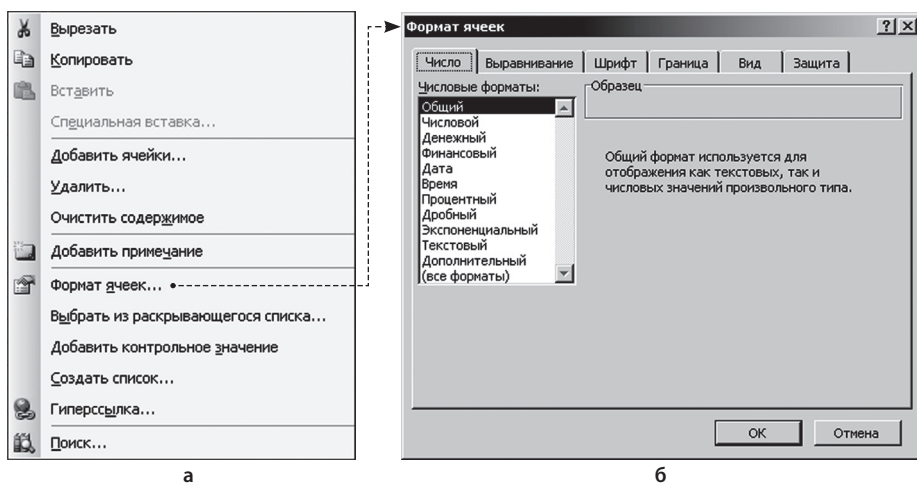


Рис. 5. Контекстное меню — операции с ячейками (а) и панель Формат ячеек (б).

На панели **Формат ячеек** находятся 6 закладок: **Число**, **Выравнивание**, **Шрифт**, **Граница**, **Вид** и **Защита**.

Формат представления данных назначается на закладке **Число**. По умолчанию числовой формат **Общий**. В зависимости от набираемого текста числовой формат ячейки может быть автоматически заменен. Это может привести к тому, что в ячейке текст будет отличаться от того, что вы набирали. Например, вы набираете дату **01.02.2012**, а ячейке появляется число **40940**. Это не значит, что программа поражена вирусом или существует какая-либо проблема ввода данных. Причина в том, что ячейка, в которую ввели дату, имела формат **Число**, поэтому дата была преобразована в число (40940 — это количество дней от начала 1900 года). Обратная ситуация: при наборе числа 1000 в ячейке возникает число **26.9**. В этом случае при попытке ввести число в ячейку с числовым форматом **Дата** типа **ЧИСЛО.МЕСЯЦ**, когда число и месяц отделены точкой, а год не указывается. Видимое в ячейке — это представление даты **26.09.1902** в виде **26.9**. Если использовать эту ячейку для арифметических вычислений, то ее содержимое, действительно будет использовано как число 1000. В некоторых случаях такие «неправильные» ячейки могут быть причиной значительных расхождений при расчетах. Например, два разных числа могут быть преобразованы в одинаковый вид. Так видимое содержимое ячейки **26.9** может быть не только результатом преобразования числа 1000 в дату **26.09.1902**. Аналогичный результат можно получить при преобразования числа **36429** в дату **26.09.1999**. Подобные казусы не так уж часто происходят, но если у вас вызывают сомнения данные в ячейке, то первым делом необходимо удостовериться в адекватности ее форматов.

Форматы оформления находятся на закладках **Выравнивание**, **Шрифт**, **Граница**, **Вид**. Они не влияют на результаты вычислений и несут исключительно оформительский характер. Данными форматами есть смысл пользоваться при оформлении таблиц, алгоритмов вычислений и т. п. для более выразительного представления материала, а также для удобства пользования.

Формат защиты (закладка **Защита**) используется для защиты содержимого ячеек от изменений. По умолчанию все ячейки являются защищаемыми. Защита ячеек действует только при установке защиты листа, которая осуществляется через главное меню: **Сервис** → **Защита** → **Защитить лист...** При установке защиты листа на панели **Защита листа** следует определить режим защиты, установив флажки на необходимых позициях. Формат защиты предполагает запрет на изменения содержимого защищаемых ячеек (опция **Защищаемая ячейка** на закладке **Защита**) и скрытие формул (опция **Скрыть формулы**).

СПОСОБЫ ВВЕДЕНИЯ ДАННЫХ

Прямой способ через клавиатуру

Ввод текста

Перед началом набора выделите необходимую ячейку (поместите в нее курсор) и наберите необходимый текст. В ячейке вы увидите справа от набираемого текста мигающий курсор в виде вертикальной черты. Чтобы окончательно ввести текст в ячейку (подтвердить ввод) необходимо нажать клавишу **Enter** или **Tab**, в зависимости от того, куда вам нужно сдвинуть курсор. Также можно использовать стрелки **↑**, **↓**, **←**, **→**. Смещение курсора, сопровождающее ввод, можно произвести с помощью мыши, щелкнув левой кнопкой в какой-либо ячейке.

Если вы набрали текст и не подтвердили ввод, то нажатие клавиши **Esc** приводит ячейку в первоначальное состояние (ячейка остается незаполненной или содержит текст, который был в ней до ввода нового). Вернуть набранный текст в этом случае невозможно, поскольку он не сохраняется в памяти.

Описанный выше способ ввода данных не позволяет редактировать текст ячейки с помощью клавиатуры. Единственно возможная операция редактирования — это удаление символов слева от курсора (то есть последних) с помощью клавиши **BackSpace**. Если же поместить табличный курсор в заполненную ячейку и начать ввод, то новый текст автоматически заменит предыдущий.

Кроме описанного выше, существует второй режим работы с текстом ячейки, позволяющий его редактирование.

Редактирование текста в ячейке

Для редактирования содержимого ячейки необходимо дважды кликнуть по ячейке левой кнопки мыши, либо выделить ячейку и нажать клавишу **F2** или поместить курсор в строку формул. Во всех случаях курсор по тексту можно будет перемещать не только с помощью мыши, но и используя клавиши со стрелками, а также **Home** или **End**. Напомним, что в предыдущем способе использование этих клавиш приводит к завершению ввода данных в ячейку.

Обратите внимание, что при выделении ячейки с данными в ней не видно мигающего курсора. Он появляется только после двойного щелчка левой кнопки мыши. Изменение текста в ячейке будет отображаться в строке формул, но при этом в строке формул не будет видно курсора. Если же перевести курсор в строку формул, то его не будет видно в ячейке.

Редактировать текст непосредственно в ячейке не всегда удобно, особенно когда содержимое имеет достаточно большой размер и не видно полностью. Значительно удобнее редактировать текст в строке формул, где дублируется содержимое ячейки. По завершении редактирования подтверждение ввода (сохранение изменений в ячейке) осуществляется нажатием клавиш **Enter** или **Tab**. Результаты редактирования можно потерять (а при желании — отменить), если до подтверждения ввода нажать клавишу **Esc**.

Использование клавиатуры для введения цифрового материала

Стандартные (некомпактные) клавиатуры стационарных компьютеров имеют два набора клавиш с цифрами. Один из них находится в основной части клавиатуры над клавишами с буквами, а второй — в правой части клавиатуры (рис. 6). При введении данных рекомендуется второй набор, так как он более удобен для этой операции. Клавиши расположены компактно, что значительно облегчает и убыстряет процесс ввода. Этот же набор клавиш включает основные арифметические действия: сложение (+), вычитание (−), умножение (*) и деление (/), а также точку (или запятую), отделяющую целую часть числа от дробной. Кроме того, здесь же находится клавиша **Enter** (ввод) и **NumLock**. Все клавиши кроме последней дублируются на основной части клавиатуры. **NumLock** служит для включения ввода цифр с помощью этой части клавиатуры.

Перед началом работы обратите внимание, светится ли индикатор **NumLock**, расположенный в правой верхней части клавиатуры. Если нет, то набор цифр невозможен. При выключенной **NumLock** 11 клавиш, имеющих двойное назначение (0 ... 9 и •) будут выполнять другие функции согласно обозначениям.

При включенной клавише **NumLock**, но при нажатии и удержании клавиши **Shift** клавиши 0 ... 9 и • будут также выполнять альтернативные функции. Однако если **NumLock** отключена, использование комбинации клавиш не приведет к возможности набора цифр.

Обратите внимание на то, какой символ вводится при нажатии клавиши • /Del и какой символ использует Excel в качестве разделителя целой и дробной части числа. В зависимости от версии вашей системы и офиса возможны

Num Lock	/	*	−
7 Home	8 ↑	9 PgUp	+
4 ←	5	6 →	
1 End	2 ↓	3 PgDn	Enter
0 Ins		• Del	

Рис. 6. Расположение кнопок на правой части клавиатуры

варианты. Большинство из нас пользуется «славянским» вариантом, в котором целая часть числа отделяется от дробной запятой, а запятая вводится клавишей • /Del в русской раскладке.

Введение чисел в пределах ограниченного диапазона ячеек

При наборе чисел вам, как правило, необходимо располагать их определенным образом. Исходя из задачи, вы можете использовать различные клавиши, о которых говорилось выше, для ввода и одновременного перехода в соседнюю ячейку. При наборе чисел в колонку целесообразно использовать **Enter**, а в строку — **Tab**. Если же числа располагаются в несколько колонок (или строк), то курсор периодически приходится возвращать при достижении конца одной колонки (строки) в начало следующей с помощью мыши. Такую работу возможно оптимизировать. Для этого необходимо выделить необходимый диапазон ячеек.

Выделите диапазон ячеек, начиная с левой верхней угловой ячейки до правой нижней (напомним, что активной ячейкой диапазона будет та, с которой начиналось выделение). После этого приступайте к набору текста (чисел). Ввод будет осуществляться в верхнюю левую ячейку диапазона, в которой находится табличный курсор. В отличие от других ячеек диапазона она имеет цвет невыделенной ячейки. Для перехода в соседние ячейки применяйте клавиши **Enter** или **Tab**, в зависимости от того, построчно или столбчато производится набор чисел. В любом случае, курсор, достигая последней ячейки колонки (строки), при нажатии клавиши **Enter (Tab)** переходит в первую ячейку следующей колонки (строки) выделенного диапазона. Использование других клавиш (**↑**, **↓**, **←**, **→**, **Home** или **End**) отменяет выделение диапазона, перемещая курсор в соответствующую ячейку.

Копирование и импорт данных

Копирование из других файлов Excel

Если у вас возникает необходимость работать с числами, которые уже набраны, но находятся в других файлах *.xls или на другом листе этого же файла, их можно перенести в необходимое место методом простого копирования. Вам нужно выделить необходимый диапазон ячеек и скопировать его в буфер (**Ctrl+C**). Затем вы переходите в желаемый файл (или на страницу), выделяете ячейку, которая будет соответствовать левой верхней ячейке копируемого диапазона, и вставляете содержимое буфера (**Ctrl+V**).

Если на листе уже находятся какие-нибудь данные, следите, чтобы ячейки копируемого диапазона не перекрывали заполненные ячейки, так как это может привести к потере данных — новые данные заменят существующие. Также следует помнить, что в ряде случаев программа потребует от вас соблюдать соответствие между формами и размерами областей копирования и вставки. При неудачной попытке вставки возникнет панель с текстом предупреждения о несоответствии областей (рис. 7).

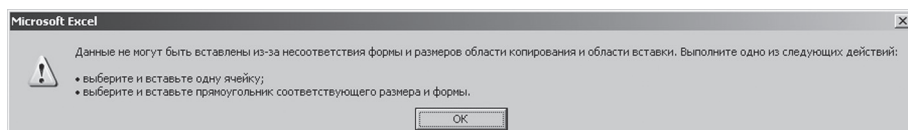


Рис. 7. Сообщение о несоответствии между формами и размерами областей копирования и вставки.

Эта проблема может возникнуть в том случае, если, к примеру, вы скопировали одну или несколько полных строк, выделив не конкретные ячейки, а номера строк. Когда вы пытаетесь вставить содержимое буфера, поместив курсор в любую ячейку, находящуюся где-либо, но не в первой колонке, программа выдаст вам сообщение о несоответствии. В этом случае вам необходимо возобновить попытку, поместив курсор в любую ячейку первой колонки. Если же существует необходимость копирования целой колонки, то вставлять ее нужно, поместив курсор в ячейку первой строки.

Копирование и перемещение данных в пределах одного листа

Копировать или перемещать данные в пределах одного листа можно без использования буфера. Для этого вам нужно выделить необходимый диапазон ячеек и навести курсор мыши на жирную линию, которая ограничивает выделенный диапазон. Курсор можно наводить в любом месте линии, но только не на маркер автозаполнения (точку, которая находится в правом нижнем углу выделения). При совмещении с жирной линией, курсор мыши меняет свою форму: большой белый плюс (рис. 8-а) преобразится в стрелку, от кончика которой в разные стороны отходят четыре стрелки меньшего размера (рис. 8-б). Когда вид курсора изменится, нужно захватить выде-

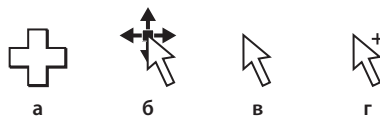


Рис. 8. Формы курсоров:

- а — обычный курсор;
- б — курсор над границей ячейки или связанного диапазона ячеек;
- в — курсор в момент перемещения ячейки/диапазона ячеек;
- г — курсор в момент копирования ячейки/диапазона ячеек с перемещением.

ленный диапазон нажатием левой кнопки мыши (маленькие стрелки при этом исчезают (рис. 8-в)) и, удерживая ее, перенести выделение в желаемые ячейки. Двигая мышью, вы будете видеть границы переносимого диапазона. Поместив видимые границы на нужное место, отпустите кнопку мыши, и выделение окажется на новом месте.

Если же нужно не переместить, а скопировать выделение, вы проделываете те же операции, только прежде чем отпустить кнопку мыши, необходимо удерживать клавишу **Ctrl**. При нажатии этой кнопки возле стрелки курсора возникнет маленький значок **+** (рис. 8-г). Не отпуская клавишу **Ctrl**, отпустите кнопку мыши. При этом произойдет копирование выделения в новой области, а копируемый текст останется на своем месте.

Копирование автозаполнением

Копировать ячейку или неразрывный диапазон можно иным способом, используя маркер автозаполнения.

Копирование ячейки. Выделите ячейку и наведите курсор на маркер автозаполнения (жирная точка в правом нижнем углу границы ячейки). Курсор при этом преобразится из жирного белого плюса в тонкий черный. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, потяните в нужную сторону (по горизонтали или вертикали в любом направлении). Следите за тем, чтобы при нажатии курсор находился точно на маркере автозаполнения. Если вы захватите не маркер, а линию границы, то не скопируете, а переместите ячейку.

Все ячейки, которые окажутся в выделении при перетаскивании маркера автозаполнения, будут содержать текст исходной ячейки. После отпускания кнопки мыши у маркера автозаполнения возникнет небольшой квадрат (рис. 9-а). Если на этот значок навести курсор, он станет темнее и шире, а в его правой части появится маленький треугольник, повернутый вершиной вниз (рис. 9-б). При щелчке по значку левой кнопкой мыши разворачивается контекстное меню, которое содержит список режимов автозаполнения (рис. 9-в). Выбрав в меню нужный режим, можно изменить результат автозаполнения.



Рис. 9. Меню автозаполнения:

а — минимизированный значок, содержащий список режимов автозаполнения;

б — широкий значок, содержащий список режимов автозаполнения;

в — развернутое меню со списком режимов автозаполнения.

В режиме **Копировать ячейки** полностью копируется текст и форматы ячейки. Функция **Заполнить** отличается от копирования тем, что содержащийся в ячейке текст в форматах числа, даты или времени, при автозаполнении будет изменяться на одну единицу при смещении на одну ячейку. Например, ячейка содержит число **18**. При заполнении вправо или вниз соседняя ячейка будет содержать число **19**, следующая **20** и т. д. Если тянуть маркер автозаполнения влево или вверх, в соседнюю ячейку будет помещено число **17**, в следующую **16** и т. д. Аналогично при заполнении в ячейках изменяются значения даты и времени. Названия месяцев и дней недели будут последовательно уменьшаться или увеличиваться на один в зависимости от направления автозаполнения. Причем они могут быть написаны полностью либо иметь стандартное сокращение (двухбуквенное для дней недели и трехбуквенное для месяцев).

Ячейки, содержащие текст в форматах **числа, даты или времени**, по умолчанию копируются в режиме **Заполнить**. При необходимости можно развернуть список режимов автозаполнения и выбрать другой режим: **Копировать ячейки, Заполнить только форматы, Заполнить только значения**. Кроме того, если при автозаполнении удерживать клавишу **Ctrl**, то режим **Заполнить** можно изменить на **Копировать ячейки**. Визуально эти режимы отличаются наличием значка маленького плюса (+) возле курсора (большого тонкого плюса) с правой верхней стороны.

Если ячейка содержит **обычный текст или формулу**, то при автозаполнении функция **Заполнить** не выполняется. Контекстное меню со списком режимов автозаполнения в этих случаях не содержит опции **Заполнить**. Копирование ячеек с формулами, содержащими ссылки на ячейки, имеет важную особенность: все ссылки в виде относительно-адреса, будут изменяться параллельно направлению копирования. Копирование по горизонтали приводит к изменению номера столбца в ссылке, а по вертикали — номера строки. Например, если в формуле используется ссылка **D5**, то при копировании ячейки в соседнюю ячейку справа ссылка поменяется на **E5**, слева — на **C5**, снизу — на **D6**, а сверху — на **D4**. Ссылка в виде смешанного адреса изменяться только лишь в одном из возможных направлений. Например, при копировании ячейки с формулой, содержащаяся в ней ссылка **\$D5**, будет изменяться только при копировании в вертикальном направлении, а ссылка **D\$5** — в горизонтальном. Абсолютный адрес ячейки, например **\$D\$5**, при копировании не изменяется. Следует заметить, что указанные особенности сохраняются также при копировании ячеек с формулами с использованием буфера (**Ctrl+C** → **Ctrl+V**).

Ячейки, которые содержат формулы без ссылок на ячейки, копируются как обычный текст без изменений.

Копирование диапазона. Копирование диапазона, используя автозаполнение, в целом имеет те же особенности, что и копирование ячеек. Однако если ширина копируемого диапазона в направлении автозаполнения составляет более одной ячейки, то при заполнении учитывается зависимость значений этих ячеек. Например, две соседние ячейки, расположенные по горизонтали содержат соответственно числа **1** и **3**. Разница значений в правую сторону составляет 2, поэтому копирование этих ячеек автозаполнением вправо приведет к созданию арифметической прогрессии с коэффициентом 2: **1, 3, 5, 7, 9...** При копировании влево числа будут уменьшаться на 2 (**-7, -5, -3, -1, 1, 3**). Если две соседние ячейки содержат названия месяцев, например, **январь** и **июнь**, то при заполнении ячейки последовательно будут содержать месяцы чередующиеся (как январь и июнь) через пять: **январь, июнь, ноябрь, апрель, сентябрь, февраль, июль, декабрь, май** и т. д.

Копирование данных из текстовых файлов

Копировать данные можно не только из файлов с расширением *.xls, но и из текстовых. Поместив текст из текстового файла в буфер, вы переходите в окно Excel и вставляете его в файл. При этом следует помнить, несколько особенностей.

- Вставляемый текст, не содержащий символов табуляции или конца абзаца, будет помещен в одну ячейку.
- Каждый новый абзац будет вставляться в ячейку, расположенную на одну строку ниже, то есть под предыдущей.
- Текст после знака табуляции будет переноситься в ячейку справа.

Таким образом, для того чтобы скопировать текст из текстового файла в документ Excel соответствующим образом, текст необходимо подготовить: предполагаемое разделение по строкам отбить абзацами, а разделение текста по ячейкам в пределах строк — табуляцией.

Намного эффективнее копировать текст из файлов Word, если он находится в виде таблицы. Распределение текста в ячейках таблицы текстового файла будет соответствовать его распределению по ячейкам в файле Excel. При этом также сохраняется и объединение ячеек. Единственное несоответствие между ячейками будет наблюдаться в том случае, если какая-либо ячейка таблицы Word содержит несколько абзацев. При копировании в Excel эта ячейка будет разбита вертикально на несколько ячеек, количество которых будет соответствовать количеству абзацев. То есть наличие в тексте копируемой ячейки символов конца абзаца будет способствовать дополнительному делению этой ячейки на несколько расположенных друг над другом

ячеек. Если же в копируемой ячейке есть символы табуляции, то при вставке текста они не влияют на разделение ячеек, а конвертируются в пробелы.

Импорт данных

В программе Excel есть возможность импорта данных из файлов различного типа. При импортировании данных нет необходимости открывать содержащие эти данные файлы соответствующими программами.

Импорт производится через пункт меню **Данные / Импорт внешних данных / Импортировать данные...**. При выборе этой опции появится панель **Выбор источника данных** (рис. 10). Для облегчения поиска выберите тип файла, а затем, используя браузер, найдите нужный файл, укажите его и нажмите кнопку **Открыть**. В зависимости от типа файла нужно будет выполнить ряд операций.

Импорт данных из файлов Excel (*.xls). После нажатия кнопки **Открыть** появится панель **Выделить таблицу** (рис. 11). На ней будет показан список листов файла. Выберите нужный лист, при необходимости снимите флажок у надписи **Первая строка данных содержит заголовки столбцов** и нажмите **ОК**. Если вы не уверены, что в первой строке действительно находятся заголовки столбцов, флажок лучше снять. На панели **Импорт данных**, которая появится за этим, необходимо уточнить, куда именно нужно поместить данные (рис. 12). Вы можете выбрать **Имеющийся лист:** или **Новый лист**. В новом листе данные будут располагаться от ячейки **A1**. При выборе имеющегося листа данные будут импортироваться, начиная от той ячейки, в которой находится курсор. Под пунктом **Имеющийся лист:** будет указана эта ячейка. При необходимости можно указать другую, щелкнув по ней мышью.

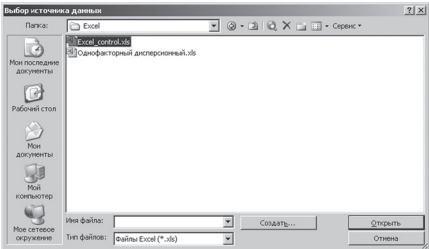


Рис. 10. Панель «Выбор источника данных».

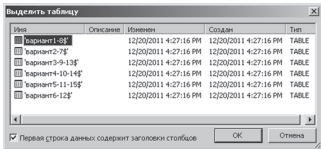


Рис. 11. Панель «Выделить таблицу».

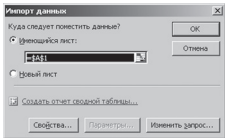
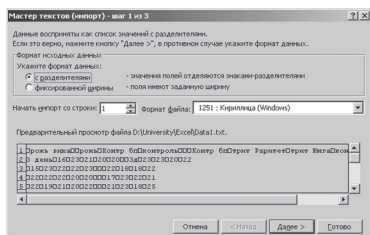


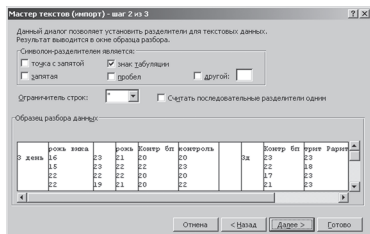
Рис. 12. Панель «Импорт данных».

Импорт данных из текстовых файлов (*.txt). Если в окне **Выбор источника данных** был выбран текстовый файл, то после нажатия кнопки **Открыть** появится панель **Мастер текстов (импорт)** - шаг 1 из 3 (рис. 13-а). Укажите на этой панели формат данных. Опция **с разделителями** предполагает, что фрагменты текста одной строки, которые нужно поместить в отдельные ячейки, разделены определенными символами (знаками). При выборе **фиксированной ширины** разделение строк на ячейки происходит на определенное количество символов, причем во всех ячейках одной колонки количество символом будет одинаковое, тогда как сами колонки могут отличаться шириной поля (количеством знаков).

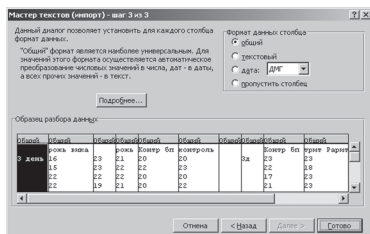
В этом же окне находится окно «Предварительный просмотр файла», в котором вы можете просмотреть данные. Если существует необходимость в предварительном просмотре, но весь текст не помещается в окне, его можно листать в горизонтальном и вертикальном направлениях. Затем выберите номер строки, с которого вы желаете начать импорт (**Начать импорт со строки:**). Формат файла указывается автоматически, но если вы заметите, что символы в тексте отображаются некорректно, самостоятельно укажите иной тип формата.



а



б



в

Рис. 13. Панели «Мастер текстов (импорт)» — последовательные три шага: а — шаг 1 из 3; б — шаг 2 из 3; в — шаг 3 из 3.

Завершив работу в окне **Мастер текстов (импорт)** - шаг 1 из 3, нажмите кнопку **Далее >**. Если вы выбрали формат данных **с разделителями**, то в следующем окне **Мастер текстов (импорт)** - шаг 2 из 3 (рис. 13-б) укажите тип разделителя. В качестве разделителей вы можете одновременно использовать до 5 символов. Четыре из них указаны на панели (запятая, точка с запятой, знак табуляции и пробел), а пятый вы можете выбрать по собственному желанию. Чаще всего в этом нет необходимости, но если импортируемый файл подготовлен некорректно, данная возможность использовать

Завершив работу в окне **Мастер текстов (импорт)** - шаг 1 из 3, нажмите кнопку **Далее >**.

Если вы выбрали формат данных **с разделителями**, то в следующем окне **Мастер текстов (импорт)** - шаг 2 из 3 (рис. 13-б) укажите тип разделителя. В качестве разделителей вы можете одновременно использовать до 5 символов. Четыре из них указаны на панели (запятая, точка с запятой, знак табуляции и пробел), а пятый вы можете выбрать по собственному желанию. Чаще всего в этом нет необходимости, но если импортируемый файл подготовлен некорректно, данная возможность использовать

одновременно несколько типов разделителей может быть полезна. Например, если вы импортируете файл, в котором часть данные отделены друг от друга запятой, а другая часть — точкой с запятой, то необходимо указать оба эти разделителя. Если же в файле используется разделитель, неуказанный среди четырех основных, то введите его в окошке **другой**. При этом помните, что одновременно два «других» разделителя указать невозможно. Если они все же присутствуют, то вам необходимо предварительно отредактировать исходный текстовый файл с данными, чтобы сделать импорт данных корректным.

Мастер текстов позволяет также объединять несколько подряд идущих разделителей. Например, поля отделены друг от друга точкой с запятой и пробелом. В этом случае нужно установить флажок возле опции **Считать последовательные разделители одним**. Но если между двумя разделителями, которые идут друг за другом, подразумевается пустое поле (оно будет соответствовать незаполненной ячейке), то этот флажок нужно снять.

В процессе выполнения каждого из ваших действий вы можете контролировать полученный результат в окне просмотра, которое озаглавлено как **Образец разбора данных**.

Далее вы можете произвести импорт, нажав кнопку **Готово**, или продолжить контроль установок, перейдя к третьему шагу нажатием кнопки **Далее >**. В окне **Мастер текстов (импорт) - шаг 3 из 3** (рис. 13-в) вы можете присвоить формат ячейкам каждого отдельного столбца, а также отметить столбцы, которые надо пропустить.

На каждом из этапов вы можете отказаться от импорта, нажав кнопку **Отмена**, или вернуться на шаг назад нажатием кнопки **< Назад**.

Если вы на первом шаге выбрали формат **фиксированной ширины**, то на 2 шаге на панели **Образец разбора данных** вы увидите, как программа автоматически разбила текст на поля. Если в расположение возможных разделителей программа не обнаружит какой-либо зависимости, то автоматическое разделение текста на поля не произойдет, и каждый абзац текста импортируется в одну ячейку. В обоих случаях вы можете самостоятельно разбить текст на поля, выполнив инструкции, описанные в окне **Мастер текстов (импорт) - шаг 2 из 3**. Третий шаг здесь такой же, как и при выборе опции **с разделителями**.

Когда нажимаете кнопку **Готово** (на любом этапе), появится панель **Импорт данных** (рис. 12), работа с которой описана выше.

ВВЕДЕНИЕ ФОРМУЛ В ЯЧЕЙКИ

В программе Excel есть возможность составления алгоритмов вычислений (или формул), с помощью которых можно производить математическую обработку данных. Для простейших арифметических вычислений при написании формул достаточно использовать числа, ссылки на отдельные ячейки и символы четырех основных арифметических действий (арифметических операторов): клавиши **+** (сложение), **-** (вычитание), ***** (умножение) и **/** (деление). Кроме них также можно использовать другие арифметические операторы:

- Знак крышки **^** означает возведение в степень. Выражение 5^3 записывается как **5^3**.
- Процент **%** означает количество процентов и фактически наличие этого знака означает деление на 100. Например, выражение **=5%** преобразуется в 0,05, а если любое число умножить на 5%, то это означает найти от данного числа 5%. Иными словами умножить на 5 и разделить на 100 (или умножить на 0,05).

Для более сложных вычислений используют также встроенные функции и ссылки на отдельные ячейки, а также диапазоны ячеек. Встроенные функции представляют собой готовые блоки, предназначенные для решения определенных задач. Функции в формуле записываются в виде текста, который включает название функции и в скобках ее аргументы. Например, **СУММ** означает функцию *сумма*, в скобках указываются числа или ссылки на диапазон ячеек, которые нужно суммировать: **СУММ(A1:D5)**. Формулы могут содержать ссылки на ячейки, в которых содержатся как числа, так и формулы.

Текст формулы в ячейке

Формула в ячейке представляет собой текст, который начинается с символа равно (=) и состоит из чисел, ссылок на ячейки, символов арифметических действий, встроенных функций и скобок.

Если ячейка содержит только лишь знак **=**, то он будет виден в ячейке как текст. В случае если после **=** идет какой-нибудь символ (или символы), то собственно текста в ячейке видно не будет, так как программа любой текст в ячейке, начинающийся со знака **=** воспринимает как формулу, даже если она не имеет смысла. Программа анализирует содержимое ячейки и возвращает в ячейку результат. Текст формулы в ячейке можно увидеть в строке формул, если эту ячейку выделить (поместить на нее курсор). Двойной щелчок левой кнопки мыши на ячейке с формулой или нажатие клавиши **F2** приведет к тому, что текст формулы будет виден также и в ячейке.

Рассмотрим простые примеры (см. таблицу).

1. Единственный знак «равно» виден в ячейке как текст.
2. После = находится одно число. Эту запись можно расценивать как наипростейшую формулу. Поскольку любое число равно само себе, то на экран выводится это число, а знака равно не будет видно.
3. После = набор символов, не имеющих смысла. Если программа не опознает запись, то выводит в ячейку сообщение в виде #ИМЯ?. Это происходит, если в формуле будет обнаружена хоть одна синтаксическая ошибка или ссылки на ячейки с неподходящим типом данных.
4. После = стоит ссылка на ячейку. На экран выводится содержимое указанной ячейки (предположим, что в ячейке A1 находится число 10).
5. После = написаны два числа, между которыми стоит знак арифметического действия. В ячейку выводится результат.
6. После = стоит число, знак арифметического действия и ссылка на ячейку (предположим, что в ячейке B4 находится число 5). В ячейку выводится результат.
7. После = находится две ссылки на ячейки, между которыми стоит знак арифметического действия. В ячейку выводится результат.
8. После = находится текст в кавычках. В этом случае любой текст виден в ячейке. Тип текста при этом не имеет значения. Он отражается в ячейке без изменений.

№	Текст формулы в ячейке	Что видно в ячейке
1	=	=
2	=3	3
3	=АВВГД	#ИМЯ?
4	=А1	10
5	=5+6	11
6	=17*B4	85
7	=B4-A1	-5
8	= "B4-75"	B4-75

Написание простейших формул

При написании формул необходимо придерживаться правил написания алгебраических выражений.

- Порядок выполнения арифметических действий: сначала последовательно выполняются действия умножения и деления, затем сложения и вычитания.

- Для изменения порядка действий соответствующим образом расставляются скобки.

Не забывайте расставлять знаки, которые в письменной форме могут упускаться. Например, выражение $n(n-1)$ в письменной форме может не содержать знака умножения, но при записи этой формулы данное выражение должно выглядеть как $n*(n-1)$. В противном случае редуцированная форма без знака $*$ не будет иметь смысла.

Любое выражение записывается в линейном виде (в строку). Поскольку исходное выражение может иметь вид дроби, следует учитывать различия записи дробных и линейных выражений. Например,

представляя дробь $\frac{\Sigma X}{n(n-1)}$ в линейном виде необходимо выражение в знаменателе взять в скобки: $\Sigma X/(n*(n-1))$. При письменной записи дроби нет необходимости заключать знаменатель в скобки, так как оно отделено от числителя знаком дроби и значение знаменателя является тем числом, на которое будет делиться числитель. Если в линейной форме не поставить скобки, то получится совершенно иное выражение $\Sigma X/n*(n-1)$, в котором ΣX делится на n , а потом результат умножается на $(n-1)$. То есть выражение $\Sigma X/n*(n-1)$ эквивалентно выражению $\frac{\Sigma X}{n}(n-1)$, а не $\frac{\Sigma X}{n(n-1)}$.

Любая встроенная функция в формуле рассматривается как одно число.

Арифметические действия сложения и умножения можно вводить в формулы и с помощью знаков, и в виде функций **СУММ** и **ПРОИЗВЕД**. Запись формулы, в которой складываются две ячейки (например, **A1** и **B2**) может иметь вид **=СУММ(A1;B2)** или **=A1+B2**. Обе эти записи эквивалентны. Выбирать следует оптимальный вариант. Это зависит от того, сколько аргументов необходимо перемножить или просуммировать. Если суммируются или перемножаются значения 2 ячеек, проще поставить между ссылками знак действия, если ссылок более трех лучше использовать функции.

Встроенные функции

Функции представляют собой готовые блоки, предназначенные для решения определенных задач.

Название функции, используемое при написании формулы, чаще всего представляет собой сокращенный вариант полного названия, которое отражает **назначение** этой функции (или тип выполняемой задачи). Каждая функция характеризуется количеством и типом аргументов, а также типом возвращаемого значения.

Количество аргументов. Для одних функций используется строго определенное количество аргументов, для других количество аргументов может варьировать; существуют также функции, которые вовсе не используют аргументов.

Типом аргументов. В качестве аргументов функции могут использоваться числовые значения, логические выражения, текст и др.

Тип возвращаемого значения. Возвращаемое значение (попросту результат, который выводится в ячейке, содержащей формулу) может быть числом, датой, текстом и др.

Функции в Excel подразделяются на **категории**, количество которых может изменяться в зависимости от версии программы (не будем их перечислять). Наиболее важными для составления алгоритмов статистических расчетов являются функции из категорий **Математические** и **Статистические**. При необходимости любую функции можно найти в категории **Полный алфавитный перечень**.

Все функции имеют особую форму записи — **синтаксис**. Вначале указывается название функции, а в скобках аргументы. Для некоторых функций должна соблюдаться определенная последовательность записи аргументов.

Рассмотрим характеристику и синтаксис некоторых функций. Ниже приводится минимальный набор функций, знание которых позволит написать алгоритмы для проведения статистических обчетов методами оценки разности средних по *t*-критерию и однофакторного дисперсионного анализа.

Математические функции

Краткое название	СУММ
Полное название	Сумма
Назначение	Суммирует все аргументы
Синтаксис	СУММ(число1;число2; ...)
Количество аргументов	Число1, число2, ... число30 — используется от 1 до 30 аргументов. Каждый аргумент (число) может быть представлен ссылками на диапазон ячеек, причем как на связный, так и несвязный. Количество суммируемых чисел теоретически не ограничено
Тип аргументов	Числа

Особенности	<p>Пустые ячейки и ячейки с текстом в диапазоне ссылок игнорируются.</p> <p>Аргументы, которые являются значениями ошибки, вызывают значения ошибок.</p> <p>Ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.</p> <p>Допускаются ссылки на совокупность строк, столбцов, а также весь лист</p>
Возвращаемое значение	Сумма аргументов

Краткое название	СУММКВРАЗН
Полное название	Сумма квадратов разностей
Назначение	Суммирует квадраты разностей соответствующих значений в двух массивах
Синтаксис	СУММКВРАЗН(массив_х;массив_у)
Количество аргументов	Два массива (х и у), равных по количеству значений
Тип аргументов	Числа
Особенности	<p>Пустые ячейки и ячейки с текстом в диапазоне ссылок игнорируются. Причем игнорируются две соответствующие ячейки (например, x_1 и y_1), даже, если одна из них содержит число.</p> <p>Аргументы, которые являются значениями ошибки, вызывают значения ошибок.</p> <p>Ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.</p> <p>Если массивы х и у имеют различное количество элементов, то функция возвращает значение ошибки #Н/Д.</p> <p>Ссылки на строки и столбцы не допускаются</p>
Возвращаемое значение	Сумма квадратов разностей соответствующих значений в двух массивах

Краткое название	СУММКВ
Полное название	Сумма квадратов разностей
Назначение	Суммирует квадраты аргументов
Синтаксис	СУММКВ(число1;число2; ...)

Количество аргументов	Число1, число2, ... число30 — используется от 1 до 30 аргументов. Каждый аргумент (число) может быть представлен не только конкретным числом или ссылкой на ячейку, но и ссылками на диапазон ячеек, причем как на связный, так и несвязный. Количество используемых в обсчете чисел теоретически не ограничено
Тип аргументов	Числа
Особенности	Пустые ячейки и ячейки с текстом в диапазоне ссылок игнорируются. Аргументы, которые являются значениями ошибки, вызывают значения ошибок. Ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются. Допускаются ссылки на совокупность строк, столбцов, а также весь лист
Возвращаемое значение	Сумма квадратов аргументов

Краткое название	СТЕПЕНЬ
Полное название	Степень
Назначение	Возводит число в степень
Синтаксис	СТЕПЕНЬ(число;степень)
Количество аргументов	Два: 1) Число (основание) и 2) Степень (показатель степени)
Тип аргументов	Числа
Особенности	Ссылки на диапазоны ячеек недопустимы
Возвращаемое значение	Результат возведения числа в степень

Краткое название	КОРЕНЬ
Полное название	Корень
Назначение	Вычисляет квадратный корень из числа
Синтаксис	КОРЕНЬ(число)

Количество аргументов	Один
Тип аргументов	Число
Особенности	Аргумент не может быть отрицательным числом. При отрицательном значении числа функция возвращает значение ошибки #ЧИСЛО!. Ссылки на диапазоны ячеек недопустимы
Возвращаемое значение	Значение квадратного корня

Краткое название	ABS
Полное название	Абсолютная величина числа
Назначение	Находит абсолютную величину (модуль) числа
Синтаксис	ABS(число)
Количество аргументов	Один
Тип аргументов	Число
Особенности	Ссылки на диапазоны ячеек недопустимы
Возвращаемое значение	Модуль (абсолютную величину) числа

Статистические функции

Краткое название	СРЗНАЧ
Полное название	Среднее значение
Назначение	Вычисляет среднее арифметическое аргументов
Синтаксис	СРЗНАЧ(число1; число2; ...)
Количество аргументов	Число1, число2, ... число30 — используется от 1 до 30 аргументов. Каждый аргумент (число) может быть представлен не только конкретным числом или ссылкой на ячейку, но и ссылками на диапазон ячеек, причем как на связный, так и несвязный. Количество используемых в обachte чисел теоретически не ограничено

Тип аргументов	Числа
Особенности	Пустые ячейки и ячейки с текстом в диапазоне ссылок игнорируются. Аргументы, которые являются значениями ошибки, вызывают значения ошибок. Ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются. Допускаются ссылки на совокупность строк, столбцов, а также весь лист
Возвращаемое значение	Среднее арифметическое аргументов

Краткое название	СЧЁТ
Полное название	Счёт
Назначение	Подсчитывает количество чисел в списке аргументов
Синтаксис	СЧЁТ(значение1;значение2;...)
Количество аргументов	Значение1, значение2, ... , значение30 — используется от 1 до 30 аргументов. Каждый аргумент (значение) может быть представлен ссылкой на диапазон ячеек, причем как на связный, так и несвязный. Количество используемых в обсчете чисел теоретически не ограничено
Тип аргументов	Числа, пустые значения, логические значения, даты, текст, значения ошибки
Особенности	Пустые ячейки, логические значения, тексты и значения ошибок в массиве или ссылке игнорируются
Возвращаемое значение	Количество числовых ячеек в массивах ячеек

Краткое название	СЧЁТЗ
Полное название	Счёт значений
Назначение	Подсчитывает количество непустых значений в списке аргументов
Синтаксис	СЧЁТЗ(значение1;значение2;...)

Количество аргументов	Значение1, значение2, ... , значение30 — используется от 1 до 30 аргументов. Каждый аргумент (значение) может быть представлен ссылкой на диапазон ячеек, причем как на связный, так и несвязный. Количество используемых в обachte чисел теоретически не ограничено
Тип аргументов	Числа, пустые значения, логические значения, даты, текст, значения ошибки
Особенности	Значением считается значение любого типа, включая числа, логические значения, даты, текст, значения ошибки
Возвращаемое значение	Количество непустых ячеек в массивах ячеек

Краткое название	ФРАСПОБР
Полное название	Обратное распределение Фишера
Назначение	Находит критическое (табличное) значение коэффициента Фишера (F_{τ}) при определенном уровне значимости (вероятности). В дисперсионном анализе вычисляется коэффициент Фишера (фактическое значение — F_{ϕ}), который используется для оценки разброса множеств данных. Если $F_{\phi} > F_{\tau}$, то нулевая гипотеза отвергается, то есть между вариантами опыта есть существенные различия при назначенном уровне вероятности
Синтаксис	ФРАСПОБР(вероятность;степени_свободы1;степени_свободы2)
Количество аргументов	Три: 1) Вероятность — уровень значимости, допустимая ошибка в эксперименте, выраженная в сотых долях от единицы. Назначается экспериментатором в диапазоне от 0,001 до 0,05. Чаще всего используют вероятность 0,05. 2) Степени_свободы1 — числитель степеней свободы. В однофакторном дисперсионном анализе — это количество вариантов опыта минус 1 ($l - 1$) 3) Степени_свободы2 — знаменатель степеней свободы. В однофакторном дисперсионном анализе — это количество всех аргументов минус количество вариантов опыта ($N - l$)
Тип аргументов	Числа

Особенности	Если какой-либо из аргументов не является числом, то функция ФРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЗНАЧ! . Если вероятность < 0 или вероятность > 1 , то функция ФРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! . Если аргумент степени_свободы1 или степени_свободы2 не является целым числом, производится усечение. Если степени_свободы1 < 1 или степени_свободы1 $\geq 10^{10}$, ФРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! . Если степени_свободы2 < 1 или степени_свободы2 $\geq 10^{10}$, ФРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! .
Возвращаемое значение	Обратное значение для F-распределения вероятностей.

Краткое название	СТЬЮДРАСПОБР
Полное название	Обратное распределение Стьюдента
Назначение	Вычисляет двустороннее критическое <i>t</i> -значение распределения Стьюдента как функцию вероятности и числа степеней свободы
Синтаксис	СТЬЮДРАСПОБР (вероятность;степени_свободы)
Количество аргументов	Два: 1) Вероятность — уровень значимости или допустимая ошибка в эксперименте, выраженная в сотых долях от единицы. Назначается экспериментатором в диапазоне от 0,001 до 0,05. Чаще всего используют вероятность 0,05. Вероятность, указанная в качестве аргумента соответствует двустороннему распределению Стьюдента. 2) Степени_свободы — число степеней свободы, характеризующее распределение. В однофакторном дисперсионном анализе — это количество всех аргументов минус количество вариантов опыта ($N - l$)
Тип аргументов	Числа
Особенности	Если любой из аргументов не является числом, то функция СТЬЮДРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЗНАЧ! . Если вероятность < 0 или вероятность > 1 , то функция СТЬЮДРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! . Если степени_свободы не целое, то оно усекается. Если степени_свободы < 1 , то функция СТЬЮДРАСПОБР возвращает значение ошибки #ЧИСЛО! . Одностороннее <i>t</i> -значение может быть получено при замене аргумента вероятность на $2 \cdot \text{вероятность}$
Возвращаемое значение	Двустороннее <i>t</i> -значение распределения Стьюдента

Логические функции

Краткое название	ЕСЛИ
Полное название	ЕСЛИ
Назначение	Проверяет, выполняется ли заданное условие и выполняет одно из двух действие в зависимости от того, выполняется условие или нет
Синтаксис	ЕСЛИ(логическое_выражение;значение_если_истина; значение_если_ложь)
Количество аргументов	Три: 1) Лог_выражение — выражения отношения (сравнения), либо функции, возвращающие логические значения (И, ИЛИ). 2) Значение_если_истина — любое допустимое в Excel выражение, которое выполняется, если логическое выражение — истина 3) Значение_если_ложь — любое допустимое в Excel выражение, которое выполняется, если логическое выражение — ложь
Тип аргументов	1) Логические выражения. 2) и 3) Любые допустимые в Excel выражения: функции, формулы, ссылки на ячейку, числа, текст
Особенности	Если аргументы 2) и 3) являются текстом, он заключается в кавычки.
Возвращаемое значение	Значение_если_истина, если логическое выражение — истина; Значение_если_ложь, если логическое выражение — ложь


АЛГОРИТМ ВВЕДЕНИЯ ФОРМУЛ

Прежде чем начать писать формулу, необходимо выбрать для этого ячейку и поместить в нее табличный курсор. Формула не должна содержать ссылку на ту ячейку, в которой она находится, так как это приведет к циклической ошибке. Поэтому обратите внимание, чтобы ячейка с формулой не входила в диапазоны аргументов содержащихся в ней функций.

Формулы, состоящие из одной функции

В наиболее простых случаях используют формулы, представляющие собой одну встроенную функцию. Ввести формулу возможно разными способами.

1-й способ

1. Нажмите кнопку **Вставка функции** . В ячейке и строке формул автоматически появится знак **=**, а на мониторе возникнет панель **Мастер функций - шаг 1 из 2** (рис. 14). Обратите внимание, что при нажатии кнопки **Вставка функции** вид поля имени и строки формул изменится (рис. 15). Слева от кнопки **Вставка функции** появятся кнопки **Ввод** (зеленая птичка) и **Отмена** (красный крест), а поле имени преобразится в кнопку **Функции** с раскрывающимся списком функций категории **10 недавно использовавшихся**. На самой кнопке написано название функции, которая использовалась последней.
2. На панели **Мастер функций - шаг 1 из 2** первоначально отображаются функции категории **10 недавно использовавшихся**. Если нужной функции среди них нет, выберите соответствующую категорию, а затем необходимую функцию. Появится панель **Аргументы функции** (рис. 16).

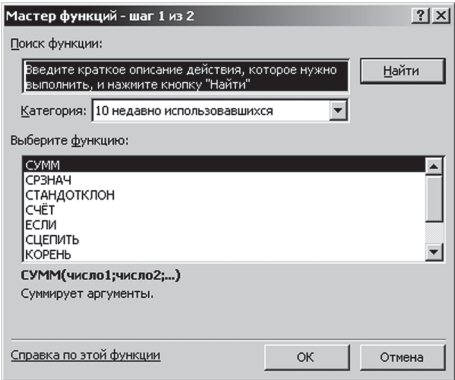


Рис. 14. Панель «Мастер функций - шаг 1 из 2».

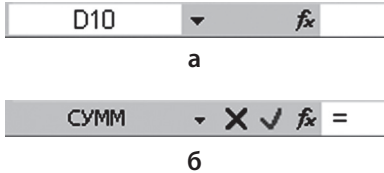


Рис. 15. Вид поля имени и строки формул в разных режимах:
а — обычный режим;
б — режим редактирования формул

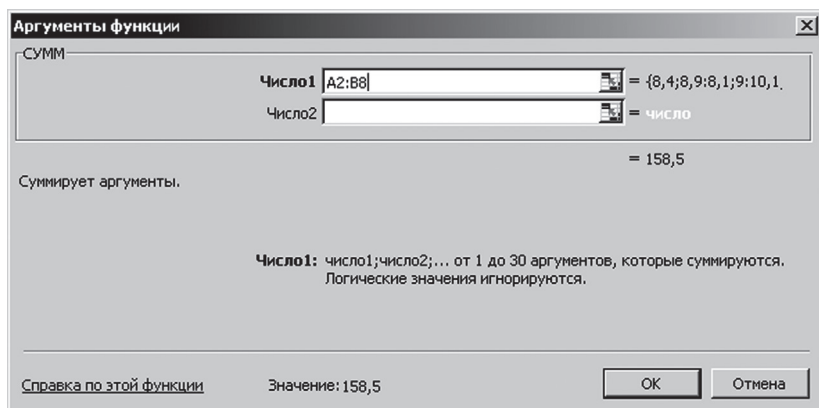


Рис. 16. Панель «Аргументы функции - СУММ».

3. На панели **Аргументы функции** заполните необходимые поля и нажмите **ОК**.

2-й способ

Введите символ **=**. Левая часть строки формул при этом преобразится, так же, как и при нажатии кнопки **Вставка функции** (рис. 15), но панель **Мастер функций - шаг 1 из 2** в этом случае не появляется.

На кнопке **Функции** вы увидите название функции, которая использовалась последней. Если это и есть нужная вам функция, нажмите кнопку **Функции** для вызова панели **Аргументы функции**, соответствующей последней функции.

Если формула не подходит, разверните список кнопки **Функции**, нажав на маленький треугольник справа от нее. В меню вы увидите список 10 функций, которые использовались последними, а на нижней строке написано **Другие функции...**. Выбор функции приведет к вызову панели **Аргументы функции**.

Если же в списке нет нужной вам функции, выберите **Другие функции...** и появится панель **Мастер функций - шаг 1 из 2**, на которой вам нужно будет выбрать интересующую вас функцию.

На появившейся панели **Аргументы функции** укажите аргументы и нажмите **ОК**.

Несмотря на то, что текст алгоритма последнего способа получился более емким по сравнению с первым, альтернативный вариант является более удобным. При наборе формул очень часто приходится использовать одни и те же функции, а найти необходимую функцию среди десяти можно гораздо быстрее, чем искать ее в полном списке или в отдельных категориях.

Иные способы (не рекомендуемые)

Существует также возможность выбора функции через меню. Панель **Мастер функций - шаг 1 из 2** можно включить через пункты меню Вставка → Функция... В этом способе есть смысл только в том случае, если у вас по каким-то причинам не работает манипулятор мышь и вам приходится работать исключительно клавиатурой. Для обычной работы такой способ неудобен.

Набор любой функции также можно провести вручную, если знать ее синтаксис. С одной стороны набрать имя некоторых функций, состоящее из 3–4 символов, можно быстрее, чем найти ее в списке (при условии, что ее нет среди **10 недавно использовавшихся**). С другой стороны ручной способ неудобен, поскольку сопряжен с появлением синтаксических ошибок в имени функции и при указании аргументов. Поэтому мы рекомендуем вам применять автоматизированные способы ввода функций, с использованием панели **Аргументы функции**.

Аргументы функции

При работе с некоторыми функциями программа может автоматически предложить диапазон ячеек в качестве аргументов. Это происходит, если ячейка, в которую вы вводите формулу, находится в одном ряду или столбце с ячейками, содержащими числа. Обязательно проверяйте, соответствует ли предложенный диапазон необходимому. Если данный диапазон не совпадает с желаемым, укажите его самостоятельно.

Вводить аргументы, которые являются ссылками на отдельные ячейки или диапазоны желательно в автоматическом режиме. Курсор помещают на необходимое поле на панели **Аргументы функции**, или нажимают кнопку минимизации в правой части этого поля, в результате чего панель минимизируется (рис. 17). Затем выделяют необходимые ячейки или диапазоны.

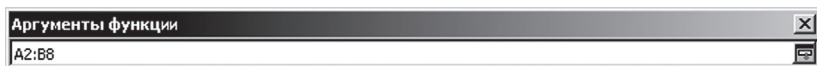


Рис. 17. Минимизированная панель «Аргументы функции».

Если панель **Аргументы функции** не мешает выделению диапазона, то минимизировать ее не имеет смысла.

Ячейки, на которые ссылаются формулы, могут находиться не только на одном листе с формулой, но также на других листах и в других файлах. По умолчанию все ссылки в пределах одной книги (файла) указывают относительный адрес. Ссылки на ячейки в других

файлах по умолчанию указывают абсолютный адрес. Тип адреса можно изменить.

Вид ссылок:

- ссылки на ячейки в пределах одного листа содержат только номера строк и столбцов: **(A2:B8)**;
- ссылки на ячейки на другом листе начинаются с имени листа, затем стоит восклицательный знак, а после него адреса конкретных ячеек (**Лист1!A2:B8**);
- ссылки на ячейки в другом файле начинаются с имени файла, взятого в квадратные скобки, затем указывается имя листа, а после восклицательного знака адреса ячеек (**[Книга2.xls]Лист1!\$A\$2:\$B\$8**).

Если в имени файла или листа присутствует хотя бы один пробел, то имена файла и листа ограничиваются одинарной кавычкой с двух сторон от начала адреса до восклицательного знака, например, (**'[Книга2.xls]Исходные данные'!\$A\$1**) или (**'Исходные данные'!A2**).

Обратите внимание, что панель **Аргументы функции** приобретает соответствующий вид при выборе конкретной функции:

- в левой верхней части панели помещено имя функции в том виде, в каком оно используется в формуле;
- в центральной верхней части панели расположены поля для введения аргументов (ссылок и других показателей, например, значение степени, вероятности и т. д.), в них могут быть указаны как ссылки на ячейки, так и конкретные числа;
- слева от каждого из полей помещено название показателей (**Число**, **Степень**, **Вероятность** и т. п.), справа — стоит знак равно, после которого появляется числовое значение, если оно одно, или несколько значений через точку с запятой в фигурных скобках. В ряде случаев число (или числа) не выводится на экран. Во-первых, это может быть, если диапазоном является целая колонка или строка: после знака равно указывается диапазон ячеек. Во-вторых, при наличии ошибок после равно появляется надпись красным шрифтом, сообщающая о причине ошибки: **#ИМЯ?** — синтаксическая ошибка в ссылке или наименовании функции; **#ДЕЛ/0!** — деление на 0; **#ЗНАЧ!** — указаны неверные значения; **Недопустимое** — недопустимое значение вследствие невыполнимости действия или неправильной записи;
- ниже полей аргументов расположен знак «равно», после которого указывается значение функции;
- в средней части панели расположены короткие подсказки: назначение функции и назначение показателей (для каждого поля);
- в нижней части посередине расположена надпись **Значение:**, после которой выводится значение редактируемой формулы.

Формулы, содержащие более одной функции

При наборе более сложных функций необходимо придерживаться всех правил, указанных выше, и при этом помнить ряд особенностей, характерных для работы со сложными формулами.

1. Не отключайте панель **Аргументы функции** до завершения написания формулы. После того, как вы укажете аргументы одной из используемых в формуле функций, но при этом работа над формулой не закончена, не нажимайте кнопку **ОК**, а перенесите курсор в строку формул и продолжайте работу.

Наличие панели **Аргументы функции**, помимо всего, может быть удобно тем, что позволяет контролировать корректность написания отдельных функций и формулы в целом (будет объяснено далее на конкретных примерах).

2. В качестве аргументов функции может использоваться другая функция, однако поиск новой функции при включенной панели **Аргументы функции** следует вести только через кнопку **Функции**. Если в списке 10 функций нет нужной, продолжайте поиск через **Другие функции...** Выбор функции приведет к появлению панели **Аргументы функции**, соответствующей выбранной функции.

Рассмотрим несколько алгоритмов написания формул на конкретных примерах (аргументы функций в виде ссылок взяты произвольно).

Когда вы будете составлять длинные формулы, желательно, чтобы панель **Аргументы функции** не закрывала строку формул. Поэтому в начале работы с функциями перетяните панель с помощью мыши так, чтобы полностью была видна строка формул и максимально были открыты ячейки с данными. Панель **Аргументы функции** можно захватить левой кнопкой мыши за любую точку, за исключением кнопок, полей аргументов и гиперссылки справки.

Формулы, содержащие две независимые функции

Пример 1. $\Sigma X - \bar{x}$.

Формула представляет собой разность значений двух функций.

Порядок действий

1. Любым известным вам способом введите в ячейку функцию **СУММ** и на панели **Аргументы функции** — **СУММ** укажите диапазон аргументов. Здесь и далее после каждого пункта будет приведен текст, введенный в строку формул:

=СУММ(A1:D5)

2. Не нажимая кнопку **ОК**, поместите курсор в строку формул в конце текста и введите знак «минус». Обратите внимание, что после

введения знака «минус» панель **Аргументы функции** изменила вид: она уменьшена в размере и не содержит названия функции. В середине панели размещена надпись **Значение:**. Само значение отсутствует (рис. 18).

=СУММ(A1:D5)-



Рис. 18. Вид, который принимает панель «Аргументы функции», когда курсор в строке формул отделен от функции символами, не входящими в эту функцию.

- Введите функцию **СРЗНАЧ** и укажите диапазон аргументов.

=СУММ(A1:D5)-СРЗНАЧ(A1:D5)

- Нажмите кнопку **ОК**.

Результат (числовое значение)

Если вы все-таки нажали кнопку **ОК** после указания аргументов для первой функции, то отредактируйте незаконченную формулу. Поставьте курсор в строку формул в конце текста и введите знак «минус». Затем через кнопки **Вставка функции** или **Функции** найдите вторую функцию и продолжайте работу.

Формулы, содержащие две взаимосвязанные функции

Пример 2. $\sqrt{\sum X^2}$

В этой формуле под знаком корня стоит функция сумма квадратов (СУММКВ), то есть значение функции СУММКВ является аргументом функции КОРЕНЬ. Вначале рассмотрим **основной (последовательный)** способ написания, а следующем разделе — обратный.

Порядок действий

- Выберите функцию **КОРЕНЬ**. Появится панель **Аргументы функции — КОРЕНЬ**.

=КОРЕНЬ()

- Через кнопку **Функции** найдите функцию **СУММКВ**. Панель **Аргументы функции** приобретает вид, соответствующий для функции **СУММКВ**, а в строке «Число 1» обычно указывается предположительный диапазон ячеек.

=КОРЕНЬ(СУММКВ(??:??))

3. Проверьте, соответствует ли этот диапазон нужным ячейкам, и укажите при необходимости правильный.

=КОРЕНЬ(СУММКВ(A1:D5))

4. Нажмите **ОК**

Результат

Редактирование формулы с подстановкой функции перед функцией

Рассмотрим предыдущую формулу, но напомним ее в обратном порядке. Конечно, это неудобный способ написания, но подобные случаи могут возникнуть при редактировании различных формул.

Порядок действий

1. Выберите функцию **СУММКВ** и на панели **Аргументы функции** укажите диапазон данных. Кнопку **ОК** не нажимаем.

=СУММКВ(A1:D5)

2. С помощью мыши поместите курсор в строку формул перед функцией **СУММКВ**. Перед тем как выбрать функцию **КОРЕНЬ**, поставьте какой-нибудь символ (например, скобку) перед **СУММКВ**, а курсор поставьте перед скобкой. Обратите внимание, что на панели **Аргументы функции** исчезнет обозначение функции **СУММКВ**, строки для введения аргументов и подсказки, а сама панель уменьшится в размерах и на ней появится надпись **Значение:**.

=(СУММКВ(A1:D5)

- 2а. (!) Если курсор во время выбора новой функции будет стоять непосредственно перед функцией **СУММКВ** или внутри ее, то это приведет к замене **СУММКВ** на **КОРЕНЬ**.

=КОРЕНЬ(A1:D5)

- 2б. (!) Если вы, не выполнив указания пункта 2, сразу выберите функцию **КОРЕНЬ**, получите некорректную запись.

=СУММКВ(A1:D5+КОРЕНЬ())

3. Выберите функцию **КОРЕНЬ** через кнопку **Функции**. Имя функции **КОРЕНЬ** с парными скобками появится в строке формул на месте курсора, а панель **Аргументы функции** примет соответствующий вид для функции **КОРЕНЬ**. Строка **Число** на панели будет не заполнена, то есть под функцией не будет аргумента.

=КОРЕНЬ()(СУММКВ(A1:D5)

4. Постановку числа следует делать путем редактирования текста в строке формул. Удалите две скобки после **КОРЕНЬ**, оставив между именами функций одну открывающуюся скобку. На панели

Аргументы функции в строке «Число» появится функция СУММКВ с диапазоном аргументов, а справа от строки будет указано значение этой функции. Значение корня указано не будет. Программа не вычисляет корень, потому что после числа в строке формул не поставлена скобка.

=КОРЕНЬ(СУММКВ(A1:D5))

5. Поставьте парную скобку и увидите на панели значение корня.

=КОРЕНЬ(СУММКВ(A1:D5))

6. Нажмите **ОК**.

Результат

Нажать кнопку **ОК** можно было после пункта 4. В этом случае программа добавила бы недостающую парную скобку автоматически. Однако при написании более сложных формул рекомендуется самостоятельно расставлять скобки, поскольку автоматическое добавление скобок не всегда бывает корректным.

Формулы, содержащие функции, числа и простые арифметические действия

Если вы вводите многокомпонентную формулу, лучше всего писать ее последовательно слева направо. Не всегда можно четко представить, как должна выглядеть запись формулы, где и в каком количестве будут стоять скобки. Дополнять (или изменять) элементы текста формулы можно по ходу ее написания путем редактирования. При написании сложных формул могут быть допущены синтаксические ошибки, наиболее частыми из которых бывают следующие:

- отсутствие аргументов у функций;
- лишние или недостающие скобки;
- неправильное расположение скобок;
- лишние или недостающие знаки арифметических действий.

Пример 3. $144 + \sqrt{\bar{x}\Sigma X^2 + (\Sigma X)^2}$

Под знаком корня находится сумма двух выражений: 1) произведение значений функций **СРЗНАЧ** и **СУММКВ**; 2) значение функции **СУММ** возведенное в квадрат.

Порядок действий

1. Введите =144+ и функцию **КОРЕНЬ**.

=144+КОРЕНЬ()

2. Введите функцию **СРЗНАЧ** и укажите аргументы.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5))

3. В строке формул поместите курсор после функции **СРЗНАЧ**, то есть перед последней скобкой, и введите знак умножить. После этого на панели **Аргументы функции — КОРЕНЬ** в строке **Число** будет указано СРЗНАЧ(A1:D5)*, а после знака равно появится надпись красным шрифтом **Недопустимое**. Это не является ошибкой, хотя на данный момент значение, действительно, будет недопустимым. Ситуация изменится, если после знака * ввести функцию или число.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*)

4. Выберите функцию **СУММКВ** и укажите аргументы.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5))

5. В строке формул после функции **СУММКВ** поместите курсор (перед последней скобкой). Введите знак плюс и функцию **СТЕПЕНЬ**.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СТЕПЕНЬ())

6. На панели **Аргументы функции — СТЕПЕНЬ** в строке **Степень** введите значение степени (**2**) и верните курсор в строку **Число**.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СТЕПЕНЬ(;2))

7. Выберите функцию **СУММ** и укажите аргументы.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СТЕПЕНЬ(СУММ(A1:D5);2))

8. Нажмите **ОК**

Результат

Примечание: При написании функции **СТЕПЕНЬ** первым было заполнено значение степени, а затем указано число, возводимое в степень. Это может показаться несколько необычным, так как нарушается привычный порядок. Выбор такой последовательности обусловлен тем, что в качестве числа используется функция, а значение степени — обычным числом. Если начать с заполнения поля **Число**, то при выборе функции **СУММКВ** панель **Аргументы функции — СТЕПЕНЬ** заменится другой панелью, которая соответствует функции **СУММКВ**. Указав аргументы **СУММКВ**, необходимо вернуться к функции **СТЕПЕНЬ**, чтобы указать ее значение. В аналогичных случаях, работая с другими функциями, о значении степени можно элементарно забыть, когда панель **Аргументы функции — СТЕПЕНЬ** теряется из виду. Незаполненное поле **Степень** в функции **СТЕПЕНЬ** является распространенной ошибкой. Если же и число, и значение степени заданы функциями, то порядок заполнения полей не имеет особого значения.

Используя обычную последовательность заполнения полей аргументов, последовательность действий при написании формул будет несколько отличаться.

6а. В поле **Число**, выберите функцию **СУММ** и укажите аргументы.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СТЕПЕНЬ(СУММ(A1:D5);))

7а. Чтобы вернуть панель **Аргументы функции — СТЕПЕНЬ**, поставьте курсор в строке формул на слове **СТЕПЕНЬ**, а затем укажите в строке **Степень** ее значение — **2**.

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СТЕПЕНЬ(СУММ(A1:D5);2))

8. Нажмите **ОК**

Результат

Для возведения в квадрат значения суммы можно использовать знак крышки **^** вместо функции **СТЕПЕНЬ**. В этом случае формула будет иметь окончательный вид:

=144+КОРЕНЬ(СРЗНАЧ(A1:D5)*СУММКВ(A1:D5)+СУММ(A1:D5)^2)

Формулы, содержащие функцию, у которой в качестве аргументов используется несколько функций

Пример 4. Рассмотрим функцию сумма квадратов, у которой аргументами служат суммы.

$$\Sigma X^2 = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C)^2 + (\Sigma D)^2 + (\Sigma E)^2,$$

где *A, B, C, D, E* — массивы чисел (наименование массивов соответствует номеру столбца, в котором они находятся).

При выполнении этого задания будет необходимо несколько раз возвращаться на панель **Аргументы функции — СУММКВ**. Будьте внимательны, чтобы не перепутать функции и ставить нужные аргументы.

Порядок действий

1. Введите знак **=** и выберите функцию **СУММКВ**.

=СУММКВ()

2. Выберите функцию **СУММ** и укажите аргументы (массив *A* — столбец **A**).

=СУММКВ(СУММ(A:A))

3. Прежде чем указать следующий аргумент, не забудьте поставить курсор в строку формул на наименование функции **СУММКВ**, чтобы вернуть панель **Аргументы функции — СУММКВ**. На панели поставьте курсор в поле **Число2** и через кнопку **Функции** выберите функцию **СУММ** (достаточно просто нажать на кнопку **Функции**, так как

функция **СУММ** использовалась последней). Укажите аргументы (массив **B**).

=СУММКВ(СУММ(A:A);СУММ(B:B))

4. Вернитесь на панель **Аргументы функции — СУММКВ** (поставьте курсор на наименование функции **СУММКВ**). На панели поставьте курсор в поле **Число3**. Если это поле не отражается на панели, поставьте курсор сначала в поле **Число2** — появится поле **Число3**. Перейдите в это поле, нажмите на кнопку **Функции** для выбора **СУММ** и укажите аргументы (массив **C**).

=СУММКВ(СУММ(A:A);СУММ(B:B);СУММ(C:C))

5. Аналогично подставляете сумму по массиву **D**:

- а) поставьте курсор на наименование функции **СУММКВ**;
- б) поставьте курсор в поле **Число4** (сначала в поле **Число3**, чтобы появилось поле **Число4**;
- в) нажмите на кнопку **Функции**;
- г) укажите аргументы (массив **D**).

=СУММКВ(СУММ(A:A);СУММ(B:B);СУММ(C:C);СУММ(D:D))

6. Аналогично подставляете сумму по массиву **E**:

- а) поставьте курсор на наименование функции **СУММКВ**;
- б) поставьте курсор в поле **Число5** (сначала в поле **Число4**, чтобы появилось поле **Число5**;
- в) нажмите на кнопку **Функции**;
- г) укажите аргументы (массив **E**).

=СУММКВ(СУММ(A:A);СУММ(B:B);СУММ(C:C);СУММ(D:D);СУММ(E:E))

7. Нажмите **ОК**.

Результат

Использование в качестве аргументов диапазонов, превышающих по размеру реальный массив данных

При составлении алгоритмов для обшета массивов разной величины необходимо использовать в качестве аргументов диапазоны, превышающие по размеру реальный массив данных. Например, нам нужно вычислить сумму чисел, находящихся в столбце **A**. Допустим, всего в столбце 7 чисел и они занимают ячейки от **A1** до **A7**. Выбрав функцию **СУММ**, нам не обязательно указывать в качестве аргументов точный диапазон (**A1:A7**). В этом случае можно использовать ссылку на весь столбец — **A:A**. И совсем неважно, сколько ячеек в столбце **A**

содержат числовые значения: меньше семи, семь, или больше, все эти числа будут суммироваться. Аналогично, можно в качестве аргументов использовать ссылки на несколько столбцов, строк и также на весь лист. В последнем случае ссылка будет иметь вид **1:65536**, то есть как совокупность всех строк листа.

Пример 5. Допустим, что было проведено три варианта опыта, по каждому из которых получено по 7 повторностей. Данные по вариантам расположены в трех столбцах — **А**, **В** и **С**. Используя эти данные, вычислим формулу:

$$\sqrt{\frac{\frac{\sum X^2}{(\bar{x})^3 + 18} \cdot l + \frac{(\sum B)^3}{3\sqrt{\sum A}}}{\frac{\sum C^2}{n(n-1)}}},$$

- где X — все переменные;
 \bar{x} — среднее всех значений массива;
 A — данные по массиву А;
 B — данные по массиву В;
 C — данные по массиву С;
 n — количество повторностей;
 l — количество вариантов.

Данная формуле не содержит никакого статистического смысла и составление алгоритма для ее вычисления имеет исключительно тренировочный характер.

Составим алгоритм так, чтобы его можно было использовать при любом количестве переменных. (Заметим, что количество введенных чисел на листе ограничивается только лишь возможностями самой программы. Напомним, что максимальное количество столбцов 256, а строк — 65536.) Чтобы выполнить это условие необходимо под исходные данные отвести целый лист, а алгоритм составлять на другом листе. Данные мы поместим на Лист1, а формулу будем вводить на Лист2.

Порядок действий

1. Введите знак **=** и выберите функцию **КОРЕНЬ**. На диапазон не ссылаемся, так как аргументом является сложное выражение.

=КОРЕНЬ()

2. Выберите функцию **КОРЕНЬ**. Под этим корнем тоже находится сложное выражение.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ())

3. Выберите функцию **СУММКВ**, перейдите на **Лист1** и нажмите на пустую кнопку, которая выделяет все ячейки. (Здесь и далее следите, чтобы указывать аргументы на **Лист1**).

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)))

4. В строке формул поставьте курсор после скобки, ограничивающей аргументы функции **СУММКВ** и поставьте знак деления (/). Поскольку в знаменателе стоит сумма $(\bar{x})^3 + 18$ в формуле ее необходимо ограничить скобками. Поставьте после знака / парные скобки и поместите курсор между ними.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/()))

5. Выберите функцию **СТЕПЕНЬ**. В поле **Степень** введите 3 и поставьте курсор в поле **Число**.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(;3)))

6. Выберите функцию **СРЗНАЧ** и выделите все ячейки на **Лист1** (как в п. 3). Поставьте курсор после скобки, ограничивающей аргументы функции **Степень** и введите **+18**.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18))

7. Поставьте курсор после скобки, ограничивающей знаменатель $(\bar{x})^3 + 18$, поставьте знак умножить (*), выберите функцию **СЧЕТ** и укажите аргументы (строку 1 на **Лист1**).

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))

8. Поставьте курсор в конце строки, введите знак +, выберите функцию **СТЕПЕНЬ**. В поле **Степень** введите 3 и поставьте курсор в поле **Число**.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(;3)

9. Выберите функцию **СУММ** и укажите аргументы (столбец **В** на **Лист1**).

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3))

10. Переместите курсор в конце строки, введите знак / и поставьте парные скобки, чтобы ограничить в них знаменатель, представля-

ющий собой произведение. Поставьте курсор между этими скобками, введите 3*, выберите функцию **КОРЕНЬ**.

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ()))

11. Выберите функцию **СУММ** и укажите аргументы (столбец **А** на **Лист1**).

=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))

12. Ограничим числитель дроби $\sqrt{\frac{\Sigma X^2}{(\bar{x})^3 + 18}} \cdot l + \frac{(\Sigma B)^3}{3\sqrt{\Sigma A}}$ в формуле скобками. То есть все выражение, которое является аргументом первой функции **КОРЕНЬ**, еще раз возьмем в скобки.

=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))))

13. Поставьте курсор перед последней скобкой, введите знак / и поставьте парные скобки, чтобы ограничить в дробь $\frac{\Sigma C^2}{n(n-1)}$, стоящую в знаменателе.

=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/())

14. Поставьте курсор между парными скобками, выберите функцию **СУММКВ** и укажите аргументы (столбец **С** на **Лист1**).

=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)))

15. Поставьте курсор после скобки, ограничивающей аргументы функции **СУММКВ** и поставьте знак деления (/) и парные скобки, чтобы ограничить выражение $(n(n-1))$, стоящее в знаменателе.

=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536)/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)/()))

16. Поставьте курсор между парными скобками, выберите функцию **СЧЁТ** и укажите аргументы (столбец **A** на **Лист1**).

```
=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536))/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)/(СЧЁТ(Лист1!А:А))))
```

17. Поставьте курсор после скобки, ограничивающей аргументы функции **СЧЁТ**, введите знак умножить (*) и парные скобки, чтобы ограничить выражение $(n - 1)$.

```
=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536))/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)/(СЧЁТ(Лист1!А:А)*(СЧЁТ(Лист1!А:А))))
```

18. Поставьте курсор между парными скобками, выберите функцию **СЧЁТ** и укажите аргументы (столбец **A** на **Лист1**).

```
=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536))/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)/(СЧЁТ(Лист1!А:А)*(СЧЁТ(Лист1!А:А))))
```

19. Поставьте курсор после скобки, ограничивающей аргументы последней функции **СЧЁТ** и введите **-1**.

```
=КОРЕНЬ((КОРЕНЬ(СУММКВ(Лист1!1:65536))/(СТЕПЕНЬ(СРЗНАЧ(Лист1!1:65536);3)+18)*СЧЁТ(Лист1!1:1))+СТЕПЕНЬ(СУММ(Лист1!В:В);3)/(3*КОРЕНЬ(СУММ(Лист1!А:А))))/(СУММКВ(Лист1!С:С)/(СЧЁТ(Лист1!А:А)*(СЧЁТ(Лист1!А:А)-1))))
```

20. Нажмите **ОК**.

Результат

Проверка правильности написания формул

Перед нажатием **ОК** желательно еще раз проверить корректность написания формулы. Для этого поочередно ставьте курсор на имена функций. В строке формул данная функция с аргументами будет выделена жирным шрифтом, а панель **Аргументы функции** приобретет вид, соответствующий для данной функции. Проследите, чтобы для каждой функции на панели не было сообщений об ошибках, и отражался результат (**Значение:**). Для просмотра общего результата поставьте курсор в строке формул перед знаком **=**. Панель минимизируется, и на ней будет отражаться конечный результат.

Проверить формулу с использованием панели **Аргументы функции** можно и после нажатия клавиши **ОК**. Для этого нужно выделить ячейку с формулой и нажать кнопку **Вставка функции**. Появится панель **Аргументы функции**, соответствующая крайней правой самостоятельной функции (то есть эта функция не является аргументом для другой функции) в формуле. Например, в формуле $\Sigma X^2 + \sqrt{x} + \Sigma X$, которая записывается в виде:

$$=\text{СУММКВ}(A1:D5)+\text{КОРЕНЬ}(\text{СРЗНАЧ}(A1:D5)+\text{СУММ}(A1:D5))$$

крайняя правая самостоятельная функция **КОРЕНЬ**, а сумма значений функций **СРЗНАЧ** и **СУММ** является аргументом функции **КОРЕНЬ**.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Оценка существенности разности выборочных средних по t -критерию.

Разностный метод (метод попарного сравнения)

При сравнении двух выборок можно использовать t -критерий Стьюдента. Однако метод вычисления этого критерия будет определяться способом сбора данных. Выборки могут быть **независимыми**, когда единицы наблюдения двух выборки не связаны никаким общим условием, и **сопряженными**, когда единицы наблюдения имеют определенную связь. В биохимических экспериментах выборки, как правило, являются сопряженными. Для того чтобы максимально избежать влияния неучтенных факторов биохимический анализ двух вариантов опыта проводят параллельно, чтобы не было больших различий по времени проведения опыта, а в каждом варианте проводится одинаковое количество измерений, то есть количество статистических и биологический повторностей в вариантах должно совпадать. Фактически определенное измерение в одном варианте опыта (единица наблюдения первой выборки) соответствует определенному измерению во втором варианте опыта (единице наблюдения второй выборки). Следовательно, при такой постановке эксперимента формируются две сопряженные выборки, в которых сравниваются пары измерений. Рассмотрим алгоритм вычисления t -критерия Стьюдента для сопряженных выборок. В этом случае оценивается существенность средней разности $\bar{d} = \frac{\Sigma d}{n}$.

Необходимые формулы

Для оценки существенности разности необходимо вычислить значение t -критерия Стьюдента и сравнить его с табличным. Фактическое значение t -критерия вычисляют по формуле:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}},$$

где \bar{d} — средняя разность;

$s_{\bar{d}}$ — ошибка средней разности.

В общую формулу вычисления t -критерия подставляют формулу ошибки средней разности $s_{\bar{d}}$:

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\Sigma d^2 - \frac{(\Sigma d)^2}{n}}{n(n-1)}}.$$

Итоговая формула для вычисления t -критерия Стьюдента будет выглядеть так:

$$t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{\Sigma d^2 - \frac{(\Sigma d)^2}{n}}{n(n-1)}}}.$$

Составление алгоритма средствами Excel

Первичными данными, которые нам необходимо статистически обработать, являются два массива с одинаковым количеством переменных. На чистом листе Excel в столбцы **A** и **B** введем эти массивы. Справа от данных выберем ячейки для введения формул. Прежде всего, нам нужно найти средние по каждому из вариантов, а затем статистические показатели для оценки существенности разности средних. Поскольку мы будем находить несколько показателей, подпишем ячейки во избежание путаницы. В столбце **D** будем делать подписи, а в соседних ячейках столбца **E** — вводить соответствующие формулы. В ячейке **D1** пишем «Среднее A», а в **D2** — «Среднее B». В **E1** вводим формулу для вычисления среднего значения по массиву A, в **E2** — то же по массиву B:

E1 — =CPЗНАЧ(A:A)

E2 — =CPЗНАЧ(B:B)

В данном случае нет необходимости ограничивать диапазон конкретным количеством ячеек, потому что данная функция корректно работает со ссылками на столбцы и строки. В дальнейшем мы будем оговаривать только те случаи, в которых ссылки на колонки невозможны.

Следующий показатель — t -критерий Стьюдента. Подписываем ячейку **D3** « t факт», а в ячейку **E3** начинаем вводить формулу для вычисления этого показателя. Вначале нужно вычислить среднюю разность (\bar{d}), которую можно найти двумя способами.

Первый способ. Найдем разности каждой пары значений. Для этого можно использовать ячейки столбца **C**, в которые следует внести формулы для вычисления разности. В ячейке **C1** введем формулу:

$$=A1-B1$$

Затем эту формулу нужно копировать автозаполнением по направлению вниз. В ячейке **C2** будет содержаться формула **=A2-B2**, ячейке **C3** — **=A3-B3**, и т. д. Когда будет готов столбец **C**, можно использовать его для вычисления средней разности, используя функцию **СРЗНАЧ**.

Второй способ. Среднюю разность можно найти более коротким способом, не требующим введения дополнительных формул. Для этого достаточно найти средние значения по каждому массиву и вычислить их разность: $\bar{d} = \bar{A} - \bar{B}$. Вводим в ячейку **E3**:

$$=СРЗНАЧ(A:A)-СРЗНАЧ(B:B)$$

Закключаем разность в скобки и делим ее на корень в знаменателе:

$$=(СРЗНАЧ(A:A)-СРЗНАЧ(B:B))/КОРЕНЬ()$$

Следующая функция — сумма квадратов разностей Σd^2 — есть в списке встроенных функций Excel: функция **СУММКВРАЗН**. Она находит разности пар значений, оквадрачивает их, а затем суммирует квадраты. Особенность ее заключается в том, что аргументами не могут быть ссылки на столбцы или строки. Запись в виде **СУММКВРАЗН(A:A;B:B)** не приемлема, и следует указывать конкретные ограниченные диапазоны равного размера. При этом указанные диапазоны могут значительно превышать размер массивов. Например, в различных экспериментах вы используете разное количество повторностей, которое может варьировать от 5 до 20. Поэтому для того, чтобы каждый раз не адаптировать алгоритм к определенному количеству измерений, следует указать диапазон, заведомо превышающий по размеру используемый. Например, **СУММКВРАЗН(A1:A100;B1:B100)**.

$$=(СРЗНАЧ(A:A)-СРЗНАЧ(B:B))/КОРЕНЬ(СУММКВРАЗН(A1:A100;B1:B100))$$

После аргументов функции **СУММКВРАЗН** ставим минус (между двумя последними скобками) и записываем выражение квадрат суммы разностей. Квадрат можно записать как функцию **СТЕПЕНЬ** со значением степени **2**, или использовать знак «крышки» — **^2**. Для вычисления суммы разности, как и для средней разности, нет необходимости пользоваться промежуточными значениями разностей. Сумма разностей равна разности сумм массивов **A** и **B**. Выражения $\sum d$ и $\sum A - \sum B$ эквивалентны. Разницу сумм **A** и **B** следует заключить в скобки:

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}(\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B})))$$

После разницы сумм **A** и **B** ставим знак «крышки» и указываем значение степени **2**:

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}(\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B}))^2)$$

Выражение в квадрате делим на n (количество повторностей), для нахождения которого будем использовать функцию **СЧЁТ**. После значения степени ставим **/** и вводим функцию **СЧЁТ**, указывая аргументами ссылку на столбец **A**:

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}(\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B}))^2/\text{СЧЁТ}(\text{A:A}))$$

Все выражение, находящееся под функцией **КОРЕНЬ** заключаем в скобки и ставим знак деления **/**. После слэша (**/**) сразу ставим пару скобок, поскольку в знаменателе находится произведение.

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}((\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B}))^2/\text{СЧЁТ}(\text{A:A}))/())$$

Ставим курсор между парными скобками и вводим функцию **СЧЁТ**, указывая в качестве аргументов ссылку на столбец **A**.

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}((\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B}))^2/\text{СЧЁТ}(\text{A:A}))/(\text{СЧЁТ}(\text{A:A})))$$

После функции **СЧЁТ** ставим знак умножить *****, а затем парные скобки, которые соответствуют скобкам в математической формуле.

$$=(\text{СРЗНАЧ}(\text{A:A})-\text{СРЗНАЧ}(\text{B:B}))/\text{КОРЕНЬ}((\text{СУММКВРАЗН}(\text{A1:A100};\text{B1:B100})-(\text{СУММ}(\text{A:A})-\text{СУММ}(\text{B:B}))^2/\text{СЧЁТ}(\text{A:A}))/(\text{СЧЁТ}(\text{A:A})*()))$$

Между парными скобками еще раз вводим функцию **СЧЁТ** со ссылкой на столбец **A** и отнимает от нее **1**:

$$=(CP3HAЧ(A:A)-CP3HAЧ(B:B))/КОРЕНЬ((СУММКВРАЗН(A1:A100;B1:B100)-(СУММ(A:A)-СУММ(B:B))^2/СЧЁТ(A:A))/(СЧЁТ(A:A)*(СЧЁТ(A:A)-1)))$$

Значение этой формулы может принимать отрицательные значения, если среднее арифметическое **B** будет больше среднего арифметического **A**. Поскольку значение *t*-критерия должно быть положительным числом, нужно найти модуль числителя или всего выражения. Для этого нужно в формулу ввести функцию **ABS**. Найдем функцию **ABS** от всего выражения. Возьмите все выражение в скобки и перед первой скобки напишите название функции **ABS**.

$$=ABS((CP3HAЧ(A:A)-CP3HAЧ(B:B))/КОРЕНЬ((СУММКВРАЗН(A1:A100;B1:B100)-(СУММ(A:A)-СУММ(B:B))^2/СЧЁТ(A:A))/(СЧЁТ(A:A)*(СЧЁТ(A:A)-1))))$$

На этом написание формулы для вычисления фактического значения *t*-критерия Стьюдента завершено. Полученное значение нужно сравнить с критическим, чтобы сделать вывод о том, существенны ли различия между вариантами опыта, то есть между средними **A** и **B**.

Критическое значение *t*-критерия можно найти в справочной таблице (поэтому его также называют табличным). Однако гораздо удобнее использовать встроенную функцию для нахождения этого показателя. Функция **СТЮДРАСПОБР** находит двустороннее критическое *t*-значение распределения Стьюдента как функцию вероятности и числа степеней свободы.

В ячейке **D4** пишем «*t* крит», в ячейку **E4** вводим функцию **СТЮДРАСПОБР**. На панели **Аргументы функции** в поле **Вероятность** вводим значение функции, например, 0,05. Степень свободы равняется количеству сопряженных пар минус 1 ($v = n - 1$). Чтобы не корректировать алгоритм при дальнейшем его использовании (если количество повторностей будет другим), в поле **Степени_свободы** вводим формулу, вычисляющую степень свободы:

$$=СЧЁТ(A:A)-1$$

Формула для вычисления критического значения *t*-критерия в ячейке **E4** будет иметь вид:

$$=СТЮДРАСПОБР(0,05;СЧЁТ(A:A)-1)$$

Сравниваем фактическое и критическое значения *t*-критерия. Если $t_{\text{факт}} > t_{\text{крит}}$, значит нулевая гипотеза отвергается, то есть различия между вариантами существенны.

Доработка алгоритма

Формула для вычисления критического значения t-критерия.

В ряде случаев может понадобиться оценить точность экспериментальных данных. Это можно сделать, изменив значение вероятности: чем меньше будет это значение, тем более точно проведены исследования. Чтобы избежать редактирования формулы, для значения вероятности следует отвести ячейку, а в формуле вместо значения вероятности ввести ссылку на эту ячейку. В ячейке **D5** пишем **Вероятность**, а в ячейку **E5** вводим необходимое значение вероятности — 0,05, 0,01 0,001 или др.

Формула критического *t*-критерия в ячейке **E4** будет иметь окончательный вид:

=СТЮДРАСПОБР(E5;СЧЁТ(A:A)-1)

Сравнение величин фактического и критического значений

t-критерия. Сравнение величин фактического и критического значений *t*-критерия можно сделать автоматическим. Для этого необходимо ввести формулу с логической функцией **ЕСЛИ**.

В ячейке **D6** пишем **Результат**:, в ячейку **E6** вводим функцию **ЕСЛИ**. На панели **Аргументы функции — ЕСЛИ** заполняем поля трех аргументов. В поле **Лог_выражение** вводим логическое выражение $E3 \geq E4$, что соответствует выражению $t_{\text{факт}} \geq t_{\text{крит}}$. Если выполняется это условие, то нулевая гипотеза отвергается, поэтому в поле **Значение_если_истина** пишем соответствующий текст, например, **различия существенны**. В поле **Значение_если_ложь** пишем **различия несущественны**.

Таким образом, помимо средних величин по массивам А и В, фактического и критического значений *t*-критерия, полученный алгоритм будет визуализировать интерпретацию результатов.

Вид листа с доработанным алгоритмом показан на рис. 19.

	A	B	C	D	E	F	G
1	8,4	8,9	Среднее А		9,943		
2	8,1	9	Среднее В		12,700		
3	10,1	13	t факт		3,685		
4	8,9	10	t крит		2,447		
5	10,7	14,5	Вероятность		0,05		
6	11,5	16	Результат:		различия существенны		
7	11,9	17,5					

Рис. 19. Вид листа с алгоритмом для оценки существенности разности выборочных средних с использованием t-критерия Стьюдента (метод попарного сравнения).

Использование встроенного «Пакета анализа»

Для анализа данных можно использовать встроенные программы статистической обработки. Эти программы входят в инсталляционный пакет Microsoft Office, но в большинстве случаев не устанавливаются по умолчанию. Поэтому при установке следует дополнительно указать о необходимости инсталлировать **Пакет анализа**. Если же на вашем компьютере Microsoft Office уже установлен, проверить наличие встроенных статистических программ можно следующим образом.

В меню Excel кликните левой кнопкой мыши на опции **Сервис** и найдите далее **Анализ данных...**. Если этой опции нет, ее нужно активировать (или установить) следующим образом. Здесь же, под опцией **Сервис**, найдите **Надстройки...** (не перепутайте с опцией **Настройка...**, который находится рядом). В окне **Надстройки** из перечня **Доступные надстройки**: выберите **Пакет анализа** и нажмите **ОК**. Программа активирует **Пакет анализа**. Если же этот компонент не установлен, система может запросить инсталляционный пакет MS Office (это зависит от того, какие были выбраны установки для **Пакета анализа** при инсталляции Microsoft Office).

Пакет анализа содержит 19 макросов. Работа с любым из них начинается с выбора конкретного инструмента анализа. Это делается в следующем порядке:

- 1) через главное меню (**Сервис/Анализ данных...**) откройте панель **Анализ данных...** (рис. 20);
- 2) выделите нужный инструмент анализа;
- 3) нажмите **ОК**.

После этого на монитор будет выведена панель выбранного инструмента. Указав необходимые показатели, а также диапазоны ввода и вывода, нажмите кнопку **ОК** для вывода результатов обсчета.

Помните, что для проведения корректного анализа во многих случаях требуется определенная форма записи данных.

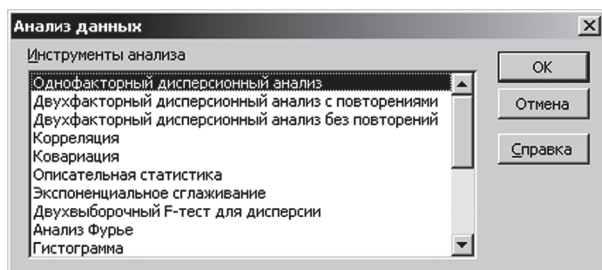


Рис. 20. Панель «Анализ данных».

Парный двухвыборочный t -тест для средних

Для получения t -критерия при выполнении метода попарного сравнения следует использовать инструмент анализа «Парный двухвыборочный t -тест для средних». Вычисляемые программой показатели избыточны для используемого метода (см. ниже).

Допустим, вам нужно оценить существенность разности средних двух рядов переменных, приведенных в таблице:

	А	В
1	8,2	8,9
2	8,3	9,0
3	8,0	8,5
4	8,6	8,8
5	8,6	9,5

Порядок работы:

1. Откройте окно инструмента анализа **Парный двухвыборочный t -тест для средних** (рис. 21).
2. Укажите интервалы двух рядов переменных (**Интервал переменной 1:** и **Интервал переменной 4:**).
3. **Гипотетическую среднюю разность** можете не вводить или укажите **0**.
4. Если указанные вами интервалы переменных начинаются названием ряда, поставьте флажок ☒ возле **Метки** (название рядов будет указаны в итоговой таблице). Если метки отсутствуют, то варианты будут автоматически названы как **Переменная 1** и **Переменная 2**. Обратите внимание на то, что если вы выделили диапазон ячеек, включающий метки, названные нечисловыми данными (то есть содержит буквы и другие нечисловые символы) и при этом не ставите

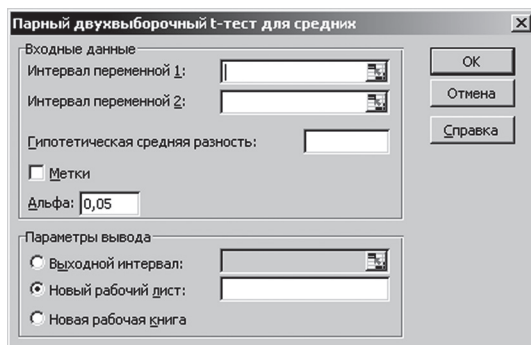


Рис. 21. Панель «Анализ данных».

флажок, программа выдаст сообщение: **Входной интервал содержит нечисловые данные**. Но если в такой же ситуации метки обозначены цифрами (например, 1 и 2), программа будет использовать их как переменные, что приведет к некорректным результатам. Когда ряды не содержат названий, но вы поставили флажок возле **Метки**, первые переменные каждого ряда не будут обсчитываться программой, а используются в качестве названий рядов.

5. В ячейке **Альфа** укажите допустимую ошибку в процентах от единицы. Наиболее часто используется 5%-я ошибка — 0,05.
6. В **Параметрах вывода** укажите, куда вы желаете вывести результаты анализа и нажмите **ОК**.
 - а) Если вам нужно вывести данные на тот же лист, где находятся исходные данные, выберите в параметрах **Выходной интервал:**, поставьте курсор в поле или нажмите кнопку в правой части поля и выделите ячейку, с которой вам нужно начать вывод, и нажмите **ОК**. Отмеченная ячейка будет верхней левой ячейкой выходного интервала.
 - б) Для вывода результатов на новый лист, выберите **Новый рабочий лист:**. В поле **Новый рабочий лист:** можно написать название нового листа. Если вы не дадите название новому листу, программа обозначит его как «Лист» с соответствующим номером, например, **Лист4**, который будет помещен перед активным листом.
 - в) При выборе **Новая рабочая книга** результаты будут помещены на первый лист нового документа. Документу будет присвоено имя **Книга** с очередным номером.

Таблица, выведенная на монитор, будет иметь следующий вид:

Парный двухвыборочный <i>t</i> -тест для средних		
	<i>Переменная 1</i>	<i>Переменная 2</i>
Среднее	8,34	8,94
Дисперсия	0,068	0,133
Наблюдения	5	5
Корреляция Пирсона	0,688749066	
Гипотетическая разность средних	0	
df	4	
<i>t</i> -статистика	-5,070925528	
P(T<=t) одностороннее	0,003562901	
<i>t</i> критическое одностороннее	2,131846782	
P(T<=t) двухстороннее	0,007125802	
<i>t</i> критическое двухстороннее	2,776445105	

Интерпретация результатов. Для оценки существенности разности средних нам необходимо сравнить модуль показателя « t -статистика» (t фактическое) с показателем « t критическое двухстороннее» (t табличное). Если t фактическое больше критического значения t критерия, разность существенна.

$5,070925528 > 2,776445105$, то есть $t_{\Phi} > t_{\tau}$, следовательно разность средних существенна.

Показатель « t -статистика» имеет отрицательное значение, если среднее первой переменной меньше среднего второй. Знак показателя не влияет на результат, так как используется модуль t_{Φ} .

Однофакторный дисперсионный анализ

Однофакторный дисперсионный анализ сводится к вычислению фактического коэффициента Фишера (F_{Φ}), который затем сравнивают с критическим (табличным) значением F_K . Если $F_{\Phi} \geq F_K$, то нулевая гипотеза отвергается, то есть рассматриваемый фактор оказывает существенное влияние на исследуемый признак. Однако значение F_{Φ} будет недостаточным для сравнения вариантов между собой, поэтому необходимы дополнительные расчеты для нахождения наименьшей существенной разности (НСР). Если разность между средними двух вариантов больше либо равна НСР, то эти варианты существенно отличаются друг от друга.

Необходимые формулы

Техника расчетов фактического коэффициента Фишера представлена в таблице (адаптировано по Б. А. Доспехову, 1979).

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F_{Φ}	F_K
Общая C_Y	$\Sigma X^2 - C$	$N - 1$			
Вариантов C_V	$\frac{\Sigma V^2}{n} - C$	$l - 1$	$s_V^2 = \frac{C_V}{l - 1}$	$\frac{s_V^2}{s^2}$	критическое
Остаток C_Z	$C_Y - C_V$	$N - l$	$s^2 = \frac{C_Z}{N - l}$		

Корректирующий фактор $C = \bar{x}\Sigma X$

Общее варьирование изучаемого признака в однофакторном дисперсионном анализе разлагается на два компонента — варьирование вариантов и случайное варьирование:

$$C_Y = C_V + C_Z.$$

Для вычисления суммы квадратов дисперсий необходимо предварительно найти корректирующий фактор C .

Сумма квадратов для общей дисперсии (C_Y) находится как разность суммы квадратов всех значений x и корректирующего фактора C (см. таблицу).

Сумма квадратов для дисперсии вариантов (C_V) вычисляют в два этапа. Вначале находят суммы по каждому из вариантов (V_1, V_2, \dots, V_l), а затем вычисляют сумму квадратов сумм вариантов, делят на количество повторностей и отнимают корректирующий фактор C (см. таблицу).

Сумма квадратов остатка — это разность между C_Y и C_V (см. таблицу).

Степень свободы для общей дисперсии равняется количеству всех измерений минус 1, для дисперсии вариантов — количеству вариантов минус 1, а степень свободы остатка — это разность между степенями свободы общей и вариантов: $(N - 1) - (l - 1) = N - l$.

Средние квадраты по вариантам s_V^2 и остатка s^2 находят как частное соответствующей суммы квадратов и степени свободы (см. таблицу).

Частное средних квадратов по вариантам и остатка дает в результате значение фактического коэффициента Фишера (F_Φ).

Наименьшую существенную разность для заданного уровня значимости (например, 0,05) находят как произведение коэффициента Стьюдента на ошибку разности средних:

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} s_d,$$

где t_{05} — критическое значение коэффициента Стьюдента при уровне значимости 0,05 (для нахождения значения этого показателя используют степень свободы остаточной дисперсии — $N - l$ (см. таблицу);

s_d — ошибка разности средних, которая вычисляется с использованием среднего квадрата остатка (см. таблицу) по формуле:

$$s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}.$$

Итоговая формула для нахождения НСР имеет вид:

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \sqrt{\frac{2s^2}{n}}.$$

Если разность любой пары средних превышает или равно НСР, то различия между ними являются существенными, то есть статистически доказанными при заданном уровне значимости.

Составление алгоритма средствами Excel

Организуем алгоритм на двух листах файла Excel. На первом листе будем вводить данные, на втором — проводить статистические расчеты. Переименуем **Лист1** в **Данные**, а **Лист2** — в **Статистика**.

Лист Данные

В верхних ячейках листа **Данные** будем писать название вариантов, а под ними в столбик повторности. Выделим строку **1** и сделаем цветовой оформление (заливку), чтобы первая строка контрастно отличалась от других.

Чтобы контролировать правильность написания алгоритма, используем для примера конкретные данные.

	A	B	C	D
1	горох	рожь	соя	рапс
2	39,1	13,5	56,3	39,7
3	34,2	16,2	57,1	32,2
4	42,1	18,7	61,2	38,3
5	34,0	17,0	49,8	35,4

При написании формул мы будем использовать ссылки на строки, столбцы и лист. Это позволит использовать алгоритм при различном количестве вариантов и повторностей. Чтобы избежать ошибок в расчетах, следует помнить, что названия вариантов не должны быть числами, поскольку в этом случае они будут использоваться формулами в качестве аргументов. Например, вариант называется «изогенная линия 903». Написать вместо названия только один номер линии недопустимо. Следует взять номер линии в кавычки ("**903**") или добавить нецифровые символы (**Л 903**). Если есть необходимость обозначить название вариантов только числом, нужно ввести формулу "**=903**". В ячейку эта формула будет возвращать название варианта в виде числа 903 без дополнительных символов, но использоваться для вычислений эта ячейка не будет. Можно составить алгоритм, который позволит использовать названия вариантов в любом формате, но он будет несколько сложнее.

Лист «Статистика»

На листе **Статистика** сделаем две таблицы. В первой таблице введем формулы, которые будут возвращать в ячейки названия вариантов, средние значения и суммы по вариантам. Вторую оформим по образцу таблицы для расчетов фактического коэффициента Фишера, приведенной выше в разделе «Необходимые формулы».

Первая таблица. В ячейках первого столбца вводим названия строк таблицы (показатели). В **A1** пишем **Вариант**, в **A2** — **Среднее**, в **A3** — **Сумма**. В ячейках справа от названий введем соответствующие формулы. Сначала заполним ячейки для первого варианта, а затем скопируем заполнением их содержимое со сдвигом вправо.

Ставим курсор в ячейку **B1** и вводим знак **=**. Переходим на Лист **Данные**, указываем на нем ячейку **A1**, в которой находится название первого варианта, и нажимаем **ОК**. Формула будет иметь вид:

=Данные!A1

В ячейку **B2**, вводим знак **=** и функцию **СРЗНАЧ**. Переходим на лист **Данные**, указываем столбец **A** и нажимаем **ОК**. Формула:

=СРЗНАЧ(Данные!A:A)

В ячейку **B3**, вводим знак **=** и функцию **СУММ**. Переходим на лист **Данные**, указываем столбец **A** и нажимаем **ОК**. Формула:

=СУММ(Данные!A:A)

Выделяем ячейки с введенными формулами (диапазон **B1–B3**) и копируем их заполнением вправо. Поскольку в формулах используются относительные адреса ячеек, при копировании будут изменяться параллельно сдвигу. При копировании формулы из ячеек столбца **B** в ячейки столбца **C**, адреса также изменятся со сдвигом на один столбец:

=Данные!A1 → =Данные!B1
 =СРЗНАЧ(Данные!A:A) → =СРЗНАЧ(Данные!B:B)
 =СУММ(Данные!A:A) → =СУММ(Данные!B:B)

Заполнить ячейки можно на такое количество столбцов, которое заведомо будет превышать количество вариантов, используемых в ваших опытах. Это даст возможность использовать алгоритм при разных количествах вариантов, которые используются в ваших экспериментах. Сделаем алгоритм на 15 вариантов. Заполним ячейки до столбца **P** включительно. При желании, вы можете самостоятельно установить желаемое максимальное количество вариантов.

Вторая таблица. Таблицу для расчета коэффициента Фишера (см. на с. 60-4) оформим в ячейках, начиная с **A7**. Поскольку кроме коэффициентов Фишера, необходимо будет вычислить наименьшую существенную разность (НСР), добавим справа колонку для этого показателя. Еще одну колонку добавим для значения вероятности, которое при необходимости можно будет изменять. По умолчанию будем использовать вероятность 0,05.

Заполним ячейки с названиями показателей (верхнюю строку и левый столбец таблицы) и значение вероятности. Формулы в ячейки будем вводить в порядке, указанном номерами. Ячейки с прочерком не заполняем.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F_{Φ}	F_k	НСР	Вероятность
Общая C_Y	№2	№5	—	—	—	—	—
Вариантов C_V	№3	№6	№8	—	—	—	—
Остаток C_Z	№4	№7	№9	№10	№11	№12	0,05
Корректирующий фактор C	№1	—	—	—	—	—	—

Ячейка №1 (B11). Корректирующий фактор: $C = \bar{x}\Sigma X$.

Ставим знак = и выбираем функцию **СРЗНАЧ**. Переходим на лист **Данные** и нажимаем на пустую кнопку для выделения всего листа:

=СРЗНАЧ(Данные!1:65536)

В строке формул ставим курсор в конце текста, вводим знак * и выбираем функцию **СУММ**. Переходим на лист **Данные** и нажимаем на пустую кнопку для выделения всего листа. Формула готова:

=СРЗНАЧ(Данные!1:65536)*СУММ(Данные!1:65536)

Ячейка №2 (B8). Общая C_Y /Сумма квадратов: $\Sigma X^2 - C$.

Ставим знак = и выбираем функцию **СУММКВ**. Переходим на лист **Данные** и нажимаем на пустую кнопку для выделения всего листа:

=СУММКВ(Данные!1:65536)

В строке формул ставим курсор в конце текста, вводим знак - и выделяем ячейку **B11** (корректирующий фактор):

=СУММКВ(Данные!1:65536)-B11

Ячейка №3 (B9). Вариантов C_V /Сумма квадратов: $\frac{\Sigma V^2}{n} - C$.

Ставим знак = и выбираем функцию **СУММКВ**. В качестве аргументов указываем строку 3 (суммы по вариантам):

=СУММКВ(3:3)

В строке формул ставим курсор в конце текста, вводим знак / и выбираем функцию **СЧЁТ**. Переходим на лист **Данные** и выделяем столбец **A**:

$$=\text{СУММКВ}(3:3)/\text{СЧЁТ}(\text{Данные!A:A})$$

Снова ставим курсор в конце текста строки формул, вводим знак - и выделяем ячейку **B11** (корректирующий фактор):

$$=\text{СУММКВ}(3:3)/\text{СЧЁТ}(\text{Данные!A:A})-\text{B11}$$

Ячейка №4 (B10). Остаток C_z /Сумма квадратов: $C_y - C_v$.

Находим разницу ячеек **B8** и **B9**:

$$=\text{B8}-\text{B9}$$

Ячейка №5 (C8). Общая C_y /Степень свободы: $N - 1$.

Ставим знак = и выбираем функцию **СЧЁТ**. Переходим на лист **Данные** и нажимаем на пустую кнопку для выделения всего листа:

$$=\text{СЧЁТ}(\text{Данные!1:65536})$$

В строке формул ставим курсор в конце текста и вводим -1:

$$=\text{СЧЁТ}(\text{Данные!1:65536})-1$$

Ячейка №6 (C9). Вариантов C_v /Степень свободы: $l - 1$.

Ставим знак = и выбираем функцию **СЧЁТ**. В качестве аргументов указываем строку 2 (средние по вариантам), затем ставим курсор в конце текста и вводим -1:

$$=\text{СЧЁТ}(2:2)-1$$

Ячейка №7 (C10). Остаток C_z /Степень свободы: $N - l$.

Находим разницу ячеек **C8** и **C9**:

$$=\text{C8}-\text{C9}$$

Ячейка №8 (D9). Вариантов C_v /Средний квадрат: $\frac{C_v}{l-1}$.

Находим частное ячеек **B9** и **C9**:

$$=\text{B9}/\text{C9}$$

Ячейка №9 (D10). Остаток C_z /Средний квадрат: $\frac{C_z}{N-l}$.

Находим частное ячеек **B10** и **C10**:

$$=\text{B10}/\text{C10}$$

Ячейка №10 (E9). Фактическое значение коэффициента Фишера:

$$\frac{s_Y^2}{s^2}.$$

Находим частное ячеек **D9** и **D10**:

$$=D9/D10$$

Ячейка №11 (F9). Критическое значение коэффициента Фишера. Для вычисления этого показателя используем функцию **ФРАСПОБР**. На панели **Аргументы функции** — **ФРАСПОБР** заполненными поля:

Вероятность — ячейка **H9** со значением вероятности (0,05).

Степени_свободы1 — ячейка **C9** со значением степени свободы по вариантам.

Степени_свободы2 — ячейка **C10** со значением степени свободы остатка.

$$=ФРАСПОБР(H9;C9;C10)$$

Ячейка №12 (G9). Наименьшая существенная разность:

$$HCP_{05} = t_{05} \sqrt{\frac{2s^2}{n}}.$$

Ставим знак **=** и выбираем функцию **СТЮДРАСПОБР**. На панели **Аргументы функции** — **СТЮДРАСПОБР** в поле **Вероятность** указываем ячейку **H9**, а в поле **Степени_свободы** — ячейка **C10** (значение степени свободы остатка):

$$=СТЮДРАСПОБР(H9;C10)$$

В конце строки вводим знак ***** и выбираем функцию **КОРЕНЬ**.

$$=СТЮДРАСПОБР(H9;C10)*КОРЕНЬ()$$

На панели **Аргументы функции** — **КОРЕНЬ** в поле **Число** пишем **2*** и указываем ячейку **D10**. Затем ставим знак **/** и выбираем функцию **СЧЁТ**.

$$=СТЮДРАСПОБР(H9;C10)*КОРЕНЬ(2*D10/СЧЁТ())$$

Переходим на лист **Данные** и выделяем столбец **A**:

$$=СТЮДРАСПОБР(H9;C10)*КОРЕНЬ(2*D10/СЧЁТ(Данные!A:A))$$

Интерпретация результатов

После введения формул в таблицы получаем результаты:

Вариант	горох	рожь	соя	рапс
Среднее	37,4	16,4	56,1	36,4
Сумма	149,4	65,4	224,4	145,6

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{κ}	HCP	Вероятность
Общая C_y	3324,36	15					
Вариантов C_v	3163,62	3	1054,54	78,7264	3,4903	5,64	0,05
Остаток C_z	160,74	12	13,395				
Корректирующий фактор C	21374,44						

Сравниваем значения фактического и критического критериев Фишера.

$F_{\phi} = 78,7264$, $F_{\kappa} = 3,4903$, значит, F фактическое больше F критического. Нулевая гипотеза отвергается, следовательно, можно сделать вывод о том, что фактор (в данном случае генотип) существенно влияет на изучаемый признак.

Для оценки существенности различий между отдельными вариантами используем наименьшую существенную разность. $HCP_{05} = 5,64$.

Разность между средними значениями вариантов меньше HCP_{05} только между вариантами «горох» и «рапс». Между средними остальных вариантов разность превышает 5,64. Значит, различия недостоверны только в паре горох–рапс. В остальных парах различия существенные, то есть статистически доказанные.

Доработка алгоритма

Поскольку на листе **Данные** заполнены только четыре столбца (четыре варианта), в первой таблице, начиная со столбца **F**, в ячейках, соответствующих названию вариантов и сумме, будут выводиться нули, а вместо средних значений — ошибка: **#ДЕЛ/0!**. Содержимое этих ячеек не повлияет на дальнейшие вычисления, но могут визуально мешать и отвлекать внимание. Отредактируем формулы так, чтобы в отсутствие варианта ячейки с формулами оставались незаполненными (делать это необязательно).

Поставьте табличный курсор на ячейку **B1**. В строке формул, в которой отображается содержимое ячейки, поместите курсор после знака равно и выберите функцию **ЕСЛИ** удобным для вас способом.

Появится панель **Аргументы функции — ЕСЛИ** с незаполненными полями, а в строке формул изменится текст:

=ЕСЛИ()Данные!A1

Удалите правую скобку и поставьте скобку в конце формулы:

=ЕСЛИ(Данные!A1)

На панели **Аргументы функции — ЕСЛИ** в поле **Лог_выражение** появится текст **Данные!A1**. После этого текста поставьте знак равно и две кавычки. Получится логическое выражение:

Данные!A1=""

Это выражение означает, что ячейка **A1** на листе **Данные** пустая. Если это условие выполняется, то ячейка **B1** должна быть пустой. В противном случае в ячейке **B1** должно отображаться значение ячейки **A1 (Данные)**. Поэтому в поле **Значение_если_истина** ставим две кавычки, а в поле **Значение_если_ложь** вводим адрес ячейки — **Данные!A1**. После заполнения полей нажимаем **ОК**. Формула принимает вид:

=ЕСЛИ(Данные!A1="", ""; Данные!A1)

Редактируем формулу в ячейке **B2**. Поставьте в нее табличный курсор. В строке формул поместите курсор после знака равно и поставьте скобку. Поставьте курсор перед этой скобкой и выберите функцию **ЕСЛИ**. Появится панель **Аргументы функции — ЕСЛИ** с незаполненными полями, а в строке формул изменится текст:

=ЕСЛИ()(СРЗНАЧ(Данные!A:A)

Перед выбором функции **ЕСЛИ** необходимо было отделить курсор от названия функции **СРЗНАЧ**. Если бы при выборе функции **ЕСЛИ** курсор примыкал к названию **СРЗНАЧ** то это привело бы к замене функции **СРЗНАЧ** на **ЕСЛИ**, то есть формула **=СРЗНАЧ(Данные!A:A)** менялась бы на **=ЕСЛИ(Данные!A:A)**.

Продолжаем редактирование. Убираем парные скобки после названия функции **ЕСЛИ** и ставим скобку в конце формулы:

=ЕСЛИ(СРЗНАЧ(Данные!A:A))

На панели **Аргументы функции — ЕСЛИ** в поле **Лог_выражение** автоматически будет помещен текст **СРЗНАЧ(Данные!A:A)**. Этот текст нужно переместить поле **Значение_если_ложь**. Для этого достаточно в строке формул перед функцией **СРЗНАЧ** поставить две точки с запятой:

=ЕСЛИ(;;СРЗНАЧ(Данные!A:A))

Поскольку курсор в строке формул после этой операции будет стоять перед названием функции **СРЗНАЧ**, то будет активна панель **Аргументы функции** для функции **СРЗНАЧ**. Чтобы отображалась панель **Аргументы функции — ЕСЛИ**, нужно курсор в строке формул переместить на название функции **ЕСЛИ**.

В качестве логического выражения мы можем использовать равенство **В1=""** или **СЧЁТ(Данные!А:А)=0**. Первое равенство является косвенным, а второе содержит прямую ссылку на массив **Данные!А:А**. Выражение **СЧЁТ(Данные!А:А)=0** будет верным при условии, если столбец **А** на листе **Данные** не содержит числовых данных. Используем второе выражение в качестве логического. Итак, если логическое выражение верно, то ячейка **В2** должна быть пустой. Ставим в поле **Значение_если_истина** две кавычки и получаем формулу:

=ЕСЛИ(СЧЁТ(Данные!А:А)=0;"";СРЗНАЧ(Данные!А:А))

Аналогичным образом редактируем формулу в ячейке **В3**. В строке формул ставим скобку после знака равно, возвращаем курсор к = и выбираем функцию **ЕСЛИ**. Появится панель **Аргументы функции — ЕСЛИ** с незаполненными полями, а в строке формул — текст:

=ЕСЛИ()(СУММ(Данные!А:А))

Редактируем скобки и перед функцией **СУММ** ставим две точки с запятой:

=ЕСЛИ(;;СУММ(Данные!А:А))

Заполняем оставшиеся поля. В поле **Лог_выражение** пишем логическое выражение **СЧЁТ(Данные!А:А)=0**, а в поле **Значение_если_истина** — две кавычки. Получаем формулу:

=ЕСЛИ(СЧЁТ(Данные!А:А)=0;"";СУММ(Данные!А:А))

Выделяем диапазон ячеек с отредактированными формулами (**В1–В3**) и копируем их заполнением вправо на необходимое количество вариантов. В ячейках **В1**, **С1**, **Д1**, **Е1**, будут возвращены текстовые значения, в ячейках диапазона **В2–Е3** — числовые, а в остальных заполненных ячейках — значения пустых ячеек.

Использование встроенного «Пакета анализа»

1. Откройте окно инструмента анализа **Однофакторный дисперсионный анализ** (рис. 22).
2. В поле «Входной интервал» укажите диапазон ячеек, в котором находятся данные.

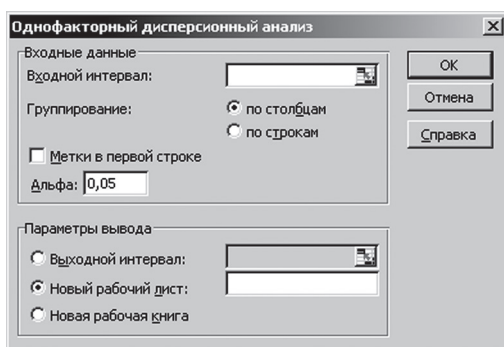


Рис. 22. Панель «Анализ данных».

3. Укажите, как сгруппированы данные, то есть как располагаются повторности и варианты опыта. Напротив пункта **Группирование:** отметьте **по столбцам**, если повторности расположены в столбцах, или **по строкам**, если повторности расположены в строках.
4. Выделенный диапазон может содержать названия вариантов опыта. Если названия включены в диапазон, поставьте флажок в окошке **Метки в первой строке**.
5. В окошке **Альфа** укажите величину допустимой ошибки в виде десятичной дроби (наиболее часто используется 5%-я ошибка — 0,05).
6. В **Параметрах вывода** укажите, куда вы желаете вывести результаты анализа и нажмите **ОК**

Рассмотрим конкретный пример. Вам нужно обчислить данные, приведенные в таблице.

	A	B	C	D
1	горох	рожь	соя	рапс
2	39,1	13,5	56,3	39,7
3	34,2	16,2	57,1	32,2
4	42,1	18,7	61,2	38,3
5	34,0	17,0	49,8	35,4

Выбираете необходимые входные и выходные параметры:

1. **Входной интервал** — **A1:D5** (диапазон ячеек, в которых расположены числовые данные и метки, то есть наименования вариантов опыта)
2. **Группирование:** — **по столбцам** (повторности вариантов расположены в столбцах)
3. **Метки в первом столбце** — ☒ (при необходимости поставить флажок); если метки не указывать, то варианты будут автоматиче-

ски названы как столбец или строка с соответствующим номером. В случае, если вы выделили диапазон ячеек, включающий метки, и при этом не ставите флажок, программа выдаст сообщение о том, что входной интервал содержит нечисловые данные.

4. **Альфа** — 0,05

5. **Параметрах вывода.** Указываете также параметры вывода, нажимаете **ОК**. Получаете результаты анализа в следующем виде:

Однофакторный дисперсионный анализ						
ИТОГИ						
<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>		
горох	4	149,4	37,35	15,59		
рожь	4	65,4	16,35	4,696667		
соя	4	224,4	56,1	22,24667		
рапс	4	145,6	36,4	11,04667		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	3163,62	3	1054,54	78,72639	3,67E-08	3,4903
Внутри групп	160,74	12	13,395			
Итого	3324,36	15				

Название вариантов в таблице «ИТОГИ» располагаются в первом столбце («Группы»). Затем следуют столбцы, содержащие 4 элемента описательной статистики по каждому из вариантов: 1) «Счет» (количество повторностей), 2) «Сумма», 3) «Среднее» и 4) «Дисперсия».

Таблица «Дисперсионный анализ» содержит результаты однофакторного дисперсионного анализа. Обозначения в этой таблице отличаются от тех, которые были приведены в книге Б. А. Доспехова [1]. Соответствие обозначений в таблицах дано ниже.

MS Excel	Доспехов	Примечание
<i>Источник вариации</i>	Дисперсия	
Между группами	Вариантов C_v	дисперсия между вариантами
Внутри групп	Остаток C_z	разница между общей и дисперсией по вариантам
Итого	Общая C_y	общая дисперсия (по всему массиву данных)
SS	Сумма квадратов	
df	Степени свободы	
MS	Средний квадрат s^2	
F	F_Φ	
P -Значение	—	
F критическое	F_k	

Интерпретация результатов. Сравним значения фактического и табличного (критического) критериев Фишера.

$F = 78,72639$, $F_{\text{критическое}} = 3,4903$, то есть $F_\Phi > F_k$ (нулевая гипотеза отвергается).

Следовательно, можно сделать вывод о том, что фактор (в данном случае генотип) существенно влияет на изучаемый признак.

Однако сделанный вывод не позволяет судить, насколько существенны различия между отдельными вариантами. Для этого нужно вычислить наименьшую существенную разность для заданного уровня значимости (0,05) по формуле:

$$HCP_{05} = t_{05} \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

Как видно из формулы, при вычислении s_d используется значение дисперсии s^2 . В таблице «Дисперсионный анализ» значение s^2 находится в столбце MS (Средний квадрат s^2) в ячейке, которая соответствует строке «Внутри групп» (дисперсия остатка C_z):

$$HCP_{05} = 2,179 \times \sqrt{\frac{2 \cdot 13,395}{4}} \approx 5,64$$

Теперь сравниваем средние значения по вариантам. Если разность любой пары средних равняется или превышает 5,639, то различия между ними являются существенными, то есть статистически доказанными. В данном опыте различия недостоверны только в паре горох–рапс. В остальных парах различия существенные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта.— М.: Колос, 1979. — 416 с.
2. Знакомьтесь — Excel 2003. — <http://www.dialektika.com/PDF/5-8459-0630-X/part.pdf>
3. Microsoft Excel — Викиучебник. http://ru.wikibooks.org/wiki/Microsoft_Excel
4. Экспресс курс по Microsoft Office. — <http://www.taurion.ru/office-xp>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Программа и документ Microsoft Excel	4
Назначение и интерфейс программы Excel	4
Документ Excel и основные операции	5
Книга и листы	5
Основные операции с листами книги	5
Структура листа	6
Ячейка и ее адрес	6
Активная ячейка и табличный курсор	7
Диапазоны ячеек	8
Выделение диапазона ячеек	8
Ссылки на диапазоны ячеек	9
Формат ячеек	10
Способы введения данных	12
Прямой способ через клавиатуру	12
Ввод текста	12
Редактирование текста в ячейке	12
Использование клавиатуры для введения цифрового материала	13
Введение чисел в пределах ограниченного диапазона ячеек	14
Копирование и импорт данных	14
Копирование из других файлов Excel	14
Копирование и перемещение данных в пределах одного листа	15
Копирование автозаполнением	16
Копирование данных из текстовых файлов	18
Импорт данных	19
Введение формул в ячейки	22
Текст формулы в ячейке	22
Написание простейших формул	23
Встроенные функции	24
Математические функции	25
Статистические функции	28
Логические функции	32
Алгоритм введения формул	33
Формулы, состоящие из одной функции	33
1-й способ	33
2-й способ	34
Иные способы (не рекомендуемые)	35
Аргументы функции	35

Формулы, содержащие более одной функции	37
Формулы, содержащие две независимые функции	37
Формулы, содержащие две взаимосвязанные функции	38
Редактирование формулы с подстановкой функции перед функцией	39
Формулы, содержащие функции, числа и простые арифметические действия	40
Формулы, содержащие функцию, у которой в качестве аргументов используется несколько функций	42
Использование в качестве аргументов диапазонов, превышающих по размеру реальный массив данных	43
Проверка правильности написания формул	47
Статистический анализ данных	48
Оценка существенности разности выборочных средних по t -критерию.	
Разностный метод (метод попарного сравнения)	48
Необходимые формулы	49
Составление алгоритма средствами Excel	49
Использование встроенного «Пакета анализа»	54
Однофакторный дисперсионный анализ	57
Необходимые формулы	57
Составление алгоритма средствами Excel	59
Использование встроенного «Пакета анализа»	66
Литература	70

Учебное издание

Джамеев Вадим Юрьевич

Использование программы Microsoft Excel для проведения статистических расчетов в биологическом эксперименте

Пособие для практических занятий по спецкурсу «Основы научных исследований»

Компьютерная верстка *В. Ю. Джамеев*

Издательство Курсор

Украина, 61057, г. Харьков, пер. Театральный, 11/13.

т. (057) 714-38-74, 706-31-73

Свидетельство субъекта издательской деятельности № 21 от 24.03.2000 г.

Подписано в печать 10.01.2013. Формат 60×84¹/₁₆.

Усл. печ. л. 4,5. Тираж 100 экз. Заказ № 800