

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Д. Н. Раков, С. А. Ракова

ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА ДЛЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА. ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ (MS EXCEL)

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.063.9

P193

Рецензент: кандидат технических наук, профессор СГУГиТ *Е. И. Аврунев*

Раков, Д. Н.

P193 Прикладная информатика для землеустройства. Обработка пространственных данных в электронных таблицах (MS Excel) : методические указания по выполнению лабораторной работы / Д. Н. Раков, С. А. Ракова. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 30 с. – Текст : непосредственный.

Методические указания подготовлены старшими преподавателями Д. Н. Раковым и С. А. Раковой на кафедре геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ.

В методическом пособии описывается последовательность выполнения заданий, охватывающих тематику лабораторной работы «Обработка пространственных данных в электронных таблицах» по предмету «Прикладная информатика для землеустройства». Издание позволяет обучающемуся получить новые или закрепить ранее полученные знания в области электронных таблиц, а также обработки геопро пространственных данных.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата).

Рекомендованы к изданию кафедрой геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ, Ученым советом Института кадастра и природопользования СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.063.9

© СГУГиТ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Общие теоретические сведения	4
Задание 1. Оформление и заполнение таблицы для решения прямой геодезической засечки. Решение прямой геодезической задачи	7
Задание 2. Решение обратной геодезической задачи	15
Задание 3. Вычисление отметок высот точек нивелирного хода	19
Задание 4. Уравнивание теодолитного хода	22
Задание 5. Расчет площади по координатам характерных точек границ, образующих земельный участок	27
Библиографический список.....	29

ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

MS Excel – это программный продукт, предназначенный для работы с электронными таблицами. Организация, хранение и анализ данных осуществляются при помощи специальных функций, значительно упрощающих работу с электронными таблицами [2]. В MS Excel функции делятся на несколько категорий, в их числе математические и логические функции. Функции этих категорий одни из часто используемых при работе с электронными таблицами. В табл. 1 приведены основные функции, необходимые для выполнения заданий, охватывающих тематику лабораторной работы «Обработка пространственных данных в электронных таблицах».

Таблица 1

Основные функции MS Excel

Функция	Описание
Математические и тригонометрические функции	
ABS	Возвращает модуль (абсолютную величину) числа
ACOS	Возвращает арккосинус числа
ASIN	Возвращает арксинус числа
ATAN	Возвращает арктангенс числа
ОКРВВЕРХ	Округляет число до ближайшего целого или кратного
COS	Возвращает косинус числа
COT	Возвращает котангенс угла
ГРАДУСЫ	Преобразует радианы в градусы
ОКРВНИЗ	Округляет число до ближайшего меньшего по модулю значения
ЦЕЛОЕ	Округляет число до ближайшего меньшего целого
LOG	Возвращает логарифм числа по заданному основанию
ОСТАТ	Возвращает остаток от деления
ОКРУГЛТ	Возвращает число, округленное с требуемой точностью
ПИ	Возвращает число пи
СТЕПЕНЬ	Возвращает результат возведения числа в степень
ПРОИЗВЕД	Возвращает произведение аргументов

Функция	Описание
ЧАСТНОЕ	Возвращает целую часть частного при делении
РАДИАНЫ	Преобразует градусы в радианы
ОКРУГЛ	Округляет число до указанного количества десятичных разрядов
ОКРУГЛВНИЗ	Округляет число до ближайшего меньшего по модулю значения
ОКРУГЛВВЕРХ	Округляет число до ближайшего большего по модулю значения
ЗНАК	Возвращает знак числа
SIN	Возвращает синус заданного угла
КОРЕНЬ	Возвращает положительное значение квадратного корня
СУММ	Суммирует аргументы
СУММЕСЛИ	Суммирует ячейки, удовлетворяющие заданному условию
СУММКВ	Возвращает сумму квадратов аргументов
TAN	Возвращает тангенс числа
ОТБР	Отбрасывает дробную часть числа
Логические функции	
И	Возвращает значение ИСТИНА, если все аргументы имеют значение ИСТИНА
ЛОЖЬ	Возвращает логическое значение ЛОЖЬ
ЕСЛИ	Выполняет проверку условия
ЕСЛИОШИБКА	Возвращает введенное значение, если вычисление по формуле вызывает ошибку; в противном случае возвращает результат вычисления
УСЛОВИЯ	Проверяет соответствие одному или нескольким условиям и возвращает значение для первого условия, принимающего значение ИСТИНА (Excel 2016)
НЕ	Меняет логическое значение своего аргумента на противоположное
ИЛИ	Возвращает значение ИСТИНА, если хотя бы один аргумент имеет значение ИСТИНА
ИСТИНА	Возвращает логическое значение ИСТИНА
ИСКЛИЛИ	Возвращает логическое исключающее ИЛИ всех аргументов

Все функции в электронных таблицах имеют аргументы. Аргументы бывают обязательные и необязательные. Некоторые функции, такие как COS, SIN, TAN, РАДИАНЫ, ГРАДУСЫ, ЕСЛИ и другие, имеют фиксированное количество аргументов. Существуют функции, которые имеют большое количество необязательных аргументов, обычно не более 255 (например, ИЛИ, И). Также существуют такие функции, которые не имеют собственного аргумента (например, ИСТИНА, ЛОЖЬ). Аргументы в функциях разделяются знаком «;».

Рассмотрим аргументы на примере логической функции «ЕСЛИ», которую в общем виде можно представить так:

ЕСЛИ(<условие>;<выражение1>;<выражение2>).

В данной функции <условие> – это логическое выражение, которое может принимать значение ИСТИНА или ЛОЖЬ. <выражение1> – данное выражение выполняется и принимает значение числа, текста или формулы при <условие> равное ИСТИНА. <выражение2> выполняется при <условие> равное ЛОЖЬ, принимает значение числа, текста или формулы и является необязательным.

Для примера рассмотрим следующее выражение:

ЕСЛИ(A1>0;A1/A2;"В ячейке A1 отрицательное число").

Пример можно прочитать так: «Если число, находящееся в ячейке больше нуля, то записать в ячейку значение из ячейки A1 деленное на значение из ячейки A2, иначе записать "В ячейке A1 отрицательное число"».

Задание 1.

ОФОРМЛЕНИЕ И ЗАПОЛНЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЗАСЕЧКИ. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Цели задания: ознакомиться с основами работы в электронных таблицах на примере MS Excel, а также изучить особенности применения электронных таблиц в работе с пространственными данными.

Задачи:

- изучить возможности логических и математических функций, а также их синтаксис;
- оформить таблицу в требуемом виде;
- произвести необходимые расчеты в электронных таблицах Excel для решения прямой геодезической задачи с использованием математических и логических функций.

Ход выполнения задания

MS Excel используется для решения всевозможных прикладных задач в различных сферах деятельности. Прямая геодезическая задача находится в числе многих прикладных задач в области геодезии, землеустройства и кадастра, решение которых можно осуществить с помощью электронных таблиц.

В данной работе стоит задача определения координат двух пунктов по известным координатам геодезического пункта, а также известным горизонтальным проложениям линий (расстояние) на эти пункты и дирекционным углам линий.

Дирекционный угол – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного конца осевого меридиана, проведенного из начальной точки линии, по ходу часовой стрелки до направления данной линии [1].

Прямая геодезическая задача решается по формулам

$$X_2 = X_1 + \Delta X ; \quad (1)$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y , \quad (2)$$

где ΔX , ΔY –приращение координат.

Приращения координат рассчитываются по следующим формулам:

$$\Delta X = S \cdot \cos \alpha ; \quad (3)$$

$$\Delta Y = S \cdot \sin \alpha , \quad (4)$$

где S – горизонтальное проложение.

Подготовка исходных данных

Прежде чем приступить к выполнению основного задания, необходимо создать лист с названием «Исходные данные», создать и заполнить таблицу, как показано на рис. 1. В ячейки G4, G5, C8, C9, F8 и F9 необходимо ввести данные в виде формул, для этого необходимо до введения данных использовать знак «=», а вместо слова «вариант» – номер своего варианта.

▲	В	С	Д	Е	Ф	Г
1	Вариант	0	Работу выполнил:			
2	Пункт	Дирекционный угол			S,м	Высотная отметка Н, м
3		°	'	"		
4	п.т. Береговой	202	36	18,99	1585,799	-
5	пп43					123,208
6	пп57	149	22	9,19	1177,754	126,923
7	п.т. Лесной					-
8	Крординаты исходных пунктов					
9	Пункт	Х			У	
10	п.т. Береговой	5956259,91+15,111*Вариант			2303003+15,111*Вариант	
11	п.т. Лесной	5952932,45+15,111*Вариант			2302543,12+15,111*Вариант	
12						

Рис. 1. Таблица с исходными данными

Создание и оформление таблицы

При работе с пространственными данными одним из важных аспектов является правильное, удобное и интуитивно понятное оформление данных в таблицу. Таким образом, первое, что необходимо сделать для удобства работы, создать файл Excel с названием, включающим в себе номер варианта, группу, ФИО студента, выполняющего работу, например «8.БЗ-14.Иванов.И.И.xlsx». В созданный файл добавить лист с названием «Задание 1» и оформить таблицу. Пример оформления таблицы отображен на рис. 2.

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Таблица 1	Вариант		Работу выполнил:						
2		Исходные данные									
3		Пункт	Дирекционный угол			S,м					
4			°	'	"						
5		п.т. Береговой									
6		пп43									
7		пп57									
8		п.т. Лесной									
9		Крординаты исходных пунктов									
10		Пункт	X		Y						
11		п.т. Береговой									
12		п.т. Лесной									
13											
14					Таблица 2						
15		Пункт	Дирекционный угол				S,м	Приращение координат		Координаты пунктов	
16			°	'	"	Рadianы		ΔX	ΔY	X	Y
17		п.т. Береговой									
18		пп43									
19		п.т. Лесной									
20		пп57									
21											

Рис. 2. Таблицы для решения прямой геодезической засечки

Для начала необходимо настроить шрифт листа. Для этого выделяем полностью лист комбинацией клавиш Ctrl+A и выбираем шрифт «Times New Roman», размер шрифта «12», в группе «Выравнивание» – выбрать «по центру» и «выровнять по середине».

Для предварительного оформления таблиц необходимо:

- объединить ячейки там, где это необходимо;
- настроить границы таблицы;
- ввести текст в шапки;
- задать необходимые атрибуты текста в ячейках.

Рассмотрим оформление на примере таблицы 1 (см. рис. 2). В данной таблице имеется две ячейки, которые занимают несколько столбцов. Такие ячейки называются объединенными.

Для создания ячейки «Исходные данные» необходимо:

- выделить диапазон ячеек с B2 по F2 (B2:F2);
- щелкнуть по выделенному диапазону правой кнопкой мыши для вызова контекстного меню. В контекстном меню выбрать пункт «Формат ячеек...»;
- в открывшемся окне «Формат ячеек» (рис. 3) на вкладке «Выравнивание» поставить галочку «объединение ячеек».

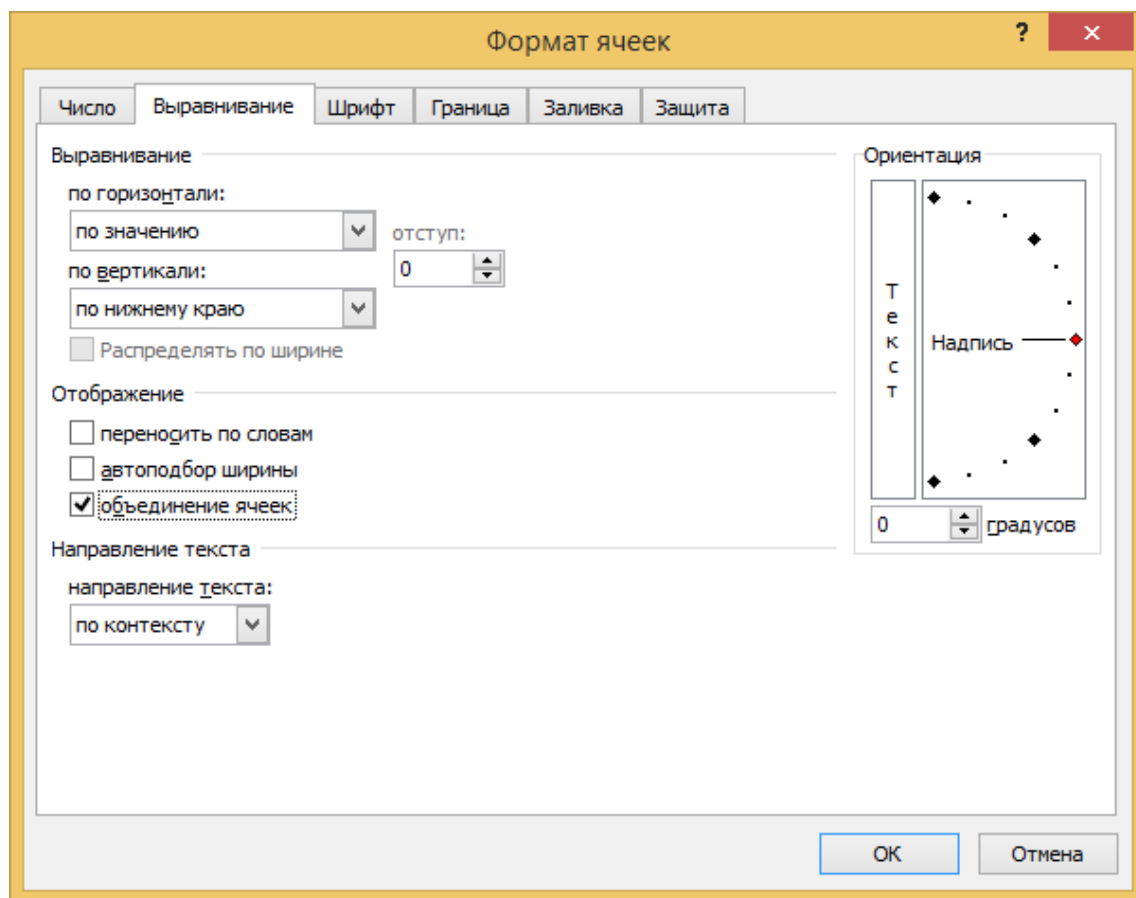


Рис. 3. Окно «Формат ячеек»

Результатом проделанной работы является объединение ячеек диапазона B2:F2 в одну. Такие же операции проводятся при объединении диапазонов E1:K1, B3:B4, C3:E3, F3:F4, C5:C6, D5:D6, E5:E6, F5:F6, C7:C8, D7:D8, E7:E8, F7:F8, B9:F9, C10:D10, C11:D11, E10:F10, E11:F11. Самостоятельно объедините ячейки для таблицы там, где это необходимо.

Для настройки границ таблицы нужно выделить необходимый диапазон ячеек, который будет занимать создаваемая таблица. Правой кнопкой мыши по выделенному диапазону вызвать контекстное меню и выбрать «Формат ячеек...». При помощи инструментария, находящегося на вкладке «Граница», настроить границы. Вкладка «Граница» отображена на рис. 4. Образец оформления границ отображен на рис. 2.

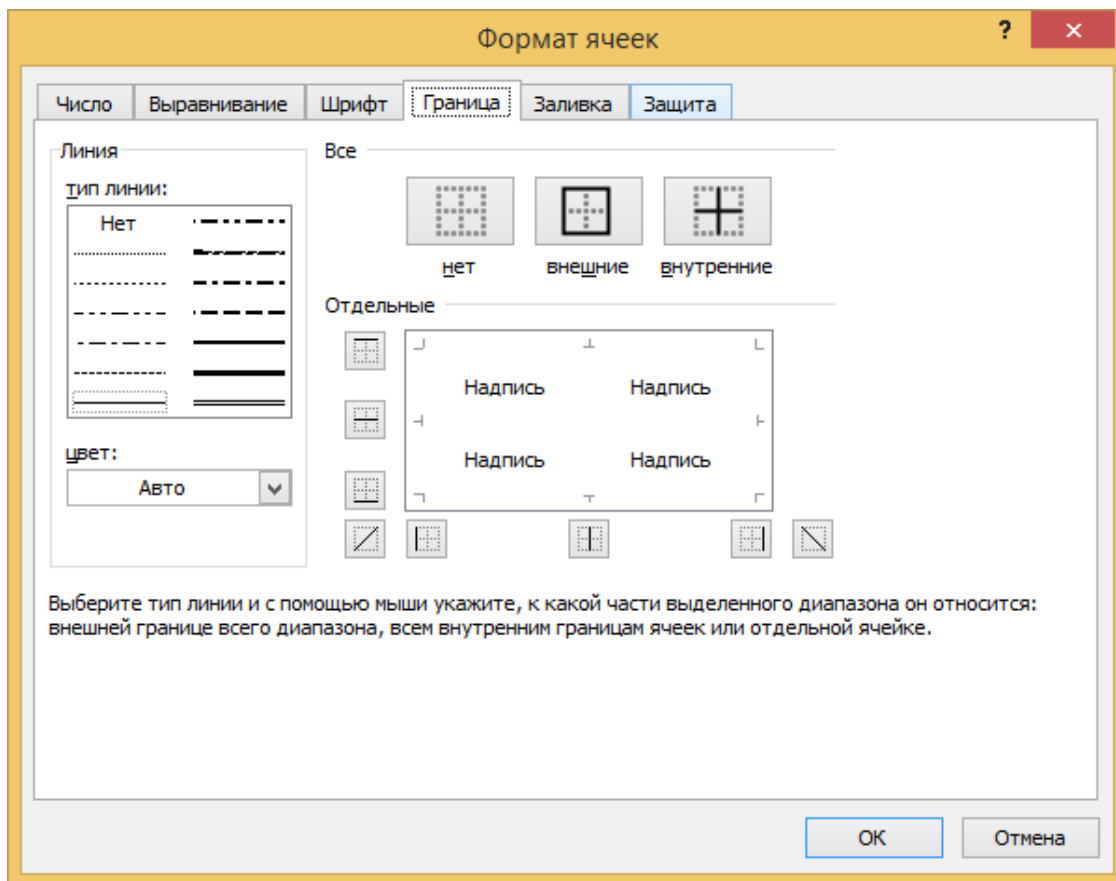


Рис. 4. Окно «Формат ячеек», вкладка «Граница»

Немаловажной частью таблицы является ее шапка, которую необходимо заполнить текстом так, как показано на рис. 2. Таблицу 2 оформить самостоятельно по образцу рис. 2.

Заполнение таблицы 1 исходными данными

Необходимо иметь в виду, что дирекционный угол измеряется в градусах, минутах и секундах, для этого в таблице 1 (см. рис. 2) отведены 3 столбца.

Таким образом, для заполнения ячеек, относящихся к дирекционному углу, необходимо сделать следующее:

- в ячейку C5 ввести формулу ='Исходные данные'!C4;
- в ячейку D5 ввести формулу ='Исходные данные'!D4;
- в ячейку E5 ввести формулу ='Исходные данные'!E4;
- в ячейку C7 ввести формулу ='Исходные данные'!C6;
- в ячейку D7 ввести формулу ='Исходные данные'!D6;
- в ячейку E7 ввести формулу ='Исходные данные'!E6.

Так как формулы, вводимые выше, однотипные, рассмотрим их структуру на примере одной из них: ='Исходные данные'!E5. По своей сути эта формула состоит всего лишь из одной ссылки на ячейку «E4», находящейся на листе с названием «Исходные данные». Если на этом этапе в ячейках отображается не та информация, которая должна там отображаться, то скорее всего таблица на листе «Исходные данные» находится не в тех ячейках, которые показаны на рис. 1. Если в ячейках отображается «#ССЫЛКА!», то скорее всего ссылка введена неверно, или название листа введено неверно.

Продолжим вводить данные в таблицу 1 (см. рис. 2):

- в ячейку F5 ввести формулу ='Исходные данные'!F4;
- в ячейку F7 ввести формулу ='Исходные данные'!F6;
- в ячейку C11 ввести формулу ='Исходные данные'!C10;
- в ячейку E11 ввести формулу ='Исходные данные'!F10;
- в ячейку C12 ввести формулу ='Исходные данные'!C11;
- в ячейку E12 ввести формулу ='Исходные данные'!F11.

Подготовка таблицы 2 для расчетов

Для того чтобы выполнить расчеты в таблице 2, следует перенести исходные данные из таблицы 1 следующим образом:

- в ячейку C18 ввести формулу =C5;
- в ячейку D18 ввести формулу =D5;

- в ячейку E18 ввести формулу =E5;
- в ячейку C20 ввести формулу =C7;
- в ячейку D20 ввести формулу =D7;
- в ячейку E20 ввести формулу =E7;
- в ячейку G18 ввести формулу =F5;
- в ячейку G20 ввести формулу =F7;
- в ячейку J18 ввести формулу =C11;
- в ячейку J21 ввести формулу =C12;
- в ячейку K18 ввести формулу =E11;
- в ячейку K21 ввести формулу =E12.

Следует обратить внимание, что тригонометрические функции в Excel работают только с радианами, следовательно необходимо перевести дирекционный угол в радианы. Для этого в первую очередь данные приводят к формату «десятичные градусы». Перевод минут и секунд угла в градусы выполняется по формуле:

$$\text{Десятичные градусы} = (\text{градусы}) + (\text{минуты}/60) + (\text{секунды}/3600).$$

Соответственно, в ячейку F18 необходимо вписать следующую формулу

$$= (C18) + (D18/60) + (E18/3600).$$

Но эта формула посчитает только угол в формате «десятичные градусы», для перевода десятичных градусов необходимо применить в вышеупомянутой формуле функцию РАДИАНЫ(), и тогда формула будет выглядеть следующим образом:

$$= \text{РАДИАНЫ}((C18) + (D18/60) + (E18/3600)).$$

Решение прямой геодезической задачи

Для решения прямой геодезической задачи необходимо посчитать приращение геодезических координат по формуле (1). Для этого необходимо в ячейку H18 (ΔX) вписать формулу:

$$=G18*\text{COS}(F18).$$

А в ячейку I18 (ΔY) вписать формулу:

$$= G18 * \sin(F18).$$

Для нахождения координат пункта пп43 по формуле (2) необходимо к координатам исходного пункта «п. т. Береговой» прибавить приращение координат (ΔX ; ΔY), посчитанные ранее.

Выполнить соответствующие вычисления для пункта пп57 самостоятельно. Для нахождения координат пункта пп57 исходным пунктом является п. т. Лесной.

Задание 2.

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Цели задания: ознакомиться с основами работы в электронных таблицах на примере MSExcel, а также изучить особенности применения электронных таблиц в работе с пространственными данными.

Задачи:

- изучить возможности логических и математических функций, а также их синтаксис;
- оформить таблицу в требуемом виде;
- произвести необходимые расчеты для решения обратной геодезической задачи с использованием математических и логических функций;
- автоматизировать процессы выбора при помощи функции ветвления «ЕСЛИ».

Ход выполнения задания

Обратная геодезическая задача заключается в определении дирекционного угла направления и горизонтального проложения между двумя пунктами по известным координатам [3].

Формулы для решения обратной геодезической задачи

$$\Delta X_1 = X_2 - X_1; \quad (5)$$

$$\Delta Y_1 = Y_2 - Y_1; \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\Delta X_{1,2}^2 + \Delta Y_{1,2}^2}; \quad (7)$$

$$r_{1,2} = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y_{1,2}}{\Delta X_{1,2}} \right|, \quad (8)$$

где r – румб.

Решение обратной геодезической задачи

В первую очередь необходимо создать новый лист с названием «Задание 2» в ранее созданном файле и на нем оформить таблицу, как показано на рис. 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Вариант №		Работу выполнил:							
2										
3	Пункт	Координаты		Приращения		Горизонтальное проложение, м	Четверть	Название румба	Румб, градусы	Дирекционный угол, градусы
4		X	Y	ΔX	ΔY					
5	п.т.Береговой									
6										
7	пп43									
8										
9	пп57									
10										
11	п.т.Лесной									
12										

Рис. 5. Образец таблицы для решения обратной геодезической задачи

После оформления таблицы следует заполнить столбцы (X , Y), координатами исходных (п. т. Береговой, п. т. Лесной) и определенных пунктов (пп43, пп57), которые были даны в задании 1.

Расчет приращения координат (ΔX , ΔY) необходимо выполнять по формулам (5) и (6), а горизонтальное проложение (S) рассчитывается по формуле (7).

В столбце «Четверть» в ячейке «Н5» необходимо составить формулу следующего вида:

=ЕСЛИ(И(Е6>0;F6>0);1;ЕСЛИ(И(Е6<0;F6>0);2;ЕСЛИ(И(Е6<0;F6<0);3;ЕСЛИ(И(Е6>0;F6<0);4))))).

Эта формула позволит автоматически определить четверть. В примере показана формула, которая автоматически определяет четверть только для первого угла. Еще эту формулу можно озвучить так:

«ЕСЛИ значение в ячейках Е6 и F6 положительное, то четверть первая. Иначе, ЕСЛИ значение в ячейке Е6 отрицательное, а в ячейке F6 положительное, то 2 четверть.

Иначе, ЕСЛИ значение в ячейках Е6 и F6 отрицательное, то 3 четверть.

Иначе, ЕСЛИ значение в ячейке Е6 положительное, а в ячейке F6 отрицательное, то 4 четверть».

Самостоятельно необходимо модифицировать формулу для остальных двух углов так, чтобы формула определяла четверть корректно. Четверть определяется в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Зависимость дирекционных углов от румбов линий

Знаки приращений координат		Четверть	Диапазон значений дирекционного угла	Название румба	Формула вычисления дирекционного угла через румб
ΔX	ΔY				
+	+	1	0–90°	СВ	$\alpha = r$
–	+	2	90–180°	ЮВ	$\alpha = 180^\circ - r$
–	–	3	180–270°	ЮЗ	$\alpha = 180^\circ + r$
+	–	4	270–360°	СЗ	$\alpha = 360^\circ - r$

В столбце «Название румба» при помощи функции «ЕСЛИ» необходимо составить формулу, которая будет автоматически определять название румба в зависимости от ранее определенной четверти (см. рис. 5).

В столбце «Румб, градусы» необходимо по формуле (8) вычислить значение румба. При вычислении необходимо иметь в виду, что функция АТАН в Excel возвращает арктангенс числа в радианной мере, для корректного отображения румба в градусной мере необходимо применить функцию «ГРАДУСЫ» (см. рис. 5).

При вычислении в последнем столбце необходимо составить формулу, которая будет автоматически выбирать, в зависимости от четверти, по какой формуле вычислять дирекционный угол.

После выполнения задания необходимо проверить правильность автоматических расчетов в соответствии с рис. 6. Например, дирекционный угол, расположенный между 90 и 180°, находится в четверти II.

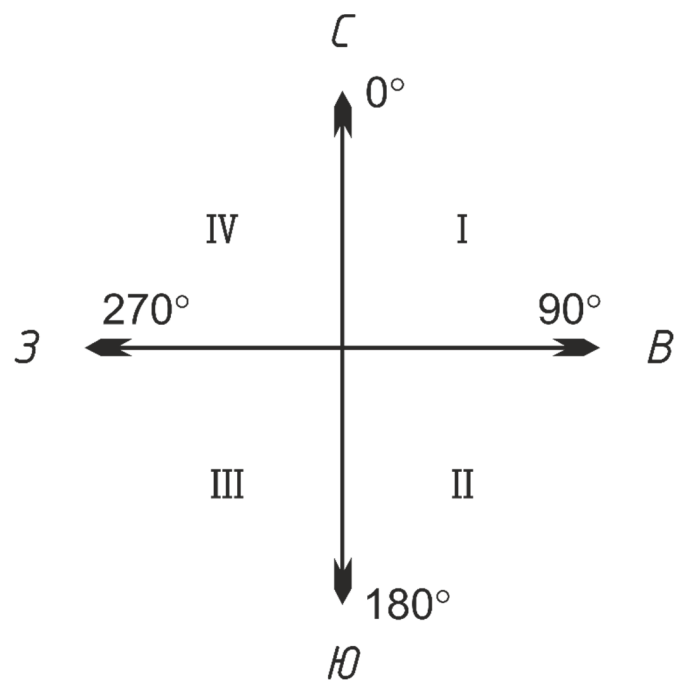


Рис. 6. Расположение четвертей по сторонам света

Задание 3.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОТМЕТОК ВЫСОТ ТОЧЕК НИВЕЛИРНОГО ХОДА

Цели задания: закрепить полученные ранее знания в работе с электронными таблицами, а также научиться выполнять уравнивание технического нивелирования и вычислять отметки высот точек нивелирного хода с использованием Excel.

Задачи:

- закрепить знания возможностей логических и математических функций электронных таблиц;
- оформить таблицу в требуемом виде;
- произвести необходимые расчеты для уравнивания технического нивелирования и вычислять отметки высот точек нивелирного хода.

Исходные данные. В данном задании исходными данными являются отметки начального и конечного пунктов нивелирного хода, а также измеренные превышения и длины секций между соседними пунктами.

Ход выполнения задания

Нивелирование (от фр. nivellement – «выравнивание», от фр. niveau – «уровень», «ровень») – определение разности высот двух и более точек земной поверхности, то есть определение превышения.

Отметка пункта – это численное значение его высоты над уровенной поверхностью, принятой за начало счета высот.

Превышение – разность высот точек.

Невязка – это разница между теоретическим и измеренным значением.

Уравнивание нивелирного хода выполняется в следующем порядке.

1. Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо в ранее созданный файл добавить лист с названием «Задание 3».

2. Далее заполняется ведомость уравнивания нивелирного хода, как показано на рис. 7. Высотные отметки точек пп43 и пп57, были посчитаны в Задании 1 на листе «Исходные данные».

	A	B	C	D	E	F
1	Вариант №		Работу выполнил:			
2						
3	Название точек	Измеренное превышение $h, \text{м}$	Длина секции $l, \text{км}$	Поправка в превышений $v, \text{м}$	Уравненные превышения $h', \text{м}$	Отметки точек $H, \text{м}$
4	п.п.43					
5		1,632	0,227			
6	1					
7		1,623	0,348			
8	2					
9		1,43	0,235			
10	3					
11		-1,553	0,215			
12	4					
13		0,643	0,431			
14	п.п.57					
15	Σh (изм) =		$f_h =$		$\Sigma h_i =$	
16	$L_{\text{км}} =$		$\Sigma v =$		Σh (теор) =	
17			$f_h(\text{доп}) =$			
18	Контроль		Невязки:		Уравнение:	
19			Поправки:			

Рис. 7. Ведомость уравнивания нивелирного хода

3. Считается сумма измеренных превышений $\sum h_{\text{изм.}}$ (9) и длина хода $L_{\text{км}}$ (10)

$$\sum h_{\text{изм.}} = h_1 + h_2 + \dots + h_n; \quad (9)$$

$$L_{\text{км}} = l_1 + l_2 + \dots + l_n, \quad (10)$$

где l – длина секции.

4. Вычисляют невязку хода по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{изм.}} - (H_K - H_H), \text{ м}, \quad (11)$$

где H_K – конечная отметка исходных точек;

H_H – начальная отметка исходных точек.

Допустимое значение невязки рассчитывается по формуле

$$f_{h \text{ доп.}} = \frac{50\sqrt{L_{\text{км}}}}{1000}, \text{ м} \quad (12)$$

Для определения допустимости измеренных значений необходимо в ячейку D16 (невязки) написать следующую формулу:

$$=\text{ЕСЛИ}(\text{ИЛИ}(\text{ABS}(\text{D15})=\text{ABS}(\text{D17});\text{ABS}(\text{D15})<\text{ABS}(\text{D17}));\text{"ДОПУСК"};\text{"НЕ ДОПУСК"}).$$

5. Если на предыдущем этапе все хорошо, то вычисляются поправки в измеренные величины

$$v_{h_i} = -\frac{f_h}{L_{\text{км}}} l_i, \text{ м.} \quad (13)$$

При этом должен выполняться контроль $\sum v_{h_i} = -f_h$ (в ячейку «Поправки» (D19) вписать формулу, проверяющую данное условие, формула должна возвращать «Верно» или «Неверно» в зависимости от результата). Если все верно переходим к вычислению исправленных превышений

$$h'_i = h_i + v_{h_i}. \quad (14)$$

Контроль исправленных превышений

$$\sum h'_i = h'_1 + h'_2 + \dots + h'_n; \quad (15)$$

$$\sum h_{\text{теор.}} = H_{\text{К}} - H_{\text{Н}}; \quad (16)$$

$$\sum h_{\text{теор.}} = \sum h'_i, \quad (17)$$

где $\sum h_{\text{теор.}}$ – сумма теоретических превышений.

В ячейку «Уравнение» (F18) вписать формулу, проверяющую данное условие, формула должна возвращать «Верно» и «Неверно» в зависимости от результата.

Завершающим этапом является определение высот точек:

$$H_i = H_{i+1} + h'_i, \text{ м.} \quad (18)$$

Задание 4.

УРАВНИВАНИЕ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Цели задания: закрепить полученные ранее знания в работе с электронными таблицами, а также научиться выполнять вычисление приращений координат и координат точек разомкнутого теодолитного хода с использованием Excel.

Задачи:

- оформить таблицу в требуемом виде, используя полученные ранее знания;
- произвести необходимые расчеты для нахождения дирекционных углов и координат точек теодолитного хода.

Исходные данные. В данном задании исходными данными являются координаты начального и конечного пунктов теодолитного хода, а также измеренные углы и длины секций между соседними пикетами.

Ход выполнения задания

1. Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо в ранее созданный файл добавить лист с названием «Задание 4».

2. Далее необходимо создать и заполнить ведомость вычисления дирекционных углов и координат пунктов разомкнутого теодолитного хода, как показано на рис. 8. Координаты пунктов пп43 и пп57 были посчитаны на листе «Задание 1», их необходимо записать в оранжевые ячейки на против соответствующих пунктов, также дирекционные углы были рассчитаны на листе «Задание 2», которые необходимо записать в соответствующие ячейки синего цвета.

3. Для оценки точности измеренных углов теодолитного хода вычисляют теоретическую сумму углов (19) и сумму измеренных углов (20)

$$\sum \beta_{i\text{теор.}} = (\alpha_K - \alpha_H) + 180^\circ \cdot n; \quad (19)$$

$$\sum \beta_{\text{изм.}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n, \quad (20)$$

где α_K – конечный дирекционный угол;

α_H – начальный дирекционный угол;

n – количество измеренных углов.

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	
Вариант №		0	Работу выполнит:								
№ пункта	Углы β		Дирекционные углы α	Длины линий S,м	Приращение координат				Координаты		
	измеренные β	исправленные β'			Вычисленные		Исправленные				
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y	
п.г.Береговой											
υβ=											
пп43				υΔXΔY=							
υβ=											
1				υΔXΔY=							
υβ=											
2				υΔXΔY=							
υβ=											
3				υΔXΔY=							
υβ=											
4				υΔXΔY=							
υβ=											
пп57											
п.г.Лесной											
Σβ _{изм.} =		ΣS=									
Σβ _{теор.} =				измеренные							
f _{доп.} =				теоретические							
f _β =				исправленные							
Συβ=				f _{ΔXΔY} =							
				ΣυΔXΔY=							
				f _β =							
			1/N=								

Рис. 8. Пример ведомости вычисления дирекционных углов и координат пунктов разомкнутого теодолитного хода

4. Далее вычисляют угловую невязку (21), а также ее допустимое значение (22)

$$f_{\beta} = \sum \beta_{i_{\text{изм.}}} - \sum \beta_{i_{\text{теор.}}} ; \quad (21)$$

$$f_{\beta_{\text{доп.}}} = \pm 1' \sqrt{n} . \quad (22)$$

5. В ячейке C24 напротив значения угловой невязки необходимо составить формулу с применением логической функции «ЕСЛИ», которая автоматически будет проверять допустимое ли значение угловой невязки. Она будет выводить слово «Допустимо» при выполнении условия (23) и слово «Недопустимо» при невыполнении этого условия.

$$f_{\beta} \leq f_{\beta_{\text{доп.}}} \quad (23)$$

6. Если значение угловой невязки не превосходит допустимую величину, рассчитанную по формуле (22), то в измеренные углы вносятся поправки, рассчитанные по формуле (24), невязка распределяется равномерно по всем измеренным углам теодолитного хода (25), в нашей таблице она вписывается в зеленые ячейки над каждым измеренным углом.

$$v_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}; \quad (24)$$

$$\beta'_i = \beta + v_{\beta}, \quad (25)$$

где v_{β} – поправка измеренного угла.

7. Для контроля вычисления поправок в ячейке C25 необходимо составить формулу с применением логической функции «ЕСЛИ», которая автоматически будет проверять выполнение условия

$$\sum v_{\beta} = -f_{\beta}. \quad (26)$$

8. Дирекционные углы вычисляются последовательно по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^{\circ} + \beta'_n. \quad (27)$$

9. Следующим этапом уравнивания теодолитного хода является вычисление приращения координат с использованием горизонтального проложения и дирекционных углов с использованием формулы прямой геодезической задачи (28). Также следует обратить внимание, что в Excel все тригонометрические функции работают с углами только в радианной мере.

$$\begin{aligned}\Delta X &= S \cdot \cos \alpha; \\ \Delta Y &= S \cdot \sin \alpha.\end{aligned}\tag{28}$$

10. Далее вычисляют линейные ошибки в приращении координат разомкнутого хода (29) и их теоретическое значение (30).

$$\begin{aligned}\sum \Delta X_i &= \Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_{n-1}; \\ \sum \Delta Y_i &= \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \dots + \Delta Y_{n-1};\end{aligned}\tag{29}$$

$$\begin{aligned}\sum \Delta X_{\text{теор.}} &= X_K - X_H; \\ \sum \Delta Y_{\text{теор.}} &= Y_K - Y_H.\end{aligned}\tag{30}$$

11. Для оценки качества измерений определяют линейные невязки по осям координат (31), абсолютную (32) и относительную невязку (33).

$$\begin{aligned}f_{\Delta X} &= \sum \Delta X_i - \sum \Delta X_{\text{теор.}}; \\ f_{\Delta Y} &= \sum \Delta Y_i - \sum \Delta Y_{\text{теор.}};\end{aligned}\tag{31}$$

$$f_S = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2};\tag{32}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{f_S}{\sum S}.\tag{33}$$

При выполнении измерений горизонтальных углов в теодолитных ходах теодолитом с точностью 30 с, предельная относительная линейная невязка считается допустимой, если она не превышает 1 : 1 000.

12. Поправки в приращение координат считаются по формулам (34) и распределяются пропорционально длинам сторон, вычисленные значения записываются в желтые ячейки.

$$\begin{aligned}v_{\Delta X_i} &= -\frac{f_{\Delta X}}{\sum S} \cdot S_i; \\ v_{\Delta Y_i} &= -\frac{f_{\Delta Y}}{\sum S} \cdot S_i.\end{aligned}\tag{34}$$

13. Контролем вычисления поправок является равенство суммы поправок и невязок с обратным знаком

$$\begin{aligned}\sum v_{\Delta X} &= -f_{\Delta X}; \\ \sum v_{\Delta Y} &= -f_{\Delta Y}.\end{aligned}\tag{35}$$

14. Далее вычисляются исправленные приращения координат по формулам

$$\begin{aligned}\Delta X'_1 &= \Delta X_1 + v_{\Delta X_1}; \\ \Delta Y'_1 &= \Delta Y_1 + v_{\Delta Y_1}.\end{aligned}\tag{36}$$

15. Получив исправленные приращения координат к вычислению координат вершин теодолитного хода по формулам

$$\begin{aligned}X_{i+1} &= X_i + \Delta X_i; \\ Y_{i+1} &= Y_i + \Delta Y_i.\end{aligned}\tag{37}$$

Для контроля вычисления координат в разомкнутом теодолитном ходе необходимо к координатам вершины 4 прибавить соответствующие приращения, и должны получиться координаты вершины пп57.

Задание 5.

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ПО КООРДИНАТАМ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ГРАНИЦ, ОБРАЗУЮЩИХ ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК

Цели задания: закрепить полученные ранее знания в работе с электронными таблицами, а также научиться выполнять вычисление площади по координатам углов земельного участка.

Задачи:

- оформить таблицу в требуемом виде, используя полученные ранее знания;
- произвести необходимые расчеты для нахождения площади с использованием координат земельного участка.

Исходные данные. В данном задании исходными данными являются координаты углов земельного участка, определенные в ходе выполнения задания 4.

Ход выполнения задания

Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо в ранее созданный файл добавить лист с названием «Задание 5».

Далее необходимо создать и заполнить ведомость вычисления площади, как показано на рис. 9.

	А	В	С
	Сведения о характерных точках границ образующих земельный участок		
1			
2		Х	У
3	1		
4	2		
5	3		
6	4		
7	Площадь, м ²		
8	Площадь, га		
9	Площадь, км ²		

Рис. 9. Пример ведомости вычисления площади по координатам земельного участка

Общий вид формулы для вычисления площади многоугольника по координатам углов выполняется по формуле

$$S = \sum \frac{X_n \cdot (Y_{n+1} - Y_{n-1})}{2}. \quad (38)$$

В развернутом виде для четырехугольника формула (38) принимает следующий вид:

$$S = \frac{X_1 \cdot (Y_2 - Y_4) + X_2 \cdot (Y_3 - Y_1) + X_3 \cdot (Y_4 - Y_2) + X_4 \cdot (Y_1 - Y_3)}{2}. \quad (39)$$

После вычисления площади по координатам углов земельного участка необходимо перевести площадь в гектары и квадратные километры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геодезическая практика : учеб. пособие / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, Г. И. Мурадова, Л. И. Хлебородова. – СПб. : Лань, 2021. – 288 с.
2. Васильев А. Н. Числовые расчеты в Excel : справочник. – СПб. : Лань, 2022. – 608 с.
3. Уставич Г. А. Геодезия : учебник. В 2 кн. Кн. 2. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 536 с.

Учебное издание

Раков Дмитрий Николаевич
Ракова Светлана Александровна

**ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА
ДЛЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА. ОБРАБОТКА
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ
В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ (MS EXCEL)**

Редактор *Ю. С. Мерзликина*
Компьютерная верстка *Н. Ю. Леоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 06.07.2022. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 1,74. Тираж 104 экз. Заказ 119.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.