

**Пример 1.5.** Для группы студентов проводилось тестирование остаточных знаний проведением контрольных работ с разрывом в месяц с оцениванием по пятибалльной системе.

Результаты контрольных сведены в табл. А; количество участников тестирования было различным.

Необходимо ответить на вопрос – изменились или нет знания студентов (по частотам отметок).

Таблица А – Результаты контрольных работ

отметка	контрольная работа	
	№1	№2
2	8	10
3	32	27
4	11	7
5	5	7

Алгоритм анализа заключается в построении ряда ожидаемых по результатам контрольной работы №1 частот отметок  $x_{\text{ожд}}$  вычисление  $\chi^2_{\text{эмп}}$  (по ожидаемым частотам и действительным контрольной работы №2) и  $\chi^2_{\text{кр}}$ ; их последующим сравнением (см [рис. А](#)).

Последовательность расчета следующая.

1. В ячейки А4:А9, В4:Е4, А11:А12 заносятся пояснительные надписи, в ячейку В11 заносится величина уровня значимости и в диапазон В5:С8 собственно результаты контрольных работ.

2. В ячейку B9 вводится формула подсчета суммы баллов первой контрольной работы =СУММ(B5:B8) {=SUM(B5:B8)}, формула тиражируется автозаполнением на ячейки C9:E9.

3. В ячейку D5 вводится формула =B5/B\$9\*C\$9, определяющая ожидаемое (опорное) значение по отметке "2"; для остальных отметок – тиражируется автозаполнением на ячейки D6:D8.

4. В ячейку E5 вводится формула =(C5-D5)^2/D5 вычисления значения  $\chi^2$  и затем производится автозаполнение ячеек E6:E8.

5. В ячейке B12 формулой =ХИ2ОБР (B11;3) {=CHIINV (B11;3)} определяется критическое значение  $\chi_{кр}^2$  ("тройка" в аргументах функции – это число степеней свободы).

	А	В	С	Д	Е	
1	Гипотеза: разница в отметках незначима					
2						
3						
4	отметка	к.р. №1	к.р. №2	$\chi_{\text{ожд}}$	$\chi^2$	
5	2	8	10	7,29	1,01	
6	3	32	27	29,14	0,16	
7	4	11	7	10,02	0,91	
8	5	5	7	4,55	1,31	
9	итого:	56	51	51	3,39	$\chi^2$
10						
11	$\alpha = 0,05$					
12	$\chi_{кр}^2 = 7,81$					
13						
14	Поскольку $\chi^2 < \chi_{кр}^2$ следовательно					
15	разница в отметках незначительна					
16	$\alpha_{\text{реальн}} = 0,34$					

Рис. А. Скриншот листа MS Excel к примеру 1.5.

Если составить таблицу сопоставления "нынешнего" опыта (контрольной №2) с ожидаемыми (табл. В), то из нее видно, что по количественному показателю все отметки отличаются от опорных значений, причем это различие далеко неравноценно; возникает вопрос: значима ли эта разница?

Таблица В – Имеющийся и ожидаемый результаты

отметка	контрольная работа №2	ожидаемый результат
2	10	7,29
3	27	29,14
4	7	10,02
5	7	4,55

6. Ответ на поставленный выше вопрос дает сравнение расчетного и критического значений  $\chi^2$ . Поскольку в данном случае  $\chi_{\text{эмп}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2$  ( $3,39 < 7,81$ ), то можно сделать вывод: разница в распределении отметок незначительна, статистически они одинаковы.

Отметим следующее. По значению  $\chi^2 \approx 3,39$  можно оценить вероятность ошибки сделанного заключения. В ячейку В16 введем формулу вычисления этой вероятности =ХИ2РАСП(Е9;3) {=CHIDIST(Е9;3)}. Полученное число показывает: гипотеза о том, что результаты контрольной работы №2 отличаются от таковых контрольной №1, высказывается с "риском" допустить ошибку 34%. И, напротив, с вероятностью 66% можно говорить о том, что различие между этими отметками несущественное.